

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS**

**ISSN 1984-0829**

**SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL  
Tema: Planejamento e Desenvolvimento**

**6ª Edição**

**22 a 24 de setembro de 2015**

Paulo Renato Schneider  
César Augusto Guimarães Finger  
Frederico Dimas Fleig  
Jorge Antônio Farias

**Santa Maria – RS – Brasil**

**2015**

**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Ciências Rurais**  
**Departamento de Ciências Florestais**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal**

S612s Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal (6. : 2015 : Santa Maria, RS)  
Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal : 6ª edição, Santa Maria, RS, 22 a 24 de setembro de 2015 ; [comissão editorial] Paulo Renato Schneider, César Augusto Guimarães Finger, Frederico Dimas Fleig, Jorge Antônio Farias. – Santa Maria : UFSM, CCR, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2015.  
569 p. : il. ; 30 cm

Tema: Planejamento e desenvolvimento ISSN 1984-0829

1. Engenharia florestal - Eventos 2. Manejo florestal - Eventos 3. Desenvolvimento florestal – Eventos 4. Planejamento florestal – Eventos  
I. Schneider, Paulo Renato II. Finger, César Augusto Guimarães III. Fleig, Frederico Dimas IV. Farias, Jorge Antônio V. Título.

CDU 630.2(063)

Ficha catalográfica elaborada por Alenir Inácio Goularte – CRB- 10/990 Biblioteca Central da UFSM

**PROMOTORES**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Centro de Ciências Rurais  
Campus Universitário  
97119-900 – Santa Maria – RS  
☎ (0xx55) 3220-8336 📠 (0xx55) 3220-8336 📧 ppgef@ufsm.br

**UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN**

Gregor Mendel Straße 33  
A-1180 Wien, Österreich  
Tel. (+43 1) 47654-0  
🌐 www.boku.ac.at

**CENTRO DE PESQUISAS FLORESTAIS – CEPEF**

Centro de Ciências Rurais  
Departamento de Ciências Florestais  
Campus da UFSM  
97119-900 – Santa Maria – RS  
☎ (0xx55) 3220-8444 📠 (0xx55) 3220-8336 📧 cepef@ccr.ufsm.br

**PATROCINADORES**

CAPES/MEC, AEBA-SM, CREA-RS, AGEFLOR, AFUBRA, SINDITABACO,  
AGEF, SOSEF

**APOIO**

UFSM, BOKU, CEF

**COMISSÃO GERAL**

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider  
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger  
Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig  
Prof. Dr. Jorge Antônio Farias

**COMISSÃO EDITORIAL**

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider  
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger  
Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig  
Prof. Dr. Jorge Antônio Farias

**COMISSÃO CIENTÍFICA**

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider  
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger  
Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig  
Prof. Dr. Jorge Antônio Farias  
Eng. Ftal Junior Oliveira Mendes  
Eng. Ftal Anelisa Pedroso Finger  
Eng. Ftal Karina Lanzarin  
Eng. Ftal Aldeize da Silva Santos  
M.Sc., Eng. Ftal Anna Paula Lora Zimmermann  
M.Sc., Eng. Ftal Régis Villanova Longhi  
M.Sc., Eng. Ftal Cyro Matheus Cometti Favalessa  
M.Sc., Eng. Ftal Karen Janones da Rocha  
M.Sc., Eng. Ftal Luciana Maria de Barros Francez  
Dr., Eng. Ftal Evandro Alcir Meyer

**COMISSÃO TÉCNICA/APOIO**

Junior Oliveira Mendes  
Anelisa Pedroso Finger  
Régis Villanova Longhi  
Anna Paula Lora Zimmermann  
Karina Lanzarin  
Aldeize da Silva Santos  
Cyro Matheus Cometti Favalessa  
Karen Janones da Rocha  
Luciana Maria de Barros Francez  
Evandro Alcir Meyer  
Veronica Satomi Kazama  
Pierre André Belle  
Gustavo Uberti  
Caroline Weimann  
Carline Andrea Welter  
Lorena Eleamen Gama  
Victor Carlos Domingos Neto  
Débora da Silva Teixeira  
Alessandra Silva Marasciulo  
Clandio Alberto Marchi Rosa

**“Os conceitos emitidos nos trabalhos deste evento são da inteira responsabilidade dos seus autores”.**



## PREFÁCIO

O Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal em sua sexta edição traz à reflexão a produção florestal como fator de conservação do ambiente e a satisfação das necessidades humanas. Embora a pouca ênfase aos produtos não madeireiros da floresta, estes podem ser, em alguns casos, seu produto principal, tão ou mais importante que a madeira.

Assim, ao definir o produto a ser usufruído, a capacidade do ecossistema em produzir, a quantidade e o tempo necessário para sua recomposição deve ser analisada tecnicamente. A capacidade do ecossistema deve definir o produto principal, que pode ser a madeira, ou o efeito de proteção do solo, da água, entre outros. Quaisquer que seja o objetivo principal da produção todos ocorrem simultaneamente em maior ou menor intensidade.

Desta forma, além de conhecer os fatores de produção, para utilizar racionalmente os recursos florestais e manter a capacidade dos ecossistemas é necessário efetuar o **Planejamento** das intervenções com foco no regime sustentado, condição única para o **Desenvolvimento** econômico, ecológico e social, como um benefício para toda a sociedade.

A preocupação com o uso racional dos recursos florestais se desenvolveu ao longo dos séculos a partir da necessidade de fornecimento de madeira e com a percepção de que, sem a manutenção da qualidade do ecossistema e o corte de quantidade de madeira igual ao que crescia na floresta, isto não seria possível.

No início do século XX, o Sr. José Zell, escreveu ao Presidente do Estado do Rio Grande do Sul, Dr. Getúlio Dornelles Vargas, alertando da necessidade de melhor conduzir a política de uso da terra, abordando temas como a maldição do desmatamento, a influência da floresta sobre o clima, a suspensão de arrendamento de matas, reflorestamento, criação de uma repartição florestal, criação da cadeira para ensino de ciência florestal, entre outros. Esta carta, publicada pela Typographia do Centro, em Porto Alegre, em 1929, sob o título de **Assumptos Florestaes** – problemas para o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, escrita com base científica, mas muito avançada para a época, foi transcrita nas páginas a seguir para que, a atual geração possa conhecer esse documento histórico e melhor compreender a necessidade do uso sustentado no ambiente.

Nas seis edições deste Simpósio, o Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria contou com a participação do Instituto de Crescimento Florestal da Universität für Bodenkultur, da Áustria, em cinco oportunidades, e do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em uma ocasião, trazendo grande qualificação, que junto com os demais participantes engrandeceram as discussões técnicas do evento.

De larga abrangência, os temas apresentados no 6º Simpósio, por meio de trabalhos, palestras e mini cursos, abordam não somente aspectos científicos, como também a contribuição da floresta na manutenção econômica das propriedades.

**Santa Maria, 22 de setembro de 2015.**

**A Comissão Organizadora**

## PREFACE

*Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal*, in its sixth edition, brings to reflection the forest production as an environmental conservation factor and as a satisfaction of human needs. Although the small emphasis on the non-timber forest products, these can be, in some cases, their main product, equally, if not more important than timber.

Therefore, defining the benefited product, the capability of the ecosystem in producing, the necessary quantity and time for its reconstitution shall be technically analyzed. The capability of the ecosystem should define the main product, which can be timber or the effect of soil, water protection, among others. Whatever the main objective of production may be, they all occur simultaneously in various extents.

In this way, to rationally use the forest resources and maintain the capacity of the ecosystems, besides knowing the production factors, it is necessary to perform the **Planning** of the interventions focused in the sustainable scheme, the main condition for economic, ecological and social **Development** as a benefit for all society.

The concern in using rationally the forest resources was developed through the centuries from the need of timber supply and the understanding that, without quality maintenance of the ecosystem and the harvesting of timber in equal quantity as it grows, this would not be possible.

In the beginning of the twentieth century, Mr. José Zell wrote to the President of the State of Rio Grande do Sul, Mr. Getúlio Dornelles Vargas, alerting to the necessity of conducting a policy of land usage, approaching themes such as the curse of deforestation and forest influence on the climate, suspension of the lease of woods, reforestation, creation of forestry division, creation of forestry science program, among others. This letter, published by *Typographia do Centro* (Porto Alegre, 1929), under the title *Assumptos Florestaes - problems for the state of Rio Grande do Sul*, written with scientific basis and very advanced for its time, was transcribed in the following pages to enable access to this historic document by the present generation and better understand the need of sustainable use of the environment.

In five of six editions of this Symposium, the Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal of Universidade Federal de Santa Maria had the support of the Institut für Waldwachstum of Universität für Bodenkultur (BOKU), from Austria; and in one opportunity, of the Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais of Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), which brought great qualification, and together with the other participants of the Symposium, enhanced the technical discussions of the event.

The *Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal* program, presented by papers, lectures and mini-courses, are of a large range, discussing not only scientific, but also the contribution of the forest in economic maintenance of the properties.

**Santa Maria, September 22, 2015.**

**Organizing Committee**

SUMÁRIO / CONTENTS

	Página
<b>ASSUMPTOS FLORESTAES: PROBLEMAS PARA O GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL</b>	<b>23</b>
José Zell	
<b>ACURÁCIA DO DENDRÔMETRO CRITERION RD 1000 NA CUBAGEM DE ÁRVORES EM PÉ DE <i>Khaya ivorensis</i></b>	
<b>ACCURACY OF DENDROMETER CRITERION RD 1000 FOR THE SCALING STANDING TREES OF <i>Khaya ivorensis</i></b>	<b>41</b>
Cinthia Grazielle Carvalho Andrade; Giselle Lima Ferreira; Liniker Fernandes da Silva; Márcio Lopes da Silva; Leonardo Pequeno Reis; Pamella Caroline Marques dos Reis	
<b>ACURACIDADE DE ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS NÃO-DESTRUTIVAS EM POVOAMENTO DE PINUS TAEDA L.</b>	
<b>NON-DESTRUCTIVE VOLUMETRIC ESTIMATES ACCURACY ON PINUS TAEDA L. STANDS</b>	<b>45</b>
Marcelo Bonazza; Vinicius Costa Cysneiros; Jean Alberto Sampietro; Marcos Felipe Nicoletti; Vilmar Picinatto Filho; Myrcia Minatti	
<b>AJUSTE DA FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE MEYER I E II</b>	
<b>FITTING OF THE MEYER DIAMETER DISTRIBUTION FUNCTION I AND II</b>	<b>51</b>
Vilmar Picinatto Filho; Nelson Yoshihiro Nakajima; Sebastião do Amaral Machado; Rodrigo Lima; Marcos Felipe Nicoletti; Saulo Jorge Téó; Marcelo Bonazza; Myrcia Minatti	
<b>AJUSTE DE MODELOS DE CRESCIMENTO PARA <i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling &amp; J.S. Mill. NO MUNICÍPIO DE REALEZA – PR</b>	
<b>ADJUSTMENT GROWTH MODELS FOR <i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling &amp; J.S. Mill. IN THE MUNICIPALITY OF REALEZA – PR</b>	<b>57</b>
Danieli R. Klein; Sandra M. Krefta; Ana Cláudia da Silveira; Tássilla M. Loiola; Mariane M. Andrade; Veridiana P. Weber	

- AJUSTE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS EM RELAÇÃO A ALTURA E DIÂMETRO PARA CLONES DE *Eucaliptos sp.*** 61  
**MODELS SET HYSOMETRIC IN CONNECTION WITH HEIGHT AND DIAMETER FOR CLONES *Eucalyptus sp.***
- Darlan Santos de Souza; André Tavares de Jesus; Robson Borges de Lima; Márcio Assis Cordeiro; André Ricardo dos Santos Pereira; Fábio Lacerda Jucá; Jadson Coelho de Abreu
- AJUSTE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze NO PLANALTO CATARINENSE**  
**ADJUSTMENT HYSOMETRIC MODELS FOR *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN SANTA CATARINA PLATEAU** 65
- Danieli R. Klein; Sandra M. Krefta; Ana Cláudia da Silveira; Tásquilla M. Loiola; André Felipe Hess
- AJUSTE E AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA PARA *Vochysia maxima* Ducke NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS**  
**ADJUSTMENT AND EVALUATION OF VOLUMETRIC ESTIMATION FOR *Vochysia maxima* Ducke IN THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST** 71
- Brenda Letícia Rodrigues; Renato Bezerra da Silva Ribeiro; Lizandra Elizeário dos Santos; Andrea Araujo da Silva; Karla Mayara Almada Gomes; Talita Godinho Bezerra
- ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DO ESTRATO ARBÓREO CAUSADAS PELO CORTE SELETIVO EM UMA ÁREA DE MANEJO FLORESTAL EM SANTA CATARINA** 77  
**CHANGES IN THE PHYTOSSOCIOLOGY STRUCTURE CAUSED BY SELECTIVE LOGGING IN A FOREST UNDER FOREST MANAGEMENT IN SANTA CATARINA**
- Daniel Augusto da Silva; Aline Renata Klitzke; Heitor Felipe Uller
- ALTURA DO DOSSEL E RELAÇÕES DENDROMÉTRICAS NA FLORESTA SECUNDÁRIA DA MATA ATLÂNTICA**  
**CANOPY HEIGHT AND DENDROMETRIC RELATIONS IN SECONDARY FOREST ATLANTIC** 85
- Geferson Elias Piazza; Daisy Christiane Zambiasi; Alfredo Celso Fantini
- AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS PARA QUANTIFICAR A PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE FOLHAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*)**  
**RANDOMIZED BRANCH SAMPLING FOR QUANTIFYING PRODUCTION OF BIOMASS YERBA-MATE LEAVES (*Ilex paraguariensis*)** 91
- Luiz Carlos Zerbielli; Filemom Mokochinski; Luciano Farinha Watzlawick; Patrikk John Martins; Suzamara Biz; Vanessa Moreira

- ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UM FRAGMENTO FLORESTAL APÓS DUAS DÉCADAS DA REALIZAÇÃO DO PLANO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL** 97  
**ANALYSIS OF BEHAVIOUR OF A SHRED FOREST PLAN AFTER TWO DECADES OF ACHIEVEMENT OF SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT**  
Robson Júnior Bach; Simone Rigo; Franciele Alba da Silva; Fabiano de Oliveira Fortes
- ANÁLISE ESPACIAL APLICADA A ESTEPE SAVANÍCOLA NO PARQUE ESTADUAL DO ESPINILHO, BARRA DO QUARAÍ, RS, BRASIL** 103  
**SPACE ANALYSIS APPLIED FOR SEASONAL STEPPE SAVANNA AT ‘PARQUE ESTADUAL DO ESPINILHO’ IN BARRA DO QUARAÍ, RS, BRAZIL**  
Lúcio de Paula Amaral; Luciano Farinha Watzlawick; Solon Jonas Longhi; Gerson dos Santos Lisboa
- APLICABILIDADE DE MODELOS DE CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO PARA CLASSIFICAÇÃO DE FLORESTAS PLANTADAS DE *Pinus taeda*** 109  
**APPLICATION OF MODELS OF CURVES OF SITE INDEX FOR CLASSIFICATION OF PLANTED FOREST OF *Pinus taeda***  
Ricardo Murilo Malheiros dos Santos; Julio Arce Eduardo Arce; Andrea Nogueira Dias; Edison Perrando; Vlademir Marttarelo
- APLICAÇÃO DE MODELO GEOESTATÍSTICO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS NA ESTIMATIVA DO VOLUME** 115  
**APPLICATION TO GEOSTATISTICAL MODEL OF SHARED PARAMETERS TO ESTIMATE VOLUME**  
Julio Cesar Wojciechowski; Julio Eduardo Arce; Saulo Henrique Weber; Paulo Justiniano Ribeiro Jr.
- APLICAÇÃO DE REDE NEURAL PARA AJUSTE DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda*** 121  
**NEURAL NETWORK APPLICATION FOR ADJUSTMENT OF SETTLEMENT IN RELATION HIPSOMETRIC *Pinus taeda***  
Lucas Dalmolin Ciarnoschi; Aline Bernarda Debastiane; André Felipe Hess; Tássilla Magalhães Loiola; Ana Maria Alves de Souza Ribeiro; Geedre Adriano Borsoi; Emanuel Arnoni Costa
- APLICAÇÃO DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO EM ALTURA DE ESPÉCIES NATIVAS EM PLANTIOS COMERCIAIS** 127  
**ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPLICATION FOR ESTIMATING GROWTH IN NATIVE SPECIES OF TIME IN COMMERCIAL PLANTATIONS**  
Taíse Severo Aozani; Daniel Henrique Breda Binoti; Adriano Ribeiro de Mendonça; Márcia Rodrigues de Moura Fernandes; Evandro Ferreira da Silva; Giovanni Correia Vieira

**APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS NA ESTIMATIVA DE VOLUME EM PLANOS DE MANEJO NA FLORESTA AMAZÔNICA** 131

**APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN VOLUME ESTIMATES IN MANAGEMENT PLANS IN AMAZON FOREST**

Márcia Rodrigues de Moura Fernandes; Evandro Ferreira da Silva; Giovanni Correia Vieira; Cristiano Corrêa da Silva; Daniel Henrique Breda Binoti; Taise Severo Aozani

**APLICAÇÃO DO ALGORITMO FREEFORM NO TREINAMENTO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME**

**ALGORITHM FREEFORM APPLICATION IN THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TRAINING FOR VOLUME ESTIMATES** 137

Luandson Araújo de Souza; Daniel Henrique Breda Binoti; Harliany de Brito Matias; Taise Severo Aozani; Adriano Ribeiro de Mendonça; Evandro Ferreira da Silva

**APLICAÇÃO DO ALGORITMO PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) NO TREINAMENTO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DE ALTURA**

**APPLICATION OF PARTICLE SWARM ALGORITHM OPTIMIZATION (PSO) NO ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TRAINING FOR HIGH ESTIMATE** 143

Harliany de Brito Matias; Daniel Henrique Breda Binoti; Luandson Araújo de Souza; Marcia Rodrigues de Moura Fernandes; Gilson Fernandes da Silva

**APLICAÇÃO DO ALGORITMO SIMULATED ANNEALING (SA) NO TREINAMENTO DE REDES NEURAIS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME**

**SIMULATED ANNEALING ALGORITHM APPLICATION (SA) IN NEURAL NETWORK TRAINING FOR VOLUME ESTIMATES** 149

Márcia Rodrigues de Moura Fernandes; Daniel Henrique Breda Binoti; Evandro Ferreira da Silva; Taise Severo Aozani; Harliany de Brito Matias; Giovanni Correia Vieira; Gilson Fernandes da Silva

**AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA E DINÂMICA FLORESTAL, PÓS-COLHEITA DE MADEIRA, EM UMA ÁREA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA-PA**

**ASSESSMENT OF FOREST STRUCTURE AND DYNAMICS, POST-HARVEST WOOD IN AN AREA IN THE FOREST NATIONAL TAPAJÓS, BELTERRA-PA** 155

Bruno Rodrigo de Jesus dos Santos; Luana Lobato de Jesus; Maria Aparecida Leite de Oliveira; Lia de Oliveira Melo

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE MADEIRAS DA CAATINGA COMO SUBSÍDIO PARA O MANEJO FLORESTAL, RESULTADOS PRELIMINARES**

**TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CAATINGA WOODS AS SUPPORT FOR FOREST MANAGEMENT, PRELIMINAR RESULTS** 161

Peter Wimmer; Carlos A. F. Dantas; Divino E. Teixeira; Mario J. Siqueira; João E. Anacleto

- CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO PELO MÉTODO DA DIFERENÇA ALGÉBRICA GENERALIZADA** 167  
**SITE CLASSIFICATION OF EUCALYPTUS STAND BY GENERALIZED ALGEBRAIC DIFFERENCE APPROACH**  
Henrique Ferraço Scolforo; Paula Carolina Gomides Vitor; José Roberto Soares Scolforo; José Marcio de Mello; Marcel Régis Raimundo; Marya Eduarda Feliciano
- COMPARAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONTINUIDADE ESPACIAL EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL UTILIZANDO GEOESTATÍSTICA BASEADA EM MODELO** 173  
**COMPARISON OF SPATIAL CONTINUITY STRUCTURES IN DECIDUOUS FOREST USING MODEL-BASED GEOSTATISTICS**  
Julio Cesar Wojciechowski; Julio Eduardo Arce; Saulo Henrique Weber; Paulo Justiniano Ribeiro Jr.; Ricardo de Vargas Kilka; Carlos Alberto da Fonseca Pires
- COMPATIBILIDADE ENTRE DUAS METODOLOGIAS PARA ESTIMATIVA DA VARIÁVEL VOLUME DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* L.** 179  
**COMPATIBILITY BETWEEN TWO METHODS TO ESTIMATE THE VARIABLE TREE VOLUME OF *Pinus taeda* L.**  
Rodrigo Otávio Veiga de Miranda; Ângelo Augusto Ebling; Sintia Valerio Kohler; Luan Demarco Fiorentin; Hassan Camil David; Rafaella De Angeli Curto
- COMPORTAMENTO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA *Araucaria angustifolia* (Bert.) Ktze. NA FITOREGIÃO DO PLANALTO SERRANO, SANTA CATARINA** 185  
**BEHAVIOR RELATIONSHIP HIPSOMETRIC *Araucaria angustifolia* (Bert.) Ktze. IN THE MOUNTAIN RANGE ECOREGION, SANTA CATARINA**  
Myrcia Minatti; André Felipe Hess; Vilmar Picinatto Filho; Marcos Felipe Nicoletti; Marcelo Bonazza; Tássilla Magalhães Loiola
- CRESCIMENTO DE *Calophyllum brasiliense* Cambess. EM PLANTIOS COMERCIAIS NO SUL DO TOCANTINS** 191  
**GROWTH OF *Calophyllum brasiliense* Cambess. IN COMMERCIAL PLANTATIONS IN SOUTH TOCANTINS**  
Maria Cristina Bueno Coelho; José Imaña Encinas; Otacílio Antunes Santana; Marcos Giongo; Magda Lea Bolzan Zanon; Suellen Goergen; Eduardo Ganassoli Neto
- CRESCIMENTO DE *Eucalyptus benthamii* E *Eucalyptus globulus* NO BIOMA PAMPA** 197  
**GROWTH *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus globulus* THE PAMPA BIOME**  
Kristiana Fiorentin dos Santos; Mauro Valdir Schumacher; Bernardo Corso Frantz; Felipe Oselame Schiochet; Elias Frank de Araújo

- CRESCIMENTO DE *Eucalyptus globulus* EM ÁREA COM E SEM EXCLUSÃO DE CHUVA** 201  
**GROWTH OF *Eucalyptus globulus* IN AREA WITH AND WITHOUT RAIN EXCLUSION**  
Kristiana Fiorentin dos Santos; Mauro Valdir Schumacher; Bernardo Corso Frantz; Aline Aparecida Ludvichak; Joel Carvalho dos Santos; Elias Frank de Araújo
- CRESCIMENTO DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA APÓS 13 ANOS DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTES SELETIVOS** 205  
**GROWTH OF AN ARAUCARIA FOREST 13 YEARS AFTER APPLICATION OF DIFFERENT INTENSITIES OF SELECTIVE CUTS**  
Régis Villanova Longhi; Anna Paula Lora Zimmermann; Junior Oliveira Mendes; Paulo Renato Schneider
- CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DO TRONCO EM EUCALIPTOS PLANTADOS SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NO BIOMA PAMPA GAÚCHO** 211  
**GROWTH AND BIOMASS PRODUCTION OF STEM WOOD IN EUCALYPTUS PLANTED UNDER DIFFERENT SPACING IN PAMPA BIOME**  
Claudiney Couto Guimaraes; Mauro Valdir Schumacher; Huan Pablo Souza; Grasiela Dick; Bernardo Corso Frantz; Dione Richer Momolli
- CRESCIMENTO E REGENERAÇÃO NATURAL DE ASTRONIUM LECOINTEI EM ÁREA MANEJADA NA FORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS** 217  
**GROWTH AND NATURAL REGENERATION OF ASTRONIUM LECOINTEI IN MANAGED AREA IN NATIONAL TAPAJÓS FORESTRY**  
Lia de Oliveira Melo; Giselli Castilho Moraes
- CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus dunnii* Maiden NO BIOMA PAMPA, RS, BRASIL** 221  
**INITIAL GROWTH OF *Eucalyptus dunnii* Maiden IN PAMPA BIOME, RS, BRAZIL**  
Grasiela Dick; Mauro Valdir Schumacher; Elias Frank de Araújo; Joel Carvalho dos Santos; Felipe Oselame Schiochet; Wilson Orlando Rotili
- CRESCIMENTO INICIAL DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan EM SOLOS SALINOS** 225  
**INITIAL GROWTH OF *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan IN SALINE SOILS**  
Anna Paula Lora Zimmermann; Pierre André Bellé; Luciane Almeri Tabaldi; Paulo Renato Schneider
- CUSTO DO MANEJO FLORESTAL MADEIREIRO NA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE CASO NO ESTADO DO ACRE** 231  
**COST OF FOREST MANAGEMENT TIMBER IN THE AMAZON: A CASE STUDY IN ACRE**  
Mayara Paula Oliveira Machado; Zenóbio Perelli Gouveia e Silva; Camila Oliveira



**DENSIDADE E EFEITO DE ESTRADAS EM ÁREA DE MANEJO FLORESTAL NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa EM SANTA CATARINA, BRASIL**

**DENSITY AND EFFECT OF ROAD IN FOREST MANAGEMENT DENSE UMBROPHILUS FOREST IN SANTA CATARINA, BRAZIL** 235

Daisy Christiane Zambiazzi; Geferson Elias Piazza; Alfredo Celso Fantini

**DENSIDADE POTENCIAL DE *Cedrela fissilis* Vell. EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO DA COPA EM SÃO GABRIEL, RS**

**POTENTIAL DENSITY OF *Cedrela fissilis* Vell. ACCORDING TO ON CROWN DIAMETER IN SÃO GABRIEL, RS** 2401

Diego Adams Weiler; Everton Bastos Gonçalves; João Lindolfo Meira; Eduardo Pagel Floriano

**DESEMPENHO DE UM MODELO VOLUMÉTRICO VARIANDO SUA FORMA FUNCIONAL**

**PERFORMANCE OF A VOLUMETRIC MODEL VARYING ITS FUNCTIONAL FORM** 247

Rodrigo Otávio Veiga de Miranda; Hassan Camil David; Ângelo Augusto Ebling; Emanuel José Gomes de Araújo; Luan Demarco Fiorentin

**DETERMINAÇÃO DA TAXA DE CORTE SUSTENTÁVEL PARA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM UM REMANESCENTE FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS – PR**

**DETERMINATION OF SUSTAINABLE CUT RATE FOR THE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN A FOREST REMNANT IN THE INTERIOR OF THE MUNICIPALITY OF DOIS VIZINHOS-PR** 253

Mauricio Jose Gesser; Kemely Atanazio; Victor Miguel Vieira; Elisabete Vuaden; Mauricio Romero Gorenstein; Evaldo Muñoz Braz

**DINÂMICA DA TAXA DE INCREMENTO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE *Luehea divaricata* Mart. E Zucc., EM QUATRO NÍVEIS DE LUMINOSIDADE**

**DYNAMICS OF INCREASE RATES IN TIME FUNCTION OF *Luehea divaricata* Mart. AND Zucc. IN FOUR LEVELS OF LIGHT** 259

Aldeize da Silva Santos; César Augusto Guimarães Finger; Luciane Almeri Tabaldi

**DINAMICA DE CRESCIMENTO EM UM FRAGMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMONTANA NO OESTE DO PARANÁ**

**DINAMICA GROWTH IN A FOREST FRAGMENT SEMIDECIDUOUS SUBMONTANE IN PARANÁ WEST** 265

Luciano Farinha Watzlawick; Vanessa Silva Moreira; Filemom Manuel Mokochinski; Suzamara Biz; Luis Carlos Zerbielli; Patrikk John Martins; Qohelet José Ianiski Veres

- DINÂMICA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA EM BOA VENTURA DO SÃO ROQUE - PR** 271  
**DYNAMICS OF AN ARAUCARIA FOREST REMAINING IN BOA VENTURA DO SÃO ROQUE - PR**
- Patrikk John Martins; Luciano Farinha Watzlawick; Suzamara Biz; Filemom Mokochinski; Luiz Carlos Zerbielli; Vanessa Silva Moreira
- EFEITO DE CORTE SELETIVO PESADO NA SUCESSÃO E RIQUEZA FLORÍSTICA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO RS** 277  
**EFFECT OF HEAVY SELECTIVE LOGGING ON FOREST SUCCESSION AND FLORISTIC RICHNESS OF AN ARAUCARIA FOREST IN RS**
- Anna Paula Lora Zimmermann; Régis Villanova Longhi
- EFEITO DOS RESÍDUOS DA COLHEITA NO CRESCIMENTO DE *Eucalyptus saligna* NO SUL DO BRASIL** 283  
**EFFECT OF HARVESTING RESIDUES ON THE GROWTH OF *Eucalyptus saligna* IN SOUTHERN BRAZIL**
- Túlio Barroso Queiroz; Mauro Valdir Schumacher; Rudi Witschoreck; Catarine Barcellos Consensa; Grasielle Dick; Pierre André Bellé
- EFEITO E QUALIDADE DO PRIMERO DESBASTE MISTO DE POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* L. EM LAGES, SANTA CATARINA** 289  
**EFFECT AND QUALITY OF FIRST MIXED THINNING OF *Pinus taeda* L. STANDS IN LAGES, SANTA CATARINA**
- Luís Henrique Ferrari; Jean Alberto Sampietro; Marcos Felipe Nicoletti; Joniquel César Viganó; Nilton Sérgio Novack Júnior
- EFICIÊNCIA DE UMA EQUAÇÃO GENÉRICA NA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE *Hymenaea courbaril* L. NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS** 295  
**EVALUATION OF A GENERAL EQUATION IN THE ESTIMATE OF VOLUMETRIC *Hymenaea courbaril* L. IN THE TAPAJOS NATIONAL FOREST**
- Lizandra Elizeário dos Santos; Andrea Araujo da Silva; Brenda Letícia Rodrigues; Karla Maiara Almada Gomes; Talita Godinho Bezerra; Renato Bezerra da Silva Ribeiro; João Ricardo Vasconcellos Gama
- EFICIÊNCIA DO MÉTODO DOS DOIS DIÂMETROS PARA A ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE *Mimosa scabrella* Benth.** 301  
**EFFICIENCY OF METHOD OF TWO DIAMETERS FOR ESTIMATE VOLUMETRIC OF *Mimosa scabrella* Benth.**
- Vinicius Costa Cysneiros; Ana Paula Marques Martins; Luciane Naimeke Schmidt; Yuri Accioly; Sebastião do Amaral Machado

- EQUAÇÕES DE VOLUME PARA *Ocotea sp.* Aubl. NO NORTE MATO-GROSSENSE** 307  
**VOLUME EQUATIONS FOR *Ocotea sp.* Aubl. IN NORTH OF MATO GROSSO**  
Gabriel Valadares Caldeira; Fernanda M. D. Mamoré; Rolf da Silva; Pedro Millikan; Rômulo Mora; Cyro Matheus C. Favalessa; Ronaldo Drescher
- ESTIMATIVA DO DIÂMETRO DE COPA PARA *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze., EM POVOAMENTOS IMPLANTADOS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.**  
**EQUATIONS FOR CROWN DIAMETER ESTIMATIVE FOR *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze IN IMPLANTED STANDS IN SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.** 313  
Magda Lea Bolzan Zanon; César Augusto Guimarães Finger; Darlei Soares; Maria Cristina Bueno Coelho; Roraí Perreira Martins Neto
- ESTIMATIVA DE VOLUME DE EUCALIPTO EMPREGANDO REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS**  
**ESTIMATED EUCALYPTUS VOLUME USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS** 319  
Robson Borges de Lima; Nayara Natacha de Jesus Pereira; André Ricardo dos Santos Pereira; Cinthia Pereira de Oliveira; Diego Armando Silva da Silva; Ouorou Ganni Mariel Guera; Célio Gregorio Vasconcelos Jossefa; Carla Samara Campelo de Sousa; Márcio Assis Cordeiro; Daniel Henrique Breda Binoti
- ESTIMATIVA DO PERCENTUAL DE COPA DE *Araucaria angustifolia* NO PLANALTO CATARINENSE POR REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS**  
**ESTIMATE OF CROWN OF PERCENTAGE OF *Araucaria angustifolia* IN PLATEAU CATARINENSE BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS** 325  
Táscilla Magalhães Loiola; Aline Bernarda Debastiani; André Felipe Hess; Isadora de Arruda Souza; Lucas Dalmolin Ciarnoschi; Myrcia Minatti
- ESTIMATIVA DO PERFIL DO FUSTE E DO VOLUME TOTAL PARA *Pinus oocarpa* Schiede**  
**STEM PROFILE AND TOTAL VOLUME ESTIMATION FOR *Pinus oocarpa* Schiede** 331  
Isis Melo Dias; Sebastião do Amaral Machado; Edilson Urbano
- ESTIMATIVA DO VOLUME E DENSIDADE DE ÁRVORES EM POVOAMENTOS DE *Eucalyptus grandis* A PARTIR DE DADOS ESPECTRAIS**  
**ESTIMATE OF VOLUME AND TREE DENSITY IN STANDS OF *Eucalyptus grandis* FROM SPECTRAL DATA** 337  
Luis F. F. Costa; Elisiane Alba; Eliziane P. Mello; Emanuel A. Silva; Juliana Tramontina; Rudiney S. Pereira
- ESTRUTURA DE UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. APÓS SEGUNDO DESBASTE MECANIZADO**  
**STRUCTURE OF *Pinus taeda* L. STAND AFTER SECOND MECHANIZED THINNING** 343  
Franciny Lieny Souza; Jean Alberto Sampietro; Daiane Alves de Vargas; Marcos Felipe Nicoletti

- ESTRUTURA HORIZONTAL E VOLUMETRIA DE UMA ESPÉCIE DO GÊNERO *Pouteria sp.* NA FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ-FLOTA/AP**  
**HORIZONTAL STRUCTURE AND VOLUMETRIC OF A SPECIES OF THE GENUS *Pouteria sp.* IN FOREST STATE OF AMAPÁ-FLOTA /AP** 349  
Samuel Nahon da Costa; Robson Borges de Lima; Fernando Galvão Rabelo; Michelle Vasconcelos Cordeiro
- FUNÇÕES DE DENSIDADES PROBABILISTICAS NA ESTIMAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM UM POVOAMENTO DE *Eucalipto sp.***  
**DENSITY PROBABILISTIC FUNCTIONS IN DIAMETER DISTRIBUTION ESTIMATION IN A SETTLEMENT OF *Eucalyptus sp.*** 355  
André Tavares de Jesus; Robson Borges de Lima; Márcio Assis Cordeiro; André Ricardo dos Santos Pereira; Fábio Lacerda Jucá; Darlan Santos de Souza; Jadson Coelho de Abreu
- IMPACTO DA RETIRADA DE ÁRVORES DE *Eucalyptus sp.* EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE**  
**IMPACT OF THE REMOVAL OF TREES *Eucalyptus sp.* IN PERMANENT PRESERVATION AREA** 361  
Patrícia Mieth; Maristela Machado Araujo; Suelen Carpenedo Aimi; Daniele Guarienti Rorato
- INCREMENTO CORRENTE MENSAL DE *Dipteryx odorata* Aubl. Willd. (CUMARÚ) EM PLANTIO NA REGIÃO DE SANTARÉM-PA**  
**INCREASE MONTHLY CHAIN *Dipteryx odorata* Aubl. Willd. (CUMARU) IN SANTARÉM, PA REGION PLANTING** 367  
Aldeize da Silva Santos; Márlison de Sá Rêgo; Edgard Siza Tribuzy; Cristina Aledi Felsemburgh
- INCREMENTO DIAMÉTRICO PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Blepharocalix salicifolius* (H.B.K.) Berg**  
**DIAMETRIC INCREASE FOR INDIVIDUAL TREES OF *Blepharocalix salicifolius* (H.B.K.) Berg** 373  
Tatiane Chassot; Frederico Dimas Fleig
- INCREMENTO EM ALTURA DE *Cedrela fissilis* APÓS ATAQUE DE *Oncideres sp.***  
**INCREMENT IN HEIGHT OF *Cedrela fissilis* AFTER ATTACK OF *Oncideres sp.*** 379  
Karina Lanzarin; Lílian Daniel Pereira; Karina Marques Wolf; Evandro Alcir Meyer; Frederico Dimas Fleig

**INDUÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO ADAPTATIVO NO CONTROLE DE ESPÉCIES EXÓTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA ÁREA DE CAPOEIRA, LOCALIZADO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE, BRASIL.** 383

**INDUCTION OF ADAPTIVE MANAGEMENT TECHNIQUES IN THE CONTROL OF EXOTIC SPECIES TO THE DEVELOPMENT OF A SECONDARY FOREST (CAPOEIRA) AREA, LOCATED IN RECIFE'S METROPOLITAN REGION, PERNAMBUCO, BRAZIL.**

Carlos Frederico Lins e Silva Brandão; Mayara Dalla Lana; Marília Isabelle Oliveira da Silva; Anderson Francisco da Silva; Joaquim José de Freitas Neto

**LEVANTAMENTO DENDROMÉTRICO DE UM POVOAMENTO CLONAL DE *Tectona grandis*, EM SISTEMA SILVIPASTORIL, NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA- MT**  
**DENDROMÉTRICO SURVEY OF A SETTLEMENT OF CLONAL *Tectona grandis*, IN SILVOPASTORAL SYSTEM, IN CITY ALTA FLORESTA- MT** 389

Marcos Leandro Garcia; Luciano de Souza Maria; Fabrícia Rodrigues da Silva; Luciano Farinha Watzlawick

**MANEJO DE POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* ALÉM DOS 40 ANOS: UMA ALTERNATIVA?**  
***Pinus taeda* STANDS MANAGED BEYOND 40 YEARS: AN ALTERNATIVE?** 395

Mário Dobner Jr.; Carlos A. W. Seleme

**MÉTODOS ALTERNATIVOS AO DE ÁREA FIXA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L.**  
**ALTERNATIVE METHODS TO FIXED AREA IN SETTLEMENT OF *Pinus taeda* L.** 401

Klerysson Julio Farias; Guilherme Neto dos Santos; Nilton Sérgio Novack Júnior; Marcos Felipe Nicoletti

**MODELAGEM DA DENSIDADE PARA DETERMINAÇÃO DO AUTODESBASTE PARA *Eucalyptus grandis* W. Hill NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**DENSITY OF MODELING FOR SELFTHINING DETERMINATION FOR *Eucalyptus grandis* W. Hill IN THE RIO GRANDE DO SUL STATE** 407

Gabriel Paes Marangon; Paulo Renato Schneider; Gerson dos Santos Lisboa; Luiz Carlos Marangon; Ana Lícia Patriota Feliciano Marangon; Emanuel Araújo Silva

**MODELAGEM VOLUMÉTRICA PARA ÁRVORES DO HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (Ex Maiden) SOB REGIME DE TALHADIA NO MUNICÍPIO DE DOM AQUINO, MT**  
**MODELING VOLUMETRIC FOR HYBRID TREES *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (Ex Maiden) UNDER REGIME OF COPPICE IN MUNICIPALITY OF DOM AQUINO, MT** 411

Anatália dos Santos Ribeiro; Joao Paulo Sardo Madi; Cyro Matheus Cometti Favalessa; Karen Janones Rocha

- MODELOS VOLUMÉTRICOS PARA *Pinus taeda* L. EM DIFERENTES IDADES**  
**VOLUMETRIC MODELS IN *Pinus taeda* L. IN DIFFERENT AGES** 417  
Franciny Lieny Souza; Marcos Felipe Nicoletti; Jean Alberto Sampietro; Daiane Alves de Vargas
- NOVOS ATRIBUTOS ESTRUTURAIS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA FLORESTA ESTACIONAL: UMA EXPERIÊNCIA NA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA NO RIO GRANDE DO SUL**  
**NEWS STRUCTURAL ATTRIBUTES TO CHARACTERIZE THE SUCCESSIONAL STAGES IN SEASONAL FOREST: AN EXPERIMENT IN THE ATLANTIC FOREST BIOSPHERE RESERVE IN RIO GRANDE DO SUL** 423  
Ricardo V. Kilca; Gustavo Schwartz; Solon J. Longhi; Vanessa F. Soboleski; Julio C. Wojciechowski; Joathan B. Medeiros
- O IMPACTO DO PASTOREIO BOVINO NA REGENERAÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PLANALTO CATARINENSE**  
**IMPACT OF OVERGRAZING IN TREES REGENERATION OF THE MIXED OMBROPHILOUS FOREST IN SANTA CATARINA HIGHLANDS** 429  
Ricardo V. Kilca; Vanessa F. Soboleski; Mariele A. F. Silva; Pedro Higuchi; Ana C. Silva; Juliana P. Dallabrida
- O USO DE SIG COMO FERRAMENTA NO MANEJO FLORESTAL DE UM REMANESCENTE NA UTFPR- CÂMPUS DOIS VIZINHOS, PR**  
**THE SIG USE AS A TOOL IN THE FOREST MANAGEMENT OF A REMAINING IN UTFPR- CAMPUS DOIS VIZINHOS, PR** 435  
Mariane M. Andrade; Danieli. R. Klein; Sandra M. Krefta; Edilaine Duarte; Joseane A. Derengoski; Fabiani D. A. Miranda
- PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI, PARANÁ**  
**PATTERN OF SPACIAL DISTRIBUTION OF THE *Ilex paraguariensis* A.St.Hil. IN THE NATIONAL FOREST OF IRATI, PARANÁ** 441  
Gerson dos Santos Lisboa; Solon Jonas Longhi; Lúcio de Paula Amaral; Thiago Floriani Stepka; Gabriel Paes Marangon; Dirceu Lúcio Carneiro de Miranda
- PLANEJAMENTO DA INCLINAÇÃO ADEQUADA PARA ESTRADA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA EM ÁREA DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA**  
**PLANNING FOR THE ADEQUATE INCLINATION OF PRIMARY AND SECONDARY ACCESSES TO MANEAGEABLE FORESTAL AREA IN THE AMAZON** 447  
Verônica Satomi Kazama; Mario Hideo Sasaki; Ligia Manccini de Oliveira Barros; Mariana Peres de Lima; Edgar Nogueira Demarqui; Aldeize da Silva Santos

- PLANEJAMENTO DO SEGUNDO CICLO DE *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. NO ESTADO DO ACRE** 453  
**PLANNING THE SECOND CUTT OF *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. IN THE STATE OF ACRE**  
Evaldo Muñoz Braz; Patrícia Póvoa de Mattos; Aline Canetti; Fabio Thaines; Camila Castilla Ruy; Luciellen Pereira Martins
- POTENCIAL MADEIREIRO PARA EXPLORAÇÃO EM PLANO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL EM PEDRA-BRANCA, AMAPÁ**  
**POTENTIAL FOR EXPLORATION TIMBER IN SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT PLAN STONE-WHITE, AMAPÁ** 463  
Anderson Silva de Almeida; Fábio Lacerda Jucá; Luana dos Santos Lima; Julio Sá de Oliveira; Perseu da Silva Aparício; Robson Borges de Lima
- PRODUTIVIDADE E CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DE POVOAMENTOS DE *Eucalyptus saligna* CULTIVADOS EM CLASSES DISTINTAS DE SOLOS** 467  
**PRODUCTIVITY AND DENDROMETTRICH CHARACTERIZATION OF *Eucalyptus saligna* STANDS CULTIVATION IN DIFFERENT SOIL CLASSES**  
Jean Pierre Cavalli; José Miguel Reichert; Miriam Fernanda Rodrigues; Elias Frank de Araújo
- PROPOSTA DE UM ALGORITMO PARA EXTRAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA DO FUSTE EM DADOS DE VARREDURA LASER TERRESTRE E DETERMINAÇÃO DO VOLUME COMERCIAL**  
**PROPOSAL ALGORITHM FOR SEMI-AUTOMATIC TREE STEM EXTRACTION IN TERRESTRIAL LASER SCANNER DATA AND COMMERCIAL VOLUME DETERMINATION** 473  
Rorai Pereira Martins Neto; Tiago de Conto; André Leonardo Bortolotto Buck; Christel Lingnau; Vagner Alex Pesck; Magda Lea Bolzan Zanon
- QUALIDADE DE TORAS DE *Hyeronima alchorneoides* Allemão.**  
**LOG QUALITY OF *Hyeronima alchorneoides* Allemão.** 479  
Jean Correia; Geferson Elias Piazza; Alfredo Celso Fantini; Renata Diane Menegatti
- QUANTIFICAÇÃO DE REBROTOS DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM POVOAMENTOS IMPLANTADOS, QUANDO SUBMETIDOS A DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTE** 483  
**MEASUREMENT OF REGROWTH OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN STANDS IMPLANTS, WHEN SUBJECTED TO DIFFERENT THINNING INTENSITIES**  
Artur José Soligo; Paula Zanatta; Fabiano de Oliveira Fortes

- REESTABELECIMENTO DO CRESCIMENTO DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* L. ATACADAS POR ROEDORES SILVESTRES, SANTA CATARINA/BRASIL** 489  
**REINSTATEMENT OF TREES GROWTH OF *Pinus taeda* L. ATTACKED BY WILD RODENTS, SANTA CATARINA / BRAZIL**  
Vilmar Picinatto Filho; Marcos Felipe Nicoletti; Marcelo Bonazza; Myrcia Minatti
- RELAÇÃO DENSIDADE-DIÂMETRO EM POVOAMENTO DE *Acacia mearnsii* De Wild. DENSITY-DIAMETER RELATIONSHIP IN *Acacia mearnsii* De Wild STAND** 493  
Junior Oliveira Mendes; Anelisa Pedroso Finger; Régis Villanova Longhi; Paulo Renato Schneider
- RELAÇÃO DO INCREMENTO MÉDIO ANUAL DE *Araucaria angustifolia* COM VARIÁVEIS DO AMBIENTE EM SANTA CATARINA** 501  
**RELATIONSHIP OF ANNUAL INCREASE AVERAGE OF *Araucaria angustifolia* WITH ENVIRONMENTAL VARIABLES IN SANTA CATARINA**  
Isadora de Arruda Souza; André Felipe Hess; Tássilla Magalhães Loiola; Myrcia Minatti
- RELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DE COPA E O DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO DE *Luehea divaricata* Mart. & Zucc, DOIS VIZINHOS, PR** 507  
**RELATIONSHIP BETWEEN DIAMETER CUP AND DIAMETER AT BREAST HEIGHT FOR *Luehea divaricata* Mart. & Zucc, DOIS VIZINHOS, PR**  
Sandra M. Krefta; Danieli R. Klein; Sandiane Carla Krefta; Luana Maria dos Santos; Tássilla M. Loiola; Veridiana P. Weber; Ana Cláudia da Silveira; Mariane M. Andrade
- RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA *Cordia Trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. EM OCORRÊNCIA NATURAL NO MUNICÍPIO DE SALTO DO LONTRA, PR** 513  
**HYPOMETRIC RELATION TO NATURAL OCCURRENCE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. IN THE MUNICIPALITY OF SALTO DO LONTRA, PR**  
Ana Claudia da Silveira; Danieli Regina Klein; Sandra Mara Krefta; Elisabete Vuaden
- RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* EM SOLOS ARENIZADOS NO BIOMA PAMPA** 517  
**HYPOMETRIC RELATION TO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* PLANTED IN SANDY SOIL OF THE PAMPA BIOMA**  
Bernardo Corso Frantz; Mauro Valdir Schumacher; Rudi Witschoreck; Aline Aparecida Ludvichak; Huan Pablo de Souza; Claudinei Couto Guimaraes; Kristiana Fiorentin dos Santos; Grasielle Dick; Felipe Oselame Schiochet
- RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (Ex Maiden) SOB REGIME DE TALHADIA NO MUNICÍPIO DE DOM AQUINO, MT** 521  
**HYPOMETRIC RELATION FOR *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (Ex Maiden) UNDER REGIME OF COPPICE AT CITY DOM AQUINO, MT**  
Joao Paulo Sardo Madi; Anatólya dos Santos Ribeiro; Cyro Matheus Cometti Favalessa; Karen Janones Rocha



**RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA O HÍBRIDO *Eucalyptus urograndis* E *Acacia mearnsii* EM PLANTIO MISTO**

**HYSOMETRIC RELATION FOR HYBRID *Eucalyptus urograndis* AND *Acacia mearnsii* IN MIXED PLANTING**

527

Aline Aparecida Ludvichak; Mauro Valdir Schumacher; Kristiana Fiorentin dos Santos; Grasielle Dick; Bernardo Corso Frantz; Catarine Barcellos Consensa; Rudi Witschoreck; Elias Frank de Araújo

**SELEÇÃO DE EQUACÃO PARA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA EM POVOAMENTOS DE *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**EQUATION SELECTION FOR HYSOMETRIC RELATION IN STANDS OF *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden IN THE NORTH OF THE RIO GRANDE DO SUL STATE**

533

Luiz Henrique Natalli; Cleomar André Ganzer; Fabiano de Oliveira Fortes; Luis Paulo Baldissera Schorr; Franciele Alba da Silva; Kemely Alves Atanazio; Mateus Basso

**SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO PARA O CONTROLE DO PLANTIO FLORESTAL**

**PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEM FOR FOREST PLANTING CONTROL**

537

Philippe Ricardo Casemiro Soares; Bruna Martins Garcia; Gustavo Silva Oliveira

**SISTEMA DE TALHADIA PARA O MANEJO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**COPPICE SYSTEM FOR SECONDARY FOREST MANAGEMENT IN CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL**

543

Evandro Alcir Meyer; Frederico Dimas Fleig

**USO DE HIDROGEL E CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus saligna* Smith EM ÁREA EXPERIMENTAL EM SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRASIL**

**HYDROGEL USE AND INITIAL GROWTH *Eucalyptus saligna* Smith IN EXPERIMENTAL AREA IN SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRAZIL**

549

Carline Andréa Welter; Jorge Antonio de Farias; Fábio Eduardo Roesch

**UTILIZAÇÃO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA OTIMIZAÇÃO DA ESTIMATIVA DO VOLUME**

**NEURAL NETWORKS USE OF ARTIFICIAL FOR OPTIMIZATION OF VOLUME OF ESTIMATE**

553

Lucas Dalmolin Ciarnoschi; Aline Bernarda Debastiane; André Felipe Hess; Tássilla Magalhães Loiola; Ana Maria Alves de Souza Ribeiro; Geedre Adriano Borsoi; Débora Dalmolin Ciarnoschi

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM POVOAMENTO HOMOGÊNEO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze**

559

**ECONOMIC FEASIBILITY OF A HOMOGENEOUS SETTLEMENT OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze**

Fabiano de Oliveira Fortes; Franciele Alba da Silva; Luis Paulo Baldissera Schorr; Robson Júnior Bach; Simone Rigo

**VOLUME DE CASCA EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* E *Pinus elliottii* NA REGIÃO CENTRO SUL DO ESTADO DO PARANÁ**

**BARK VOLUME IN *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* STANDS IN SOUTH CENTRAL REGION OF PARANÁ STATE**

565

Sintia Valerio Kohler Renata Carvalho Rodrigo Otávio Veiga de Miranda Afonso Figueiredo Filho Edson Luis Serpe

# **Assumptos Florestaes**

Problemas para o Governo do Estado do Rio Grande do Sul

## **MEMORIAL**

dirigido respeitosamente ao

**Senhor Dr. Getulio Dornelles Vargas**

**DD. Presidente do Estado**



Por

**JOSÉ ZELL**

Typographia do Centro – Porto Alegre

1929

Senhor Presidente!

Se, com as explanações seguintes, tomo a liberdade de submeter a V. Exc. As considerações a seguir, poderá estar convencido, que eu, sendo allemão nato, não pretendo arrogar-me o direito de dar ensinamentos e conselhos ao Brasileiro, destinado a guiar os destinos do Rio Grande do Sul, nem fazer observações sobre certas circumstancias que se teem manifestado com referencia aos assumptos florestaes, e que durante o percurso de varias dezenas de annos se teem desenvolvido de modo tal, que representam grande deficiencia para o bem estar deste Estado.

Apenas desejo submeter a V. Exc. A minha opinião sobre os modos pelos quaes até agora tem sido peccado com respeito á sciencia florestal, afim de poderem ser encontrados os meios de reparação dessas faltas, como tambem sobre aquillo que deverá ser feito futuramente, afim de que a sciencia florestal, até agora tão descurada, seja integrada na posição, na qual, de merito, já há muito tempo se deveria encontrar.

Já disse mais acima, que sou allemão. Nasci na Allemanha e lá vivi durante vinte e quatro annos. Amo minha patria, porêmo do mesmo modo a terra, que actualmente é minha patria. Estou labutando neste Estado há trinta e dous annos e estou perfeitamente radicado no mesmo; meus filhos foram por mim educados como bons brasileiros. Para mim proprio não senti a necessidade de naturalização; nunca a considerei necessaria, não porque não queira ser bom brasileiro, pois me considero tal, e isto em medida tão intensa como não o poderá ser mais um converso; seria o mesmo do que si um Papa se mandasse baptisar. E' verdade que pela estatura e physionomia sou um allemão perfeito, de maneira que todos m'o podem ver a um kilometro.

O grande patricio de V. Exc., Dr. Assis Brasil, cujo conhecimento fiz em consequencia de permutas de opinião sobre assumptos florestaes referentes ao Brasil e especialmente ao Rio Grande do Sul, e ao qual cavalheiro há vinte annos estou ligado por intima amizade pessoal, em certa occasião, me disse: "Bom brasileiro é todo aquelle que dedica seu saber e seu poder ao bem do país, e por tal motivo o Senhor, mesmo sendo precedente da Allemanha, é brasileiro perfeito." Com esta declaração diante dos olhos, tomarei a liberdade de expor a V. Exc. As minhas opiniões profissionais.

Não deveis julgar, que sejam ventura interesses pessoases que me motivam a dirigir-vos o presente.

Sou independente e pretendo continuar a sel-o. Aqui vivo e labuto, e assim tambem será futuramente. Não quero servir ao Estado como funcionario pago, porêmo, quero servir ao mesmo como cidadão patriótico e independente.

### **Significação e importancia das florestas**

Para podermos conceber até que ponto as florestas deverão constituir assumpto de preocupação economica, antes de tudo deveremos encarar a importancia que as mesmas teem para nós. Segundo opinião justificada, a floresta para nós tem dupla importancia. Em primeiro logar nos fornece, na mdeira e nos proveitos secundarios, valiosos productos para a economia humana, ou destinadas directamente para satisfação das exigencias do consumo, ou que parcialmente poderão ser convertidas em auxiliares preciosos para o trafego e a produção de valores. Além disso, as florestas ainda poderão exercer sua influencia benefica sobre a cultura geral do país, pois defendem e fomentam a mesma, como influem sobre o bem-estar physico e psychico da população. É verdade, que esta importancia não pe tão immediata e nem igual em todas as partes. Antes de tudo, a importancia das florestas existentes dependerá da extensão das mesmas, da forma do mesmo, da distribuição de

agua e terra, e de condições geraes da economia e da cultura; mas, especialmente, nossa apreciação das florestas dependerá do estado de nossa instrucção.

Quando, há um seculo, nossas mattas virgens foram entregues á colonisação, as mesmas podiam ser demoitadas sem perigo qualquer para o bem-estar do população. As gigantescas existencias em florestas com seu solo virgem e impenetravel, que era directamente inimiga da especie humana, eram fundados os estabelecimentos dos colonos, com vegetação e plantações abundantes e appareciam campinas alegres. A floresta recuava cada vez mais em consequencia dos esforços do braço humano, e logares, que antes nunca tinham sido pisados, hoje são accessiveis á cultura. A matta virgem foi dominada, e em tempo, relativamente curto, se vinham desenvolvendo nucleos florescentes.

### **A maldição da desmattação exhaustiva**

Ao lado dessas vantagens, bem rapidamente se collocaram os defeitos. A desmattação era feita sem systema; ninguem se occupava de desbravação racional, ninguem havia que recommendasse aos colonos para não desmattare as encostas ingremes, ou para interromperem a desmattação em certos logares, afim de conservar nesgas de matto, capazes de reter e de abrandar as massas d'agua, provenientes de fortes chuvas, que se arremessavam para os valles. Iniciou-se a debilitação do solo e esta cada vez mais se tornou sensível, até que a terra sómente servia para exploração em paragens baixas, pois as enconstas sómente apresentavam rochedos nús, visto que a terra fertil continuamente fora lavada pelas chuvas.

Com os tempos, em muitissimas regiões se vinham apresentando manifestações que fazem lembrar os paizes, nos quaes grande parte das glebas não podem mais servir á agricultura, em consequencia da desmattação havida. Taes terras não podem alimentar seus habitantes, sendo os mesmos obrigados a emigrar. Temos estes tristes exemplos em grande parte do territorio alpino da França, em regiões da Italia, Hespanha, Grecia, nos Balkans, na Asia Menor, na Syria e na China. Eguamente no Rio Grande do Sul já existem partes do antigo territorio colonial em condições bem semelhantes. As florestas foram devastadas insensatamente, afim de produzirem lucro momentaneo, e actualmente as enconstas das montanhas estão plladas e o solo fertil, desprovido de sua defesa natural, foi levado e arrastado; no logar das antigas plantações florescentes, actualmente, se apresenta a rocha viva. O homem, recordando-se demasiado tarde da injustiça que, consciente ou inconscientemente, causou aos mattos, agora se empenha desesperadamente para ainda arrancar os meios de subsistencia das glebas eu ainda lhe sobram. A terro tornou-se esteril, e até o colono mais dedicado não poderá arrancar mais cousa alguma deste solo de calhãos. Onde a natureza, em interminavel energia creadora, durante trabalho de milhares de annos, levantou as florestas mais bellas para a defesa do solo, hoje o espirito observador sómente poderá verificar os cimos pellados das montanhas, agglomerações de calhãos e rochas vivas das encostas ingremes. O numero dos municipios, que actualmente apresentam centenas de exemplos das tristes consequencias da desmattação irreflectida, não é pequeno. Estas consequencias deveriam manifestar-se mais cedo ou mais tarde. As inundações se alternam com as seccas e sempre se repetem em intervallos cada vez menores. Suas consequencias cada vez são mais catastrophaes e os prejuizos, assim originados, têm tomado extensões como, nunca antes, puderam ser observados. Os damnos da ultima enchente, tanto no interior do Estado, como nas baixadas dos rios e mesmo aqui em Porto Alegre, ainda estão na viva recordação de todos nós. No emtanto tambem

teem a mesma extensão os prejuícos causados pelas enormes seccas que durante os ultimos decennios se tem manifestado aqui, e que chegaram a perdeurar muitos mēses, destruindo não só o poneso trabalho dos nossos colonos, como a riqueza dos nossos criadores, frequentemente, fica tão comprometida pela secca dos campos e dos aguadouros com a subsequente mortandade de grande parte do gado, que se encontram ameaçados de ruina. Nossa navegação fluvial igualmente fica grandemente prejudicada em vista da falta d'agua nos rios.

Mesmo, se estes acontecimentos, que são tão prejudiciaes ao bem-estar de nossa população em geral, não puderem ser attribuidos exclusivamente á sempre maior devastação de nossas mattas, entrando igualmente em consideração outros factos de natureza elementar, assim mesmo não podemos negar, que a sempre maior devastação das mattas tem contribuido em grande parte para taes factos.

### **As florestas em sua relação ao país**

Já nos tempos mais remotos reconheceu-se, que com a devastação das florestas se manifestaram alterações no estado physico do referido solo, alterações que frequentemente teem consequencias funestas para a totalidade da população. Já Platão em sua obra "Critias" se refere ao adoecer do solo em consequencia de desmattação. Mais tarde e, especialmente na era moderna, tem havido muitas disposições e leis, comprovando que poderes executivos se teem empenhado na conservação das florestas em beneficio do interesse publico. Ha muito tempo attribue-se ás reservas das florestas em zonas montanhosas, em terrenos arenosos e nas dunas, uma influencia que attinge muito além das mesmas reservas sobre as condições do pais. As tristes experiencias soffridas pela França, Italia, Hespanha e por outros países, teem contribuido muito para a constataçã deste facto. A noticia escripta, mais antiga sobre esse thema, a devemos ao hespanhol Fernando Colon. Este escreve: "O Almirante attribue á espessura das florestas, que cobrem as encostas das montanhas, as chuvas refrescantes e frequente que arrefecem o ar, observando, que antigamente em Madeira, Ilhas Canarias e nos Açores a quantidade d'agua tambem foi tão abundante, porém, desde a epoca, emq eu foram devastadas as florestas naquelles logares, as chuvas têm sido mais escassas".

Esta é a primeira das manifestações com referencia ás queixas, que posteriormente nos vieram em grande numero desde os países tropicaes e subtropicaes sobre a influencia pernicioso da destruição de mattas e sobre condições climatericas dos respectivos países.

A apreciação da importancia das florestas teve impulso especial pelas analyses scientificas e exactas do afamado naturalista francez George Luis Buffon, que esteve empenhado em solucionar varios problemas praticos de sciencia florestal, e o qual em occasião de suas viagens poude fazer constatações sobre a influencia da vasta destruição da florestas. Resumiu o resultado nas palavras: "Quanto mais tempo um paiz for habitado, tanto mais pobre será de florestas e de agua".

Estas considerações, apenas, tiveram immportancia pratica, depois das devastações de florestas em maior escala, durante a grande revolução francêsa, que vieram a chamar a attenção sobre os damnos assim produzidos ao bem-estar publico, e cuja compensação está sendo executada actualmente applicando, sommas fabulosas e toda a perspecacia dos engenheiros florestaes e da hydraulica; assim mesmo quase não poderá ser dominada.

Já durante a epoca do Consulado, os effeitos perniciosos da devastação das florestas se vinham manifestando, e Rougier, em memorial sobre a conservação das mattas, como tambem Thuau na assemblea

nacional, analisam a mesma nos seus detalhes. Devemos ás analyses scientificas de Alexandre von Humboldt, Becquerel, e de Bousingault, que a importancia das florestas ficou sendo conhecida em todas as camadas sociaes, e que uma compreensão geral da alta importancia das florestas se tornou generalizada.

### **Influencia das Florestas sobre o Clima**

O effeito climaterico das florestas se manifesta primordialmente na influencia das mesmas sobre a temperatura do ar e do solo, sobre a humidade e circulação d'agua, como tambem sobre as florestas, como consolidadora do solo e como freio á impetuosidade dos ventos.

#### **a) Influencia das florestas sobre a temperatura do ar e do solo**

As florestas têm effeito compensador para as temperaturas diarias maximas e minimas, do que poderemos tirar a conclusão, que os extremos absolutos da temperatura do ar, durante todo o anno, deverão exprimir numericamente tal influencia em grao bem pronunciado. Na pratica, geralmente, trata-se, quando fallamos da influencia climaterica das florestas, da redução dos extremos de temperatura, que são tão perniciosos á vegetação, como á vida humana. As devastações de mattas em escala maior, geralmente influirão extremamente sobre as condições de temperatura da região. A estação quente ainda tornar-seha mais quente e a fria mais fria ainda. Justamente a alta temperatura hibernal são as causantes do clima de estepes, refractario á cultura, e juntamente com a falta de humidade motivarão a falta de vicejo das plantas uteis. Considera-se temperatura media de um paiz aquella, que resultar da somma de todas as temperaturas encontradas nas differentes regiões, dividida pelo numero dessas unidades. A pesquisa comparativa nos demonstra que o clima se altera com effeitos de devastação das mattas e do reflorestamento.

#### **b) Influencia do matto sobre a humidade atmospherica**

Igualmente é importante a influencia das florestas sobre a humidade athmospherica. Considerando humidade athmospherica relativa á proporção de quantidade de vapor d'agua realmente existente no ar aquella, que na temperatura reinante e a pressão athmospherica do momento, seria sufficiente para saturação do ar. Esta humidade relativa da atmosphaera das florestas sempre é maior do que no campo aberto, e assim o ponto de manifestação do prodigo orvalho se produz mais facilmente e a vaporação da humidade do solo fica reduzida, de modo que estes dois factores beneficiam o abastecimento das plantas com água.

A mencionada influencia das florestas sobre a quantidade das chuvas e a distribuição pluvial na realidade ainda não está pesquisada concludentemente. A questão não poderá ser reduzida por meio de processo de prova deductiva, e poderemos obter resultados differentes. Deverei ponderar, entretanto, que as regiões de matto estão em proporção de um a tres com os terrenos utilizados para fins de agricultura. Em paiz de cultura, uma vez que se cogita da devastação das florestas, na maioria dos casos tratar-seha de outra applicação agricola para o solo. É lastimavel, portanto, que frequentemente, em consequencia de exploração econômica indequada, no percurso dos annos se forma terreno baldio e estéril.

Em geral poderemos dizer, em virtude de pesquisas scientificas feitas, que a influencia das florestas é consideravel sobre a formação de precipitações d'agua e sobre a frequencia e o vulto das mesmas.

Por meio de methodo deductivo, igualmente, chegamos á conclusão, que as florestas proporcionam um jacto d'agua uniforme para os rios, que até certo ponto previne a formação de inundações, retendo, totalmente ou em parte, as massas de agua pluvial, e permitindo apenas o escoamento paulatino das mesmas.

Sómente nos encontramos em terreno seguro de pesquisas, nos casos em que se trata de manifestações mechanicas nas florestas e especialmente da camada de humus, por exemplo, nas erosões e inundações e contribuição á formação de vertentes. Para a formação de vertentes em primeiro lugar logar prevalecerá a estructura geologica do solo, digo, do logar. Bosques que guarnecem o reservatorio da vertente de nivel superior, conservam reservas muito maiores de agua em forma de gottas, que proporcionam á vertente por meio de infiltração, enquanto contrariamente as devastações de matto, em escala consideravel, em virtude de augmento da evaporação, terão por consequencia a falta d'agua. No percurso dos tempos foi feita a experiencia, que terrenos bem providos de florestas, vencerão de modo mais vantajoso as épocas de secca, quanto á provisão d'agua, ao passo que terrenos com pouco matto soffrem a maior privação. É facto de conhecimento antiquissimo, que as reservas de florestas têm influencia sobre o abrandamento e mesmo sobre a redução de catastrophes de inundaçõ, e que a devastaçõ de florestas influe sobre a origem e a frequencia das mesmas. Com toda a certeza neste sentido é vantajoso a circumstancia, de que das florestas escorra menos agua que de terrenos cultivados e especialmente das encostas nús das montanhas; além disso a reduçõ desse escoamento, produzindo pelas anfractuosidades de capa de terra, nas florestas, igualmente produzirá este perigo, pois o volume d'agua em escoamento se distribuirá durante tempo maior; nas terras florestaes frequentemente os leitos dos arroios ainda são sufficientes para transportar estas aguas, sem causarem prejuizoz, enquanto nas serras pelladas em caso identico, forçosamente, se terá que manifestar uma inundaçõ.

Mesmo que, em detalhe, o effeito das florestas ainda careçam de melhores pesquisas e constatações scientificas, quanto ao ajuntamento e ao escoamento d'agua, assim mesmo, em virtude de observações feitas, geralmente deverá ser considerado como certo e estabelecido, que devemos attribuir á florestas maiores e serras, no territorio do rio, uma regulacão vantajosa e compensação na conducção de aguas dos affluentes.

O contrario dos periodos de inundaçõ são as épocas de falta d'agua, nas quaes as vertentes e os arroios seccam e a navegacão nos pequenos rios fica paralyzada, devendo ser limitada nos rios de maior vulto. Até existem opiniões de que o volume das aguas dos nossos rios diminua em consequencia das devastações de mattos. Mesmo, se quizermos acceitar que o volume das aguas dos nossos rios, descarregado para o mar, na media annual seja o mesmo, de outro lado ficou constatado, que a distribuición durante todo o anno para as regiões florestas é muito mais parelha do que para as regiões devastadas. Em regiões bem providas de florestas, a quantidade de escoamento d'agua durante o periodo de secca é de duas a tres vezes maior, o volume das aguas nas inundações, porém, ficará reduzido á metade e mesmo a mais, em comparacão com regiões devastadas.

### **c) Influencia das florestas sobre o vento**

As florestas defendem a região adjacente contra os effeitos seccadores e conductores de frio, pelo vento, pois o matto desvia o vento para o alto, e sómente em distancia consideravel o vento poderá precipitar-se novamente para o solo.



## Quaes são as medidas a tornar-se em defesa dos interesses da generalidade?

As respectivas medidas parcialmente são de natureza negativa e parcialmente positiva. Deveremos entender que as medidas negativas são aquellas que defendem as actuaes reservas de florestas na melhor escala possível, desviando os perigos que ameaçam o bem-estargeral em consecuencia da devastação de mattos. Medidas positivas são aquellas que poderão corrigir parcial ou totalmente os damnos produzidos ao paiz em consecuencia da devastação de mattas.

### Medidas de Natureza Negativa

#### a) Bosques de defesa

Devemos considerar a criação de reservas de bosques como primeira medida de defesa, de natureza negativa. A compreensão do termo “bosque de defesa” tem interpretação variada em muitos países. No sentido mais amplo poderemos donominar “bosque de defesa” toda floresta que necessitar de defesa. Em sentido mais restricto, sob “bosques de defesa” entendemos aquellas florestas, cuja conservação é conveniente em virtude da influencia das mesmas sobre a culturado país e as condições sanitarias. Praticamente a separação não será possível, porém, a opinião geral sob “bosques de defesa” sómente entende aquellas florestas que servem á defesa dos interesses publicos contra perigos. Entre os perigos, para evitar os quaes deverão ser destinados legalmente, estas regiões florestaes como “bosques de defesa”, deveremos citar: as influencias prejudiciaes do clima, inundações, desmoronamentos e margens excavadas, deslocções de terras, abaixamentos do solo, producção de areaes etc.

Resultarão como beneficios: a influencia sobre as condições de humidade (a lei austriaca neste ponto até cogita das fontes curativas), regulamento do escoamento d’agua, conservação do nivel d’água, fixação do solo, conservação de dunas, defesa contra as influencias prejudiciaes dos ventos, influencia sobre a saude popular e finalmente a serventia para fins de defesa militar. Na França, por exemplo, as florestas que encintam a fronteira na largura de seis leguas, servem para fins de defesa militar do país.

Entrarão em consideração como florestas de defesa: As posições altas e abertas, as encostas de montanhas, os avançamentos, as linhas de margem de percursos d’agua, as regiões de vertentes, as inclinações pronunciadas, as paredes ingremes e os declives. A estrutura do solo naturalmente terá grande influencia.

A demarcação de florestas de defesa deverá ser feita antes em escala maior do que menor do que seria necessario. Realmente está ligada a dificuldade e despesas.

Para que seja efficiente, tomará muito tempo, pois em acção rapida não poderão ser evitados erros. Justamente para a jurisdicção florestal é melhor tomarmos a metade totalmente do que o todo pela metade.

Se florestas particulares deverão ser declaradas como florestas de defesa, os respectivos proprietarios naturalmente deverão ser indemnizados correspondentemente, e no minimo deverá ser concedido tanto ao proprietario, como este poderia ter produzido com a venda. Esta indemnização ou deverá ser feita em dinheiro ou em troca de terras de propriedade do Estado.

#### b) Proibição da derrubada de matto nas margens dos rios e dos arroios

Os rios e os arroios nas ocasiões de inundaçção soffrem desmoronamentos dos barrancos. Como as raizes

do matto seguram o solo, os cursos d'agua deverão ser defendidos por meio de prohibição de derrubadas. Além disso os leitos deverão ser limpados, retirando-se tocos trazidos das inundações anteriores, que frequentemente prejudicam á navegação, e assim tambem é obtido um escoamento mais rapido das aguas.

**c) Suspensão do arrendamento de mattos publicos**

Quando, há varia annos, tive occasião de ler sobre a concurrencia de arrendamento de mattos do governo, não pude comprehender o motivo desta medida tomada pelos nossos poderes. Tive que registrar immediatamente a opinião, que o Governo, por ventura, iria iniciar a renovação systematica das florestas, de accordo com as regras da sciencia florestal, pois o Governo para tal fim nem dispunha de engenheiros florestaes qualificados e praticos. Sómente me restava a supposição que deveria ser creada uma nova fonte de renda para as arcas do thesouro, com o producto de taes arrendamentos. No emtanto eu diria a mim proprio, que esta renda, se a renovação das florestas não for feita systematicamente, forçosamente deverá ficar em proporção desvantajosa com os damnos que as florestas soffrem com a exploração. O arrendatario particular que fez a exploração, naturalmente, só tratará de extrahir o maior proveito possivel com um minimo de despesas, sem tomar a minima consideração ao estado em que devolve o matto ao Governo, depois de feita a exploração. Para o arrendatario unicamente são as arvores mais bellas e mais valiosas que o interessam, e o reflorestamento profissional que devia seguir-se pelo rejuvenescimento do matto, é lhe coisa secundaria. Tambem não paga arrendamento para proporcionar maiores rendas ao Governo, mas para que elle proprio tenha lucros, os mais avultados possiveis. A exuberancia da floresta, produzida pela natureza em trabalho incessante de longos seculos, desapareceu, e sobrá unicamente a capoeira que quasi não tem valor algum. A renda que o Estado teve com o arrendamento, ficará inexistente em virtude do preço muito inferior que estas terras produzirão na venda, pois os compradores naturalmente tomarão em consideração á devastação que tem havido, e o pouco matto inferior existente não compensará a differença. Nem será necessario tomar-se em consideração os damnos moraes a que está exposto o Estado em virtude do exemplo, certamente, não digno de ser imitado, que assim dá aos proprietarios particulares de florestas, permittindo a devastação de mattos em tal escala.

**d) Criação de um Parque de Defesa da Natureza**

Entende-se sob o termo “criação de parque de defesa da natureza”, a reserva de determinados territorios naturaes de maior ou de menor extensão, com o fim de ficarem resguardados contra ataques dos homens. A delimitação de um tal parque natural deverá ser feita simultaneamente com a demarcação dos bosques de defesa. Este parque não precisa ter as dimensões gigantescas, como, por exemplo, fizeram os norte-americanos na demarcação do Parque Nacional de Yellowstone, no noroeste do Estado de Wyoming, cujo parque comprehende uma superficie de 8670 kilometros quadrados. No emtanto o Estado do Rio Grande do Sul, tambem, deverá criar o seu parque natural de defesa, dando assim um bom exemplo aos outros Estados do Brasil. Para as nossas condições, seria sufficiente a criação de um parque natural que tenha superficie de vinte e cinco léguas quadradas. É plenamente justificada a exigencia de creação de um territorio defendido no qual a acção creadora da natureza poderá desenvolver-se livremente. Esta aspiração não sómente deverá ser encarada do ponto de vista dos amigos da belleza natural, que intentam reservar aos nossos descendentes um pedacinho da natureza virgem, porém,

igualmente deverá ser considerada sob o ponto de vista científico. Sómente deste modo é que muitos animais e plantas terão a possibilidade de se poderem conservar desenvolvendo-se de accordo com suas disposições naturais. Muitas espécies de animais úteis ou daninhos, que aqui estiveram representados em abundancia, actualmente se encontram em estado de desaparecimento, isto não sómente com grande pezar dos caçadores proficientes, como também do povo apreciador de animais. A muitas plantas succede o mesmo. Os animais e plantas que carecem de defesa, deverão ser transportados e radicados nos lugares, onde poderão desenvolver-se e procrear-se em ambiente de natureza livre, desimpedida de qualquer influencia humana. Nossos descendentes preferirão, agradecidos, e com respeito, os nomes d'aquelles que defenderam nossa fauna e flora autochtone do desaparecimento, conservando as mesmas para gerações futuras. Se este parque de defesa da natureza, que também poderemos denominar de "parque natural", for creado futuramente em dimensões maiores, e depois da execução de caminhos transitaveis, que darão acesso á contemplação da bellezas naturais do parque a cada visitante, este também poderá ser franqueado á generalidade, como é o caso com o parque de Yellowstone. O turista abastado virá desde longe, sómente para poder apreciar e admirar a flora e a fauna do parque nacional, e louvar com o justo orgulho as bellezas da sua patria.

### **Medidas de Natureza positiva**

#### Instalação de jardins de cultura de plantas (hortos florestais)

Com a intenção de se facilitar ao particular a aquisição de mudas de arvores productoras de madeira de qualidade, que pretende florestar em sua propriedade, é indicada a instalação de hortos florestais estaduais. Nesses hortos não sómente deveria ser cultivada a maioria das qualidades de madeiras nacionais, como também estrangeiras, que de accordo com as experiências feitas até agora têm produzido bom resultado e que são recommendaveis para o florestamento. Antes de tudo se trataria de espécies de crescimento rapido que garantam resultado possivelmente rapido e que não deixem o proprietario muito tempo á espera.

Os preços das mudas deveriam ser reduzidos, afim de ficar facilitada a aquisição pelos particulares. Deverá o interessado particular adquirir mudas a preço mais reduzido do que lhe custariam, cultivando-as mesmo, e o Governo se deverá conformar com cobrir as despesas de manutenção do horto pela venda de mudas. Não se deverá cogitar de lucros, pois estes resultarão naturalmente da economia nacional.

O primeiro horto deverá ser instalado em região já mal aquinhoada pela propria natureza quanto a florestas. O melhor local ficaria nas imediações de Alegrete. Desde aquella localidade poderiam ser attendidos os Municipios de Uruguayana, Quarahy, Rosario e Sant'Anna do Livramento. Outros hortos poderiam ser instalados, com o correr do tempo, em São Borja, para os Municipios de Itaqui e Santiago do Boquerão; em São Sebastião, para os Municipios de São Gabriel, Dom Pedrito e Bagé; em Pelotas, para os Municipios de Rio Grande, Jaguarão, São Lourenço e Cangussú. Posteriormente poderiam ser instalados hortos florestais naquelles Municipios em que a falta de madeira e lenha ainda não é tão pronunciada.

Além da cultura de mudas, cada horto florestal deveria fazer anualmente experiências em escala menor, de culturas de plantas de madeira mixta, nacional e estrangeira, as quaes poderiam servir para fins instructivos a particulares, que pretendem fazer florestamento.

No horto florestal de Alegrete, sob a inspecção de tecnico competente, deverão ser instruidos e preparados os administradores dos hortos a serem fundados posteriormente em São Borja, São Sebastião, Pelotas e nos outros Municipios, até que estes estejam em condições de lhes poder ser confiada a administração independente dos hortos.

### **Reflorestamento**

O reflorestamento deverá ser feito em logares, onde tem havido devastações irracionaes de mattos, nas encostas ingremes, nos altos e nos cumes de montanhas. Infelizmente não são poucas as colônias, que em consequencia da tal devastação irreflectida, no decurso dos annos, se tornaram estereis, pois o solo fertil das mesmas foi levado pelo effeito das aguas, e estas terras já não se prestam mais para fins de agricultura. Não faço excepções entre moradores, sejam estes de descendencia allemã ou italiana, pois em quasi todos os logares o peccado foi da mesma gravidade. Os colonos deverão acarretar as tristes consequencias de seu procedimento, pôrem, com este procedimento uma grande parte da população restante do Estado ficou compromettida indirectamente.

Até hoje não existe lei estadual que imponha o reflorestamento, e o mesmo depende unicamente da livre e espontanea vontade individual. Felizmente têm havido cavalheiros prudentes em numero reduzido, que não envidaram tempo nem pouparam esforços ou dinheiro, afim de reflorestaram os logares que se tornaram estereis para a agricultura, para pelo menos repôrem a falta de lenha e de madeira, já bem sensível em muitas colonias. Tal procedimento ainda tem a vantagem, que as terras de cultura, situadas mais para baixo, ficarão defendidas contra novas inundações, pois o matto reflorestado, fórma uma barreira natural. Outros há, que por falta de conhecimento, por desleixo ou por falta de tempo ou de fundos não executaram o reflorestamento, e ainda outros, resabiados em consequencia da primeira tentativa de reflorestamento a boa intenção destes poucos, e cada vez que recebo carta de colono que agradece pelos bons conselhos que tenho administrado ao mesmo e na qual me exprime sua satisfação por ter conseguido o reflorestamento, de modo que diariamente gosa de viva satisfação ao apreciar o crescimento do matto plantado, ao qual dedica sue melhor cuidado.

Em geral a energia individual não é sufficiente, e por isso o Estado deverpa intervir – Diz Adolf Wagner: „ Se consideramos o Estado como o maximo expoente da unidade da vontade do povo, caberá ao mesmo estre seus problemas pricipaes, o estabelecimento das possibilidades materiaes e moraes da existencia de seus componentes. – Se portanto em qualquer terreno são postas em jogo as possibilidades de existencia da generalidade, é justificada a acção autoritativa do poder do governo, afim de arredar os impedimentos para o desenvolvimento da cultura humana, e de, em caso necessario, tomar as providencias imediatas que fomentam a consecução do fim publico geral. Será este o caso, especialmente, quando as energias do individuo são são sufficientes e de onde for necessario o congraçamento de muitas energias, afim de ser conseguida a intenção geral, ou, quando a demora temporal de empresas que sobrepassam a epoca de uma vida humana for a condição essencial para o bom resultado da empresa, como succede na sciencia florestal. O desenvolvimento da acção do governo em tal sentido é tanto

mais recommendavel, quanto o resultado for bemfazejo ao maior numero possível de individuos e ao individuo em particular em grao illimitado.“

O desempenho do reflorestamento, portanto, deverá ser feito pelo Estado, e o proprietario das terras deverá participar dos trabalhos. O Governo fornecerá as mudas e administrará o reflorestamento, e o proprietario da terra acarretará com as despesas do preparo do terreno, da destruição das formigas, da transplantação e da manutenção da plantação, que annualmente será inspecionada por funcionario do Governo em quanto ao estado de desenvolvimento. Se houver manifestação de causantes de damno, o proprietario das terras imediatamente deverá participal-a á competente autoridade estadual, afim de ser prevenido qualquer maior alastramento do mal. Se em virtude de fortes chuvas ou efeitos de vento se manifestarem damnificações nos reflorestamentos, estas deverão ser refeitas. O funcionario do Governo deverá incentivar o interessa do colono pelo bosque reflorestado. O reflorestamento tambem poderá ser levado a effeito de modo, que o Estado assuma todas as despesas e o proprietario da terra tenha de zelar pela boa conservação da installação, pertencendo o futuro matto metado ao Estado e metade ao proprietario da terra, ou então, o Estado executará o reflorestamento á sua custa, pagando o proprietario da terra as despesas feitas pelo Estado, de accordo com um modo estabelecido, que é que o Estado receba de novo o capital empregado, mais os juros, porêm, com facilidade de pagamento para o proprietario.

### **Reflorestamento e criação de dominios estadaues**

Nossa existencia de araucarias, no maximo, supprirá nossas existencias durante mais trinta annos, e o primeiro, digo, o pinheiro, afim de poder preencher todas as qualidades exigidas, necessita no minimo 60-80 annos de crescimento; portanto já ha muito tempo teria sido imprescindivelmente necessário, que o Estado tivesse tomado as medidas preventivas que tivessem garantido a exploração e um aproveitamento ininterrupto dessa especie de madeira.

Não deveremos esperar da iniciativa particular o reflorestamento de pinhaes devastados ou a criação de futuros pinhaes, emquanto não existirem leis estadaues neste sentido. Mesmo serão poucos os proprietarios particulares que estarão em situação financeira de lhes permittir reflorestamento e conservação de pinhaes em terras reflorestadas, e de tomar a si o cuidado de criação paulatina das futuras florestas. Os cortes de limpeza bem executados, não trariam resultados materiaes e nem produziriam o bastante para cobrir as despesas. O particular, além disso, não está em condições de poder desistir, durante sessenta a oitenta annos, dos juros sobre o capital invertido e de esperar durante todo este tempo, invertendo ainda somas consideraveis na conservação da plantação e na criação da floresta. Aqui quem deverá intervir é o Estado. Os pinhaes desmattados na posse de particulares, deverão ser desapropriados, no minimo aquelles que se encontram em regiões de vertentes de rios que tem influencia sobre a especie de cultura e as condições hygienicas do paiz. Para outra solução do problema, deverão ser adquiridas tantas terras apropriadas para o reflorestamento de pinhaes, que, depois de estarem reflorestadas, possam supprir mais ou menos as exigencias de madeira de pinho para todo o Estado, isto em epoca mais ou menos distante. Se a industria madeireira, que actualmente representa uma boa fonte de rendas para o fisco, como contribuinte e como mercadoria de frete, deverá continuar existindo, o numero dos dominios reservado do Estado

deverá ser aumentado sempre, e isto durante tanto tempo até que a futura exportação de madeira fique completamente garantida.

A criação annual de dois dominios reservados estaduais, respectivamente o reflorestamento annual de duas leguas quadradas de araucarias, cada reservatorio tendo uma legua quadrada, seria o indicado, e não extenso demais, mesmo que isso assim pareça. Passar-se-ão muitos annos até que as florestas reflorestadas de pinheiros, venham novamente a ter a extensão que antigamente apresentou o matto virgem. A reserva de florestas, no entanto, não deverá permanecer na altura que attingiu, pois deveremos contar com o augmento da população, e que a exportação para paizes vizinhos, com sua população egualmente em escala ascendente, no percurso de varios deccenios, terá attingido um numero avultadissimo. O Governo não se deverá preparar unicamente para attender ás exigencias actuaes, porém, com vistas largas para o futuro.

O Governo Estadual não sómente se deverá conformar com a criação de dominios reservados para florestas de pinheiros, pois outras regiões do Estado deverão ser doadas com reservatorios para criação de florestas de madeira de lei. Na maioria das regiões deste Estado com excepção da região serrana superior, as florestas de madeira de lei já estão muito exgotadas e as madeiras de lei actualmente já estão a preço que há poucos annos, nem de longe seriam admissiveis. Sómente lembrarei os moirões, tão necessarios para cercar as propriedades, cuja aquisição actualmente custa aos fazendeiros uma pequena fortuna. Com a colonização, que se desenvolve rapidamente no territorio florestal restante no Alto Uruguay, tempo virá, que não está longe, em que a existencia das reservas de madeira de lei se tornarão sensivelmente mais escassas. Com o consumo sempre maior, os preços egualmente attingirão alturas enormes, e cada consumidor de madeira de lei veria, com satisfação, que o Governo do Estado criasse extensas florestas de madeira de lei nacionaes, e também de madeiras estrangeiras de crescimento rapido. Experiencias em escala menor, de reflorestamento de madeiras de lei nacionaes, em plantação mixta, semelhante ás condições em que estas se encontram no matto virgem, deveriam constituir o objecto das primeiras tentativas, afim de aprendermos da natureza como esta fomenta o crescimento das variadas espécies de madeira. Depois disso deveriam ser feito os reflorestamentos em escala maior, capazes de cobrirem a procura futura de madeiras de lei. Absolutamente não seria recommendavel o reflorestamento de uma só qualidade de arvores em determinado territorio, recommendando-se a plantação mixta de varias qualidades, para as quaes naturalmente deverá ser escolhida a localisação conveniente a cada espécie. O crescimento deverá ser confiado á natureza, pois esta se encarregará de suffocar as arvores debeis por meio das mais vigorosas. No entanto será necessário o auxilio humano, se a floresta em pouco tempo deverá ser creada de modo tal, como se deseja para fins de consumo.

#### **d) Florestamento das montanhas nas imediações de Porto Alegre**

Emquanto a cidade do Rio de Janeiro foi dotada pela natureza de bellezas de paisagem em medida tão abundante, que do ponto de vista de belleza natural, incontestavelmente é a mais bela do mundo, Porto Alegre neste sentido foi muito mal aquinoada pela natureza. Rio de Janeiro implantada numa vegetação tropica, a mais luxutriante, mostra quadros tão feericamente bellos, que constantemente domina o olhar do observador, que fazendo uma comparação entre as duas cidades, Porto Alegre se deverá resignar ao papel de gata borralheira. Os altos pellidos

das redondezas de Porto Alegre causam ao espectador um efeito desolador, e justamente estas alturas poderiam ser destinadas a produzir um aspecto bem differente ao panorama da cidade. Aquilo que pela natureza foi negado a Porto Alegre deverá ser doado á nossa cidade pelo esforço do braço humano. As montanhas nuas deverão ser revestidas da verdura dos mattos. O correr monotono das colinas será entrecortado por bosques, de maneira que a paisagem panoramica se apresentará sob o aspecto mas varado e mais agradável. Este florestamento das alturas não deverá ser executado exclusivamente de acordo com as prescripções da sciencia florestal, mas a arte florestal deverá ter sua influencia incisiva. Este matto ao mesmo tempo deverá ser um parque. A plantação, alem do fim financeiro, que é visado principalmente pelo florestamento, igualmente deverá constituir um parque de recreio para a população, no qual poderemos gozar as delicias de passeio, de passatempo em vehiculos sobre estradas de rodagem bem executadas.

Em paragens apropriadas deverão existir campos recreativos e desportivos, logares de descanso e restaurantes, e nos pontos convenientes poderão ser creados “Bel-vederes”. Ao transeunte cansado deverão ser offerecidos, por toda parte, bancos de descanso.

Um bello bosque também se apresentará ao visitante como uma cathedral de Deus, evocando sensações alegres em todos os animos susceptiveis. Este lado ethico da acção do zelamento florestal certamente tem sua base material, pois evocará as sympathias da melhor parcella da população e cria o “amigo das florestas”, cuja opinião vantajosa reflectirá em beneficio das mesmas. O Estado e a cidade deverão executar esta obra de commum accordo, sobre bases amplas, e assim a construção de bosques e a sciencia florestal simultaneamente criarão uma obra para Porto Alegre, pela qual esta cidade se tornará a cidade mais bella do Brasil, no mesmo plano do Rio de Janeiro.

#### **e) Criação de um Parque de Curas em Aguas do Mel**

Depois de o Governo Estadual ter declarado as fontes thermaes de Irahya como próprio estadual, tambem deveria cogitar a installação de um parque, afim de tornar agradável a permanencia dos pacientes que procuram curar-se naquelle logar. Os doentes deverão ter occasião de fazerem seus passeios quotidianos num parque de curas, que foi criado especialmente para este fim. Não deverá faltar a esta estação thermal, envolvida em tão pronunciado progresso, aquillo que outras estações thermaes brasileiras já apresentam tão abundantemente. O parque de Irahya deverá ter dimensões e disposição taes, que possa entrar em concurrencia com qualquer outro parque de cura brasileiro.

Não deverá constituir imitação e nem adaptação a outro qualquer parque brasileiro desta natureza, porém, deverá corresponder ás condições e exigências rio-grandenses, tanto sociaes, como naturaes. Deverá ser ponto de attracção para os visitantes, que ficarão satisfeitos ao encontrar-se dentro do mesmo. Não deverá ser construído um trabalho de padrão, e a arte neste parque se deverá unir á natureza. Deverá ser criado o “parque rio-grandense de curas”.

#### **f) Installação de um Instituto para estudo da destruição de formigas**

Mesmo que as formigas não estejam em relação directamente verdadeira com a sciencia florestal, deverei fazer referencia ao assumpto, pois estes insectos não sómente produzem grandes damnos ás mudas que estão sendo

cultivadas para o aflorestamento, mas igualmente poderão damnificar sensivelmente as árvores já crescidas. Com o Brasil, todos os outros países americanos, entre os graus 40 de latitude septentrional e meridional, sofferam os effeitos da praga das formigas, que nestas latitudes existem em mais de cem espécies. Fóra do Brasil, apenas ha certas regiões delimitadas, nas quaes as formigas apparecem, enquanto no Brasil desde o extremo norte até o sul, todas as zonas, altas ou baixas, soffrem desta praga. Já desde o início da emigração, a população tem combatido estes inimigos, com toda a energia, porém, até hoje o resultado tem sido negativo. Foram offerecidas á população duzias de machinas para destruição de formigas e outras tantas duzias de venenos, sem que até hoje pudessemos constatar algum resultado apreciável. Ainda hoje estamos na mesma ignorancia, quanto á solução do problema, como ha dezenas de annos. O methodo sempre tem sido o mesmo e hoje é tão infructifero, como o tem sido anteriormente. Está certo, que o systema applicado não é o adequado. O combate physico contra as formigas deverá ser substituído por outro methodo de combate. A sciencia deverá entrar na lucta contra as formigas, agim de vencer com bons resultados. O individuo, com todo o seu vigor, não será sufficiente para resolver o assumpto. Eguamente aqui deverá entrar em jogo a acção do Governo, pois não sómente se trata do bem-estar individual, mas do bem-estar geral. Ha alguns annos entrei em troca de opiniões com o maior pesquisador actual das formigas, o Rev.º Padre Erich Wasmann S. J., Dr. honoris causa, considerado pelo botanico da Universidade de Kiel, Snr. Prof. Dr. Johannes Reincke, o maior psychologo da vida animal, na actualidade, perguntando se não poderia pôr á minha disposição o seu vasto saber no assumpto da destruição de formigas. Respondeu-me, que na sua idade avançada, seu estado doentio e a falta de collaboradores e, especialmente, a falta de dinheiro que seria necessario para emprehender a pesquisa racional o cohibem, e lhe tornam impossivel vir em meu auxilio neste particular. Sómente um individuo muito abastado estaria em condições de poder enfrentar o problema. Na realidade esse caberia ao Estado, garantindo os fundos necessarios para isso. Diz saber que o Estado de São Paulo mandou vir um entomologo, para se dedicar a esse trabalho tão importante. Tive que satisfazer-me com a resposta supra. Em minha opinião, a entomologia por si é incapaz de resolver a questão. O entomologo deverá collaborar com o biologo, e o bacteriologo com o chimico, no combate ás formigas; sómente assim poderemos esperar, que cheguemos a resultado positivo. A criação de um instituto, dedicado á pesquisa do combate e da destruição de formigas, tornou-se uma necessidade imperiosa para o Rio Grande do Sul. Julgo que poderá ser encontrado um bom numero de collaboradores capazes e dedicados a esta obra. O Rio Grande do Sul, neste sentido, deverá ser o leader dos outros Estados Brasileiros.

#### **g) Criação do cargo de professor viajante**

Um professor viajante para as colonias antigas que têm soffrido, principalmente, em consequencia da economia de momento, desenvolvida irreflectidamente pelos conolos, deverá instruir a população por meio de explicações applicadas, como os colonos poderão valorizar parcial ou totalmente as suas terras depreciadas, por meio de reflorestamento. Esse professor deverá demonstrar praticamente em qual parte das suas respectivas terras os colonos deverão iniciar mais convenientemente o reflorestamento e como deverão levar a tarefa a bom resultado no decorrer dos annos e tambem deverá administrar as explicações sobre qualidades de arvores nacionaes ou estrangeiras, que deverão ser plantadas em determinados logares; como deverão tratar as arvores, afim de em



pouco tempo não sómente disporem da lenha necessaria para seu consumo, como tambem da madeira que lhes falta para seus fins de construcção ou de agricultura. Não são poucos os colonos que têm grande carestia de lenha e de madeira e que estão obrigados a comprar a lenha necessaria a alto preço de vizinhos mais previdentes que pouparam suas reservas de matto e a adquirir a madeira que necessitam para fins de construcção em Porto Alegre ou em outros lugares.

O professor viajante tambem deverá chamar a atenção dos colonos que alem da producção de lenha e o reflorestamento dos logares mais postos em perigo, elles tambem têm a vantagem de resguardarem-se de danos ulteriores de lavagem e arrastamento do solo fertil e assim evitarem novas deslocções de pedregulho e alastramento das valletas desaguadoras em formação. Deverá ensinar os colonos, como taes valletas deverão ser escoradas e que com o reflorestamento não sómente criam grandes vantagens para si proprios, mas cooperam em beneficio da generalidade, visto que o reflorestamento não sómente reduzirá o perigo de inundações para si e seus vizinhos, livrando os mesmos de muitos casos de inundaçção, como tambem favorecerá as regiões bastante mais distantes. O professor com suas palavras claras e convincentes deverá chamar a atenção sobre a significação e a importancia das florestas em relação das mesmas sobre a temperatura do ar, a influencia sobre o grau de humidade do ar, a sua importancia como fixadora mecânica do solo e como barreira de defesa contra os ventos.

#### **h) Criação de uma Repartição Florestal**

Da mesma fórma, como a Criação da Directoria de Agricultura e Pecuaria veio corresponder a uma imperiosa necessidade, tambem é necessaria a criação de uma Directoria Florestal. Até agora são poucos os países americanos, cujos governos se convenceram, que justamente nos países do tropico e do subtropico a agricultura florestal deverão estar em ligação muito mais intima do que nos países frios que dependem uma da outra, devendo marchar unidos na defesa do bemestar geral. Em nenhuma outra parte, as reservas de matto, sufficientemente grandes e bem distribuidas, exercem uma influencia tão benefica e sensível á agricultura e á pecuaria; tambem em nenhuma outra partes os effeitos da devastação de florestas têm effeitos tão catastrophaes como nas regiões tropicaes e subtropicaes.

Na repartição florestal deveriam ser tomadas todas asmedidas que forem necessarias para o bem da generalidade,explicadas mais acima.

O administrador da repartição florestal terá que enfrentar trabalhos cheios de difficuldade e de responsabilidade, aos quaes deverá applicar toda a sua energia; devera administrar pessoalmente a demarcação das florestas dos reservatorios de defesa. Este trabalho lhe tomará longos meses e talvez mesmo annos, se deve ser desempenhado competentemente. Neste ponto não se consegue nada sinão com trabalho completo.

Devera encarregar-se pessoalmente da installação do primeiro horto florestal. As viagens de inspecção para fiscalizaçção dos trabalhos em andamento, absorverão grande parte do seu tempo. O serviço interno deverá ficar a cargo de um dos seus funcionarios. Seu campo de trabalho sera fora e sua obrigaçção o conduzirá para a floresta, finalmente seu cargo não será nenhuma sinecura.

### **Tratado d'um Código Florestal**

Um código florestal não poderá ser criado imediatamente, porém, o mesmo, se deverá desenvolver das condições actuaes do país, sendo assim aperfeiçoado. Parcialmente nos poderão servir as legislações florestaes de outros países para a organização inicial do código, mas o Código Florestal do Rio Grande do Sul não deverá ser plágio do código francez ou do americano, o que em grande parte succede com o código florestal federal.

Cada país tem suas particularidades, suas necessidades e exigencias especiaes, e assim tambem succede com as florestas dos diferentes países. Aquillo que em um país sob o ponto de vista da sciencia florestal constitue obra de cultura, em outro país poderá se tornar um crime contra o bemestar geral.

A legislação florestal do Rio Grande do Sul deverá desenvolverse por si e com o decorrer do tempo. Muitos casos singulares contribuirão para estabelecer disposições legaes futuras e, deste modo, com o tempo teremos uma legislação florestal que corresponda ás exigencias reaes e ás necessidades do país, e esta legislação produzirá sua verdadeira finalidade, servindo da melhor maneira ao bem do país.

### **k) Criação de uma cadeira para ensino da sciencia florestal**

O plano de ensino da sciencia florestal poderá ser anexado á Escola Superior de Agricultura ou Escola Polytechnica.

Durante o primeiro tempo haverá prelecções sobre sciencia de construcção florestal em geral, como: formação de bosques, sementeiras, transplantação, criação de reservas, cortes de limpeza e de desbastes para a criação de futuro matto alto cultivo do solo; prelecções sobre qualidades de madeiras e sua exigencia sob o ponto de vista florestal, sobre localização, sobre condições de desenvolvimento e de crescimento, sobre relações das varias qualidades de madeira entre si e sua significação economica.

Por meio do ensino sobre formação de mattos, os ouvintes deverão ser introduzidos na comprehensão da sciencia florestal e ser educados para a estima e amor das florestas.

A esse ensino sobre florestas em geral, com o tempo, deverão ser anexadas as disciplinas seguintes:

Bases, divisão e methodo da sciencia florestal:

Bases: Derivação do termo "sciencia florestal", o lugar da sciencia florestal no systema scientifico; sciencias naturaes e phisicas.

Divisão: O systema organico com pesquisas geographicosystematizadoras, morphologicoanatomicas e physiologicobiologicas.

Lugar e conteúdo da politica florestal; economia florestal e economia politica, economia florestal e jurisprudencia.

Methodo: Theoria de methodos por W. Wundt; methodos de sciencias naturaes e psychicas; a relação do methodo com a sciencia e a pratica; estado actual dos symptomatos do methodo scientifico e das exigencias do futuro.

II A significação das florestas: Distribuição geographica das florestas e suas origens historicas; condições actuaes do florestamento; significação das florestas para o bemestar geral e para os pontos de vista de economia politica da sciencia florestal; a economia florestal do ponto de vista da economia particular.

- III Theoria da localização florestal: A formação do solo e a decomposição physica e chimica; a decomposição organica, os mineraes e as pedras essenciaes; os mineraes que formam o solo e suas relações; as qualidades do solo sob o ponto de vista chimico e physico; as relações entre o solo e a agua, o calor e o ar; influencia da formação, posição, conformação e da capa do solo sobre a qualidade do mesmo; divisão dos solos; elementos nutritivos organicos e inorganicos da planta.
- IV Defesa florestal: Damnificação por actos mecânicos; damnificação pela natureza organica, ou sejam mammiferos, aves e insectos damninhos; damnificação pela natureza inorganica: frio, calor, precipitações athmosphericas; enfermidades da madeira causadas por plantas parasitas.
- V Organização florestal: A organização do serviço sob ponto de vista do tempo e do espaço; os fins econômicos.
- VI Utilização florestal: Estado material da madeira e suas applicações technicomecanicas; producção e applicação da madeira e da casca; armazenagem e conservação da madeira; utilização dos mineraes.
- VII Calculo do valor do matto, estatica, medição florestal, sciencia da medição de madeiras; transportes; construcção de estradas.
- VIII Botanica florestal: Morphologia exterior e organigraphia; morphologia interna; trabalho produzido pela arvore; condições geraes da vida das arvores.
- IX Zoologia florestal: Introducção da zoologia geral com passagem subsequente para a zoologia especial.
- X Esthetica florestal: Essencia da belleza florestal; o matto e seus effeitos sobre a belleza da região, sobre o espirito humano; effeitos das differentes qualidades de madeira;
- XI Jurisprudencia florestal: direito publico e civil; relação entre ambas as esphas de interesses
- XII Politica Florestal: Significação e importancia das florestas; as qualidades da sciencia florestal sob o ponto de vista da economia nacional, e as singularidades da sciencia florestal; economia das florestas do governo; economia das florestas particulares, os bosques de defesa; cultura da sciencia florestal.

Em poucas linhas, este deverá ser o plano de estudos, que deverão preparar os futuros funcionarios estaduaes das florestas.

Senhor Presidente!

Occupei o tempo e a paciencia de V. Exc. com estas minhas exposições, mas tive de fazelo tão demoradamente, afim de elucidar os diversos pontos. Se estas minhas explicações por ventura venham a merecer o apoio de V. Exc., haveria só mente um caminho curto até a execução pratica das idéas que acabo de ventilar. Não, que todo este programma devesse ser atacado de uma só vez, pois isso já não seria viavel sob o ponto de vista financeiro ou technico, mas em qualquer ponto de trabalho deverá ser iniciado e o assumpto ser posto em andamento.

Ha mais ou menos uns 25 annos, o Snr. Dr. Alcides Cruz, com o qual eu mantive relações, e meu prezado e antigo amigo Arno Philipp, sendo deputados estaduaes, falaram contra a sempre crescente devastação das florestas e sobre as funestas conseqüencias de tal procedimento, e eu alimentava a esperança, que de parte do Governo fossem tomadas medidas energicas neste sentido. Mas o grito de advertencia destes dois cavalheiros ficou sem echo e a devastação continuou. As tristes conseqüencias não se fizeram esperar e as florestas feridas no seu âmago, vingaramse de maneira terrivel.

Senhor Presidente!

Tome V. Exc. todas as medidas necessarias sob o ponto de vista florestal, em beneficio da geração actual e da futura do Rio Grande do Sul.

Todo o habitante sensato do Rio Grande do Sul, Vos agradecerá por isso. Queira V. Exc. aceitar estas minhas exposições, como as concebi, isto é, como opinião de um patriota que preza o bemestar de sua terra.

Com a expressão de minha sincera admiração e de perfeita estima

Sou de V. Exc. admirador atento

**José Zell**

ACURÁCIA DO DENDRÔMETRO CRITERION RD 1000 NA CUBAGEM DE ÁRVORES EM PÉ DE  
*Khaya ivorensis*

ACCURACY OF DENDROMETER CRITERION RD 1000 FOR THE SCALING STANDING TREES  
OF *Khaya ivorensis*

Cinthia Grazielle Carvalho<sup>1</sup> Andrade Giselle Lima Ferreira Liniker Fernandes da Silva Márcio Lopes da Silva  
Leonardo Pequeno Reis Pamela Caroline Marques dos Reis

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a efetividade do dendrômetro Criterion RD 1000 para a cubagem em pé de árvores da espécie *Khaya ivorensis* plantadas em espaçamento 4 x 3 metros e idade entre 30 e 47 meses, localizadas em áreas sob responsabilidade da empresa Mahogany, no município de Pirapora, Minas Gerais. Para isso 26 árvores tiveram sua circunferência medida, com uma fita métrica, nas alturas: 0; 0,3; 1,3 e 2 metros. Nas mesmas alturas o diâmetro foi medido com o dendrômetro Criterion RD 1000. O cálculo do volume foi realizado segundo método de Smalian e, para comparar os 2 métodos de cubagem utilizou-se o teste t para amostras pareadas. O valor calculado da estatística em questão foi de 1,762 e, de acordo com a mesma, a cubagem em pé de árvores de Mogno-africano com auxílio do dendrômetro Criterion RD 1000 não diferiu das medições realizadas com auxílio da fita métrica, ao nível de 5 % de significância. Desta forma, conclui-se que a cubagem em pé pode ser realizada com auxílio do Criterion RD 1000.

**Palavras-chave:** Mogno-africano; Inventário florestal; Cubagem rigorosa.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of dendrometer Criterion RD 1000 for the scaling standing trees of *Khaya ivorensis* species planted in spacing 4 x 3 meters and aged between 30 and 47 months, located in areas under the responsibility of Mahogany company in the city Pirapora, Minas Gerais. For that 26 trees had their circumference measured with a tape measure on high: 0; 0.3; 1.3 and 2 meters. In the same heights the diameter was estimated with dendrometer Criterion RD 1000. The volume calculation was performed according Smalian method, and to compare the two scaling methods we used the t test for paired samples. The calculated value of the statistic in question was 1,762 and, according to it, the scaling on African mahogany trees with Criterion RD 1000 dendrometer of aid does not differ from the measurements performed using the measuring tape at 95 % significance. Thus, it is concluded that the scaling standing can be performed using the Criterion 1000 RD.

**Keywords:** African mahogany; Forest inventory; Cubed.

INTRODUÇÃO

A cubagem rigorosa é uma atividade realizada em separado das medições das unidades amostrais, gerando aumento no custo do inventário. Podendo ser reduzido se esta atividade for executada em medições simultâneas com as demais variáveis observadas, quando da medição das parcelas, contudo sem abate das árvores (LEITE; ANDRADE, 2002).

Dessa forma, a cubagem não destrutiva é um método indireto que pode ser utilizado para obtenção do volume e biomassa, porém é necessária a medida dos diâmetros ao longo do fuste da árvore em pé. Assim, foram desenvolvidos os dendrômetros ópticos, evitando assim que seja necessário escalar na árvore e medir os diâmetros com suta ou fita métrica, ou outro instrumento acoplado a hastes ou cabos, otimizando o trabalho e diminuindo os erros de medição (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2006). Atualmente, existe no mercado um novo modelo do dendrômetro, o Criterion RD 1000, que extingui as medições de levantamentos topográficos, o que o tornava um aparelho bastante caro.

Parkey e Matney (1998) compararam a utilização de três dendrômetros ópticos (Pentaprisma de Wheeler, Telerelescópio e o Criterion 400) na predição do volume, concluindo que não houve diferença significativa entre

<sup>1</sup> Autor para correspondência:

Engenheira Florestal, Mestranda em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, UFV, Campus Universitário, s/n, CEP: 36570-000, Viçosa (MG), Brasil. E-amil: grazy\_stm@hotmail.com

os mesmos. Entretanto, o Criterion 400 foi o instrumento que apresentou a melhor acurácia para o diâmetro e altura, e que o Pentaprisma de Wheeler foi o que obteve os piores resultados.

Em um estudo realizado por Nicoletti et al. (2012) foram avaliados os métodos existentes para determinação da biomassa do tronco sob forma não destrutiva, e verificou a influência que a medição de variáveis por meio dos dendrômetros a laser (Criterion 400 e RC3H) exercem sobre a predição com os modelos empíricos existentes no meio florestal, para árvores individuais de *Eucalyptus* sp. Assim, estes consideraram que todos os modelos testados apresentaram um bom ajuste, e que o Criterion forneceu os melhores resultados em termos de erros de predição.

Entretanto, apesar da importante função que estes equipamentos proporcionam na determinação das variáveis dendrométricas, ainda existem poucos estudos sobre sua aplicabilidade em espécies e espaçamentos diferentes de medição. Dentre essas espécies encontra-se *Khaya ivorensis* A. Chev. (mogno-africano), que apresenta alto valor no mercado nacional e internacional, sendo por isso de interesse de estudo. Segundo Dias e Umatsu (2012), o mogno-africano é uma espécie pertencente a família Meliaceae, nativa da África. A madeira é moderadamente pesada, com densidade a 12% que varia de 570 a 800 kg.m<sup>3</sup> (0,57 a 0,80 g.cm<sup>3</sup>), sendo fácil de trabalhar e secar, permite bons acabamentos, cola satisfatoriamente e apresenta elevada durabilidade. Atingindo o ponto de corte com aproximadamente 15 a 20 anos. O crescimento inicial é relativamente rápido e apresenta grande potencial para utilização em sistemas consorciados.

Dessa forma, a utilização de aparelhos que otimizem a produção e rentabilidade desta espécie tornam-se uma alternativa para melhorar a sua implantação no Brasil, pois é altamente lucrativa pela qualidade e alto custo de sua madeira. Além disso, pode ser usada na conservação ambiental, principalmente no que se refere à devastação das áreas de florestas nativas. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a efetividade do dendrômetro Criterion RD 1000 para a cubagem em pé de árvores da espécie *Khaya ivorensis* plantadas em espaçamento 4 x 3 metros e idade entre 30 e 47 meses, localizadas em áreas sob responsabilidade da empresa Mahogany, no município de Pirapora, Minas Gerais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização do plantio

O plantio de mogno-africano em questão encontra-se no município de Pirapora, Minas Gerais, nas coordenadas 17° 20' 42" S e 44° 56' 31" W. A área do plantio é de 7, 2 hectares, separados em glebas com idade entre 30 e 47 meses. As árvores foram plantadas em espaçamento de 4 x 3 metros.

### Coleta de dados e análise estatística

No procedimento de cubagem das árvores em pé, mediu-se a circunferência de 26 árvores nas alturas 0; 0,3; 1,3 e 2 metros com auxílio de uma fita métrica. Nas mesmas árvores e alturas especificadas, o diâmetro foi estimado com um dendrômetro Criterion RD 1000.

De posse dos dados de campo, calculou-se o volume de cada árvore segundo o método de Smalian para ambos os métodos de cubagem das árvores em pé. Realizou-se um teste t de Student para amostras pareadas de forma a verificar a existência de diferenças entre médias de volume dos métodos de cubagem das árvores em pé. O nível de significância adotado foi de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média dos volumes calculados utilizando dados de cubagem com auxílio da fita métrica foi de 0,0610 m<sup>3</sup>, enquanto a média dos volumes calculados usando dados obtidos com o dendrômetro foi de 0,064 m<sup>3</sup>. O valor calculado para o teste t para amostras pareadas foi de 1,762 e nível de significância de 9,07%. Sendo assim, de acordo com a análise estatística, as médias de volume obtidas pela cubagem das árvores em pé com os métodos de medição da circunferência utilizando fita métrica e estimação do diâmetro com o dendrômetro Criterion RD 1000 não diferiram estatisticamente, ao nível de significância de 5% (Tabela 1).

Tabela 1 - Teste t de Student para dados pareados de volume de *Khaya ivorensis* obtidos a partir da cubagem de árvores em pé utilizando-se a fita métrica e o dendrômetro Criterion RD 1000, em plantio com espaçamento 4x3 metros, localizado em Pirapora, Minas Gerais.

Table 1 - Student t test for paired data volume of *Khaya ivorensis* obtained from the scaling of standing trees using the tape and the Criterion RD 1000 dendrometer in spaced planting 4x3 meters, located in Pirapora, Minas Gerais.

Método	Média de v	Desvio Padrão	Teste t	p
Criterion	0,064967	0,0396	1,762	0,0907
Fita	0,061030	0,0332		

Os resultados encontrados neste trabalho concordam com Nicoletti et al. (2012), o qual afirmou que a utilização do dendrômetro óptico Criterion para predição da biomassa sob forma não destrutiva pode fornecer estimativas próximas do aceitável. Por outro lado, Freitas e Wichert (1998) compararam a utilização do Criterion 400 com instrumentos tradicionais usados na medição de altura (Blume Leiss e Suunto) e do diâmetro (suta e fita métrica) e concluíram que o Criterion 400 obteve variação significativa somente nos resultados para o diâmetro, limitando seu uso.

De acordo com Nicoletti et al. (2012) a utilização desta metodologia para a determinação da biomassa exige cuidado na observação das variáveis, tais como, distância árvore-observador, presença de obstáculos e vento nas medições. Dessa forma, quanto maior a precisão da estimativa dos diâmetros medidos sob forma não destrutiva, mais confiável será a estimativa da biomassa estocada nas florestas. Skovsgaard et al. (1998) avaliaram o Criterion 400 em uma vasta gama de distâncias, obtendo-se que se for utilizado à mão livre, subestima diâmetros de cerca de 5%, enquanto que, quando utilizado com tripé subestima os diâmetros de cerca de 2%, em comparação com o valor obtido pelo Pentaprisma.

Rodríguez et al. (2009) analisou uma metodologia baseada em ensaios não-destrutivos para calcular volumes de árvores em pé a partir de medições efetuadas com o dendrômetro Criterion RD 1000 em povoamentos naturais de pinheiro negro (*Pinus nigra* Arn.). Além disso, estudaram a influência de diferentes fatores na precisão da medição de diâmetros de acordo com a distância da árvore para o aparelho. Os resultados foram satisfatórios e precisos para o Criterion RD 1000, sendo que em diâmetros de medição (baixa altitude) a distância para a árvore novamente é o principal fator que determina sua precisão. Williams et al. (1999) também constataram que a precisão depende da distância entre o instrumento e a árvore.

Em face das diferenças encontradas nas diversas bibliografias sobre o assunto, recomenda-se que além de controlar as variáveis citadas acima, os profissionais do inventário tenham extensivos programas de treinamento com o dendrômetro em questão antes de utilizá-los nos inventários florestais.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que o dendrômetro Criterion RD 1000 pode ser utilizado para cubagem de árvores em pé para cálculo de volume. Entretanto, é importante se observar que variáveis como distância entre a árvore-observador, presença de obstáculos nas medições e a experiência no manuseio do equipamento devem ser observadas de forma a dar maior confiabilidade aos dados coletados.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES, ao CNPQ e a Universidade Federal de Viçosa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIAS, A. H. S.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. **Avaliação do potencial de germinação do mogno-africano sob diferentes tipos de substrato e períodos de armazenamento.** Informativo ABRATES, v.22, n.1, 2012.
- FREITAS, A.G.; WICHERT, M.C.P. Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o Criterion 400. IPEF, **Circular Técnica**, n.188, Piracicaba, 1998.
- LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.3, p.321-328, 2002.
- MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria.** Guarapuava: Unicentro, 2a. edição, 2006. 316 p.

- NICOLETTI, M. F.; CARVALHO, S. P. C.; BATISTA, J. L. F. Revisão bibliográfica sobre métodos não-destrutivos de cubagem de árvores em pé visando à determinação da biomassa. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Garça, v.20, n.1, p.1-15, 2012.
- NICOLETTI, M.F. ; BATISTA, J.L.F. ; CARVALHO, S.P.C. ; CASTRO, T.N. Acurácia de dois dendrômetros ópticos na cubagem não destrutiva para a determinação da biomassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira (Impresso)**, v. 32, p. 23-33, 2012.
- PARKEY, R.C.; MARTNEY, T.G. Comparison of Optical Dendrometers for Prediction of Standing Tree Volume. **Southern Journal of Applied Forestry**. USA, v.23, n.2, p. 407-417, 1998.
- RODRÍGUEZ, F.; FERNÁNDEZ, A.; LIZARRALDE, I.; CONDÉS, S. Criterion™ RD 1000: Uma oportunidade para calcular el volumen de árboles em pie. In: 5º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL, 1., 2009, Ávila. **Anais...** Sociedade Española de Ciencias Forestales: Junta de Castilla y León, 2009. 11p. p. 2-11.
- SKOVSGAARD, J. P.; JOHANNSEN, V. K.; VANCLAY, J. K. Accuracy and precision of two laser dendrometers. **Forestry**, v.71, p.131-139, 1998.
- WILLIAMS, M.S.; CORMIER, K.L.; BRIGGS, R.G.; MARTINEZ, D.L. Evaluation of the Barr & Stroud FP15 and Criterion 400 laser dendrometers for measuring upper stem diameters and heights. **Forest. Science**, v. 45, n.1, p.53-61, 1999.



ACURACIDADE DE ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS NÃO-DESTRUTIVAS EM POVOAMENTO  
DE *Pinus taeda* L.

NON-DESTRUCTIVE VOLUMETRIC ESTIMATES ACCURACY ON *Pinus taeda* L. STANDS

Marcelo Bonazza<sup>1</sup> Vinicius Costa Cysneiros Jean Alberto Sampietro Marcos Felipe Nicoletti  
Vilmar Picinatto Filho Myrcia Minatti

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a exatidão de estimativas volumétricas não-destrutivas. O povoamento de *Pinus taeda* L. estudado possuía 13 anos e densidade aproximada de 600 ind.ha<sup>-1</sup>, localizado no município de Ponte Alta do Norte, SC. Foram realizadas medições não-destrutivas e destrutivas em cada indivíduo, utilizando o método de Hohenadl (10 seções). As medições não-destrutivas foram realizadas com o dendrômetro Criterion RD1000 testando três diferentes distâncias horizontais de medição entre o equipamento e a árvore alvo (DH): 10, 14 e 18 m. Posteriormente realizou-se a xilometria de cada indivíduo. As estimativas volumétricas destrutivas apresentaram erro relativo médio de -10,54% (± 3,92%), enquanto as não-destrutivas apresentaram valores de -24,37% (± 7,04%) para DH = 10 m; -17,96% (± 6,81%) para DH = 14 m e, -11,86% (± 6,87%) para DH = 18 m. Desta forma, conclui-se que as estimativas não-destrutivas obtidas na DH = 18 m foram as mais acuradas dentre as DH's estudadas, apresentando valores muito próximos à metodologia destrutiva.

**Palavras-chave:** Criterion RD1000; xilometria; volumetria; cubagem não destrutiva.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the non-destructive volumetric estimates accuracy. The *Pinus taeda* L. stand was 13 years old and approximate density of 600 ind.ha<sup>-1</sup>, located in the municipality of Ponte Alta do Norte, SC. Non-destructive and destructive measurements were made in each individual using the Hohenadl's method (10 sections). The non-destructive measurements were performed using the Criterion RD1000 dendrometer testing three different measuring horizontal distances between the equipment and the target tree (HD): 10, 14 and 18 m. Later was held the xilometry of each individual. The destructive volumetric estimates showed mean relative error of -10.54% (± 3.92%), while the non-destructive presented values of -24.37% (± 7.04%) to DH = 10 m; -17.96% (± 6.81%) to DH = 14 m and -11.86% (± 6.87%) to DH = 18 m. Thus, it's concluded that the non-destructive estimates obtained at DH = 18 m were the most accurate among HD's studied, presenting values very near to destructive methodology.

**Keywords:** Criterion RD1000; xilometry; volumetry; non-destructive volume estimates.

INTRODUÇÃO

A quantificação volumétrica em florestas assume papel fundamental no controle dos estoques, acompanhamento do crescimento, planejamento da produção, elaboração de planos de manejo, comercialização da matéria prima bruta, escoamento da produção, bem como, na adequação de equipamentos para o processamento da madeira. Essa quantificação é realizada por meio de estimativas quali-quantitativas do volume da floresta e, erros grosseiros nas mesmas podem significar o comprometimento da robustez e viabilidade de projetos florestais.

Para estimativas de volumes individuais é comum o uso de relações empíricas, onde se obtém os mesmos sem a derrubada das árvores, por meio de equações volumétricas que fazem o uso de variáveis que são obtidas com precisão e facilidade, como o diâmetro a 1,3 m do solo (DAP) e altura das árvores. A utilização dessas estimativas, embora seja de grande valia, ainda não é a solução mais precisa, considerando que para o ajuste de equações volumétricas com o uso de modelos empíricos são necessários dados fornecidos pela cubagem rigorosa das árvores. Quando a relação empírica é extrapolada de uma região para outra, onde a cubagem rigorosa não pode ser realizada, têm-se problemas inerentes à representatividade da relação empírica (CASTRO et al., 2008).

A cubagem rigorosa pode ser realizada de forma destrutiva ou não-destrutiva (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014). A metodologia destrutiva é tradicionalmente usada para quantificar o volume individual de árvores e, fornecer dados precisos para a elaboração de relações empíricas. Para tal, são realizadas

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR).  
E-mail: marcelo.bonazza@hotmail.com

medições das seções na árvore derrubada, tendo-se com a soma das seções a estimativa do volume total e/ou comercial da árvore.

Em contrapartida, a cubagem não-destrutiva não necessita da derrubada da árvore a ser mensurada. Nesse caso as medições são realizadas em escaladas nas mesmas ou por meio de equipamentos ópticos. A atividade de escalada em árvores, apesar de ser uma alternativa, se apresenta como tarefa que exige elevado esforço físico, possui alta periculosidade e baixo rendimento quando comparado ao método que utiliza equipamentos ópticos. Esses por sua vez, possibilitam medidas indiretas dos diâmetros do fuste em diferentes alturas em relação ao solo. Para tal, deve-se conhecer a distância horizontal (DH) entre o equipamento e a árvore a ser medida, já que segundo Clark et al. (2000) os diâmetros a serem estimados são diretamente proporcionais à essas distâncias.

Nesse contexto, muitos instrumentos capazes de realizarem medições indiretas de diâmetros ao longo de fustes de árvores em pé são encontrados na literatura, sendo que alguns não estão mais disponíveis, como é o caso do Barr & Stroud ou Telerelascópio. Enquanto outros foram melhorados, como o Criterion 400, com a criação do Criterion RD1000 que possui uso exclusivo para medições florestais (RODRIGUEZ et al., 2013). Poucos estudos testando a precisão das medições do aparelho Criterion RD1000 podem ser encontrados na literatura, como os realizados por Rodriguez et al. (2013) e Oliveira et al. (2013).

Desta forma, as técnicas não-destrutivas, desde que se mostrem suficientemente acuradas, podem contribuir para a redução de tempo e custos nos inventários florestais de povoamentos equiâneos, e ainda, possibilitar estimativas confiáveis em florestas amparadas pela legislação, nas quais não se pode efetuar a derrubada de árvores para realização da cubagem destrutiva. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi determinar a exatidão de estimativas volumétricas não-destrutivas em diferentes DH's, de forma a contribuir para o balizamento da utilização de técnicas não-destrutivas na quantificação volumétrica florestal.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em povoamento de *Pinus taeda* L. localizado no município de Ponte Alta do Norte, região serrana do Estado de Santa Catarina, situada nas coordenadas UTM aproximadas de E: 553821, N: 7000262, fuso 22 J. A altitude do local é bastante variável, ficando dentro das isométricas 800 e 1.200 metros acima do nível do mar. O clima na região, segundo a classificação de Köppen é predominantemente do tipo "Cfb", mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estações secas definidas e com a ocorrência de geadas severas. A precipitação anual média de 1.740 mm e a temperatura média anual de 16,8 °C (THOMAS et al., 2006).

O estudo foi realizado em povoamento com 13 anos de idade. O mesmo possuía espaçamento inicial de 2,5 x 2,5 m, totalizando 1600 ind.ha<sup>-1</sup>, sendo submetido a duas intervenções de desbaste, a primeira aos 8 e a segunda aos 11 anos de idade, possuindo como remanescentes no momento do estudo aproximadamente 600 ind.ha<sup>-1</sup>.

### Coleta de dados

Foram amostrados na totalidade 20 indivíduos. As estimativas volumétricas foram efetuadas seguindo três metodologias para cada indivíduo: cubagem da árvore em pé (não-destrutiva), cubagem destrutiva e xilometria. Tanto a cubagem destrutiva quanto a não-destrutiva foram realizadas seguindo o método de cubagem proposto por Hohenadl, que divide a árvore em 10 seções para o cálculo volumétrico. A utilização desse método permite a comparação entre indivíduos de diferentes alturas, considerando que as medidas são tomadas em posições relativas nas árvores (5%; 15%; 25%; 35%; 45%; 55%; 65%; 75%; 85% e 95% do fuste) (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Na cubagem não-destrutiva, primeiramente foram medidas as alturas de todos os indivíduos fazendo o uso do hipsômetro Vertex IV, possibilitando o cálculo das alturas absolutas nas quais seriam medidos os diâmetros. Essas medições foram realizadas a uma distância aproximadamente igual à altura da árvore. Posteriormente, foram realizadas as medições não-destrutivas em cada indivíduo, fazendo o uso do dendrômetro Criterion RD1000 fixado em monopé adaptado. Para tal, foram consideradas três diferentes DH's, sendo essas de 10, 14 e 18 m. Essas variações possibilitam inferências a respeito de qual DH apresenta melhores resultados nas estimativas volumétricas, considerando que a medição dos diâmetros ao longo do fuste é dependente dessa variável (PARKER; MATNEY, 1998; CLARK et al., 2000).

As medições da cubagem destrutiva foram realizadas por meio de suta e trena, sendo que as árvores foram derrubadas com o auxílio de motosserra Stihl MS-361. Os cálculos dos volumes individuais para ambas as metodologias, foram efetuados com base nas Expressões 1 e 1.1, sendo que essa diferentemente de algumas expressões utilizadas nos cálculos de xilometria, não considera o volume da ponta como se fosse um cone (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

$$v = \frac{h}{10} (g_{0,05} + g_{0,15} + \dots + g_{0,95}) \quad (\text{Expressão 1})$$

Onde:  $v$  é o volume individual da árvore ( $\text{m}^3$ );  $h$ : altura total da árvore (m);  $g_{0,05}$  área transversal aos 5% da altura total da árvore ( $\text{m}^2$ ).

Por fim, os indivíduos foram traçados em toras de aproximadamente 3,10 m de comprimento para a xilometria das mesmas, da qual foram obtidos os volumes reais para posterior comparação, sendo esses dados pela soma dos volumes das seções de cada árvore. O xilômetro utilizado para tal procedimento foi projetado para o presente estudo tendo dimensões de 3,20 m de comprimento, 0,90 m de largura e 1,10 m de altura.

### Análise dos dados

Para a variável diâmetro foi realizada a comparação entre as estimativas obtidas pela cubagem não-destrutiva e cubagem destrutiva, sendo a segunda considerada como valor de referência. Já para volume individual e total, comparou-se as estimativas obtidas pela cubagem não-destrutiva e cubagem destrutiva, em relação aos volumes reais obtidos pela xilometria dos fustes. As estimativas de volume total foram realizadas considerando-se um intervalo de confiança de 95%.

Os valores das diferenças entre as estimativas e as observações consideradas referência foram analisados por meio de estatística descritiva (média e desvio padrão) e análises gráficas visando caracterizar a distribuição das diferenças. Todas as análises foram realizadas por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

Com os dados obtidos por meio dos três métodos foram calculados os erros absolutos e relativos (Expressões 2 e 3) para as variáveis: diâmetro, volume individual e volume total. Valores de erros médios negativos indicam superestimativas em relação ao valor de referência e valores positivos indicam subestimativas em comparação aos mesmos.

$$EA_i = x_{ref\ i} - x_{est\ i} \quad (\text{Expressão 2})$$

$$ER_i = \frac{EA_i}{x_{ref\ i}} * 100 \quad (\text{Expressão 3})$$

Onde:  $EA_i$  é o erro absoluto obtido para diâmetro (cm) ou volume ( $\text{m}^3$ ) para a  $i$ -ésima árvore;  $x_{ref\ i}$  é o valor de referência obtido para o diâmetro (cm) ou volume ( $\text{m}^3$ ) para a  $i$ -ésima árvore;  $x_{est\ i}$  é o valor estimado para diâmetro (cm) ou volume ( $\text{m}^3$ ) e  $ER_i$  é o erro relativo do diâmetro ou volume da  $i$ -ésima árvore (%).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indivíduos amostrados apresentaram DAP médio de 27,7 cm, com variação de 21,5 a 36 cm. As alturas variaram entre 15,4 a 19 m, possuindo média de 17,2 m. Já o volume médio individual mínimo encontrado foi de 0,2645  $\text{m}^3$ , enquanto o máximo foi 0,7031  $\text{m}^3$ , tendo-se como volume médio individual 0,4980  $\text{m}^3$ .

Na avaliação dos erros absolutos em diâmetro (Figura 1) foram observados erros de superestimativa, mais pronunciados principalmente nas posições superiores do fuste (85% e 95%), desta forma os erros médios em diâmetro foram analisados considerando-se as árvores inteiras e apenas 75% das mesmas de modo a demonstrar o peso que os erros em tais posições exercem sobre o erro absoluto médio em cada DH estudada (Tabela 1).

Tabela 1 - Erro absoluto médio (cm) ( $\pm$  desvio padrão) e erro relativo médio (%) ( $\pm$  desvio padrão) para as diferentes DH's, considerando as árvores inteiras e 75% do fuste das mesmas. Onde:  $\overline{EA}_d$  é o erro absoluto médio dos diâmetros ao longo do fuste (cm);  $\overline{ER}_d$ : erro relativo médio dos diâmetros ao longo do fuste (%).

Table 1 - Mean absolute error (cm) ( $\pm$  standard deviation) and mean relative error (%) ( $\pm$  standard deviation) for the different DH 's, considering the whole trees and 75 % of the stem thereof. Where:  $\overline{EA}_d$  is the mean absolute error of the diameters along the stem (cm);  $\overline{ER}_d$ : mean relative error of the diameters along the stem (%).

DH (m)	Árvore Inteira		75% da Árvore	
	$\overline{EA}_d$ (cm)	$\overline{ER}_d$ (%)	$\overline{EA}_d$ (cm)	$\overline{ER}_d$ (%)
10	-1,60 ( $\pm$ 2,11)	-28,88 ( $\pm$ 54,75)	-0,96 ( $\pm$ 1,67)	-7,34 ( $\pm$ 13,15)
14	-1,12 ( $\pm$ 2,23)	-28,60 ( $\pm$ 63,26)	-0,25 ( $\pm$ 1,37)	-2,95 ( $\pm$ 10,0)
18	-0,69 ( $\pm$ 2,71)	-28,47 ( $\pm$ 71,79)	-0,40 ( $\pm$ 1,56)	-0,53 ( $\pm$ 10,65)

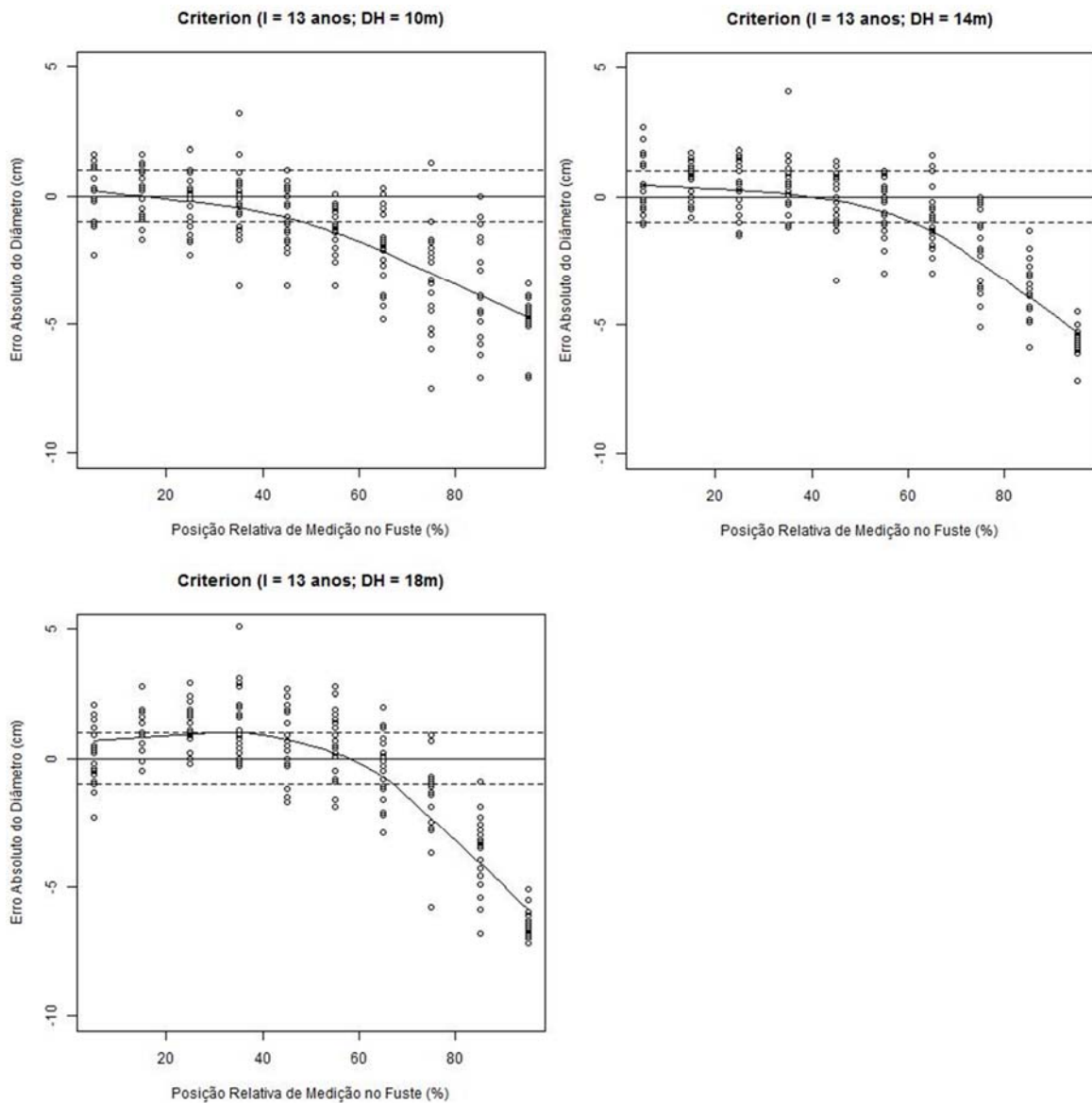


Figura 1 - Erro absoluto do diâmetro (cm) em relação à posição da medida do mesmo no fuste (m). Onde: linhas pontilhadas demarcam erros absolutos menores ou iguais a 1 cm.

Figure 1 - Absolute Error diameter (cm) in relation to the measurement position even in the shank (m) . Where: dashed lines demarcate smaller absolute errors or equal to 1 cm.

Tomando-se a DH = 10 m para análise, observa-se uma tendência a superestimativa dos diâmetros nas posições mais baixas do fuste, sendo que os erros absolutos de superestimativa aumentam nas posições mais altas do tronco. Na DH = 14 m nota-se que os diâmetros são subestimados até a posição 35% do fuste e a partir da mesma, os erros absolutos indicam superestimativa, com aumento gradual para as posições mais altas do fuste. Já para a DH de 18 m, observa-se tendência semelhante, porém, com subestimativas crescentes dos diâmetros até 55% do fuste, tendo a partir dessa posição o mesmo comportamento observado nas demais DH's, com ascendente superestimativa nas posições mais altas do fuste.

Os erros demonstrados nas posições superiores do fuste acarretam em maiores erros médios de superestimativa quando se consideram as árvores inteiras, apresentando valores médios de -28,88%, -28,60% e -28,47% para as DH's 10, 14 e 18 m, respectivamente. Enquanto ao serem desconsideradas as duas últimas posições do fuste têm-se erros menores que -7,34% para todas as DH's estudadas.

Os elevados erros nas posições superiores são explicados pela incapacidade do aparelho de enquadrar tais diâmetros nessas posições, considerando que conforme aumenta a altura da posição a ser medida na árvore tem-se um aumento do diâmetro mínimo passível de ser medido com a banda do aparelho. Além disso, a medição dos diâmetros em tais posições demanda má postura por parte do medidor já que o equipamento fica em altura fixa, dificultando assim a visualização do fuste.

Segundo Kalliovirta et al. (2005) os principais fatores influentes nos acréscimos do erro nas medições não-destrutivas são: povoamentos muito densos e com elevada ramificação, presença de líquens e casca parcialmente solta no tronco. Além disso, em algumas condições de luminosidade do povoamento tem-se maior dificuldade de visualização da banda do aparelho, podendo também exercer influência nos erros em medições das posições mais altas do fuste, onde se exige maior inclinação do instrumento, sendo mais influenciado pelas condições de luminosidade do que nas medições efetuadas na parte inferior do fuste.

Ao avaliar as frequências dos volumes individuais para cada método estudado (Figura 2), nota-se que as estimativas oriundas da cubagem destrutiva foram em geral, as que mais se aproximaram do volume individual médio obtido por meio do xilômetro, apresentando erro relativo médio de -10,54% ( $\pm 3,92\%$ ). As estimativas não-destrutivas mais exatas foram as obtidas a DH = 18 m, com erro relativo médio de -11,86% ( $\pm 6,87\%$ ), seguida pela DH = 14 m com erro médio de -17,96% ( $\pm 6,81\%$ ) e DH = 10 m (-24,37% ( $\pm 7,04\%$ )).

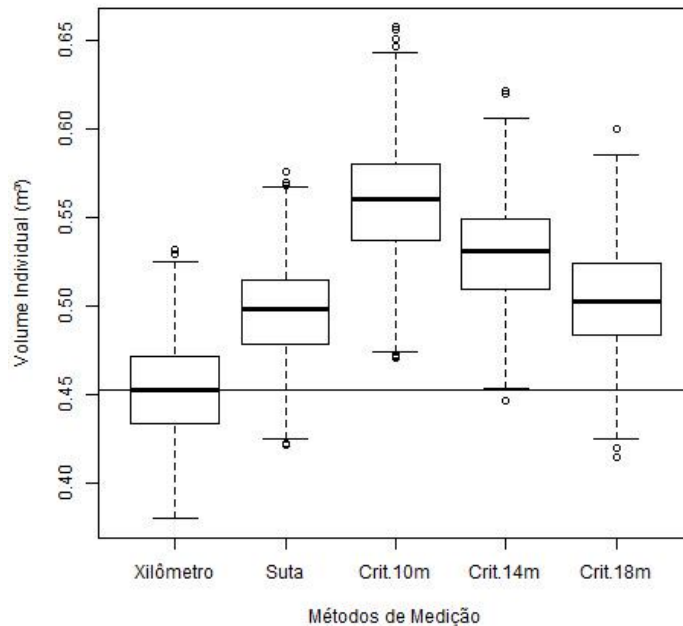


Figura 2 - Frequência dos volumes individuais considerando os métodos: xilometria (Xilômetro), cubagem destrutiva (Suta) e cubagem não-destrutiva com Criterion RD1000 na distância horizontal de 10 m (Crit.10m), 14 m (Crit.14m) e 18 m (Crit.18m). Onde: linhas sólidas são a média do volume individual ( $m^3 \cdot ind^{-1}$ ) obtido pela xilometria dos fustes (volume real).

Figure 2 - Frequency of individual volumes considering methods : xilometria (Xilômetro) , destructive scaling (Suta) and non-destructive scaling with Criterion RD1000 horizontal distance of 10 m (Crit.10m), 14 m (Crit.14m) and 18 m (Crit.18m). Where: Solid lines are the average individual volume ( $m^3 \cdot ind^{-1}$ ) obtained by xilometria boles (real volume).

Ambas as metodologias apresentaram erros de superestimativa em relação ao volume real obtido pela xilometria. Na metodologia não-destrutiva observa-se que nas maiores DH's tem-se a diminuição dos erros relativos médios, fato que corrobora aos resultados obtidos por Rodriguez et al. (2013) que testaram o mesmo aparelho na determinação de volumes individuais de árvores. No estudo os autores consideraram duas distâncias observador-árvore, sendo elas: aproximadamente metade da altura da árvore e igual à altura da mesma. Os mesmos constataram que os melhores resultados foram provenientes da maior distância de medição, indicando a essa para medições de diâmetro ao longo do fuste, para estimativas de volume de árvores em pé.

Em contrapartida Willians et al. (1999) e Kalliovirta et al. (2005) inferem em seus trabalhos que com o aumento da distância observador-árvore, tem-se diminuição da confiabilidade dos diâmetros obtidos com dendrômetros de tecnologia a *laser*. Entretanto quando se consideram diferentes distâncias entre o observador e a árvore a ser medida na cubagem não-destrutiva, há uma forma de compensação entre os erros de diâmetros e altura, para o cálculo do volume (RODRIGUEZ et al., 2013), uma vez que segundo Skovsgaard et al. (1998) observam-se menores erros em altura em distâncias maiores de medição.

Considerando as estimativas do volume total por área, obteve-se um volume real (xilômetro) variando de aproximadamente 241 a 303  $m^3 \cdot ha^{-1}$ . Os resultados que mais se aproximaram, assim como para o volume individual, foram oriundos da cubagem destrutiva seguida da cubagem não-destrutiva a DH de 18 m, que apresentaram intervalos estimados de volume de aproximadamente 266 a 332  $m^3 \cdot ha^{-1}$  e 268 a 337  $m^3 \cdot ha^{-1}$ ,

respectivamente. Os resultados da cubagem não-destrutiva na DH = 18 m podem ser considerados satisfatórios, uma vez que os mesmos foram muito próximos à cubagem destrutiva. Ambas as estimativas superestimaram o volume total por hectare em relação ao método do xilômetro.

Nicoletti et al. (2015) ao comparar estimativas volumétricas destrutivas e não-destrutivas utilizando o dendrômetro Criterion 400 para a cubagem de *Eucalyptus grandis* até 8 metros de altura, infere intervalos de 350 a 420 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a estimativa obtida por meio da cubagem destrutiva e 300 a 370 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para a cubagem não-destrutiva, considerando os resultados entre ambas as metodologias similares. Em estudo semelhante, fazendo o uso do mesmo dendrômetro, Castro et al. (2008) inferiram erros médios relativos praticamente nulos na estimativa do volume total por parcela, sendo esses de aproximadamente 0,71%. Resultados esses que reforçam a precisão satisfatória das estimativas volumétricas pela metodologia não-destrutiva.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados demonstrados, pode-se concluir que dentre as DH's testadas para a metodologia não-destrutiva, a DH = 18 m apresentou as estimativas mais acuradas, sendo sugerida para a utilização em cubagens de árvores em pé para condições similares às do presente estudo. As estimativas obtidas por essa DH podem ser consideradas satisfatórias, uma vez que apresentaram erro relativo médio levemente superior às estimativas obtidas pela cubagem destrutiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, T. N. de.; MONTEIRO, D. R.; BATISTA, J. L. F. Avaliação do aparelho Criterion 400 na cubagem rigorosa de árvores em pé. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 16., 2008. **Anais...** Piracicaba – SP: USP, 2008.
- CLARK, N. A.; WYNNE, R. H. SCHMOLDT, D. L. A review of past research on dendrometers. **Forest Science**, Washington, v. 46, n. 4, p. 570-576, 2000.
- KALLIOVIRTA, J.; LAASASENAHO, J.; KANGAS, A. Evaluation of the Laser-relascope. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 204, p. 181-194, 2005.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2 ed. Guarapuava: Unicentro, 2014. 316 p.
- NICOLETTI, M. F.; BATISTA, J. L. F.; CARVALHO, S. P. C.; CASTRO, T. N.; HESS, A. F. Exatidão de dendrômetros ópticos para determinação do volume de árvores em pé. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 395-404, 2015.
- OLIVEIRA, K. A. de.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R.; MOGNON, F. Desempenho de diferentes instrumentos para mensuração de altura total, DAP, e volume em *Cryptomeria japonica* (THUNB. EX L. F.) D. DON. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21./ EVENTO DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, 6., 2013. **Livro de Resumos...** Curitiba: UFPR, p. 443, 2013.
- PARKEY, R. C.; MATNEY, T. G. Comparison of Optical Dendrometers for Prediction of Standing Tree Volume. **Southern Journal of Applied Forestry**. Washington, v. 23, n. 2, p. 407-417, 1998.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>. Acesso em 15 de outubro de 2014.
- RODRIGUEZ, F.; LIZARRALDE, I.; FERNÁNDEZ-LANDA, A.; CONDÉS, S. Non-destructive measurement techniques for taper equation development: a study case in the Spanish Northern Iberian Range. **European Journal of Forest Research**, v. 133, n. 2, p. 213 – 223, 2013.
- THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319 – 327, 2006.
- WILLIAMS, M. S.; CORMIER, K.; BRIGGS, R. MARTINEZ, D. Evaluation of the Barr & Stroud FP15 and Criterion 400 laser dendrometers for measuring upper stem diameters and heights. **Forest Science**, v. 45, n. 1, p. 53–61, 1999.

## AJUSTE DA FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE MEYER I E II

### FITTING OF THE MEYER DIAMETER DISTRIBUTION FUNCTION I AND II

Vilmar Picinatto Filho<sup>1</sup> Nelson Yoshihiro Nakajima Sebastião do Amaral Machado Rodrigo Lima Marcos  
Felipe Nicoletti Saulo Jorge Téio Marcelo Bonazza Myrcia Minatti

#### RESUMO

O presente trabalho objetivou comparar e avaliar o uso das funções de Meyer Tipo I e Tipo II para descrever a estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa. Os dados utilizados no ajuste das funções advêm de inventário florestal realizado em Ibirama, no estado de Santa Catarina, onde foram medidas árvores com diâmetro à altura do peito acima de 15 cm. Foram ajustadas as Funções de Meyer Tipo I e Tipo II na forma exponencial (original), bem como na forma logarítmica (linear). Os critérios de seleção utilizados foram o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), erro padrão da estimativa relativo (Syx%), índice de Furnival (IF%), análise de resíduos e teste de Kolmogorov-Smirnov (KS). A Função de Meyer Tipo I, na forma logarítmica, apresentou as melhores estimativas. O fragmento de Floresta Ombrófila Densa apresenta distribuição diamétrica muito próxima a uma distribuição diamétrica balanceada, a qual obedece a uma progressão geométrica de razão constante igual a 1,68.

**Palavras-chave:** Estrutura horizontal; Teste de aderência; Quociente de DeLiocourt.

#### ABSTRACT

This study aimed to compare and evaluate the use of the Meyer functions Type I and Type II to describe the diametric structure of a fragment of Ombrophylous Dense Forest. The data used in fitting the functions came from a forest inventory conducted in Ibirama in the state of Santa Catarina, Brazil, which were measured trees with diameter at breast height above 15 cm. The Type I and II Meyer functions were fitted in exponential form (original), and in logarithmic form (linear). The selection criteria used were the adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), relative standard error of estimate (Syx%), Furnival index (FI%), residue analysis and Kolmogorov-Smirnov test (KS). The Type I Meyer function in logarithmic form presented best estimates. The Ombrophylous Dense Forest fragment presented diameter distribution very close to a balanced diameter distribution, which follows geometric progression with constant rate equal to 1.68.

**Keywords:** Horizontal structure; Adherence test; De Liocourt quotient.

#### INTRODUÇÃO

O estudo das distribuições diamétricas está amplamente difundido e aplicado em toda a Europa e Estados Unidos e, no Brasil já é bastante utilizado como subsídio para o manejo de florestas, constituindo o meio mais simples e eficaz para descrever as características de um povoamento (BARTOSZECK et al. 2004).

Para Scolforo et al. (1997), a partir da estrutura diamétrica pode-se utilizar o conceito de floresta balanceada por meio da identificação de classe em que existe déficit ou superávit de árvores. Já De Liocourt (1898) demonstrou que a curva normal da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana corresponde a uma progressão geométrica decrescente. Ainda dentro deste contexto, diversos autores (DE LIOCOURT, 1898; MEYER, 1952; STERBA, 2004; SOUZA et al. 2006), salientaram que a curva de distribuição de diâmetros dos indivíduos arbóreos de uma floresta apresenta uma distribuição exponencial negativa, assemelhando-se à forma de J-invertido, em que a maior frequência de indivíduos se encontra nas menores classes de diâmetro.

Para Paula et al. (2004), a distribuição diamétrica é uma das ferramentas utilizadas para a compreensão da sucessão permitindo, segundo Siminski et al. (2004) a avaliação prévia de condições dinâmicas da floresta, possibilitando previsões quanto ao desenvolvimento da comunidade vegetal. Neste aspecto, depende-se a importância do desenvolvimento de estudos referentes à comparação e utilização das funções de Meyer Tipo I e Tipo II para descrever a estrutura diamétrica em florestas densas.

---

#### <sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro Florestal, Doutorando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná-UFPR, PR. Av. Lothário Meissner, 900, Bairro Jardim Botânico, 80210-170, Curitiba, Paraná. Email: vilmar@florestal.eng.br

Dessa forma os objetivos deste estudo foram a avaliação e comparação das funções de Meyer Tipo I e II, nas formas exponencial e logarítmica, para descrever a distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa (FOD), em Ibirama – SC.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A base de dados utilizada para o desenvolvimento deste estudo advém de inventário realizado em um fragmento de floresta nativa primária da Mata Atlântica (FOD), localizada na região de Ibirama/SC.

Os indivíduos mensurados, considerando todas as espécies florestais, foram distribuídos em classes de diâmetro com amplitude de 10 cm, tendo como centro da primeira classe, o valor de 20 cm. Após a distribuição dos indivíduos nas classes diamétricas determinadas, a frequência dos diâmetros foi ajustada por meio das funções de Meyer Tipo I e Meyer Tipo II, nas formas exponenciais (original) e logarítmicas (linearizadas).

Os ajustes foram avaliados por meio do coeficiente de determinação ( $R_{aj}^2$ ), erro padrão da estimativa relativo (Syx%), índice de Furnival (IF%), análise gráfica dos resíduos e teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS). As estatísticas de ajuste e precisão foram calculadas de acordo com Draper e Smith (1998). Para os modelos logarítmicos o erro padrão da estimativa foi corrigido, com o índice de Furnival (FURNIVAL, 1961), para a escala original da variável dependente, possibilitando a comparação com os modelos aritméticos.

Além das estatísticas de ajuste e precisão, as funções foram submetidas ao teste de Kolmogorov-Smirnov, o qual compara a frequência acumulada observada e estimada pelos modelos em seu ponto de maior diferença. Neste estudo, o valor da maior diferença entre a frequência observada e estimada ( $D_{calc}$ ) foi comparado com um valor tabelado ( $D'$ ), para 1% de nível de significância do teste bilateral.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 constam os coeficientes estimados nos ajustes das funções de distribuição diamétrica de Meyer, tais valores foram utilizados de forma direta nas funções, para a estimativa do número de árvores por hectare, por classe de diâmetro.

Tabela 1 - Coeficientes e estatísticas de ajuste e precisão para as funções de Meyer, para descrever a distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, em Ibirama – SC.

Table 1 - Coefficients and statistics of fitting and precision for the Meyer function, to describe the diameter distribution of an Ombrophyllous Dense Forest fragment, in Ibirama – SC.

Modelo	Coefficientes	$R_{aj}^2$	Syx%	IF%
Meyer Tipo I (Exponencial)	$b_0 = 132,886$ $b_1 = -0,05351$	0,9953	7,2	-
Meyer Tipo I (Logarítmico)	$\log b_0 = 2,1234$ $b_1 = -0,0226$	0,9960	-	9,5
Meyer Tipo II (Exponencial)	$b_0 = 60,8901$ $b_1 = -0,00081$	0,9801	24,5	-
Meyer Tipo II (Logarítmico)	$\log b_0 = 1,2911$ $b_1 = -0,00012$	0,5782	-	48,6

Em que:  $R_{aj}^2$  = coeficiente de determinação ajustado; Syx% = erro padrão da estimativa relativo; IF% = índice de Furnival em porcentagem.

A função de Meyer Tipo I ajustada na forma exponencial apresentou alto coeficiente de determinação ajustado, menor erro padrão da estimativa em porcentagem e boa distribuição de resíduos (Figura 1). A função de Meyer Tipo I linearizada apresentou melhor acurácia, com alto coeficiente de determinação ajustado, baixo índice de Furnival em porcentagem e melhores estimativas. Conforme a Figura 1, a função em questão apresentou a melhor distribuição gráfica de resíduos.

O ajuste da função de Meyer Tipo II na forma exponencial também apresentou boas estatísticas, com alto coeficiente de determinação ajustado, porém com erro padrão relativa de 24,5. No entanto, com a análise gráfica dos resíduos (Figura 1) foi possível verificar que esta função subestima o número de árvores por hectare na primeira classe, superestima nas duas classes seguintes e subestima novamente nas demais classes de diâmetro.

A função de Meyer Tipo II, na forma logarítmica, não apresentou boas estatísticas de ajuste (Tabela 1). Analisando a distribuição gráfica de resíduos e o número de árvores estimado (Figuras 1 e 2), observa-se que esta



função tende a subestimar o número de árvores por unidade de área nas primeiras classes de diâmetro, superestimar nas classes centrais e subestimar novamente nas maiores classes de diâmetro.

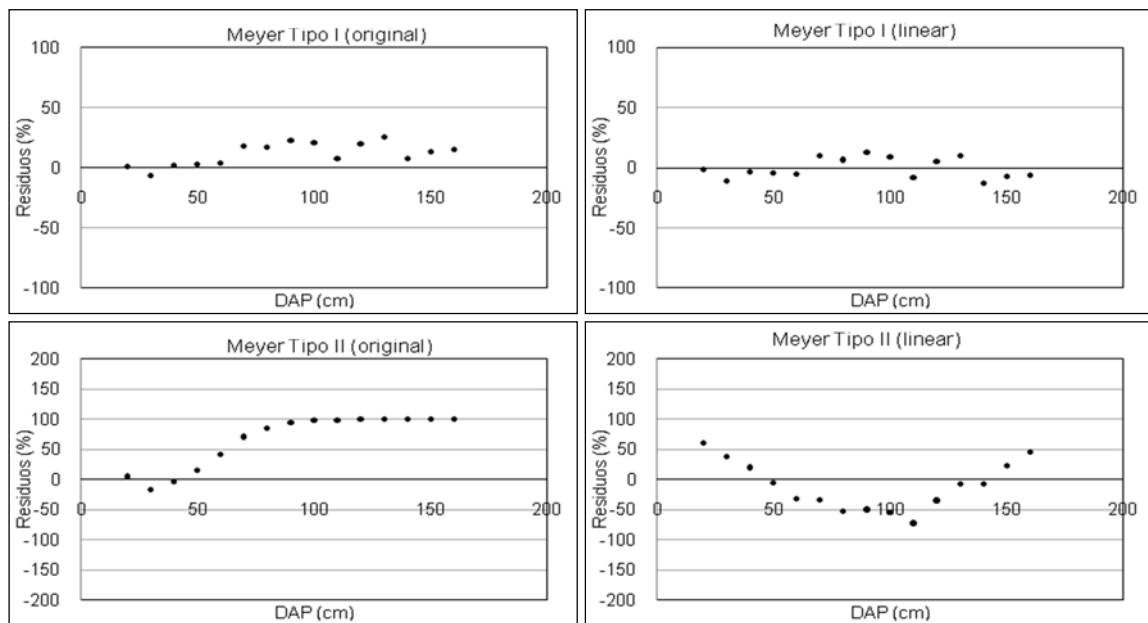


Figura 1- Distribuição de resíduos para as funções ajustadas, para a distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, em Ibirama – SC.

Figure 1- Residual distribution for the fitted functions, for the diameter distribution of an Ombrophyllous Dense Forest fragment, in Ibirama – SC.

Machado et al. (2010) testaram diferentes funções para descrever a distribuição diamétrica de quatro espécies de *Lauraceae*, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em Curitiba – PR. As funções de Meyer Tipo I e II apresentaram boa aderência aos dados das distribuições diamétricas, exceto a Meyer Tipo I para a espécie *Ocotea puberula* (Reich.)Ness., a qual apresentou distribuição unimodal com forte assimetria a direita. Para a função de Meyer Tipo I, o erro padrão variou de 11 a 55%, para *Ocotea bicolor*Vattimo e *Ocotea puberula*, respectivamente. Já para a função de Meyer Tipo II, o erro padrão variou de 17 a 41%, respectivamente para *Nectandra lanceolata* Ness. E *Ocotea puberula*.

Na Tabela 2 constam as frequências observadas e estimadas pelas funções de distribuição diamétrica testadas, bem como o valor  $D_{calc}$ , do teste de Kolmogorov-Smirnov. Os modelos de Meyer Tipo I e II na forma exponencial foram aderentes ao conjunto de dados pelo teste Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 1% de significância, bem como o modelo de Meyer Tipo I linearizado. Já o modelo de Meyer Tipo II na forma linear não foi aderente pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, conforme Tabela 2. A distribuição diamétrica do fragmento de Floresta Ombrófila Densa estudado (Figura 2) comportou-se como o previsto para florestas inequiduais, em razão de apresentar curva de distribuição diamétrica assemelhando-se a um J invertido (DE LIOCOURT, 1898; MEYER, 1952; MACHADO et al., 2004; STERBA, 2004; SOUZA e SOUZA, 2005).

Schaaf et al. (2006) e Machado et al. (2009) constataram uma distribuição diamétrica na forma de J invertido para fragmentos de Floresta Ombrófila Mista no Paraná, embora algumas das espécies mais características dessa tipologia florestal apresentassem distribuição diamétrica unimodal, como *Ocotea porosa* (Ness.) Barroso e *Cedrela fissilis* Vellozo.

Tal ocorrência na estrutura diamétrica da floresta indica tendência de distribuição balanceada, em virtude da capacidade de regeneração das espécies vegetais, entretanto, a grande quantidade de indivíduos nas classes de menor diâmetro pode indicar que o regime de perturbação é relativamente intenso e contínuo (MACHADO et al. 2004).

Tabela 2 - Frequências observadas e estimadas pelas funções de Meyer e teste de Kolmogorov-Smirnov, para a distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, em Ibirama – SC.

Table 2 - Observed and estimated frequencies by the Meyer functions and Kolmogorov-Smirnov test, for the diameter distribution of an Ombrophyllous Dense Forest fragment, in Ibirama – SC.

Limites de Classe (cm)	Centro de Classe (cm)	fo (árv./ha)	fe (árv./ha)			
			Meyer I		Meyer II	
			Exponencial	Linear	Exponencial	Linear
15 – 25	20	46,2	45,6	46,2	43,9	17,8
25 – 35	30	25,2	26,7	25,1	29,2	15,5
35 – 45	40	16,0	15,6	15,9	16,5	12,8
45 – 55	50	9,4	9,2	9,4	7,9	9,9
55 – 65	60	5,6	5,4	5,6	3,2	7,3
65 – 75	70	3,8	3,1	3,8	1,1	5,1
75 – 85	80	2,2	1,8	2,2	0,3	3,4
85 – 95	90	1,4	1,1	1,4	0,1	2,1
95 – 105	100	0,8	0,6	0,8	0,1	1,2
105 – 115	110	0,4	0,4	0,4	0,1	0,7
115 – 125	120	0,3	0,2	0,3	0,1	0,4
125 – 135	130	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
135 – 145	140	0,1	0,1	0,08	0,1	0,1
145 – 155	150	0,1	0,0	0,05	0,05	0,003
155 – 165	160	0,0	0,0	0,03	0,03	0,002
Total		111,6	109,9	115,5	102,1	76,6
Média		7,4	7,3	7,7	6,8	5,1
D <sub>calc</sub>			0,0145 <sup>ns</sup>	0,0411 <sup>ns</sup>	0,0845 <sup>ns</sup>	0,3774*

Nota:<sup>ns</sup> = não significativo para o teste de Kolmogorov-Smirnov; \* = significativo ao nível de 1% para do teste de Kolmogorov-Smirnov.

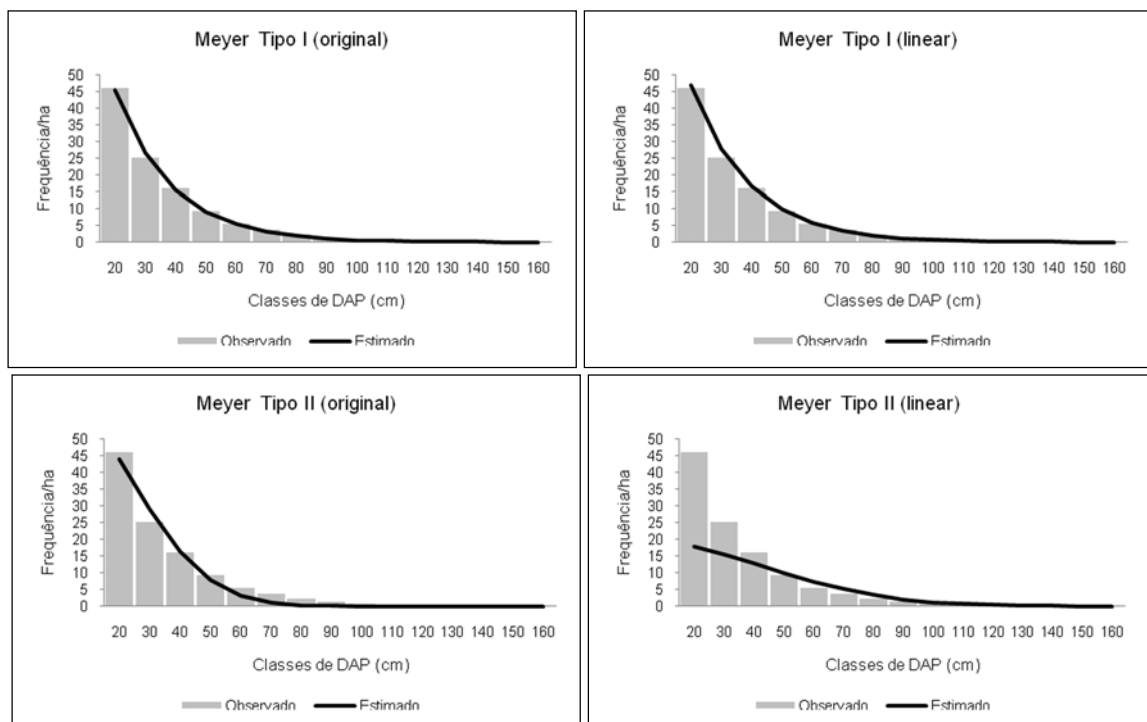


Figura 2 - Frequências observadas e estimadas pelas funções ajustadas, para a distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, em Ibirama – SC.

Figure 2 - Observed and estimated frequencies by the fitted functions, for the diameter distribution of an Ombrophyllous Dense Forest fragment, in Ibirama – SC.

A distribuição diamétrica do fragmento de Floresta Ombrófila Densa analisado, quando ajustado pela função de Meyer Tipo I refere-se a distribuição decrescente do tipo I, onde a razão  $q$  da progressão geométrica é

constante. A mesma floresta quando ajustada pela função de Meyer Tipo II, apresenta distribuição decrescente tipo II, onde a razão  $q$  da progressão geométrica cresce nas sucessivas classes de diâmetro, conforme observa-se na Tabela 3.

Souza e Souza (2005) estudaram diferentes opções de manejo em uma floresta de propriedade particular localizada na região Amazônica, no estado do Pará. A floresta foi estratificada em áreas homogêneas de acordo com o estoque volumétrico. Os valores de  $q$  de DeLiocourt encontrados para as classes volumétricas foram 2,2; 2,3 e 2,4 para as classes de menor ao maior estoque volumétrico, respectivamente. Alves Júnior et al. (2009) ajustaram o modelo de Meyer para um fragmento de Floresta Atlântica e encontraram valor de 1,26 para o quociente  $q$  de DeLiocourt.

Tabela 3 - Quociente de DeLiocourt ( $q$ ) para a distribuição diamétrica estimada de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, em Ibirama – SC.

Table 3 - De Liocourt quotient ( $q$ ) for the estimated diameter distribution of an Ombrophylous Dense Forest fragment, in Ibirama – SC.

Limites de Classe (cm)	Centro de Classe (cm)	Quociente de DeLiocourt ( $q$ )			
		Meyer Tipo I	Meyer I	Meyer II	Meyer II
		Exponencial	Linear	Exponencial	Linear
15 – 25	20	1,71	1,68	1,50	1,15
25 – 35	30	1,71	1,68	1,77	1,21
35 – 45	40	1,71	1,68	2,09	1,28
45 – 55	50	1,71	1,68	2,46	1,36
55 – 65	60	1,71	1,68	2,89	1,44
65 – 75	70	1,71	1,68	3,41	1,52
75 – 85	80	1,71	1,68	4,01	1,60
85 – 95	90	1,71	1,68	4,73	1,70
95 – 105	100	1,71	1,68	5,57	1,79
105 – 115	110	1,71	1,68	6,56	1,90
115 – 125	120	1,71	1,68	7,72	2,00
125 – 135	130	1,71	1,68	9,09	2,12
135 – 145	140	1,71	1,68	10,7	2,24
145 – 155	150	1,71	1,68	12,61	2,37
155 – 165	160	1,71	1,68	14,52	2,50
Média		1,71	1,68	5,98	1,58

Em estudos sobre distribuição diamétrica em florestas heterogêneas do Rio Grande do Sul, Silva (1984) encontrou valores de  $q$  de DeLiocourt variando entre 1,25 e 1,39 para sete fragmentos florestais, incluindo a Floresta Subtropical com Araucária e Floresta Pluvial Atlântica.

Scolforo e Silva (1993) em estudos para viabilizar diferentes opções de intervenção no Cerrado, encontrou diferentes valores do quociente  $q$  de DeLiocourt de acordo com o método de ajuste para o modelo de Meyer. Para o ajuste não-linear o autor encontrou valor de 3,7 e quando o modelo foi linearizado, o quociente encontrado foi de 2,5.

## CONCLUSÕES

A distribuição diamétrica da floresta como um todo apresentou distribuição decrescente, típica de florestas densas. A Função de Meyer Tipo I na forma linear apresentou as melhores estimativas conforme indicam o alto coeficiente de determinação ajustado, baixo índice de Furnival em porcentagem e melhor distribuição gráfica de resíduos. A Função de Meyer Tipo II linearizada não foi aderente aos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e subestimou a frequência por unidade de área, nas classes de diâmetro avaliadas.

De acordo com os resultados de ajuste e precisão das diferentes funções de Meyer e dos Quocientes de DeLiocourt avaliados, este fragmento de Floresta Ombrófila Densa apresenta distribuição diamétrica muito próxima a uma distribuição diamétrica balanceada, a qual obedece a uma progressão geométrica de razão constante igual a 1,68 ( $q = 1,68$ ).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES JÚNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; COSTA JÚNIOR, R. F. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p.328-333, 2009.
- BARTOSZECK, A. C. de P. e S.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. A distribuição diamétrica para bracatingais em diferentes idades, sítios e densidades na região metropolitana de Curitiba. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 305-323, 2004.
- DE LIOCOURT, F. **De l'aménagement dessapinières**. Besançon: Sociéteforestière de Franche-Comté et Belfort, 1898. p.396-409. (Bulletin trimestriel).
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 706 p.
- FURNIVAL, G.M. An index for comparing equations used in constructing volume tables. **Forest Science**, Bethesda, v. 7, n. 4, p. 337-341, 1961.
- MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; BORÉM, R. A. T.; BOTEZELLI, L. Análise comparativa da estrutura e flora do compartimento arbóreo-arbustivo de um remanescente florestal na fazenda Beira Lago, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.499-516, 2004.
- MACHADO, S. do A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; TÊO, S. J.; MIGUEL, E. P.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. da. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2428-2434, 2009.
- MACHADO, S. do A.; SANTOS, A. A. P. do; NASCIMENTO, R. G. M. do; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; ZAMIN, N. T. Modelagem da distribuição diamétrica de quatro espécies de *Lauraceae* em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. Guarapuava, v. 12, n 1, p.91-105, 2010.
- MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 50, n.2, p.85-92, 1952.
- PAULA, A.; SILVA, A. F.; MARCO JÚNIOR, P.; SANTOS, F. A. M.; SOUZA, A. L. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma floresta estacional semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, Brasília, v. 18, n.3, p.407-423, 2004.
- SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R. Alteração da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.
- SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, S. T. O conceito de "Floresta Balanceada de Meyer" como opção para intervenção em cerrado *Sensu Strictu*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, 1993. v. 1, p. 378-381.
- SILVA, J. A. Função Beta aplicada na distribuição de frequência de CAP's das principais espécies florestais do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, Santa Maria, n. 6, p. 91-100, 1984.
- SIMINSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S.; FANTINI, A. C. Sucessão florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, litoral de Santa Catarina: Estrutura e diversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.21-33, 2004.
- SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. Emprego do método BDq de seleção após a exploração florestal em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.4, p.617-625, 2005.
- SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; YARED, J. A. G. Análise estrutural em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p.75-87, 2006.
- STERBA, H. Equilibrium curves and growth models to deal with forests in transition to uneven-aged structure – application in two sample stands. **Silva Fennica**, Vantaa, v.4, n.38, p.413-423, 2004.

**AJUSTE DE MODELOS DE CRESCIMENTO PARA *Cordia americana* (L.) GOTTSCHLING & J.S. MILL. NO MUNICÍPIO DE REALEZA – PR**

**ADJUSTMENT GROWTH MODELS FOR *Cordia americana* (L.) GOTTSCHLING & J.S. MILL. IN THE MUNICIPALITY OF REALEZA – PR**

Danieli R. Klein<sup>1</sup> Sandra M. Krefta Ana Cláudia da Silveira Tásilla M. Loiola Mariane M. Andrade Veridiana P. Weber

**RESUMO**

*Cordia americana* é uma espécie de grande importância dentro das florestas, tanto pelas suas funções ecológicas, quanto pela qualidade da madeira. O presente estudo foi realizado no município de Realeza – PR, com objetivo de estimar o crescimento diamétrico em função da idade por meio do ajuste de equações matemáticas, servindo assim, como subsídio para futuras práticas de manejo sustentável. Para cada árvore foram mensuradas: diâmetro a altura do peito (DAP), altura total, altura de início de copa, altura de copa, raio de copa. Para análise do crescimento foram coletados das árvores rolos de incremento. Na análise dos dados foi utilizado o Software Microsoft Excel e *Statistical Analysis System*. Para o ajuste dos modelos de crescimento diamétrico em função da idade foi usado o procedimento PROC GLM para modelos lineares e para o modelo de Chapman-Richards foi utilizado o procedimento PROC NLIN. A seleção dos modelos de regressão para estimar o crescimento foi realizada observando-se o coeficiente de variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), valor de F, avaliação da distribuição dos resíduos e dos valores estimados juntamente com os observados. O modelo de Backman foi a equação que melhor ajustou os dados de crescimento diamétrico em função da idade de *Cordia americana*.

**Palavras-chave:** Diâmetro; modelos matemáticos; manejo florestal.

**ABSTRACT**

*Cordia americana* is a species of great importance within the forests, both for its ecological functions, as the quality of wood. This study was conducted in the municipality of Realeza - PR, in order to estimate the diameter growth by age by adjusting mathematical equations, thus serving as subsidy for future sustainable management practices. For each tree were measured: diameter at breast height, total height, crown-in height, crown height, crown radius. To growth survey were collected from trees increment rolls. In the data analysis we used the Microsoft Excel Software and Statistical Analysis System. To adjust the diameter growth model as a function of age was used the procedure PROC GLM for linear models and the Chapman-Richards model was used the procedure PROC NLIN. The selection of the regression models to estimate the growth was done by observing the variation coefficient (CV%), adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), F value, evaluation of the distribution of residuals and the estimated values with the observed. The Backman model was the equation that best fit the data of diameter growth by age of *Cordia americana*.

**Keywords:** Diameter; mathematical models; forest management

**INTRODUÇÃO**

Nos reflorestamentos o uso de espécies exóticas é predominante, pois elas oferecem rápido desenvolvimento, facilitando a sua comercialização, além disso, o plantio, cultivo e manejo adequado já são conhecidos, sendo que, diversas são as pesquisas realizadas com tais espécies, o que garante a qualidade desses plantios.

Apesar de existir alguns estudos em florestas naturais, Weber (2013) comenta que, estas pesquisas, em sua maioria, consistem na dinâmica como um todo, entretanto, pouco se sabe ainda o real potencial e o ritmo de crescimento de cada uma das espécies dessa floresta, ou seja, como e quanto elas crescem, quais variáveis influenciam no seu crescimento e em quais locais possuem maior ou menor crescimento.

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Mestranda em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, SC. Av. Segundo Batalhão Ferroviário, 485 - Conte Dinheiro / Lages SC/Brasil - CEP: 88520-100. E-mail: drkleinn@gmail.com

Entender a dinâmica de crescimento das espécies, conforme salienta Silva (2003), é importante para conciliar e atender produção e conservação. Para o manejo florestal, isso é decisivo em tomadas de decisões, como escolha das espécies a serem exploradas e protegidas, projeção do ciclo de corte e tratamentos silviculturais.

Schneider e Schneider (2008) nos trazem que o crescimento diamétrico determina o grau de aproveitamento da madeira, sendo por isso, muito importante para o produtor. Sendo assim, Vuaden (2013) destaca que os modelos de crescimento são de vital importância para o planejamento da produção florestal, pois a partir destes se pode prever o crescimento e rendimento de sítios locais para criar uma condição prévia para planejar a administração de florestas em qualquer nível.

O estudo dos anéis de crescimento das árvores proporcionou o desenvolvimento da ciência conhecida como dendrocronologia. Essa técnica é utilizada para a reconstrução da estrutura da floresta no passado, determinação da idade, bem como, a avaliação e quantificação dos efeitos de fatores que agiram sobre toda a comunidade em um período, proporcionando auxílio a futuras práticas silviculturais e de manejo (ISHIBASHI; TANAKA, 1995; SEITZ, 1988).

Uma maneira de prognosticar o crescimento e a produção de espécies florestais, conforme cita Spathelf e Nutto (2000), é o ajuste de modelos matemáticos, os quais são caracterizados por sistemas de equações, que além de permitir estimar a produção de madeira, em volume e qualidade, avalia os impactos de fatores ambientais sobre o crescimento de árvores e povoamentos florestais.

Além disso, Zanon (2007) reforça que os modelos matemáticos são imprescindíveis para prognosticar futuros recursos florestais, além da escolha de alternativas silviculturais, o apoio à tomada de decisões de manejo e a política florestal.

Com isso, o estudo objetivou-se em testar funções matemáticas já existentes para descrever o crescimento diamétrico em função da idade de *Cordia americana*.

## MATERIAIS E MÉTODO

O estudo foi desenvolvido no interior do município de Realeza-PR, em uma região de ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, o qual se localiza na região sudoeste do Estado do Paraná.

O município de Realeza está localizado no bioma de Mata Atlântica, com clima temperado subtropical semiúmido do tipo Cfa conforme classificação de Köppen, a altitude média do local de estudo é de 390 metros acima do nível do mar, relevo suave ondulado, solo com características de Latossolo (IBGE, 2013).

A coleta dos dados foi realizada em 14 árvores individuais de *Cordia americana*, nelas foram mensurados as variáveis, diâmetro a altura do peito (DAP), altura total, altura comercial, altura de início de copa e quatro raios de copa nas direções norte, sul, leste e oeste.

Para definir o crescimento diamétrico de *Cordia americana* utilizando técnicas de dendrocronologia, foi empregada a análise parcial de tronco pelo método não destrutivo, na qual consiste na coleta de rolos de incremento de cada indivíduo, utilizando o trado de Pressler. Para cada indivíduo amostrado, foram retiradas duas amostras perpendiculares entre si na altura de 1,3 m do nível do solo, obtendo com isso a média dos anéis de crescimento.

Com o software Image-Pro Plus (IPWin32) foram medidas as larguras dos anéis de cada amostra, assim, foi calculada a média aritmética entre as larguras dos anéis de crescimento dos dois rolos de incremento amostrados para cada árvore individual de *Cordia americana*.

Para o cálculo do crescimento em diâmetro foi descontado a espessura de casca e o último ano incrementado (2013), pois a coleta foi realizada antes da formação completa do último anel de crescimento (período de inverno). Para a análise dos dados foi utilizado o Software Microsoft Excel e *Statistical Analysis System* (SAS, 1999). Na predição do crescimento diâmetro foram analisados alguns modelos, apresentados na tabela 1, com a finalidade de selecionar uma equação para estimar a variável diâmetro em função da idade.

Para o ajuste dos modelos de crescimento diamétrico em função da idade foi usado o procedimento PROC GLM para modelos lineares e para o modelo de Chapman-Richards foi utilizado o procedimento PROC NLIN. A seleção dos modelos de regressão para estimar o crescimento foi realizada observando-se o coeficiente de variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), valor de F, avaliação da distribuição dos resíduos e dos valores estimados juntamente com os observados.

Tabela 1 – Modelos matemáticos testados para prever o crescimento diamétrico em função da idade de *Cordia americana* em Realeza, PR.

Table 1 - Mathematical models tested to predict diameter growth by age of *Cordia americana* in Realeza, PR.

Nº	Autor	Modelo	Nº de parâmetros
1	Backman	$y=eb_0+b_1 \ln t+ b_2 \ln t^2$	3
2	Chapman-Richards	$y=b_0(1-e^{-b_1 t})^{b_2}$	3
3	Smalian	$y=t/(b_0+b_1 t+b_2 t^2)$	3
4	Polinomial 2º Grau	$y=b_0+b_1 t+b_2 t^2$	3
5	Polinomial 3º Grau	$y=b_0+b_1 t+b_2 t^2+b_3 t^3$	4
6	Polinomial 5º Grau	$y=b_0+b_1 t+b_2 t^2+b_3 t^3+b_4 t^4+b_5 t^5$	6

Onde: y= diâmetro a altura do peito (cm); t= idade (anos); b<sub>0</sub>; b<sub>1</sub>; b<sub>2</sub>; b<sub>3</sub>; b<sub>4</sub>; b<sub>5</sub>= parâmetros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 exibe os resultados para as estimativas do coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>aj), coeficiente de variação (CV%) e dos coeficientes dos modelos matemáticos testados.

Tabela 2 - Estimativas dos coeficientes (b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>, b<sub>5</sub>), coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>aj), coeficiente de variação (CV%) e F calculado para cada modelo testado.

Table 2 - Estimates of the coefficients (b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>, b<sub>5</sub>), adjusted coefficient of determination (R<sup>2</sup>aj), coefficient of variation (CV%) and F calculated for each model tested.

Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	R <sup>2</sup> aj	CV (%)	F
Backman	-0,44756	1,13555	-0,00871				0,92	14,24	1497,45
Chapman-Richards	113,7	0,0115	1,1602				0,94	29,28	1432,42
Smalian	1,64463	-0,0601	0,0018				0,10	30,97	15,65
Polinomial 2º Grau	-0,4143	0,8926	0,0017				0,83	29,26	627,61
Polinomial 3º Grau	-0,2118	0,80209	0,0108	-0,0002			0,83	29,30	417,11
Polinomial 5º Grau	0,59323	0,10342	0,17844	-0,0164	0,000676	-0,00001	0,83	29,33	248,95

Os modelos com melhores estatísticas foram o de Backman e de Chapman-Richards, os quais apresentaram os maiores valores de R<sup>2</sup>aj, CV% e F calculado. Porém, considerou-se Backman como o melhor modelo para representar o crescimento diamétrico em função da idade das árvores de *Cordia americana* amostradas, pois este demonstrou alto valor de R<sup>2</sup>aj, e os melhores valores de CV% e F calculado.

Soares (2013) em um estudo com *Cordia americana* na cidade de São Gabriel (RS), encontrou o modelo de Smalian como o que melhor estimou o diâmetro em função da idade das árvores, porém, o autor não testou o modelo de Backman. Isso indica que novos estudos devem ser realizados, levando em consideração um maior número de amostras, a região de coleta e os modelos testados.

Na Figura 1A verifica-se a dispersão dos valores observados de DAP e dos estimados pelo modelo de Backman. A Figura 1B demonstra a dispersão dos resíduos do modelo escolhido para representar o crescimento diamétrico em função da idade de *Cordia americana*.

Schneider et al. (2006) em um trabalho onde avaliou o crescimento de *Cordia trichotoma*, na região central do Rio Grande do Sul, encontrou a função de Backman como a de melhor ajuste e ótima precisão estatística para estimar o diâmetro à altura do peito em função da idade dos indivíduos amostrados.

O modelo de Backman, conforme Selle e Vuaden (2010), também foi o que melhor representou o crescimento em diâmetro em função da idade, para *Handroanthus impetiginosa*, com coeficiente de determinação de 0,99, erro padrão da estimativa de 0,03 e coeficiente de variação de 1,15%.

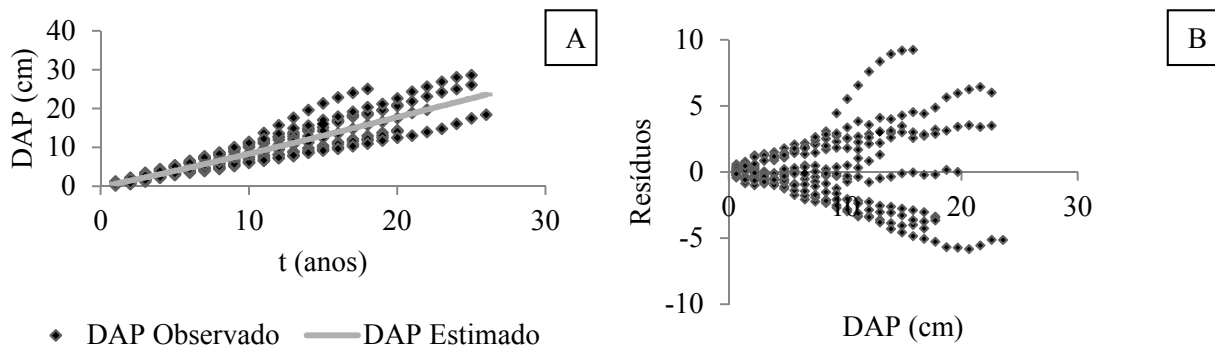


Figura 1 - A: Dispersão dos valores de DAP observados e estimados; B: Dispersão dos resíduos do modelo testado para *Cordia americana*.

Figure 1 - A: Dispersion values DAP of observed and estimated; B: dispersion of model residues tested for *Cordia americana*.

## CONCLUSÃO

Conforme o presente estudo, o modelo de Backman foi à equação que melhor ajustou os dados de crescimento diamétrico em função da idade de *Cordia americana*, pois apresentou melhores valores para os parâmetros de  $R^2$ aj, CV% e F calculado, além de apresentar estimativas adequadas para os dados.

Entretanto, faz-se necessário realizar pesquisas que englobem um maior número de árvores, levando em consideração, diferentes locais amostrados, para que assim possa se estabelecer um modelo que represente o crescimento diamétrico da espécie em função da idade de cada indivíduo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2013. **Cidades**. 13 p. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: julho de 2015.
- SAS. **The SAS System for Windows**. Copyright (c) 1999-2001 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1999.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2 ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566p.
- SCHNEIDER, P. S. P.; SCHEEREN, L. W.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento da *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Floresta e Ambiente**. V.13, n.1, p. 26 - 33, 2006.
- SEITZ, R.A. The use of dendrochronology in silviculture. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL -FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1., 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1988, p.125-135.
- SELLE, G. L.; VUADEN, E. Crescimento de seis espécies nativas na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Ambiência**, Guarapuava, PR v. 6 n. 1, 2010, p.169 – 192.
- SILVA, P. R. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do Rio Cuieiras, **Acta Amazônica**, v, 33, n, 1, 2003, p. 67-84.
- SOARES, L. M. **Ajuste de equações de crescimento em diâmetro para *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill. na região central do Rio Grande do Sul**. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Pampa. São Gabriel, 2013.
- SPATHELF, P.; NUTTO, L. **Modelagem aplicada ao Crescimento e Produção Florestal – com exemplos e exercícios**. 2000, 71p.
- VUADEN, E. **Morfometria e incremento de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. na região central do Rio Grande do Sul**. 2013. 102 f. Tese (Doutorado Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2013.
- WEBER, V. P. **Relação Morfométrica e de Competição no Crescimento de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex Nees) Liberato Barroso na região central de Santa Catarina**. 2013. 101 f. Tese (Doutorado Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2013.
- ZANON, M. L. B. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioica**. 110f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, 2007.



**AJUSTE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS EM RELAÇÃO A ALTURA E DIÂMETRO PARA CLONES DE *Eucalyptus sp.***

**MODELS SET HYPSONOMETRIC IN CONNECTION WITH HEIGHT AND DIAMETER FOR CLONES *Eucalyptus sp.***

Darlan Santos de Souza<sup>1</sup> André Tavares de Jesus Robson Borges de Lima Márcio Assis Cordeiro André Ricardo dos Santos Pereira Fábio Lacerda Jucá Jadson Coelho de Abreu

**RESUMO**

Objetivo deste trabalho foi ajustar e comparar os modelos hipsométricos, com fins de indicar àquele(s) que melhor descreva(m) a relação altura-diâmetro dos clones de *Eucalyptus sp.* Para o ajuste da relação hipsométrica, utilizaram-se dados de altura e diâmetro. Foram mensuradas 277 espécies. Com o objetivo de selecionar o melhor modelo de regressão analisou-se o ajuste de cada equação comparativamente, observando-se os critérios estatísticos definidos pelo: coeficiente de determinação ( $R^2$ ), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), valor de F, e a distribuição gráfica dos resíduos. Foi observado que todos apresentaram coeficientes de determinação ajustado superiores a 0,70, com destaque ao modelo de Trorey e modelo linear, que obtiveram  $R^2_{aj}$  igual a 0,7631. Portanto pode-se concluir após a análise que os modelos de Trorey e Linear são os mais adequados para descrever a relação hipsométrica, por apresentarem uma superioridade significativa no  $R^2$  ajustado.

**Palavras-chave:** Modelos hipsométricos; *Eucalyptus sp.*; Coeficiente de determinação ajustado.

**ABSTRACT**

This work aimed to adjust and compare the hypsometric models, for purposes of indicating to that (s) that best describe (m) height-diameter ratio of eucalyptos clones sp. For adjustment of hypsometric relationship, they used the height and diameter data. 277 species were measured. In order to select the best regression model analyzed the adjustment of each equation comparatively observing the statistical criteria defined by: coefficient of determination ( $R^2$ ), adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), standard error of estimate ( $S_{yx}$ ), F value and the graphical distribution of waste. It was observed that all had adjusted determination coefficients above 0.70, highlighting the model Trorey and linear model, which received  $R^2_{aj}$  equal to 0.7631. Therefore it can be concluded after the analysis models and Linear Trorey are the most suitable to describe the relations hypsometric, for presenting a significant superiority in  $R^2$  adjusted.

**Keywords:** hypsometric models; *Eucalyptus sp.*; Adjusted coefficient of determination.

**INTRODUÇÃO**

O Eucalipto é o principal gênero plantado no Brasil, contando com mais de cinco milhões de hectares de áreas plantadas, abastecendo principalmente as indústrias de madeira, celulose, papel, compensado, e siderúrgicas do país. (ABRAF, 2013).

Nas últimas décadas, diversos pesquisadores têm despendido esforços em estudar o gênero *Eucalyptus* sob diversos aspectos e diversificadas condições edafoclimáticas, dada a sua larga escala de produção e diversidade de utilização. Dentre os inúmeros estudos desenvolvidos destacam-se àqueles destinados a modelagem da relação hipsométrica (SOARES et al., 2004, RIBEIRO et al., 2010, RUFINO et al., 2010, OLIVEIRA et al., 2011; SOUSA et al., 2013), através do ajuste de modelos matemáticos tradicionais ou genéricos.

Os modelos hipsométricos são equações ajustadas que expressam a relação altura-diâmetro da árvore (SANQUETTA et al., 2009), através dos quais pode-se obter estimativas acuradas da altura da árvore. A medição da altura em povoamentos florestais é de grande importância para a estimativa do volume e qualificação da produtividade em determinado local, sendo fundamental no planejamento da produção florestal (RIBEIRO et al., 2010).

Bartoszeck et al. (2002) e Barros et al. (2002), apresentam diversos modelos hipsométricos voltados para a literatura florestal os quais podem ser ajustados para obtenção de dados por parcelas, locais ou regionais, gerando uma equação hipsométrica que será capaz de captar as variações presentes no povoamento florestal ao mesmo

**<sup>1</sup>Autor para correspondência**

Discente de Engenharia Florestal - UEAP - Universidade do Estado do Amapá. Email: ssdarlan@hotmail.com

tempo em que estima de forma confiável, levando em consideração o erro admissível, a altura existente na população.

Diante disso o objetivo deste trabalho foi ajustar modelos de relação hipsométrica para descrever a relação altura-diâmetro dos clones de *Eucalyptus sp.*

## MATÉRIAS E MÉTODOS

### Análise de dados

Os dados são provenientes de inventário de um plantio comercial de eucalipto, localizado no cerrado amapaense, sendo coletadas as informações dendrométricas de 277 árvores. Para ajuste dos modelos hipsométricos, foram testados modelos de acordo com literatura específica na mensuração florestal (LOESTSCH *et al.*, 1973; CAMPOS e LEITE, 2013) e estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1- Modelos de relação hipsométrica selecionados para ajuste dos dados de altura de eucalipto.  
TABLE 1 hypsometric relation models selected for adjustment of eucalyptus height data.

Nº	Modelo	Autor
1	$h = \beta_0 + \beta_1 \times d + \beta_2 \times d^2$	Trorey
2	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \times \ln d$	Stoffels
3	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \times \left(\frac{1}{d}\right)$	Curtis
4	$h - 1,3 = \left( \frac{d^2}{\beta_0 + \beta_1 \times d + \beta_2 \times d^2} \right)$	Prodan
5	$h = \beta_0 + \beta_1 \times d$	Linear

Onde: Ln = logaritmo natural; h = altura; d= diâmetro;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  = coeficientes a serem estimados.

Com o objetivo de selecionar o melhor modelo de regressão analisou-se o ajuste de cada equação comparativamente, observando-se os critérios estatísticos definidos pelo: coeficiente de determinação ( $R^2$ ), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ), erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), valor de F, e a distribuição gráfica dos resíduos.

Os valores de  $R^2$  foram reajustados para que os modelos fossem comparáveis, tendo em vista os diferentes graus de liberdades entre os modelos testados. O Coeficiente de determinação ajustado foi calculado através da expressão matemática:

$$R^2_{ajustado} = 1 - \left[ \left( \frac{n-p}{n-1} \right) \times \left( \frac{SQ_{residuo}}{SQ_{total}} \right) \right]$$

Em que  $R^2_{ajustado}$  = coeficiente de determinação ajustado; n = número de dados observados; p = número de coeficientes do modelo;  $SQ_{residuo}$  = soma de quadrados de resíduos da regressão; e  $SQ_{total}$  = soma de quadrados totais da regressão.

O Erro Padrão da Estimativa indica a precisão do ajuste de um modelo matemático ao medir a dispersão média entre os valores observados e estimados ao longo da linha da regressão. O Erro Padrão da Estimativa foi calculado através da expressão matemática:

$$S_{xy} = \sqrt{QM_{residuo}}$$

Em que  $S_{yx}$  = Erro-Padrão da Estimativa;  $QM_{res.}$  = Quadrado Médio do resíduo, obtido na análise da variância.

O teste de F é uma estatística obtida por meio da análise de variância da regressão, que tem por finalidade indicar se existe diferença significativa no ajuste a determinado nível de probabilidade, por meio da comparação do valor de F calculado com o valor de F tabelado.

De acordo com Valente *et al.* (2011), quando o valor do teste F for maior que o F tabelado, rejeita-se a hipótese de não haver regressão, isto é, o modelo é significativo a determinado nível de significância, e conclui-se que pelo menos uma variável independente esteja relacionada com o valor da variável dependente. Thomas *et al.*, (2006), citam que o valor de F da ANOVA (Análise de Variância) pode ser utilizado como um dos parâmetros estatísticos na determinação do melhor modelo matemático.

Para processamento dos dados foi utilizado o Microsoft Excel®, além da parte gráfica e da plotagem dos resíduos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o ajuste das equações matemáticas foram obtidos os estimadores dos parâmetros que permitiram selecionar os modelos estatístico que melhor ajustou aos dados. Os valores dos coeficientes ( $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão de estimativa ( $S_{yx}$ ), e a estatística F ( $F$ ) são apresentados na tabela 2:

TABELA 2 - Modelos, coeficientes e estatísticas para relação hipsométricas.  
TABLE 2 - Models, ratios and statistics for relations hipsometric.

Modelo	Autor	Coeficientes			$R^2$	$R^2_{aj}$	Syx(%)	F
		$b_0$	$b_1$	$b_2$				
1	Trorey	-2,2927	2,3333	-0,0599	0,7649	0,7631	1,8858	444,1151
2	Stoffels	3,9835	1,0474	-	0,7434	0,7425	1,9664	794,0618
3	Curtis	0,8887	0,7721	-	0,7357	0,7348	0,1484	763,0217
4	Prodan	3,4096	-7,0089	-	0,7357	0,7347	0,1484	762,7511
5	Linear	-3,5927	-0,0599	2,3333	0,7649	0,7631	1,8858	444,1151

Ao analisar a tabela 2 foi observado que todos apresentaram coeficientes de determinação ajustado superiores a 0,70, com destaque ao modelo de Trorey e modelo linear, que obtiveram  $R^2_{aj}$  igual a 0,7631. De acordo com Scolforo e Figueiredo Filho (1998), tratando-se de relações hipsométricas, é comum que o valor de  $R^2_{aj}$  não ultrapasse 80%, uma vez que a correlação altura/diâmetro não é tão forte quanto à altura/volume.

Os modelos apresentaram erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) variando de 0,1484 a 1,9664, sendo que o modelo de Prodan apresentou o menor valor; quanto ao coeficiente de variação, o menor valor observado foi nesse modelo e o maior no modelo de Stoffels com 1,9664.

Em relação à estatística F, este parâmetro foi altamente significativo para todos os modelos, indicando que há evidências que as variáveis independentes explicam a variável dependente.

A análise da distribuição gráfica dos valores residuais é um critério importante, pois possibilita a verificação do ajuste da equação ao longo da amplitude dos dados, permitindo detectar se há ou não tendenciosidade na estimativa da variável dependente ao longo da linha de regressão, ou seja, se a dispersão dos pontos ao longo do eixo da variável independente indica de forma clara se o ajuste subestima ou superestima a variável dependente. Sendo determinante na avaliação da qualidade das estimativas, para tomada de decisão quanto à utilização ou não do modelo (RUFINO et al., 2010).

Na Figura 1, pode-se verificar o comportamento da distribuição dos resíduos entre a altura observada e a altura estimada pelas equações em função do diâmetro à altura do peito.

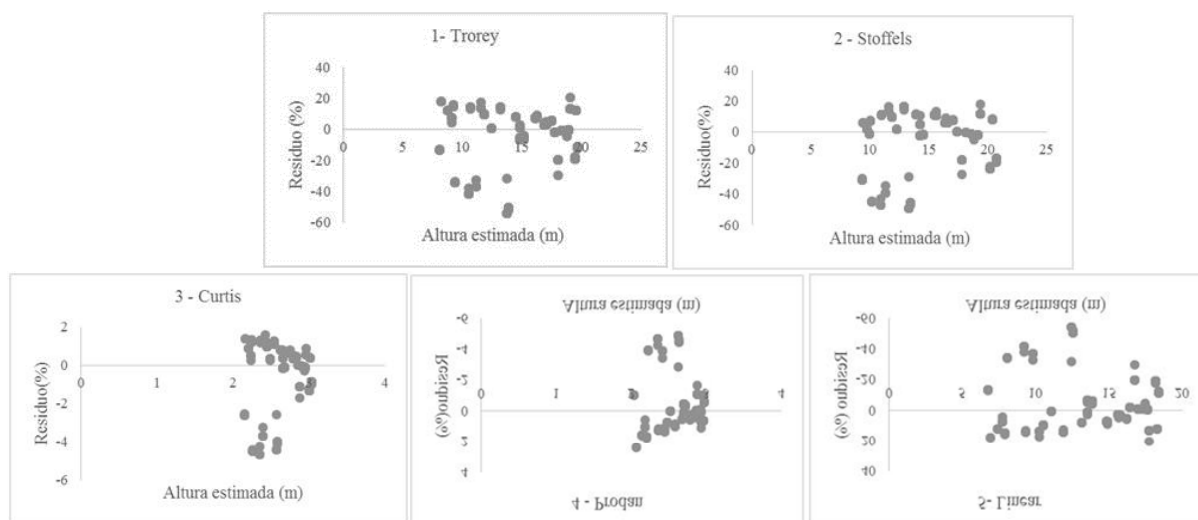


FIGURA 1 - Distribuição dos resíduos para modelos de relação hipsométrica.  
FIGURA 1 - Distribution of waste for relations models hipsometric.

Analisando os gráficos da figura 1, os modelos linear e Trorey apresentaram uma distribuição uniforme mais próximo da linha de regressão, logo mais próximo de zero. Diante disso, esses modelos apresentaram melhores resultados em relação aos de Stoffels, Curtis e Prodan que aparentemente não apresentaram essa uniformidade com precisão. Segundo Soares et al. (2006), O comportamento desejável de um gráfico de resíduo

é aquele em que os resíduos se apresentam uniformemente distribuídos, independentemente do tamanho da árvore e próximos de zero.

A análise da Tabela 2 e da Figura 1 aponta os modelos de Trorey e Linear como o mais adequado para descrever a relação hipsométrica, por apresentar uma superioridade no  $R^2$  ajustado e não apresentar tendência tão forte quanto aos outros modelos, para superestimar ou subestimar o crescimento em altura.

## CONCLUSÕES

Os modelos de Trorey ( $h = \beta_0 + \beta_1 \times d + \beta_2 \times d^2$ ) e Linear ( $h = \beta_0 + \beta_1 \times d$ ), apresentaram o maior  $R^2$  ajustado 0,7631, logo pode –se concluir que as duas equações foram a que mais se ajustaram para a espécie de *Eucalyptos sp.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 142p.
- BARROS, D. A. de; MACHADO, S. A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. **Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de Pinus oocarpa em diferentes tratamentos**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n.45, p. 3-28, jul.-dez. 2002.
- BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. **Modelagem da relação hipsométrica para bracatingais da região metropolitana de Curitiba, Paraná**. Floresta, v. 32, n. 2, p. 189-204, 2002.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 605p.
- LOESTSCH, F. et al. **Forest inventory**. Munchen: BLV Verlagssellschaft, 1973. v.2. 70 p.
- RIBEIRO, A.; FILHO, A.C.F.; MELLO, J.M.; FERREIRA, M.Z. **Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de Eucalyptus sp**. Cerne, Lavras, v. 16, n. 1, p. 22-31, 2010.
- RUFINO, R.F.; MIGUEL, E.P.; SANTOS, G.A.; SANTOS, T.E.B.; SOUZA, F. **Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucaliptos conduzido sobre o sistema de rebrota**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol. 6, n.10, P. 1-10, 2010.
- SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; RUZA, M. S.; SIMON, A.; De SÃO JOSÉ, J. F. B. **Relação hipsométrica em inventários pré-corte em povoamentos de Acaciamearnsii De Wild**. Científica, 506 Jaboticabal, v.42, n.1, p.80–90, 2014.
- SCOLFORO, J. R. S. & FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310p.
- SOARES, C. P. B., NETO, FRANCISCO de P. e SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 276p.:il.
- SOARES, T.S.; SCOLFORO, J.R.S.; FERREIRA S.O.; MELLO, J.M. **Uso de diferentes alternativas para viabilizar a relação hipsométrica no povoamento florestal**. Revista Árvore, Viçosa-Mg, v.28, n. 6. p.845-854, 519 2004.
- VALENTE, M. D. R.; QUEIROZ, W.T.; PINHEIRO, J. G.; MONTEIRO, L. A. S. **Modelo de predição para o volume total de quaruba (VochysiainundataDucke) via análise de fatores e regressão**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.307-317, 2011.

**AJUSTE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) KUNTZE NO PLANALTO CATARINENSE**

**ADJUSTMENT HYPSONOMETRIC MODELS FOR *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) KUNTZE IN SANTA CATARINA PLATEAU**

Danieli R. Klein<sup>1</sup> Sandra M. Krefta Ana Cláudia da Silveira Tásquilla M. Loiola André Felipe Hess

**RESUMO**

O presente estudo tem por objetivo testar modelos hipsométricos que se adaptem a espécie de *Araucaria angustifolia*, facilitando na medição de suas características dendrométricas a campo. Para o estudo foram amostrados 60 indivíduos, distribuídos em diferentes classes diamétricas na cidade de São José do Cerrito no estado de Santa Catarina, e destes foram mensuradas as variáveis dendrométricas diâmetro a altura do peito (dap) e altura. Para o ajuste da altura total (h) em função do diâmetro à altura do peito (dap), foram testados nove modelos de regressão. Para a seleção do melhor modelo, foram avaliados os critérios de distribuição gráfica dos resíduos, ajuste da regressão para os dados observados, menor coeficiente de variação (CV%), maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e maior valor de F. A análise foi processada no pacote estatístico SAS versão 9.2 (*Statistical Analysis System*) utilizando o procedimento GLM e Microsoft Office Excel® 2007. Com o estudo obteve-se que para o conjunto de dados amostrados há fraca correlação entre as variáveis dap e altura. Na estimativa da altura o modelo proposto por Curtis mostrou-se com melhores estatísticas, obtendo o menor valor ponderado entre os nove modelos testados.

**Palavras-chave:** Diâmetro; altura; manejo florestal.

**ABSTRACT**

This study aims to test hypsometric models to suit the specie of *Araucaria angustifolia*, facilitating the measurement of its characteristics dendrometric the field. For the study sampled 60 individuals distributed in different diameter classes in the city of São José do Cerrito in the state of Santa Catarina, and these were measured variables dendrometric diameter at breast height (dap) and height. To adjust the overall height (h) according to the diameter at breast height (dap) were tested nine models of regression. For selecting the best model evaluated the graphical distribution of waste criteria, adjustment of regression to the observed data, lower coefficient of variation (CV%), higher adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ) and higher value F. AnalysisIt was processed in the statistical package SAS version 9.2 (*Statistical Analysis System*) using the GLM and Microsoft Office Excel® 2007 procedure. With this study it was found that for the set of sampled data there is a poor correlation between the dap and height. In estimating the height of the model proposed by Curtis showed up with better statistics, getting the lowest weighted value among the nine models tested.

**Keywords:** Diameter; height; forest management.

**INTRODUÇÃO**

*Araucaria angustifolia* ainda é uma espécie considerada ameaçada de extinção, sofrendo restrições quanto a seus usos, porém, a ausência de conhecimentos do seu manejo adequado provocou danos irreversíveis para seu reflorestamento e interesse comercial do uso da madeira da espécie. Entretanto, há muitas dúvidas acerca dos resultados dessas restrições, pois, fatores como competição sem intervenção levam ao declínio da floresta, impedindo o desenvolvimento da regeneração da espécie. Portanto, pesquisas feitas com o objetivo de avaliar formas de manejo, que considerem a espécie, tanto na esfera econômica, quanto a preservação da florestal original, são necessários para compor o uso e implantação adequada da espécie (NUTO, 2001).

O diâmetro à altura do peito (dap) é uma variável de fácil obtenção nos inventários florestais, entretanto a variável altura exige maior tempo e manuseio correto de equipamentos apropriados. Pois, quando a altura é medida de modo direto por meio de instrumentos fornece resultados acurados, porém, em muitos casos essa variável é estimada, pelo menos em parte, de forma indireta, através das chamadas relações hipsométricas (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Mestranda em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, SC. Av. Segundo Batalhão Ferroviário, 485 - Conte Dinheiro / Lages SC/Brasil - CEP: 88520-100. E-mail: drkleinn@gmail.com

Apartir dessas relações hipsométricas, também conhecidas como relação h/d, é possível obter apartir de estimativas, a variável altura de difícil obtenção em função do dap, que é mais fácil e rápida mensuração, diminuindo assim, tempo e custos nos levantamentos e inventários (SANQUETTA et al., 2009).

A relação h/d pode variar quanto a forma, origem e inclinação, sendo que estas variações são influenciadas por fatores como espécie, idade, densidade, posição sociológica, tamanho de copa, práticas silviculturais e características de sítio (BARTOSZECK et al., 2004; MACHADO et al., 2008).

Ao avaliar a característica da forma da curva nas relações hipsométricas, Finger (1992) afirmou que é possível determinar a fase de crescimento e desenvolvimento de um povoamento florestal, sendo que uma inclinação acentuada sugere povoamentos mais jovens e sítios de características melhores, já inclinações íngremes caracterizam povoamentos em estágio “clímax”, nestes casos o coeficiente de variação também difere, sendo menor para altura com relação ao diâmetro.

Através dessas informações, o estudo tem por objetivo testar modelos hipsométricos que se adaptem a espécie de *Araucaria angustifolia*, facilitando na medição de suas características dendrométricas a campo.

## MATERIAIS E MÉTODO

Para o estudo foram amostrados 60 indivíduos, distribuídos em diferentes classes diamétricas na cidade de São José do Cerrito no estado de Santa Catarina, e destes foram mensuradas as variáveis dendrométricas diâmetro a altura do peito (dap) e altura.

O município conta com uma população de 8.941 habitantes e uma área de 944,917 km<sup>2</sup>, localizado no Planalto Serrano do estado de Santa Catarina aos 872 metros de altitude, a base econômica se dá pela agricultura e pecuária (IBGE, 2014). A vegetação nativa é formada por floresta de Araucária e campos de altitude que, conforme a classificação do IBGE (1992) é classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana e Alto Montana.

O clima característico de São José do Cerrito, conforme Köppen é tipo Cfb, mesotérmico úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano, de precipitação média anual entre 1.300 e 1.500 mm na região. O município pertence à Bacia do Rio Canoas e do Rio Pelotas, de topografia, em sua maioria, suave-ondulada a forte ondulada. Os solos são classificados como Cambissolos, Argissolos, Neossolos e Latossolos (IBGE, 2014).

Para o ajuste da altura total (h) em função do diâmetro à altura do peito (DAP), foram testados os modelos de regressão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Modelos lineares testados para estimar a altura total em função do diâmetro à altura do peito, para indivíduos de *Araucária angustifolia* no município de São Jose do Cerrito (SC).

Table 1 - Linear models tested to estimate the total height depending on the diameter at breast height, for *Araucaria angustifolia* individuals in São Jose do Cerrito (SC).

Equação	Modelo	Autor
1	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i) + b_2 \cdot d_i$	Gramm
2	$\frac{1}{\sqrt{h_i}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d_i}$	-
3	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1/d_i) + b_2 \cdot (1/d_i^2)$	-
4	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$	Stofells
5	$h_i = b_0 + b_1 \cdot d_i + b_2 \cdot d_i^2$	Trorey
6	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1/d_i)$	Curtis
7	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i) + b_2 \cdot \ln^2(d_i)$	Backman Modificado
8	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$	Henricksen
9	$h_i = b_0 + b_1 \cdot d$	Linear

Onde:  $b_0$ ;  $b_1$  e  $b_2$ : parâmetros dos modelos;  $\ln$ : logaritmo natural;  $h_i$ : altura total da i-ésima árvore;  $d_i$ : diâmetro à altura do peito da i-ésima árvore.

Para a seleção do melhor modelo, foram avaliados os seguintes critérios: distribuição gráfica dos resíduos, ajuste da regressão para os dados observados, menor coeficiente de variação (CV%), maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e maior valor de F.

Com a finalidade de sintetizar os resultados, foi utilizado um ranking com os valores ponderados para as estatísticas calculadas. Estas foram ordenadas conforme sua eficiência, atribuindo menor valor para modelos mais

eficientes e maior valor para aqueles menos eficientes. O modelo selecionado foi o que apresentou menor valor ponderado nas estatísticas realizadas.

A análise foi processada no pacote estatístico SAS versão 9.2 (*Statistical Analysis System*) utilizando o procedimento GLM e Microsoft Office Excel® 2007.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 traz os resultados das estatísticas realizadas para cada modelo testado na estimativa da altura em função do dap dos indivíduos de *Araucaria angustifolia*, nela verifica-se a semelhança no comportamento entre os 9 modelos, os quais apresentaram baixos valores de  $R^2_{aj}$ , com variações entre 0,0617 e 0,1482.

Tabela 2 - Coeficientes das equações ajustadas e resultados das estatísticas de ajuste para *Araucaria angustifolia* no município de São Jose do Cerrito (SC).

Table 2 - Coefficients of the adjusted equations and results of fit statistics for *Araucaria angustifolia* in São Jose do Cerrito (SC).

Equação	Coeficientes			CV%	R <sup>2</sup> aj	Valor de F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>			
1	-10,24996	8,62938	-0,13811	17,00	0,1286	4,24
2	0,23260	0,88766		8,86	0,1279	8,46
3	2,83584	-0,90830	-98,42614	6,43	0,1153	4,3
4	2,14615	0,15809		6,45	0,1010	5,97
5	8,64452	0,26636	-0,00207	16,81	0,1482	4,53
6	2,91141	-6,74522		6,39	0,1259	7,93
7	-32,65545	23,68957	-2,84372	17,08	0,1203	4,05
8	6,82401	2,37359		17,29	0,0981	4,91
9	13,74187	0,04217		17,64	0,0617	2,93

Onde: b<sub>0</sub>; b<sub>1</sub> e b<sub>2</sub>: parâmetros dos modelos; CV%: coeficiente de variação; R<sup>2</sup>aj: coeficiente de determinação ajustado.

Os baixos valores de R<sup>2</sup>aj indicam fraca correlação entre as variáveis dap e altura total nos indivíduos amostrados. Povoamentos mais velhos, conforme comentaram Barros et al. (2002), que sofreram com perdas de indivíduos por desbastes seletivos, podem apresentar baixos valores de R<sup>2</sup>aj. Na tabela 3 avaliam-se os parâmetros estatísticos através dos valores ponderados para cada modelo testado, o modelo que apresentou menor valor foi o modelo 6, proposto por Curtis.

Tabela 3 - Valor ponderado dos parâmetros estatísticos dos modelos hipsométricos testados

Table 3 - Value weighted of the statistical parameters of the tested models hypsometric

Equação	Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	CV%	R <sup>2</sup> aj	Valor F	
1	6	2	7	15
2	4	3	1	8
3	2	6	6	14
4	3	7	3	13
5	5	1	5	11
6	1	4	2	7
7	7	5	8	20
8	8	8	4	20
9	9	9	9	27

Onde: CV%: coeficiente de variação; R<sup>2</sup>aj: coeficiente de determinação ajustado e Valor de F calculado.

Machado et al. (2008), em seu estudo também obteve o modelo proposto por Curtis, entre os melhores modelos para estimar a altura em função do dap, em indivíduos de *Araucaria angustifolia* amostrados no Campus III da Universidade Federal do Paraná.

Jung et al. (2012) realizaram um estudo sobre a relação entre as variáveis dap e altura, em um plantio de *Araucaria angustifolia* no município de Dois Vizinhos estado do Paraná, e também alcançaram baixos valores de  $R^2_{aj}$  e o modelo de Curtis como o que melhor representou os dados observados.

A observação da dispersão dos resíduos é representada na Figura 1, assim como na Figura 2 demonstra os valores mensurados a campo com aqueles estimados pelo modelo selecionado.

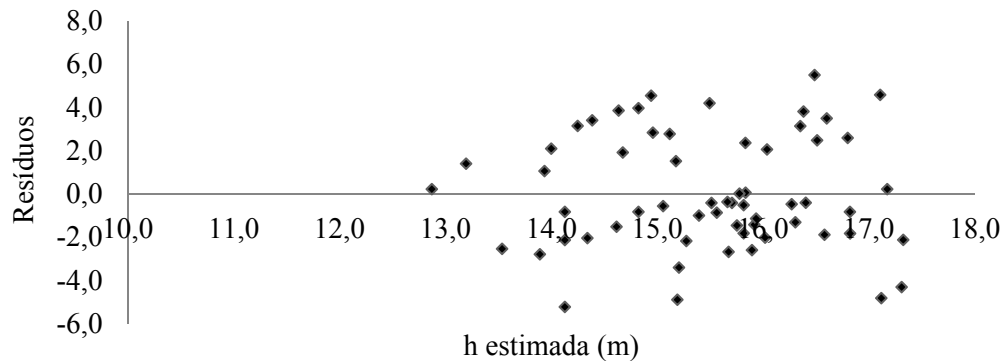


Figura 1 - Resíduos e valores estimados para altura total dos indivíduos de *Araucaria angustifolia*  
Figure 1 - Residues and estimated values for total height of individuals of *Araucaria angustifolia*

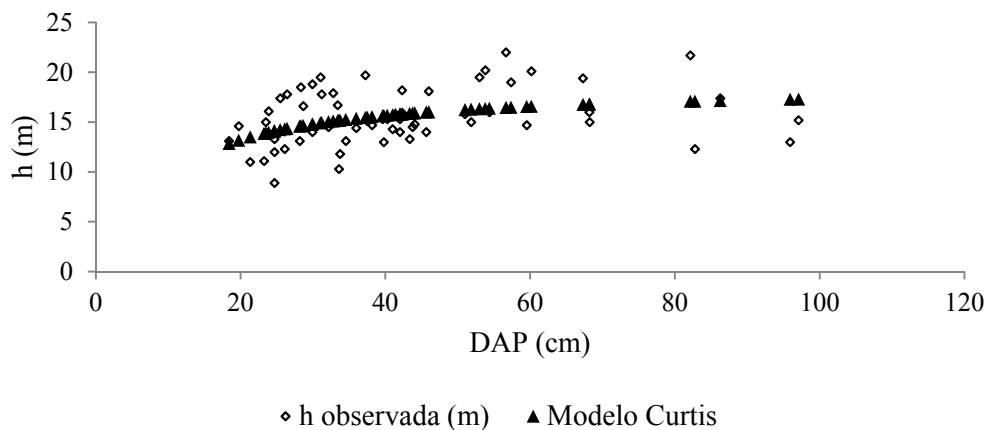


Figura 2 - Valores de altura e DAP observados e estimados pelo modelo de Curtis  
Figure 2 - Values DAP and height observed and estimated by model Curtis

Apartir da análise dos resíduos do modelo selecionado observa-se que este não apresenta tendência nos valores amostrados.

## CONCLUSÃO

Apartir do estudo verifica-se que para o conjunto de dados amostrados há fraca correlação entre as variáveis dap e altura. Na estimativa da altura o modelo proposto por Curtis mostrou-se com melhores estatísticas. Entretanto, são necessários mais estudos, com um maior número de indivíduos amostrados em diferentes locais, para assim desenvolver um modelo que seja adequado em estimar a altura em função do dap para *Araucaria angustifolia*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, D. A. de; MACHADO, S. do A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n 45, p 3-28. 2002.
- BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FOLHO, A. OLIVEIRA, E. B. Dinâmica de relação hipsométrica em função da idade, do sitio e da densidade inicial de povoamentos de bracinga da região metropolitana de Curitiba, Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa, v 28, n 4, p. 517-533, 2004.



- FINGER, C. A. G. **Fundamentos da biometria florestal**. Santa Maria, 1992, 269p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2014. **Cidades**. 13 p. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: julho de 2015.
- IBGE. Fundação Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992, 92p.
- JUNG, P. H.; KREFTA, S. M.; LIMA, A. L. P. de; BERTOLINI, I. C.; WEBER, V. P.; VUADEN, E. Comportamento da relação hipsométrica para *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Dois Vizinhos-PR. **Anais...II Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR – Câmpus Dois Vizinhos**. 2012, p. 191-194.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba, 2003, 309 p.
- MACHADO, S. do A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; SILVA, C. R.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TÊO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.5-16, 2008.
- NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, 2001, p. 9-25.
- SANQUETTA, C. R., WATZLAWICK, L.F., CORTE, A. P. D.; FERNANDES, L. de A. V. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 2ª Edição. 2. ed. Curitiba: Multigraphics, v. 1, 2009, 307 p.



**AJUSTE E AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA PARA *Vochysia maxima* DUCKE NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS**

**ADJUSTMENT AND EVALUATION OF VOLUMETRIC ESTIMATION FOR *Vochysia maxima* DUCKE IN THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST**

Brenda Letícia Rodrigues<sup>1</sup> Renato Bezerra da Silva Ribeiro Lizandra Elizeário dos Santos Andrea Araujo da Silva Karla Mayara Almada Gomes Talita Godinho Bezerra

**RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de ajustes volumétricos para *Vochysia maxima* na Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós. Os dados foram provenientes do inventário 100% e romaneio de toras (cubagem rigorosa) da Área de Manejo Florestal da Cooperativa Mista Flona do Tapajós (COOMFLONA). Foram ajustados oito modelos volumétricos, utilizando 375 árvores-amostra de *Vochysia maxima*. Para a escolha do melhor modelo, foram avaliados em percentuais: Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Erro Padrão da Estimativa ( $Sy.x\%$ ) e análise gráfica dos resíduos. Analisou-se a significância dos parâmetros pelo teste “t”, normalidade dos resíduos por Kolmogov-Smirnov a 5% de probabilidade, Fator de Inflação da Variância e ainda o exame de distribuição de resíduos. Os modelos volumétricos de Schumacher-Hall e Spurr logarítmizados foram os que se ajustaram melhor aos dados, não havendo diferença significativa entre o volume real e o volume estimado para *Vochysia maxima* com  $p(valor)$  0,1617 e 0,1438, respectivamente.

**Palavras-chave:** Amazônia; Mensuração Florestal; Manejo Florestal.

**ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the efficiency of volumetric adjustments for *Vochysia maxima* in the Tapajós National Forest. The data has been obtained from forest inventory 100% and scaling logs of the forest management area COOMFLONA. Eight models were adjusted using 375 trees-sample *Vochysia maxima*. The models were chosen for the evaluation of percentages: Adjusted Coefficient of Determination ( $R^2_{adj}$ ) Estimation of Standard Error ( $Sy.x\%$ ) and graphical analysis of errors. The significance of the parameters was evaluated by t test, normality of errors by Kolmogov-Sminov, both at 5% probability. Moreover multicollinearity was calculated for models with more than two independent variables and graphical analysis of errors. The models of Schumacher-Hall and Spurr, both in logarithmic form, were the ones who have adjusted the data better. There was no significant difference between the real volume and the volume estimated by the best models.

**Keywords:** Amazon; Forest Mensuration; Forest Management.

**INTRODUÇÃO**

A Amazônia brasileira abriga quase um terço da floresta tropical do mundo, e isso está diretamente ligado ao significativo potencial madeireiro que a mesma possui. Essa grande oferta de recursos florestais desperta intensivo comércio e potencializa a produção, estimada em 60 bilhões de metros cúbicos de madeira em tora, cujo valor econômico pode alcançar quatro trilhões de reais em madeira serrada (BARROS e VERÍSSIMO, 2002). A produção de madeira em 2012 foi de aproximadamente 13 milhões de metros cúbicos em tora, tendo os Estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia como os maiores produtores, correspondendo a 88% do total produzido (SFB, 2013). Todavia, é necessário que tais recursos sejam manejados de forma sustentável, para garantir a sustentabilidade da biodiversidade. No entanto para alcançar uma produção sustentável a longo prazo, a área de floresta disponível para manejo florestal no Estado do Pará é suficiente, em torno de 209 mil quilômetros quadrados. Por outro lado, no curto prazo (2011 a 2014), não houve oferta suficiente de áreas florestais legalmente disponíveis para o setor madeireiro, o que ainda nos remete a exploração ilegal que é influenciada pela demanda de madeira (PEREIRA et al., 2011).

Na atividade florestal, uma das etapas para se alcançar uma boa produtividade nos planos de manejo é o ajuste de equações de volume, que visa melhorar a precisão da estimativa volumétrica, potencializando a produção

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Acadêmica de Engenharia Florestal, bolsista de Iniciação Científica PIBIC/FAPESPA, Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Santarém, brendaleticiarodrigues@gmail.com, lizandraeliziari@hotmail.com

madeira. Uma boa estimativa da volumetria de espécies comerciais é importante para a empresa florestal na correta avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo de suas florestas, como para o planejamento de colheita (SILVA-RIBEIRO et al., 2014). Em 2009, a Resolução Conama nº 406, tornou obrigatória a apresentação de equações específicas a partir do segundo ano de atividade, possibilitando maior controle sobre a produção das florestas nativas da Amazônia.

A Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós, é uma Unidade de Conservação Federal com aproximadamente 549.066,87 hectares (ICMBio, 2015), e está situada no Estado do Pará. Desde 2006, a população residente desta Unidade faz a gestão dos recursos madeireiros através da Cooperativa Mista Flona do Tapajós (COOMFLONA), e atualmente é referência em manejo florestal comunitário no oeste do Pará. A COOMFLONA é constituída pelos moradores da Flona do Tapajós, possui uma Área de Manejo Florestal de 32.586,56 hectares, onde já manejou em torno de 7.000 ha e trouxe benefícios aos comunitários na ordem de mais 2 milhões de reais.

Uma das espécies amazônicas mais exploradas na FLONA do Tapajós pela COOMFLONA, é a *Vochysia maxima* (quaruba). Esta espécie com grande valor comercial tem se mostrado promissora não somente pela qualidade de sua madeira, como também pelos excelentes resultados que vêm sendo obtidos em sua silvicultura (YARED et al., 1983). Com características semelhantes aquelas do *Cedrella odorata* (cedro), sua madeira tem sido utilizada principalmente em construção civil, naval, marcenaria, caixotaria, tábuas, ripas, forros, parte interior de móveis, brinquedos e etc (CARNEIRO et al., 2012).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de ajustes na estimativa volumétrica da *Vochysia maxima* na Floresta Nacional do Tapajós.

## MATERIAL E MÉTODO

### Área de estudo

O estudo foi realizado na Área de Manejo Florestal pertencente a COOMFLONA no km 83 (BR-163), localizado na FLONA do Tapajós, município de Belterra, Estado do Pará. Os dados foram obtidos da Unidade de Produção Anual (UPA) 08 com área total de 900 hectares, possuindo as seguintes coordenadas geográficas: 2°45' e 4°15' de Latitude Sul e 54°45' e 55°30' de Longitude Oeste.

A vegetação predominante na FLONA do Tapajós é a Floresta Ombrófila Densa com árvores de grande porte, variando de 25 a 50 m de altura (PINHO et al., 2009). O clima é chuvoso do tipo Ami (classificação de Köppen), com índice pluviométrico superior a 2.300 mm por ano e temperatura média de 22 e 25 °C. Nessa região, há predominância de Latossolo Amarelo Distrófico, caracterizados por diferentes texturas, geralmente profundo, ácido, friável e revestido por florestas densas (ESPÍRITO-SANTO et al., 2005). Sendo que nos meses de dezembro a maio há uma maior ocorrência de chuvas e de julho a agosto uma queda pluviométrica brusca, caracterizando-se um período seco onde a precipitação mensal é inferior a 60 mm (INMET, 2015).

### Coleta e análise dos dados

Os dados foram provenientes do inventário 100% e do romaneio de toras (cubagem rigorosa). No inventário 100% são medidos todos os indivíduos, de 106 espécies (entre comerciais e com potencial ao comércio), a partir de 35 cm de Diâmetro a Altura do Peito (DAP). O romaneio consta dos volumes de árvores que foram exploradas, que foi determinado pelo método de Smalian, conforme a expressão abaixo:

$$V_{Smalian} = \frac{g_1 + g_2}{2} \cdot l$$

Em que:

$V_{smalian}$  = Volume com casca Smalian, em m<sup>3</sup>;  
 $g_1$  = área seccional na base da seção, em m<sup>2</sup>;  
 $g_2$  = área seccional no topo da seção, em m<sup>2</sup>; e  
 $l$  = comprimento da seção, em m.

A cubagem rigorosa foi realizada com 2.624 indivíduos, distribuídos em 26 espécies, onde o seccionamento das toras foi realizado conforme Silva-Ribeiro et al., (2014). No entanto, para o ajuste dos modelos volumétricos, a espécie *Vochysia maxima* foi selecionada apresentando 375 indivíduos em diferentes classes de DAP comercial (50 cm ≤ DAP < 170 cm).

Foram ajustados oito modelos matemáticos, para a obtenção de uma equação específica para a espécie em estudo (Tabela 1), e comparado os resultados com o volume real obtidos pelo método de Smalian.

Tabela 1: Modelos volumétricos testados para ajuste de equação para *Vochysia maxima* na área de manejo florestal da COOMFLONA, Floresta Nacional do Tapajós

Table 1: Models used to volumetric adjustment *Vochysia maxima* in the forest management area of COOMFLONA, Tapajós National Forest

Número	Modelo	Autor
1	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \beta_2 \ln(H) + \varepsilon$	Schumacher-Hall logaritimizado
2	$V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \beta_3 D.H + \beta_4 D^2.H + \beta_5 H + \varepsilon$	Meyer
3	$V = \beta_0 + \beta_1 D^2 + \beta_2 D^2.H + \beta_3 H + \varepsilon$	Stoate
4	$V = \beta_0 + \beta_1 D^2.H + \varepsilon$	Spurr (variável combinada)
5	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D^2H) + \varepsilon$	Spurr logaritimizado
6	$V = \beta_1 D^2 + \beta_2 D^2.H + \beta_3 D.H^2 + \beta_4 H^2 + \varepsilon$	Näslund
7	$V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \beta_3 D.H + \beta_4 D^2.H + \varepsilon$	Meyer modificado
8	$V = \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \varepsilon$	Dissescu-Meyer

$V$  = volume comercial com casca, em m<sup>3</sup>;  $D$  = diâmetro à altura de 1,30 m (DAP), em cm;  $H$  = altura comercial, em m;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  = parâmetros de regressão;  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $\varepsilon$  = erro aleatório.

Como critérios para a escolha do melhor modelo, foram avaliados os valores percentuais de: Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2_{aj}$ %), Erro Padrão da Estimativa ( $Sy.x$ %) e análise gráfica dos resíduos. Contudo, foi analisada também a significância dos parâmetros pelo teste “t”, normalidade dos resíduos por meio do teste Kolmogov-Smirnov a 5% de probabilidade e por fim o Fator de Inflação da Variância (para os modelos com mais de uma variável independente) para verificar situações de multicolinearidade.

Para comparação das equações logarítmicas com as não logarítmicas, o erro padrão de estimativa e o coeficiente de determinação foram recalculados. Os modelos volumétricos foram ajustados pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MMQO). Para os melhores modelos ajustados foi aplicado o exame de distribuição de resíduos com o método de padronização dos resíduos para a identificação e retirada dos “outliers” (SCOLFORO, 2005).

O processamento de dados e os testes aplicados na análise foram realizados através dos softwares Excel 2013, Bioestat 5.0 e Action 2.8.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Equações de volume para a *Vochysia maxima*

Dentre os oito modelos testados, os que se ajustaram melhor aos dados foi Schumacher-Hall e de Spurr, ambos logaritimizados. As duas equações escolhidas adequaram-se em todos os critérios utilizados no estudo, tendo um  $R^2_{aj}$  de 83,99% e 83,54%, erro padrão de 17,22% e 17,51%, respectivamente. O teste de Kolmogov-Smirnov indicou normalidade nos resíduos das duas equações escolhidas, com  $p$ (valor) de 0,0564 para Schumacher-Hall e de 0,1348 para Spurr. A equação de Schumacher-Hall não apresentou multicolinearidade entre as variáveis independentes  $\beta_1$  ( $\ln D$ ) e  $\beta_2$  ( $\ln H$ ), com o Fator de Inflação igual a 1, sendo aceitável até 10 (MILOCA e CONEJO, 2013). Já para Spurr não foi calculado por conter apenas uma variável independente. Os modelos escolhidos apresentaram significância em todos seus coeficientes de acordo com o teste “t” com a probabilidade de 5% de erro (Tabela 2).

**Tabela 2:** Resultado dos ajustes com os dois melhores modelos para *Vochysia maxima*

**Table 2:** Result of adjustments to the two best models for *Vochysia maxima*

	Modelo	Coeficientes / Significância dos parâmetros			$R^2_{aj}$ %	$Sy.x$ %
		$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$		
1	Schumacher-Hall logaritimizado	-8,46845364*	1,78206341*	$7,8110 \times 10^{-1}$ *	83,99	17,22
5	Spurr logaritimizado	-8,38806567*	$8,5877 \times 10^{-1}$ *		83,54	17,51

\* Significância pelo teste T a 5% de probabilidade de erro.

Na análise gráfica dos resíduos observou-se erros percentuais em torno de 80% nos modelos escolhidos, tendo dados em torno na média com uma distribuição uniforme entre os diâmetros (Figura 1).

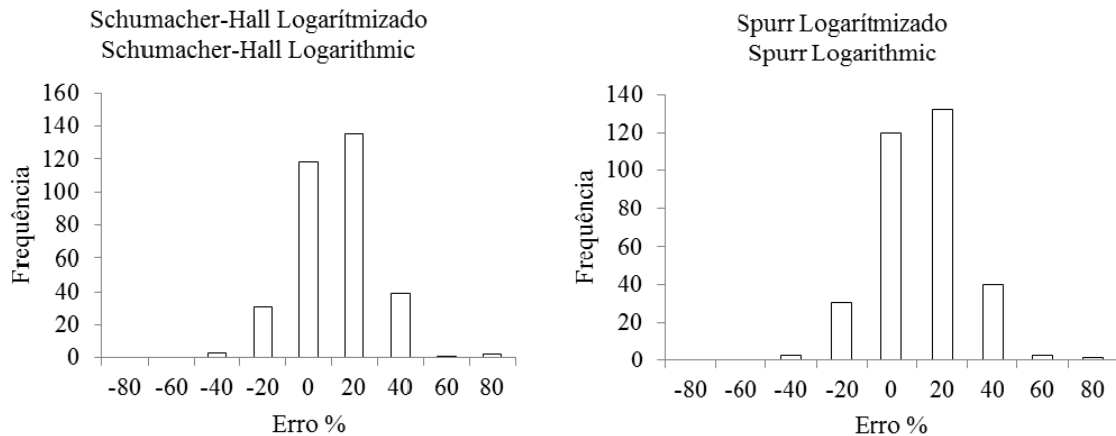


Figura 1: Distribuição gráfica dos resíduos para *Vochysia maxima* com os melhores modelos ajustados.  
Figure 1: Graphic Distribution of errors to *Vochysia maxima* with the best adjusted models.

No estudo realizado por Silva e Carvalho (1984) em uma floresta secundária no planalto do Tapajós-Belterra, Estado do Pará, Schumacher-Hall também foi escolhido como melhor modelo de dupla entrada por não apresentar tendência na estimativa dos volumes, tanto de árvores de pequenos, como de grandes diâmetros. Já o estudo realizado por Silva-Ribeiro (2009) na FLONA do Tapajós a equação de Schumacher-Hall logarítmizado e Spurr logarítmizado ficaram entre os sete melhores modelos para as estimativas volumétricas para a floresta como um todo, e para as espécies maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier), jarana (*Lecythis lurida* (Miers) S.A.Mori), tauari (*Couratari guianensis* Aubl.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke), demonstrando eficiência e precisão na estimativa da produção madeireira na área de manejo florestal da FLONA do Tapajós.

### Volume real (Smalian) versus Equações específicas

Pelo teste “t” pareado não houve diferença significativa entre o volume real e o volume estimado pelas equações de Schumacher-Hall e de Spurr para *Vochysia maxima* com  $p(\text{valor})$  igual a 0,1617 e 0,1438 respectivamente, com um nível de significância de 5% de probabilidade de erro. A média para o volume de Smalian e de Schumacher-Hall variou entre 6,6041m<sup>3</sup> e 6,5162m<sup>3</sup>, respectivamente. Já a média para o volume de Smalian e de Spurr foi de 6,6158m<sup>3</sup> e 6,5224m<sup>3</sup>, evidenciando a pouca diferença entre os dados analisados e a precisão apresentada pelas duas equações que se ajustaram melhor aos dados.

### CONCLUSÃO

Os modelos matemáticos de Schumacher-Hall e Spurr apresentaram os melhores resultados na estimativa volumétrica de *Vochysia maxima*, demonstrado eficiência ao estimar o volume da espécie na Floresta Nacional do Tapajós.

### REFERÊNCIAS

- BARROS, A.C.; VERÍSSIMO, A. (Edt.) A expansão madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará. 2ªed. Belém: **IMAZON**, 2002. 166 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Serviço Florestal Brasileiro. 2013. **Plano Anual de Outorga Florestal**, 2013. Brasília: SFB; 105 p.
- BRASIL. Resolução Conama n°406, de 2 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável-PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. **Ministério de Meio Ambiente**, Brasília, DF, 2009, 4 p.

- CARNEIRO, R.M.; CARASCHI, J.C.; VENTORIM, G.; BARREIROS, R.M. Caracterização da Madeira de Quaruba (*Vochysia maxima* Ducke). In: **Simpósio Internacional de Iniciação Científica - 20 SIICUSP**, 2012, Pirassununga-SP. 20º SIICUSP. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012, 3214 p.
- ESPIRITO-SANTO, F.D.B.; SHIMABUKURO, Y.E.; OLIVEIRA, L.E.; ARAGÃO, C.; MACHADO, E.L.M. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 155-173, 2005.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Flora do Tapajós**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/amazonia/unidades-de-conservacao-amazonia/1963>>. Acesso em 19 de fevereiro de 2015.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas**, 2012. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em 23 jan. 2015.
- MILOCA, S.A.; CONEJO, P.D. Multicolinearidade em modelos de regressão. In: XXII SEMANA ACADÊMICA DA MATEMÁTICA, 2013, Paraná. **Anais... Paraná: Unioeste**, 2013. Disponível em: <<http://projetos.unioeste.br/cursos/cascavel/matematica/xxiisam/artigos/10.pdf>>. Acesso em 15 jun. 2015.
- PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VERÍSSIMO, A.; SALOMÃO, R. Oferta e demanda de áreas para manejo florestal no Estado do Pará. Belém: **Imazon**, n. 20, 2011, 6 p.
- PINHO, G.S.C.; FIEDLER, N.C.; GUIMARÃES, P.P.; SILVA, G.F.; SANTOS, J. Análise de custos e rendimentos de diferentes métodos de corte de cipós para produção de madeira na floresta nacional do Tapajós. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 555-560, 2009.
- SCOLFORO, J.R.S. Biometria florestal: parte I: modelos de regressão linear e não linear: parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso da matéria seca. Lavras: **UFLA/FAEPE**, 2005. 352 p.
- SILVA, J.N.M.; CARVALHO, M.S.P. Equações de volume para uma floresta secundária no Planalto do Tapajós-Belterra, PA. **Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo**, n. 8/9, p. 1-15, Jun./Dez. 1984.
- SILVA-RIBEIRO, R.B. Equações de volume para a área de manejo florestal do Projeto Ambé. 2009. 47 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal) – Unidade Descentralizada do Tapajós, **Universidade Federal Rural da Amazônia**, Santarém, 2009.
- SILVA-RIBEIRO, R.B.; GAMA, J.R.V.; MELO, L.O. Seccionamento para cubagem e escolha de equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **CERNE**. v. 20, n. 4, p. 605-612, 2014.
- YARED, J.A.G.; JÚNIOR, S.B.; MARQUES, L.C.T.; KANASHIRO, M. Crescimento de quaruba verdadeira em diferentes métodos de regeneração artificial. Belém: **Embrapa-CPATU**, 1983. 2p. (Pesquisa em Andamento, 105).





**ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DO ESTRATO ARBÓREO CAUSADAS PELO CORTE SELETIVO EM UMA ÁREA DE MANEJO FLORESTAL EM SANTA CATARINA**

**CHANGES IN THE PHYTOSSOCIOLOGY STRUCTURE CAUSED BY SELECTIVE LOGGING IN A FOREST UNDER FOREST MANAGEMENT IN SANTA CATARINA**

Daniel Augusto da Silva<sup>1</sup> Aline Renata Klitzke Heitor Felipe Uller

**RESUMO**

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as alterações na estrutura fitossociológica causadas pelo corte seletivo em uma floresta secundária em Santa Catarina. Em campo foram instaladas nove parcelas quadradas com 1600 m<sup>2</sup>, nas quais foi realizado levantamento fitossociológico clássico. Após a realização do corte seletivo retornou-se a área e contabilizou-se os indivíduos que haviam sido explorados. Os resultados demonstram uma diminuição média de 33,44% da área basal e 25,24% dos indivíduos; distribuídos de forma homogênea nas classes diamétricas. O corte seletivo afetou de forma proporcional espécies das diferentes classificações ecológicas e não causou diminuição na diversidade nem alteração significativa nas principais espécies da área. Em intensidades de corte moderadas o manejo florestal realizado por pequeno proprietário pode ser uma alternativa para valoração das florestas nativas secundárias.

**Palavras-chave:** Manejo Florestal; Fitossociologia; Floresta Atlântica.

**ABSTRACT**

This work aimed to evaluate the changes in the phytosociology structure caused by the selective logging in a secondary forest in Santa Catarina. In the field we installed nine square samples of 1600 m<sup>2</sup>, where were made a classical phytosociological study. After the selective logging, we came back to the samples and counted the harvested trees. The results show an average decrease in the basal area of 33,44% and 25,24% in the number of individuals; homogeneous distributed across the diametrical classes. The selective logging affected in a proportional way species from the different ecological classification and did not cause decrease in the diversity nor significant change in the main species. At moderate logging intensities, the forest management accomplished by the smallholder can be an alternative to the valuation of native secondary forests.

**Palavras-chave:** manejo florestal; fitossociologia; mata atlântica

**Keywords:** forest management; phytosociology; Atlantic forest<sup>2</sup>

**INTRODUÇÃO**

Existe, no Brasil e no Estado de Santa Catarina, uma forte pressão pela substituição de florestas nativas por outros usos do solo. Um fator decisivo neste cenário é o baixo valor atribuído à floresta nativa (SIMINSKI; FANTINI, 2010). Para reverter este cenário atual é preciso que haja participação efetiva da população rural na conservação destas florestas (SCHERR et al., 2002; SHANLEY; GAIA, 2002), tornando o sistema de conservação ambiental mais participativo e, conseqüentemente, mais eficiente. Neste sentido, o manejo florestal sustentável, realizado pelo pequeno proprietário rural, pode cumprir um importante papel na conservação ambiental (ROCKWELL et al., 2007), contribuindo para reduzir a migração da população rural para a periferia das cidades (FISCHER, 1987).

Em uma grande e crescente proporção dos trópicos, florestas secundárias representam a maioria ou até a totalidade de florestas presentes (CORLETT, 1995). Esta situação repete-se na Floresta Ombrófila Densa no Estado de Santa Catarina, com esta apresentando 40,1% da cobertura original e 74% dos fragmentos com área inferior à 50 ha (VIBRANS et al., 2013). Porém, desta atual cobertura florestal, apenas uma pequena parcela, em fragmentos esparsos, é de floresta primária, denotadas pelas unidades amostrais do IFFSC classificadas como tal (SEVEGNANI et al., 2013).

Estas florestas secundárias ocorrem em áreas já colonizadas pela população rural; desta forma, o seu manejo deve ser realizado de forma a adaptar-se à capacidade técnica e interesse desta população (FINEGAN, 1992). Em florestas secundárias, o manejo florestal sustentável não deve garantir a manutenção da biodiversidade,

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal – FURB. E-mail: daneflorestal@gmail.com

mas sim a continuidade do processo de sucessão natural (REIS, 1993), possibilitando a conservação ambiental e a exploração de espécies com maior valor agregado nos próximos ciclos. Isso significa que deve-se levar em consideração, para a seleção de árvores a serem abatidas, não somente a população dessa dada espécie, mas toda a comunidade (REIS, 1993).

O princípio do manejo florestal sustentável é colher recursos naturais florestais, incluindo produtos não madeiráveis, sem comprometer o valor ecológico e social da floresta SIST et al. (1998). Desta forma, aplicando-se este conceito a florestas secundárias, manter a produtividade ecológica e biodiversidade em seus níveis mais altos, implica em manter o ciclo de sucessão ecológica, corroborando com o que afirma Reis (1993). O manejo sustentável de florestas secundárias cumpre um papel fundamental na conservação da biodiversidade e na manutenção de um sistema produtivo sustentável para o pequeno produtor (KAMMESHEIDT, 2002). De forma ideal este deve não somente prover retorno financeiro ao proprietário, como deve favorecer o processo sucessional da florestal, dinamizando-o e acelerando-o (REIS, 1993).

Desta forma, pretende-se avaliar as alterações sofridas na estrutura fitossociológica, composição florística e diversidade do estrato arbóreo oriundas do corte seletivo em uma área de manejo florestal conduzido por um pequeno produtor rural em uma floresta secundária no norte de Santa Catarina.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no norte do Estado de Santa Catarina, na região sudoeste do município de Guaramirim, fazendo limite com o município de Massaranduba, com coordenada de acesso 26°32'10''S e 49°02'38''O. A propriedade possui uma área total de aproximadamente 42 hectares com altitude variando entre 160 e 500 m.s.n.m. Segundo a classificação de Köppen, o clima do município de Guaramirim é do tipo Cfa – subtropical mesotérmico úmido com verão quente sem estação seca (ALVARES et al. 2013). Os solos predominantes na área de estudo são Cambissolos háplico (EMBRAPA, 2004). O relevo é de encosta, fortemente ondulado, com declividade variando de 10% a 40%.

A vegetação do local é classificada como Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012). Originalmente, a região de estudos apresentava como espécies mais características a *Sloanea guianensis*, *Ocotea catharinensis*, *Brosimum lactescens*, *Calyptanthes lucida*, *Guapira opposita*, *Cryptocarya aschersoniana*, *Chrysophyllum viride*, além do sub-bosque dominado por *Euterpe edulis* (KLEIN, 1978). A floresta objeto do presente estudo é originada de um plantio de reposição florestal, realizado em 1978, com as seguintes espécies nativas: *Miconia cinnamomifolia*, *Hieronyma alchorneoides* e *Nectandra* spp. À época do plantio a floresta apresentava-se em seu estágio inicial de sucessão com a presença de diferentes espécies de vassouras. Por conta da competição o proprietário realizou roçadas nos primeiros anos de implantação da floresta (SCHUCH, 2010).

O experimento foi conduzido em 9 unidades amostrais com quarenta metros de lado. A seleção de árvores para corte procurou explorar espécies de interesse comercial local para o proprietário, bem como espécies de baixo valor econômico e que apresentavam grande abundância na comunidade local. Procurou salvaguardar-se espécies raras, ameaçadas de extinção e de fases mais avançadas de regeneração. O processo de corte e arraste das toras foi realizado por uma equipe de três pessoas, sendo um motosserrista/tratorista, um auxiliar de campo e um engenheiro florestal. O direcionamento de queda e a trilha de arraste foram determinadas, majoritariamente, pelo motosserrista, baseando-se na sua experiência prática. Em campo objetivou-se aplicar três intensidades de corte distintas baseadas no percentual de área basal a ser retirada, as quais são 20%, 40% e 60%.

A caracterização do estrato arbóreo foi realizada em dois momentos, um anterior ao corte seletivo e outro após o corte. No levantamento pré colheita foram medidos em todos os indivíduos os diâmetros a altura do peito (DAP) daqueles com mais de cinco centímetros, as alturas totais e dos fustes; e a identificação foi realizada seguindo-se a nomenclatura científica, normalmente a nível de espécie, ou gênero em casos excepcionais. As espécies foram classificadas quanto ao grupo ecológico, os quais são: pioneira, secundária e climácica; seguindo a classificação utilizada pelo Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (IFFSC). Após o corte seletivo retornou-se às unidades amostrais e verificou-se a presença/ausência de cada indivíduo.

Para a análise dos dados foram calculados os índices fitossociológicas clássicos (densidade, área basal, frequência e valor de importância), contemplando os períodos pré e pós exploração. A partir destes valores foi comparada a estrutura da floresta nos dois momentos. A alteração da distribuição diamétrica da comunidade foi avaliada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Os índices de diversidade de Shannon (J) e Simpson (1-D) calculados para os dois períodos foram comparados através do teste t de Hutchenson. Todos os cálculos foram realizados em planilha eletrônica e no *software* Past 3.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O corte seletivo na área de estudos retirou na média 33,44% da área basal e 25,24% dos indivíduos das unidades amostrais. O objetivo inicial de adequar as unidades amostrais em intensidades pré estabelecidas de corte não foi alcançado, devido a dificuldades operacionais. A intensidade de área basal retirada nas unidades amostrais variou entre 17,25% e 52,67%, e no número de indivíduos variou entre 7,95% e 39,39%, não havendo repetição em nenhum dos casos.

No período pré-corte, a floresta apresentava uma densidade média de 1808 indivíduos por hectare, dos quais 53,44% destes representados por apenas 10 espécies (Figura 1). Destas, cinco são representadas por espécies dos estratos médio, (*Euterpe edulis*, 14,91%, *Cyathea* sp1., 8,41%, *Bathysa australis*, 4,53%, *Annona neosericea*, 2,96%, *Casearia obliqua*, 2,92%), duas do estrato arbustivo (*Psychotria nuda*, 4,34% e *Psychotria suterella*, 2,57%) e três do estrato superior (*Hieronyma alchorneoides*, 7,91%, *Cabralea canjerana*, 2,46% e *Miconia cinnamomifolia*, 2,42%) de acordo com a classificação de Klein (1980). Para a mesma formação florestal no estado de Santa Catarina, Vibrans et al. (2013) encontraram entre as espécies com maior densidade muitas em comum ao presente trabalho, a citar: *H. alchorneoides*, *E. edulis*, *M. cinnamomifolia* e *C. canjerana*. A presença de *E. edulis* como a espécie mais numerosa coincide com as observações feitas por Veloso e Klein (1961), que citam esta como uma indicadora de florestas em estágios mais avançados de regeneração onde por vezes pode se tornar a espécie dominante do estrato médio. No período pós-corte (Tabela 1), mantiveram-se como as espécies de maior densidade 8 das 10 anteriormente determinadas, havendo a saída de *C. obliqua* e *P. suterella* e as entrada de *Guapira opposita* e *Virola bicuhyba* neste grupo. Apesar de não ser uma espécie de valor madeireiro, *E. edulis* acabou por ser a espécie que sofreu a maior redução de sua população durante o manejo. Isto se deve pela sua grande densidade e por ocupar o estrato médio da floresta, sofrendo assim danos ocasionados pela queda das árvores do estrato superior. A densidade expressiva de *H. alchorneoides* na Floresta Ombrófila Densa sub-montana foi observada nos trabalhos de Klein (1980) e Vibrans et al. (2013), entre outros, mas pode ter sido aumentada na área de estudo devido ao plantio realizado para os fins da reposição florestal.

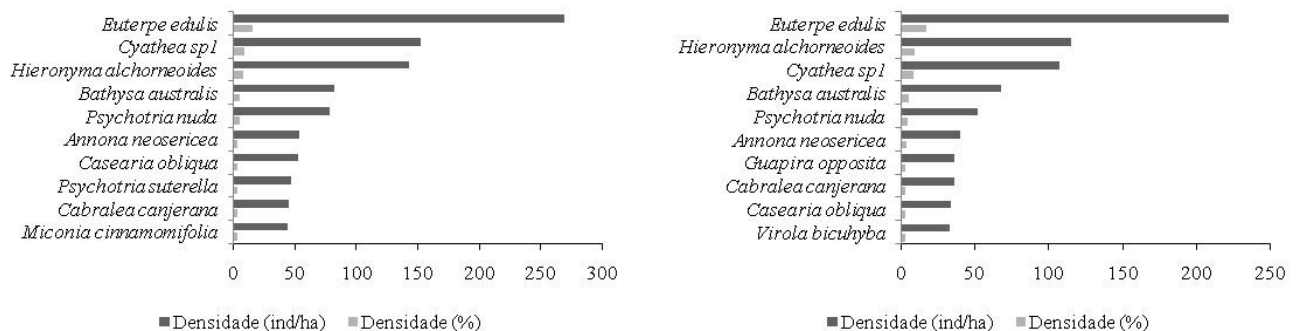


Figura 1 - Densidade absoluta e relativa das dez espécies mais representativas no período pré-corte (esquerda) e pós-corte (direita) em uma área de manejo florestal no norte de Santa Catarina.

Figure 1 - Absolute and relative density of the ten most representative species before cutting (left) and after cutting (right) in a managed forest north Santa Catarina.

Avaliando-se o parâmetro dominância para o período pré-corte, as nove espécies de maior representatividade foram *H. alchorneoides* (23,15%), *M. cinnamomifolia* (6,48%), *A. neosericea* (4,39%), *V. bicuhyba* (3,99%), *E. edulis* (3,76%), *Cyathea* sp1 (3,61%), *Nectandra membranaceae* (3,40%), *C. canjerana* (3,00%) e *Casearia sylvestris* (2,82%). Juntamente com as espécies citadas, com 3,43% da dominância, somam-se todas as árvores não identificadas (NI), completando as dez taxas com maiores valores (Figura 2). No período pós-corte (Figura 2), a espécie de maior dominância continuou sendo *H. alchorneoides* (24,40%) mesmo esta sofrendo a maior retirada de área basal, que no período pré-corte era de 7,48 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> reduzida a 5,25 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> no pós-corte. Este comportamento de manutenção da dominância não pode ser observado para *M. cinnamomifolia*, segunda espécie mais explorada, que possuía 2,09 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> passando para 0,72 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> após o corte. Uma das explicações para esta diferença numérica possivelmente tem conexão com a ecologia das espécies. *H. alchorneoides* é uma espécie heliófita mas que tolera sombreamento leve na fase juvenil e que possui grande capacidade de rebrota; enquanto *M. cinnamomifolia* é uma espécie heliófita que não tolera sombreamento, além de as árvores apresentarem um ciclo de vida mais curto.

A espécie de maior importância para a floresta, tanto no período pré-corte quanto no pós-corte é *H. alchorneoides*. Nos dois períodos, as 10 espécies de maior importância (Tabela 1) se mantiveram as mesmas com

exceção de *N. membranacea* que após a exploração teve sua importância diminuída na comunidade. A maior expressividade de *H. alchorneoides* na maioria dos parâmetros fitossociológicos pode ter sido influenciada pelo plantio de mudas no passado e também fortalecida pela sua capacidade de rebrota. A presença de *E. edulis* como segunda espécie mais importante da comunidade mostra um potencial não madeireiro de exploração que pode ser aproveitado, apesar da sua densidade ter sido fortemente afetada pela queda das árvores maiores. Nota-se que o corte seletivo, apesar da evidente diminuição na área basal e número de indivíduos, não alterou de forma acentuada a estrutura populacional das espécies mais importantes da floresta.

No levantamento realizado antes do corte seletivo foram contabilizados 2603 indivíduos distribuídos em 162 espécies. Na ocasião as espécies secundárias e pioneiras somaram 62,2% do total de espécies mensuradas, enquanto as climácicas representavam 17,8% e os restantes 19,9% não puderam ser classificadas. Na medição posterior ao corte seletivo foram verificadas 1946 indivíduos distribuídos em 148 espécies. A distribuição das espécies nos grupos ecológicos após o corte ficou semelhante à observada no inventário pré-corte, com secundárias e pioneiras representando 63,8% do total de espécies e climácicas representando 18,5%, evidenciando a reduzida interferência nas distribuições das espécies após o manejo florestal (Figura 3A). Com o corte seletivo foram abatidas 657 árvores previamente selecionadas, deste total, 35,8% foram espécies secundárias, 22,1% pioneiras, 15,7% climácicas e 26,5% não possuem classificação (Figura 3B).

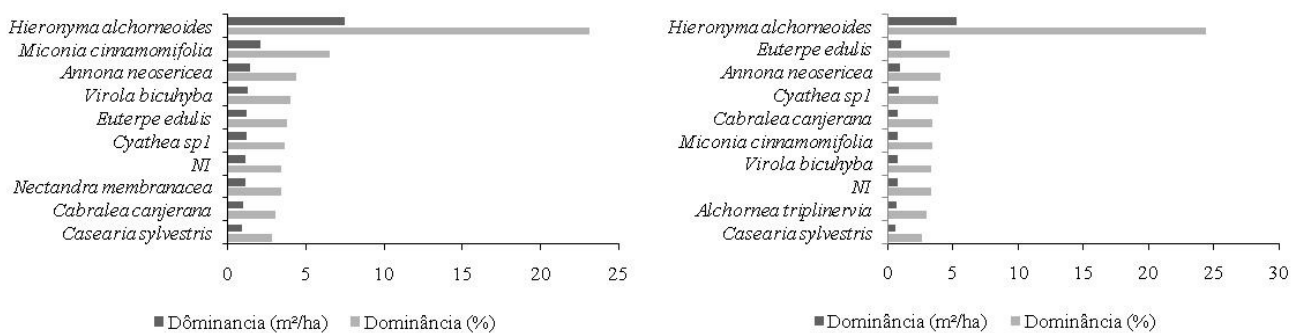


Figura 2 - Dominância absoluta e relativa das dez espécies mais representativas no período pré-corte (esquerda) e pós-corte (direita) em uma área de manejo florestal no norte de Santa Catarina.

Figure 2 - Absolute and relative dominance of the ten most representative species before cutting (left) and after cutting (right) in a managed forest north Santa Catarina.

Tabela 2 - Índice de Valor de Importancia Relativo das dez espécies mais representativas nos períodos pré e pós-corte em uma área de manejo florestal no norte de Santa Catarina.

Table 1 - Relative Importance Value Index for the ten most representative species before and after cutting in a managed forest north Santa Catarina.

Pré-colheita	IVIR (%)	Pós-colheita	IVIR (%)
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	11,0	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	11,7
<i>Euterpe edulis</i>	6,9	<i>Euterpe edulis</i>	7,8
<i>Cyathea sp1</i>	4,5	<i>Cyathea sp1</i>	4,5
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	3,5	<i>Annona neosericea</i>	3,0
<i>Annona neosericea</i>	3,1	<i>Bathysa australis</i>	3,0
<i>Virola bicuhyba</i>	2,7	<i>Cabranea canjerana</i>	2,7
<i>Bathysa australis</i>	2,6	<i>Virola bicuhyba</i>	2,5
<i>Cabranea canjerana</i>	2,5	<i>Psychotria nuda</i>	2,3
<i>Psychotria nuda</i>	2,4	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	2,3
<i>Nectandra membranacea</i>	2,3	NI	2,2

Observa-se, desta forma, que o corte seletivo na área não priorizou espécies de nenhum grupo ecológico, distribuindo a pressão sobre todos os grupos. Em uma floresta secundária, o manejo deve priorizar a preservação de espécies climácicas, procurando assim acelerar o processo sucessional (REIS, 1993). Após o corte seletivo aumenta-se a disponibilidade de luz no interior da florestal, e diminui-se a competição por recursos, favorecendo o desenvolvimento de indivíduos que se encontravam no sub-bosque da floresta antes do corte. Por terem crescimento naturalmente mais rápido e por se beneficiarem mais com a maior disponibilidade de luz, espécies

secundárias e, principalmente, pioneiras tendem a aproveitar melhor as alterações ambientais geradas pelo corte seletivo e tendem a repovoar o dossel da floresta.

Das 657 árvores abatidas as dez espécies mais exploradas contabilizaram 369 indivíduos, representando 56,2% do total. O gênero *Cyathea* seguido pelo palmiteiro (*E. edulis*) ambos com 68 indivíduos abatidos foram as espécies mais impactadas. Em seguida a Licurana (*H. alchorneoides*) com 40 árvores retiradas. Dentre as espécies mais exploradas pode-se verificar que apenas três (*H. alchorneoides*, *M. cinammomifolia*, *N. membranacea*) realmente possuem interesse madeireiro, no entanto a retirada destas árvores de interesse interfere na manutenção das espécies de sub-bosque como *Cyathea* sp., *P. nuda*, *P. suterella*, *B. australis*. Contudo, as espécies como *B. australis* e *Clusia criuva* podem ainda ser comercializadas como lenha. A espécie *C. obliqua* possui interesse madeireiro, no entanto na área de estudos poucos indivíduos apresentavam diâmetro e forma para aproveitamento em serraria.

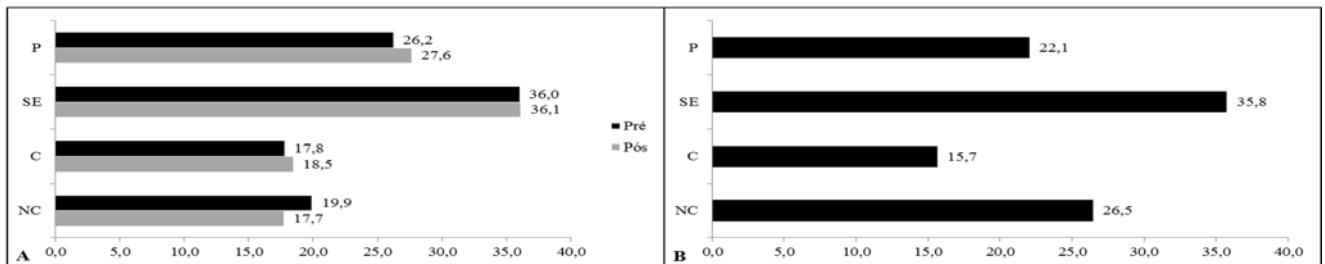


Figura 3 - A: Percentual de espécies por grupo ecológico pré e pós:corte seletivo em uma área de manejo no norte de Santa Catarina. B: Percentual de espécies exploradas por grupo ecológico em uma área de manejo no norte de Santa Catarina. P = pioneira; SE = secundária; C = climática, NC = não classificada

Figure 3 - A: Percentage of species by ecologic group before and after selective cutting in a managed forest north Santa Catarina. B – Percentage of species explored by ecologic group in a managed forest north Santa Catarina. P = pioneer; SE = secondary; C = climax; NC = not classified

A distribuição diamétrica da área pré e pós - corte possui a forma de J invertido, forma clássica esperada para a floresta, demonstrando a estabilidade e o potencial auto - regenerativo. O resultado deste teste para área pré e pós - corte resultou em  $p$  0,99, evidenciando que o manejo manteve praticamente inalterada a estrutura diamétrica da área (Figura4A). Houve maior retirada de indivíduos nas menores classes de DAP, a classe de 5 até 15 cm concentrou de 71,7% dos indivíduos manejados. Estes indivíduos foram abatidos pela derrubada de árvores maiores ou cortadas para adequar a unidade amostral ao tratamento (Figura 4B). Apesar da grande pressão sobre as classes inferiores de diâmetro, manteve - se, como exposto acima, a estrutura diamétrica da floresta, e consequentemente a sua capacidade de regeneração. A sobre exploração de classes diamétricas superiores pode causar consequências indesejadas no ciclo seguinte, como a falta de árvores de qualidade e porte adequado e número reduzido de árvores matrizes. Por outro lado, a sobre exploração de classes inferiores diminui o número de regenerantes e de árvores potenciais a longo prazo (3º ciclo em diante).

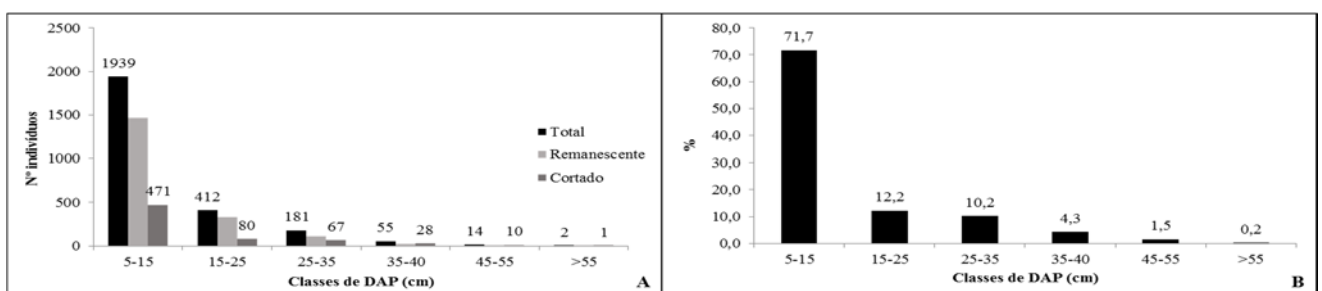


Figura 4 - A: Distribuição diamétrica em uma área de manejo no norte de Santa Catarina; total : antes do corte seletivo; remanescente – após o corte; cortado – árvores exploradas. B: Distribuição diamétrica dos indivíduos explorados.

Figure 4 - A: Diametric distribution in managed forest north Santa Catarina, “total” – before selective cutting; “remanescente” – after cutting; “cortado” – trees harvested. B – Diametric distribution of harvested trees.

Neste estudo o índice de Shannon pré - corte foi de 3,80 nats/ind. e pós - corte de 3,75 nats/ind. Para comparar a diversidade antes e depois do corte foi realizado o teste de T de Hutchenson, que resultou em um  $p$  0,30, demonstrando que não há diferença entre a diversidade antes e após o corte seletivo. O valor encontrado é

superior ao de GHODDOSI (2005) 2,77 nats/ind. para uma área inserida no também domínio da floresta Ombrófila Densa, no município de Blumenau. O estudo de SCHORN (2005) obteve o valor ligeiramente menor de  $H=3,28$  nats/ind. para um estrato arbóreo em estágio intermediário de regeneração também para mesma fitofisionomia do presente estudo. O Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (IFFSC) encontrou valores que ficaram entre 2,0 e 4,2 nats/ind para o estrato arbóreo na formação floresta Ombrófila Densa submontana (LINGNER et al, 2013).

Quanto ao índice de equabilidade de Piellou o valor pré - corte 0,74 e pós - corte 0,75 foram muito semelhantes, ambos sugerindo que não há dominância de alguma espécie na área. Os valores observados encontram-se dentro da faixa obtida pelo IFFSC que foi entre 0,54 e 0,94; da mesma forma como o obtido por Schorn (2005) de 0,77 foi muito similar ao encontrado no presente levantamento. Os índices de Simpson encontrados neste estudo foram de 0,952 pré - corte e 0,948 pós -corte. Comparando a diversidade antes e depois do corte através do teste de T de Hutchenson que gerou  $p$  0,17 aceitou - se a hipótese nula, ou seja, não houve diferença significativa antes e depois do corte.

## CONCLUSÃO

O corte seletivo aplicado na área de estudos não afetou índices qualitativos da floresta, como distribuição ecológica das espécies, diversidade, equabilidade e distribuição diamétrica, composição florísticas e principais espécies. Todos estes índices mantiveram - se dentro do esperado para uma floresta secundária da região. Além das óbvias perdas quantitativas, observou - se que não houve grandes alterações no componente arbóreo, que manteve - se relativamente estável após o corte.

O corte seletivo aplicado pelo pequeno produtor rural mostrou-se com potencial para uma produção sustentada de produtos florestais. Outros estudos oriundos da mesma área devem avaliar outros parâmetros da floresta que influenciam o futuro desta, como danos causados aos indivíduos remanescentes, impactos à regeneração e alterações na estrutura do dossel. A grande variação na intensidade de corte deve ser levada em consideração e, com base nos demais estudos realizados na área, deve - se propor uma intensidade máxima de exploração, servindo como ponto de partida para futuros estudos no tema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711:728, 2013.
- CORLETT, R. T. Tropical secondary forests. **Progress in Physical Geography**, v. 19, n. 2, p.159:172, 1995.
- EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2004. 745 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 46).
- FINEGAN, B. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 47, p.295:321, 1992.
- FISCHER, G. R. Manejo Sustentado de Florestas Nativas. Joinville, 1997. 73 p.
- GHODDOSI, S.M. **Dinâmica do componente arbóreo (1999:2004) de um trecho de Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, SC**. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) : Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.
- LINGNER, D.V et al. Fitossociologia do componente arbóreo/arbustivo da Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. In: VIBRANS, A.C. et al. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Densa**. Blumenau, 2013, p.159:200.
- KLEIN, R. M. **Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina**. Itajaí: HBR, 1978. 24 p.
- KLEIN, R.M. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, v. 32, 165:389, 1980.
- ROCKWELL, C. A., et al. Future crop tree damage in a certified community forest in southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 242, p.108:118, 2007.
- SCHERR, S. J.; WHITE, A.; KAIMOWITZ, D. **Making markets work for forest communities**. Forest Trends, Washington, 24 p., 2002.
- SCHORN, L.A. **Estrutura e dinâmica de estágios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, Santa Catarina**. 192f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) : Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- SCHUCH, C. **Potencialidades da produção de madeira serrada a partir de três espécies da floresta secundária litorânea catarinense em condições de plantio e em áreas de floresta regenerada naturalmente**. Dissertação (mestrado), UFSC, Florianópolis, 2010.

- SEVEGNANI, L. et al. Estádios sucessionais na Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. In: VIBRANS, A. C. et al. **IFFSC Vol. IV: Floresta Ombrófila Densa**. Blumenau: Edifurb, p.311:322, 2013.
- SHANLEY, P.; GAIA, G. R. Equitable ecology: collaborative learning for local benefit in Amazonia. **Agricultural Systems**, v. 73, n. 1, p.83:97, 2002.
- SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. A Mata Atlântica cede lugar a outros usos da terra em Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 2, n. 23, p.51:59, 2010.
- VELOSO, H.P.; KLEIN, R.M. As comunidades e associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil: As associações das planícies do quaternário, situadas entre o rio Itapocú (Estado de Santa Catarina) e a bacia do Paranaguá (Estado do Paraná). **Sellowia**, v.13, p. 205:260, 1961.
- VIBRANS, A. C. et al. Estrutura diamétrica dos remanescentes da Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. In: VIBRANS, A. C. et al. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**. Blumenau, 2013, p. 249:283.





ALTURA DO DOSSEL E RELAÇÕES DENDROMÉTRICAS NA FLORESTA SECUNDÁRIA DA MATA ATLÂNTICA

CANOPY HEIGHT AND DENDROMETRIC RELATIONS IN SECONDARY FOREST ATLANTIC

Geferson Elias Piazza<sup>1</sup> Daisy Christiane Zambiasi Alfredo Celso Fantini

RESUMO

O objetivo deste trabalho é determinar a altura do estrato superior ou altura do dossel e altura média dos fustes de uma floresta secundária da Mata Atlântica com bom estoque de madeiras, com destaque para três espécies, e avaliar as relações dendrométricas entre DAP, altura total, altura do fuste e altura da copa. Foram selecionadas 183 árvores para tipologia floresta, 67 *Hieronyma alchorneoides*, 38 *Miconia cinnamomifolia*, 10 *Nectandra membranaceae*. Os dados foram obtidos através de medidas diretas de árvores colhidas, utilizando-se de trena métrica. A altura do dossel/altura média do fuste florestal foi de 21,3/10,3 metros, *Hieronyma alchorneoides* 20,8/9,4 metros, *Nectandra membranaceae* 19,7/13,0 metros e *Miconia cinnamomifolia* 20,1/10,9 metros. Houve correlação positiva entre altura total x DAP e altura da copa x altura total. Para altura da copa x altura do fuste a correlação foi negativa, e não apresentaram correlações altura do fuste x DAP e altura do fuste x altura total. Mesmo que formações secundárias da Mata Atlântica apresentem bom estoque de madeiras, sugerem-se práticas silviculturais, principalmente nos estágios iniciais destas formações, para melhorar a qualidade e aumentar quantidades de madeiras quando realizado o manejo florestal.

**Palavras-chave:** Manejo Florestal; Floresta Atlântica; Alometria.

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the average height of the upper stratum or canopy height and stem height of a secondary forest of the Atlantic Forest with good stock of timber, highlighting three species, and evaluate dendrometric relations between DAP, total height, bole height and height of the canopy. They selected 183 trees to forest type, 67 *Hieronyma alchorneoides*, 38 *Miconia cinnamomifolia*, 10 *Nectandra membranaceae*. Data were obtained through direct measurements of trees harvested, using metric measuring tape. The canopy height/average height of forest bole was 21.3/10.3 meters, *Hieronyma alchorneoides* 20.8/9.4 meters, *Nectandra membranaceae* 19.7/13.0 meters and *Miconia cinnamomifolia* 20.1/10.9 meters. There was a positive correlation between total height x DAP and height of the canopy x full height. For height of the canopy x bole height correlation was negative and did not show correlations of the bole height x DAP and bole height x full height. Even if secondary formations of the Atlantic Forest exhibit good stock of timber, they suggest silvicultural practices, particularly in the early stages of these formations, to improve the quality and increase quantity of timber when performed forest management.

**Keywords:** Forest management; Atlantic Forest; Allometry.

INTRODUÇÃO

O manejo das florestas secundárias pode ajudar a conciliar geração de renda e conservação dos ecossistemas, com benefícios sociais, econômicos e ecológicos. Entretanto, conservação e manejo dos ecossistemas permanecem objetivos amplamente divergentes na Mata Atlântica brasileira. Esse paradoxo tem muitas causas, mas três delas são muito importantes: a) as florestas secundárias não são vistas como uma boa fonte de madeira no Sul do Brasil; b) a exploração comercial da madeira não é mais uma atividade habitual para pequenos agricultores; c) conservacionistas têm uma visão dos ecossistemas da Mata Atlântica contra o manejo, principalmente para fins de produção de madeira (FANTINI; SIMINSKI, 2007).

Nas formações florestais secundárias do Bioma Mata Atlântica há abundância de espécies arbóreas de rápido crescimento, que podem ser utilizadas comercialmente. Entretanto, essas florestas ainda continuam nas questões marginais quanto aos temas de silvicultura e manejo (CORADIN et al 2011; FINEGAN, 1992), e são raros os estudos direcionados às caracterizações estruturais desses ecossistemas, com um viés para produção de madeiras.

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro Florestal, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. E-mail: gefersonpiazza@gmail.com

De acordo com Klein (1980), as florestas secundárias poderão ter diversas conformações estruturais, e pela falta de informações, dificultam inclusive a diferenciação entre formações nos estágios médios e avançados. O mesmo autor definiu a altura total para as principais espécies que compõe e caracterizam o dossel dos estágios iniciais de sucessão. Entretanto, não determinou quantitativamente a altura do dossel de florestas secundárias médias ou avançadas.

Índices estruturais e relações dendrométricas podem promover melhor entendimento da ecologia em florestas nativas destinadas a produção de madeira, e saber de antemão quantidades e qualidades de árvores comerciais. Outro aspecto importante para elaboração de planos de manejo e aplicação de tratamentos silviculturais em florestas secundárias, é fazer uma análise a partir da compreensão das relações dendrométricas, como diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (Ht), altura do fuste (Hf) e altura da copa (Hc) (FONTES, 1999).

No Brasil, os trabalhos dendrométricos são realizados principalmente com espécies exóticas, e para Machado et al (2008), diferentes práticas silviculturais podem ser tomadas a partir da análise das relações dendrométricas em espécies nativas. Diante da oportunidade única da disponibilidade de árvores derrubadas, tomou-se apropriado a coleta de dados para ampliar informações sobre estrutura florestal e relações dendrométricas de espécies florestais nativas. Através de geração de conhecimento, espera-se demonstrar e promover o potencial de produção de madeiras e, conciliar uso e conservação de florestas secundárias da Mata Atlântica.

O objetivo deste trabalho é determinar a altura do estrato superior ou altura do dossel e altura média dos fustes de uma floresta secundária da Mata Atlântica com bom estoque de madeiras, com destaque para as espécies *Hieronyma alchorneoides* Allemão, *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudine *Nectandra membranaceae* (Sw.) Griseb., e avaliar as relações dendrométricas entre DAP, altura total, altura do fuste e altura da copa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de pesquisa com silvicultura e manejo florestal para produção de madeira, em uma formação florestal secundária da Mata Atlântica, localizada entre os municípios de Guaramirim, Jaraguá do Sul e Massaranduba, região norte de estado de Santa Catarina. A propriedade do estudo tem 41,9 hectares de floresta secundária, com aproximadamente 37 anos de idade. De acordo com o mapa fitogeográfico proposto por Klein (1980), a região está incluída na formação vegetacional de Floresta Ombrófila Densa.

Foram analisadas as seguintes relações dendrométricas: 1) Altura total/DAP; 2) Altura do fuste/DAP; 3) Altura do fuste/Altura total; 4) Altura da copa/Altura total e 5) Altura da copa/Altura do fuste. Também foi determinada a altura média das dominantes ou altura do dossel florestal, e altura total média de três espécies com potencial madeireiro. Os dados foram obtidos através de medidas diretas de árvores colhidas, utilizando-se de trena métrica.

Para análises das relações dendrométricas, foram selecionadas 183 árvores para tipologia floresta, 67 *Hieronyma alchorneoides*, 38 *Miconia cinnamomifolia*, todas com DAP  $\geq 25$  cm. Para obtenção da altura média das dominantes foram considerados os 100 indivíduos com maior DAP. As correlações foram analisadas pela da dispersão dos valores e  $R^2$ . Para altura dominante da floresta e espécies individuais, os resultados foram analisados a partir de estatísticas descritivas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Podemos verificar que a altura total média foi maior para a floresta, *Hieronyma alchorneoides*, *Nectandra membranaceae* e *Miconia cinnamomifolia*, com 21,3; 20,8; 20,1 e 19,7 metros respectivamente (Figura 1). O valor observado para floresta pode estar sendo dado por espécies de grande porte, como *Schizolobium parahyba* (guapuruvu), *Cedrela fissilis* (cedro), *Virola bicuhyba* (bucuva) e *Ficus* spp. (figueira), que também estão presentes na área, e pelo critério de seleção dos 100 maiores DAP.

A floresta, com média de 10,3 metros de fuste, é influenciada pela seleção dos 100 indivíduos com maiores DAP. Entretanto, conclui-se que formações secundárias da floresta ombrófila densa apresentam grande potencial para produção de madeira (CORADIN et al, 2011).

Analisando a altura do fuste das espécies avaliadas, pode-se observar que a *Nectandra membranaceae* apresentou maior altura do fuste, com média de 13,0 metros, seguido da *Miconia cinnamomifolia* com 10,9 metros e, *Hieronyma alchorneoides* com 9,4 metros (Figura 2). É esperado que *N. membranaceae* apresente fuste alto devido sua arquitetura, onde observou-se poucos indivíduos bifurcados e ausência de galhos baixos, qualificando a espécie como de grande potencial na silvicultura e manejo para produção de madeiras.

Para espécie *M. cinnamomifolia* também era esperado elevadas alturas de fuste, porém, devido à idade de sucessão da floresta, indivíduos de grande porte podem ter morrido ou estar morrendo, danificando porções do

fuste que poderiam ser aproveitados. *H. alchorneoides* apresenta uma arquitetura desuniforme, muitas vezes com bifurcações e presença de galhos baixos, influenciando a altura do fuste.

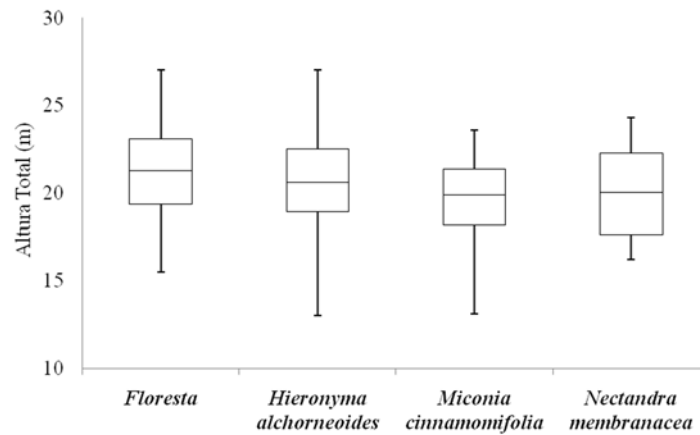


Figura 1 – Box plot da altura total para Floresta, *Hieronyma alchorneoides*, *Miconia cinnamomifolia* e *Nectandra membranacea*.

Figure 1 - Box plot of the total height for Forest, *Hieronyma alchorneoides*, *Miconia cinnamomifolia* and *Nectandra membranacea*.

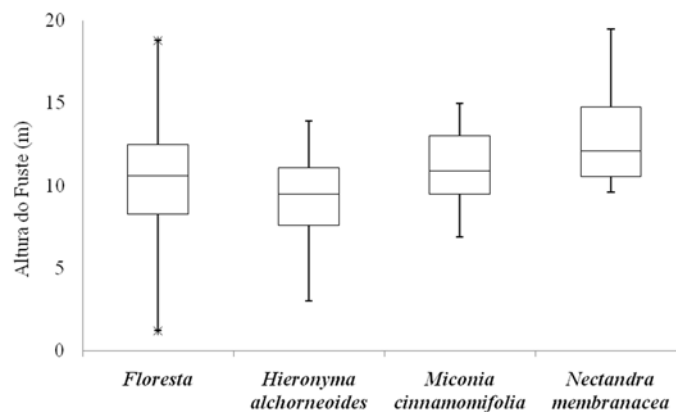


Figura 2 – Box plot da altura do fuste para Floresta, *Hieronyma alchorneoides*, *Miconia cinnamomifolia* e *Nectandra membranacea*.

Figure 2 - Box plot of the bole height for Forest, *Hieronyma alchorneoides*, *Miconia cinnamomifolia* and *Nectandra membranacea*.

Manejar florestas secundárias no estágio intermediário (Figura 3) pode, inclusive, acelerar o recrutamento de espécies climáticas que estão presentes no sub-bosque, através dos diferentes tamanhos de clareiras formadas pelo manejo.

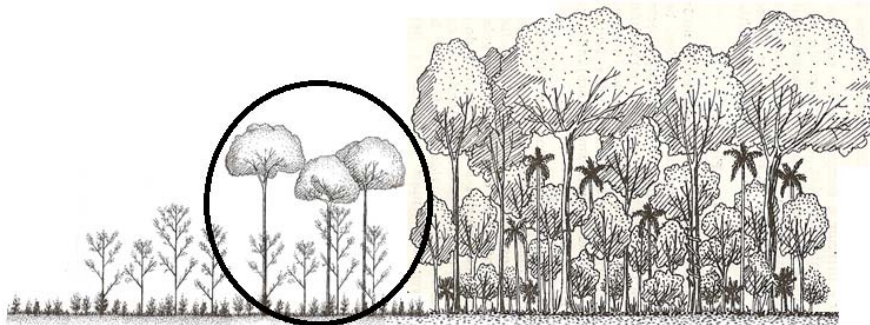


Figura 3 – Sucessão florestal secundária. Destaque para fase intermediária de sucessão, com presença de *Hieronyma alchorneoides*, *Miconia cinnamomifolia* e *Nectandra membranacea*.

Figure 3 - Secondary Forest Succession. Highlight intermediate stage of succession, with the presence of *Hieronyma alchorneoides*, *Miconia cinnamomifolia* and *Nectandra membranacea*.

Observando as relações dendrométricas para a floresta, e para espécies *Hieronyma alchorneoides* e *Miconia cinnamomifolia* (Figura 4), podemos observar distintas dispersões e/ou funções dos valores (algorítimos) dependentes. A figura 4A mostra uma correlação positiva da altura total como função do DAP. É uma correlação esperada, pois outros trabalhos também demonstraram o mesmo padrão para florestas ou espécies, mesmo que em diferentes ecossistemas ou biomas (FONTES, 1999; MACHADO et al, 2008). A figura 4A apresenta uma estabilização na altura total quanto ao DAP, que corrobora com a Figura 1 para a tipologia floresta, determinando a altura média do dossel de uma floresta secundária (+/- 21 metros).

Nas figuras 4B e 4C, ou seja, altura do fuste como função do DAP e altura total, não é possível observar relação entre as variáveis analisadas. Nas florestas secundárias dos ecossistemas ombrófila densa, há diferentes tipos de fustes entre as espécies, que bifurcam e emergem galhos a diferentes alturas, diversificando a qualidade e altura dos fustes. Nestes ecossistemas está ausente qualquer tipo de trato silvicultural para melhorar a forma das árvores, como podas ou desbastes de indivíduos indesejáveis (não madeireiros).

Sugestões para melhorar a altura e qualidade dos fustes destes ecossistemas florestais seriam práticas silviculturais, quando indivíduos ainda jovens (SILVA et al, 1995). Apesar da ausência de tratos silviculturais ou qualquer prática de manejo florestal sustentável, as florestas nativas destes ecossistemas apresentam um bom estoque de madeira disponível. Outro padrão encontrado e esperado, principalmente para florestas nativas sem podas, é a correlação positiva da altura de copa como função da altura total (Figura 4D). Na ausência de podas, os galhos permanecem mais tempo na árvore, e acabam por caracterizar morfológicamente como copa, diminuindo a altura do fuste aproveitável (SCHNEIDER, 2002).

Na Figura 4E observamos a tendência: quanto maior a altura da copa menor a altura do fuste. Mesmo que florestas nativas apresentem madeiras de qualidades e em quantidades satisfatórias, é inevitável vislumbrar que tratos silviculturas poderão melhorar qualidades e quantidades de madeiras brutas e seus derivados (SCHNEIDER, 2002). Espera-se que através do uso de técnicas silviculturais, mesmo que simples ou raras vezes, sejam suficientes para melhorar uma floresta do ponto de vista produtivo.

Em florestas nativas, principalmente *hotspot*, quando não somente destinadas a preservação, mas sim pela conservação através da produção e usos, é fundamental utilizar-se de técnicas silviculturais e manejo florestal. Manter a riqueza de espécies e produzir através da diversidade é um desafio dado aos pesquisadores e técnicos para com a sociedade (LAMB et al, 2005).

Neste trabalho e observando a Figura 3, quando se propõe o manejo de florestas secundárias, é inevitável entender que são ecossistemas em processo de sucessão secundária, ou seja, florestas naturais antropizadas jovens (BROWN; LUGO, 1990) e que apresentam alta densidade de indivíduos arbóreos pioneiros e secundários iniciais (SIMINSKI et al, 2011), e com bom estoque de madeiras. Também, pode-se querer saber sobre hipóteses relacionadas ao avanço da sucessão a partir dos regenerantes quando se faz intervenções nestes estágios sucessionais das florestas (SILVA et al, 1995). Qual o caminho da floresta?

Conforme demonstrado nos resultados, as formações florestais secundárias apresentam padrões esperados e específicos quando comparados a outras tipologias de florestas tropicais, demonstrando ser fundamental e urgente que estudos sejam direcionados a esses ecossistemas.

## CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo permitem apontar as seguintes conclusões:

A altura média do dossel de uma formação florestal secundária no estágio médio de é de 21,3 metros, e altura total para as espécies *Hieronyma alchorneoides* é 20,8 metros, *Miconia cinnamomifolia* de 19,7 metros e, *Nectandra membranaceae* de 20,1 metros.

A altura média do fuste de uma formação florestal secundária é de 10,3 metros, para as espécies *Hieronyma alchorneoides* é 9,4 metros, *Miconia cinnamomifolia* de 10,9 metros e, *Nectandra membranaceae* de 13,3 metros.

Há correlação positiva entre DAP x altura total e altura da copa x altura total para florestas secundárias, e para espécies *Hieronyma alchorneoides*, *Miconia cinnamomifolia* e *Nectandra membranaceae*. Já para altura da copa x altura do fuste a correlação é negativa, e não apresentam correlações altura do fuste x DAP e altura do fuste x altura total.

Sugere-se aplicação de práticas silviculturais, principalmente nos estágios iniciais das formações florestais secundárias da Mata Atlântica, com propósito de melhorar a qualidade e aumentar quantidades de madeiras quando realizado o manejo florestal.

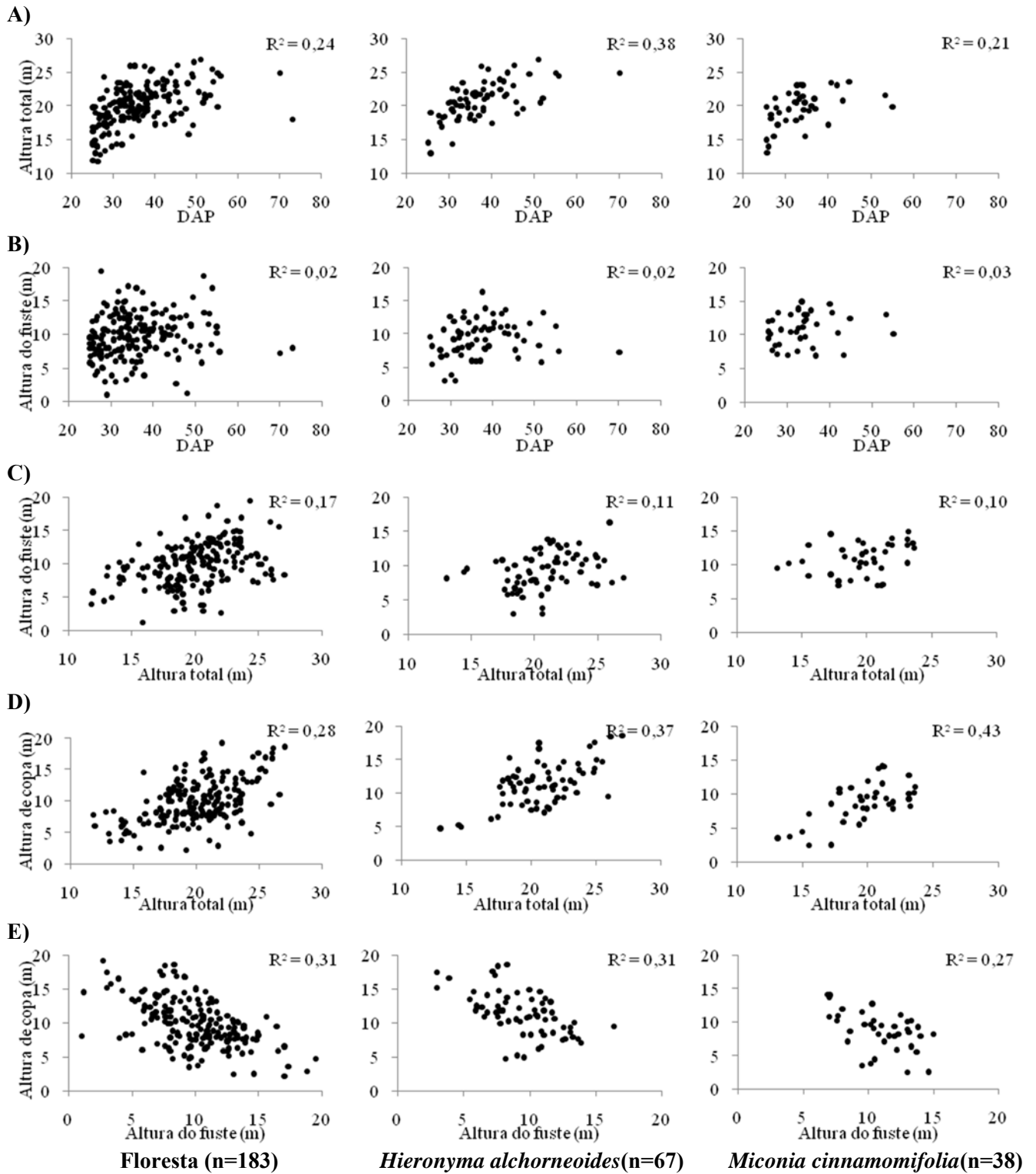


Figura 4 – Dispersão dos valores observados das relações dendrométricas: A) Altura total /DAP; B) Altura do fuste/DAP; C) Altura do fuste/Altura total; D) Altura de copa/Altura total; E) Altura de copa/Altura de fuste.  
 Figure 4 - Dispersion of the observed values of dendrometric relations: A) Total height / DAP; B) Bole height / DAP; C) Bole height / Total height; D) Canopy height / total height; E) Canopy height / bole height.

## AGRADECIMENTOS

O nosso agradecimento a FATMA – Fundação do Meio Ambiente, a Madeireira Bisewski, ao Laboratório de Dendrologia/FURB, ao LAMEC/UFPR– Laboratório de Mecanização Florestal, ao LEMEF/UFSC– Laboratório de Ecologia e Manejo de Ecossistemas Florestais, a CAPES e CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, 1-31, 1990.
- CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul** – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.
- FANTINI, A. C.; SIMINSKI, A. De agricultor a “agricultor silvicultor”: um novo paradigma para a conservação e uso de recursos florestais no Sul do Brasil. **Agropecuária Catarinense.**, v.20, n.1, março. 2007.
- FINEGAN, B. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. **Forest Ecology and Management** (47) 295-321. 1992.
- FONTES, M. A. L. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 55, p. 79-87, jun. 1999.
- KLEIN, R.M. 1980. Ecologia da flora e da vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia** 32: 165-389.
- LAMB, L.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. **Science** 310, 1(2005).
- MACHADO, S. A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; SILVA, C. R.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TEO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.5-16, 2008.
- SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da Produção Florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. 2002.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; ALMEIDA, B. F. de; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C. de; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, v.71, n.3, p.267-274, 1995.
- SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; GURIES, R.P. ; RUSCHEL, A.R. ; REIS, M. S. Secondary Forest Succession in the Mata Atlântica, Brazil: Floristic and Phytosociological Trends. **Ecology**, v. 2011, p. 1-19, 2011.

**AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DE RAMOS PARA QUANTIFICAR A PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE FOLHAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*)**

**RANDOMIZED BRANCH SAMPLING FOR QUANTIFYING PRODUCTION OF BIOMASS YERBA-MATE LEAVES (*Ilex paraguariensis*)**

Luiz Carlos Zerbielli<sup>1</sup> Filemom Mokochinski Luciano Farinha Watzlawick Patrikk John Martins Suzamara Biz  
Vanessa Moreira

**RESUMO**

Técnicas de amostragem precisas e adequadas para quantificar a produção de biomassa de espécies nativas da Floresta Ombrófila Mista ainda são muito raras. Este estudo foi realizado em remanescente de vegetação dentro do *campus* da Universidade Estadual do Centro-oeste (UNICENTRO), no município de Guarapuava, PR, Brasil, com o objetivo de avaliar a eficiência da amostragem aleatória de ramos (AAR) para quantificar a biomassa acima do solo, utilizando um método não destrutivo para árvores de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) com 4 anos. A produção de biomassa foi estimada pelo método da AAR em três árvores escolhidas aleatoriamente com a técnica de seleção de ramos da Probabilidade Proporcional ao Diâmetro (PPD). A validação do método foi feita com a comparação com o censo. O erro médio de amostragem para uma intensidade amostral de cinco caminhos foi igual a 16,99% com a técnica da PPD. Concluiu-se que a amostragem aleatória de ramos, empregando a técnica da probabilidade proporcional ao diâmetro foi precisa para o caso estudado.

**Palavras-chave:** Amostragem probabilística; *Ilex paraguariensis*; biomassa.

**ABSTRACT**

Precise sampling techniques and appropriate to quantify the biomass production of native species of Forest Tropical Rain are still very rare. This study was conducted in remaining vegetation within the *campus* of the State University Midwest (UNICETRO), in Guarapuava, PR, Brazil, in order to evaluate the efficiency of randomized branch sampling (RBS) to quantify the biomass above the ground, using a non-destructive method for yerba-mate tree (*Ilex paraguariensis*) with 4 years. Biomass production was estimated by the method of RBS in three randomly selected trees with branches selection technique of probability proportional to the diameter (PPD). The method validation was performed on a comparison to the census. The average sampling error for a sample of five paths intensity was equal to 16.99% with the technique that is PPD. Concluded random sampling branches, the technique of employing a probability proportional to the diameter was precise for case study.

**Keywords:** Probability sampling; *Ilex paraguariensis*; biomass

**INTRODUÇÃO**

Quantificar os Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM), os quais são bens de origem biológica, com exceção da madeira, fornecidos pelas florestas e demais formas de vegetação, com técnicas rápidas e eficientes são de extrema importância para economia e para a sociedade. Os PFNM englobam folhas, sementes, cascas, raízes, fibras, frutos, sendo importantes fontes de renda para produtores rurais e indústrias beneficiadoras.

Existem métodos diretos de determinação de biomassa que levam em consideração o corte raso de uma determinada área florestal, mensurando o volume e a massa da população, não sendo possível em áreas grandes; e métodos indiretos que são utilizados para estimar grandes extensões, com a calibração e o ajuste de equações. Outra alternativa para quantificação de biomassa é a amostragem aleatória de ramos (AAR), que estima a biomassa de árvores individuais com a aferição de partes da árvore, sendo uma técnica rápida para quantificação de um atributo de interesse. Jessen (1955) desenvolveu a técnica da amostragem probabilística em multiestágios para estimar a produção de frutos de árvores individuais, conhecida como amostragem aleatória de ramos. Essa técnica é baseada na seleção de ramos de uma árvore, de modo aleatório, através da designação de probabilidades de seleção a cada um dos ramos. A árvore selecionada é considerada como a população e o parâmetro-alvo a ser mensurado é a quantidade total dos atributos quantificados nos ramos amostrados. Jessen (1955) testou a técnica

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Mestrando em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Campus CEDETEG, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Vila Carli, CEP: 85040-080, Guarapuava – PR, Brasil. E-mail: lucas\_zerbielli@hotmail.com

em uma única laranjeira de 25 anos, onde todos os frutos foram contados e o resultado final foi comparado com os valores obtidos na amostragem, demonstrando a viabilidade da técnica para quantificação de pomares de laranjas.

Nos últimos anos, o interesse econômico pela erva-mate tem crescido significativamente em nível regional, nacional e internacional. No bioma Mata Atlântica, são diversos os produtos com destaque, e as folhas da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) são responsáveis por uma série de produtos de interesse econômico. Para Araújo et al. (1999), biomassa arbórea é definida como a quantidade expressa em unidades de massa, do material vegetal existente por área em uma floresta.

A erva-mate já caracterizou um ciclo econômico como principal produto de exportação da Região Sul do Brasil, mas a partir de 1970 teve sua área de exploração significativamente substituída pela expansão e modernização da produção de grãos, notadamente soja e milho. Em 1988, a produção média brasileira situava-se ao redor de 670 mil toneladas de folha verde, ao passo que em 2004 foram registradas 403 mil toneladas. Nos últimos anos houve um aumento pela procura de erva mate, ocasionando a expansão dos ervais, sendo que em 2013 foram produzidas 513 mil toneladas (SEAB, 2013).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi estimar a produção de biomassa de folhas através da amostragem em ramos em indivíduos de erva-mate, verificando a viabilidade da técnica da probabilidade proporcional ao diâmetro como alternativa para quantificação de biomassa em ervais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em um remanescente de vegetação dentro do *campus* da Universidade Estadual do Centro-oeste (UNICENTRO), situada a altitude de 1035 m, entre as coordenadas 25°23'14" Sul e 51°29'24" Oeste, no município de Guarapuava, PR, Brasil. Foram selecionados três indivíduos com 4 anos de forma aleatória no mês de junho de 2015. A estimativa da biomassa nas árvores selecionadas foi realizada por meio da amostragem aleatória de ramos, a qual utiliza a ramificação natural dentro da copa para configurar a amostra e seu uso requer a definição dos termos: ramos, nós, segmentos de ramos e caminhos (Figura 1).

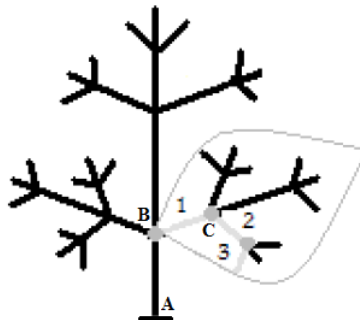


Figura 1 - Esquema demonstrativo da terminologia usada na amostragem em ramos. Os nós (A, B, C) são as bifurcações; os segmentos são a distância entre dois nós; caminhos são um conjunto de segmentos até um ramo terminal e ramo (cinza) é a parte selecionada onde será quantificado o atributo de interesse.

Figure 1 - Demonstration scheme of terminology used in sampling branches. The nodes (A, B, C) are bifurcations; the segments are the distance between two nodes; are a set of paths to a terminal branch segments and branch (gray) is selected to be quantified part where the attribute of interest.

Fonte: adaptado de Cancino e Saborowski (2007).

Os ramos consistem em um sistema formado por mais de um segmento de ramo, que se desenvolvem de um único broto ou gema lateral até a extremidade da ramificação dentro da copa. Assim, a ramificação da copa pode formar várias subpopulações em função dos agrupamentos possíveis dos segmentos de ramos. O nó é o ponto onde um segmento de ramo se divide em dois ou mais segmentos de ramos. Os segmentos consistem em uma parte de um ramo entre dois nós consecutivos; e caminho é uma série de segmentos de ramos consecutivos entre um segmento terminal e o segmento basal (CANCINO, 2005; CINCINO; SAVOROWSKI, 2007).

Destaca-se que, cada árvore selecionada forma uma população, e a biomassa é o atributo a ser quantificado e os caminhos são as unidades de amostra. Desse modo, a amostragem realizada nesse estudo consistiu na seleção, de forma aleatória, de um ramo terminal a partir do primeiro nó (bifurcação), com a finalidade de quantificar o atributo de interesse, ou seja, biomassa. Considerou-se que os segmentos de ramos consecutivos selecionados pelo sorteio, em cada nó, formam o caminho percorrido com a finalidade de atingir um broto terminal que possua o atributo de interesse. Foram testados cinco caminhos para cada indivíduo.



Neste estudo foi testada a técnica da probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD), na qual os ramos que surgem em cada nó possuem probabilidades calculadas com base em seu diâmetro próximo ao nó que o originou. Para atribuir as probabilidades proporcionais ao diâmetro de cada ramo ao quadrado, foi utilizada a seguinte fórmula, adaptada de Gregoire e Valentine (2007). O diâmetro dos ramos foi tomado próximo ao nó, sendo os ramos medidos com paquímetro digital:

$$qri = \frac{d^2ri}{\sum_{i=1}^n d^2ri}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

onde:

$qri$  = probabilidade de seleção atribuída ao  $i$ -ésimo ramo do  $r$ -ésimo nó;

$d^2ri$  = diâmetro ao quadrado ( $d^2$ ) do  $i$ -ésimo ramo do  $r$ -ésimo nó;

$\sum_{i=1}^n d^2ri$  = somatório do quadrado dos diâmetros dos  $i$ -ésimos ramos pertencentes ao  $r$ -ésimo nó.

Assim, o ramo é selecionado se  $u \leq qri$ , onde  $u \sim U[0,1]$  e o ramo  $i$  ( $i = 2, \dots, n$ ) é selecionado de acordo com a fórmula abaixo:

$$\sum_{i=1}^{n-1} qri < u \leq \sum_{i=1}^n qri$$

Ou seja,  $u$  é um número aleatório entre 0 e 1 que determinará qual dos ramos em um determinado nó será escolhido. Para seleção dos ramos, foram considerados valores de  $u$  com três casas decimais, que foram sorteadas para compor um número entre 0 e 1 (por exemplo,  $u = 0,345$ ). O sorteio das três casas decimais foi realizado com auxílio de 10 cubos, numerados de 0 a 9 (Figura 2).

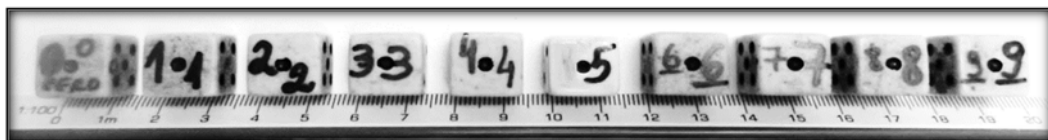


Figura 2 - Cubos numerados de 0 a 9 para sorteio das casas decimais e composição do número aleatório -  $u$ , que determinou a escolha dos ramos.

Figure 2 - Numbered cubes 0-9 to draw the decimals and composition of the random number -  $u$ , which determined the choice of the branches.

Para escolha dos ramos que formaram um caminho, em cada nó foi comparada a probabilidade de seleção ( $qri$ ), obtida com cálculos, com o valor  $u$ , sorteado com os cubos. Quando o valor  $u$  sorteado foi menor que  $qri$  o ramo foi escolhido. A estimativa da biomassa foi obtida através da divisão do peso das folhas no ramo terminal amostrado pela probabilidade incondicional de seleção, através da soma de todos os segmentos amostrados:

$$\text{Biomassa estimada} = \frac{Y_{mi}}{Q_{mi}}$$

onde:

$Y_{mi}$  = peso de folhas no ramo  $i$ , do caminho  $m$

$Q_{mi}$  = probabilidade incondicional de seleção do ramo  $i$ , do caminho  $m$

Após obter a estimativa da biomassa dos  $m$  caminhos ( $m \geq 2$ ), essas estimativas foram combinadas para estimar uma média da biomassa por árvore ( $\bar{y}Q$ ), que é dada por:

$$\text{Biomassa média} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{y}Q_m$$

A probabilidade conjunta de seleção de todos os  $S$  segmentos que formam o  $m$ -ésimo caminho é representada por  $Q_{mi}$ . Gregoire e Valentine (2007) afirmam que, embora o número de segmentos ( $S$ ) possa variar entre os caminhos, se existirem  $M$  caminhos possíveis com segmentos terminais diferentes, tem-se que:

$$\sum_{i=1}^M Q_{mi} = 1$$

Isto significa que a soma das probabilidades incondicionais de seleção de todos os ramos possíveis em uma árvore é igual a um. Desse modo, tem-se que  $Q_{mi}$  é a probabilidade de obter a estimativa ( $\bar{y}Q_m$ ), que é uma

das M possíveis estimativas de biomassa para cada árvore amostrada. Foram também calculados os coeficientes de variação e o erro relativo:

$$cv_y = \frac{s_y}{\bar{y}Q} \times 100$$

onde:

$cv_y$  = estimativa do coeficiente de variação;

$\bar{y}Q$  = média da biomassa por caminho;

$s_y$  = estimativa do desvio padrão.

$$Er(\%) = \left( \frac{s_{\bar{y} \cdot t}}{\bar{y}Q} \right) \times 100$$

onde:

$Er(\%)$  = erro amostral relativo;

$t$  = valor  $t$ , obtido na tabela de Student, para um nível de significância de 5%;

$s_{\bar{y}}$  = erro padrão da média em função da estimativa da variância;

$\bar{y}Q$  = média da biomassa por caminho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas da produção de biomassa de erva-mate, pela técnica da probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD) considerou a árvore como uma população de possíveis caminhos, os quais resultaram em cinco estimativas de produção. Em todos os caminhos amostrados as estimativas foram próximas aos valores obtidos com o censo (Tabela 1).

Tabela 1 - Variáveis médias da amostragem aleatória de ramos realizada nas árvores de erva-mate.  
Table 1 - Variables averages of random sampling branches in the yerba mate trees.

Biomassa real = 2300 g							
Árvore 1	m	Biomassa Estimada (g)	Biomassa Média (g)	$Q_{mi}$	$cv_y$ (%)	Er (%)	t (95%)
	1	2211,3	~	0,0115	~	~	~
	2	2199,3	2205,3	0,0154	0,27	2,44	12,706
	3	2465,2	2291,93	0,0115	5,34	13,58	4,403
	4	2093,61	2242,35	0,0094	3,82	6,09	3,182
	5	2128,3	2219,54	0,0073	2,05	2,55	2,776
	Médias:	2219,54			2,87	6,16	
Biomassa real = 1440 g							
Árvore 2	m	Biomassa Estimada (g)	Biomassa Média (g)	$Q_{mi}$	$cv_y$ (%)	Er (%)	t (95%)
	1	1400,88	~	0,0113	~	~	~
	2	1220	1310,44	0,0215	6,90	62	12,706
	3	1579	1399,96	0,0097	9,04	22,98	4,403
	4	1397,59	1399,36	0,0083	0,73	1,16	3,182
	5	1180,32	1355,55	0,0183	6,46	8,02	2,776
	Médias:	1355,55			5,78	23,54	
Biomassa real = 800 g							
Árvore 3	m	Biomassa Estimada (g)	Biomassa Média (g)	$Q_{mi}$	$cv_y$ (%)	Er (%)	t (95%)
	1	867,86	~	0,0333	~	~	~
	2	945,45	906,65	0,0110	4,27	38,44	12,706
	3	1008,47	940,59	0,0354	5,10	12,97	4,403
	4	621,95	860,93	0,0328	16,02	25,49	3,182
	5	723,28	833,40	0,0524	6,60	8,20	2,776
	Médias:	833,40			7,99	21,27	

Em que: m = número de caminhos percorridos ou intensidade amostral;  $Q_{mi}$  = probabilidade incondicional de seleção do ramo;  $cv_y$  = estimativa do coeficiente de variação;  $Er$  = erro amostral relativo; t = valor tabelado de Student, considerando um nível de significância de 5 %.

Para as árvores 1 e 2 a média das estimativas geradas com a PPD subestimou a produção real de biomassa em 3,49% e 5,86%, respectivamente. Em todos os cinco caminhos amostrados apenas um superestimou a produção ( $m=3$ ) para as duas primeiras árvores. Ao analisar a média dos caminhos para árvore 3, a PPD superestimou a produção real em 4,12%, devido a três dos cinco caminhos amostrados apresentarem valores superiores ao real. A média dos caminhos ( $\bar{y}_Q$ ) não apresentou valores que gerassem super ou subestimativas, pois em alguns ramos terminais o atributo de interesse encontra-se com maior ou menor quantidade, gerando estimativas irreais para árvore.

A probabilidade incondicional de seleção ( $Q_{mi}$ ) aliada ao atributo de interesse mensurado no ramo terminal são os reponsáveis pelas estimativas geradas na amostragem. Para árvore 1, nos caminhos 1 e 3 a  $Q_{mi}$  apresentou o mesmo valor (0,0115), no entanto as estimativas geradas foram diferentes, sendo que uma subestimou e a outra superestimou a produção real ( $\tau_y = 2300$  g), ou seja, probabilidades de seleção iguais podem gerar estimativas diferentes quando avaliadas em caminhos diferentes.

Todos os coeficientes de variação apresentaram valores menores que 10%, ou seja, valores baixos, apenas a árvore três com uma intensidade amostral de quatro caminhos obteve um coeficiente de variação superior (16,02%). Os valores do coeficiente de variação variaram de 0,27% a 16,02%, demonstrando uma oscilação nos diferentes caminhos. Lobô (2012) analisando métodos para se estimar volume e biomassa em Floresta Estacional encontrou cerca de 79% das árvores submetidas a amostragem em ramos apresentaram coeficiente de variação inferior a 10%, sendo que 5% apresentaram variabilidade mais alta ( $CV > 20\%$ ).

Ao analisar o erro amostral, a árvore 1 apresentou cerca de 27,5% menos erro que as árvores 2 e 3. O erro menor está justificado pelo baixo coeficiente de variação. Para as árvores 2 e 3 os maiores erros foram encontrados com uma intensidade amostral de 2 caminhos ( $m=2$ ) e nos outros caminhos o erro apresentou uma oscilação, indicando que o maior número de caminhos produz erros menores. O erro médio para os cinco caminhos amostrados foi de 16,99%, com uma variação de 1,16 a 62%. Good et al. (2001) estimaram a biomassa de sete árvores de *Eucalyptus populnea* utilizando uma intensidade amostral de cinco caminhos, encontrando valores altos para erro amostral (60%). Esse valor foi atribuído a grande variabilidade na quantidade de folhas existentes nos ramos selecionados.

Ducey et al. (2009), em estudo realizado na estação experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, utilizaram a Amostragem Aleatória de Ramos para a estimativa da biomassa aérea em uma floresta secundária com 15 anos de idade na Amazônia Oriental, e encontraram um erro amostral médio de 14%, considerando 5 caminhos provedores de estimativas do parâmetro de interesse efetuados para cada árvore.

As árvores de erva-mate analisadas possuíam copas regulares em plena fase de crescimento, não sendo efetuada nenhuma colheita, devido à idade (4 anos). Cabe ressaltar que árvores maiores possuem uma maior irregularidade de copa, tornando a distribuição das folhas desuniforme, fazendo com que ocorra uma variação nos erros da amostragem.

Segundo Lôbo (2012), as características específicas de crescimento e disposição de copa e galhos estão associadas a erros elevados, devido à irregularidade desses segmentos das árvores nativas ou exóticas. Cancino e Saborowski (2007) afirmaram que a AAR proporciona estimativas com menores erros quando aplicada em árvores com copa regular, considerando que os possíveis caminhos tenham igual tamanho. Segundo esses autores, árvores com copas irregulares, com diferentes tamanhos, podem apresentar maior erro, em função de diferença das probabilidades de seleção dos ramos entre os caminhos.

Barbeiro (2012) quantificando o peso de sementes de Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) através de amostragem em multiestágio encontrou que a estimativa de peso obtida com a amostragem foi superior aos valores reais encontrados, mas o erro foi de 1,87 gramas, concluindo que esse sistema de amostragem apresenta grande potencialidade na avaliação da produção.

A quantidade de ramos terminais utilizados para estimativa mostrou-se eficiente, pois com uma intensidade amostral de cinco caminhos ( $m=5$ ) o erro médio para as três árvores foi de 6,25%. Temesgen et al. (2011) analisando a eficiência da AAR para estimar biomassa de coníferas, testaram diferentes quantidades de ramos terminais, como tentativa de aumento de precisão da amostragem e diminuição do erro amostral. Foram testados 6, 12 e 18 ramos por árvore, sendo que o erro diminuiu 43,1% quando a amostra passou de 6 para 12 ramos e 67% quando foram amostrados 18 ramos terminais.

Pelos resultados encontrados pode-se concluir que utilizando uma intensidade amostral de cinco caminhos para estimar a produção de biomassa de folhas em árvores de erva-mate com quatro anos, a técnica da probabilidade proporcional ao diâmetro demonstra eficiência devido ao baixo erro amostral e a facilidade de aplicação.

## CONCLUSÕES

A amostragem aleatória de ramos com a técnica da probabilidade proporcional ao diâmetro (PPD) mostrou-se boa alternativa para estimar a biomassa em árvores de erva-mate, demonstrando ser uma ferramenta rápida e eficiente, devido ao baixo erro médio encontrado (16,99%) e a proximidade com os valores reais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, T. M., HIGUCHI, N., JUNIOR, J. A. C. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain Forest site in the state of Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 117, p. 43-52, 1999.
- BARBEIRO, L. S. **Sistema de amostragem para quantificar a produção de sementes de *Bertholletia excelsa* h.b.k (Castanha do Brasil) na região de Oriximiná – PA.** 2012, 130p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná.
- CANCINO, J.; SABOROWSKI, J. Comparison of randomized branch sampling with and without replacement at the first stage. **Silva Fennica**, v.39, n.2, p. 201 – 216, 2005.
- CANCINO, J.; SABOROWSKI, J. Improving RBS estimates – effects of the auxiliary variable, stratification of the crown and deletion of segments on the precision of estimates. **Journal of Forest Science**, v.53, n.7, p.320 – 333, 2007.
- DUCEY, M. J.; ZARIN, D. J.; VASCONCELOS, S. S. & ARAUJO, M. M. Biomass equations for forest regrowth in the eastern Amazon using randomized branch sampling. **Acta Amazônica**, v.39, n.2, p. 349-360, 2009.
- GREGOIRE, T. G.; VALENTINE, H. T. **Sampling strategies for natural resources and the environment.** New York, p.474, 2007.
- GOOD, M.; PATERSON, M.; BRACK, C.; MENGERSEN, K.; Estimating tree component biomass using variable probability sampling methods. **Journal of Agricultural**, v.6, p. 258 – 267, 2001.
- JESSEN, R. J. Determining the fruit count on a tree by randomized branch sampling. **Biometrics**, v.11, n.1, p. 99 – 109, 1955 .
- LÔBO, R. N. **Amostragem aleatória de ramos como método para estimar os estoques em volume, biomassa e carbono em Floresta Estacional no estado de Goiás.** 2012, 127p., Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília.
- SEAB. **Secretária de Agricultura e Abastecimento.** Disponível em: [http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/Erva\\_Mate\\_2013\\_2014.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/Erva_Mate_2013_2014.pdf). Acesso em: 27 jul. 2015.
- TEMESGEN, H.; MONLEON, V.; WEISKITTEL, A.; DUNCAN, W. Sampling Strategies for Efficient Estimation of Tree Foliage Biomass. **Forest Science**, v. 57, p.153 – 163, 2011.

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UM FRAGMENTO FLORESTAL APÓS DUAS DÉCADAS DA REALIZAÇÃO DO PLANO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL**

**ANALYSIS OF BEHAVIOUR OF A SHRED FOREST PLAN AFTER TWO DECADES OF ACHIEVEMENT OF SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT**

Robson Júnior Bach<sup>1</sup> Simone Rigo Franciele Alba da Silva Fabiano de Oliveira Fortes

**RESUMO**

Após duas décadas da proibição do uso comercial das florestas nativas do Rio Grande do Sul, iniciaram-se os primeiros estudos sobre o efeito dos Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS). Estes trabalhos demonstram, principalmente, qual foi o efeito dos PMFS em florestas naturais e, subsidiar a alteração da atual legislação em favor do retorno do uso sustentável do patrimônio florestal. Este trabalho tem por objetivo analisar um fragmento de floresta localizado em área de transição entre a Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual, onde foi desenvolvido um PMFS entre os anos de 1993 e 1994. A área de 52 ha se localiza no município de Erval Seco na região Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Para tanto, foram instaladas 24 unidades amostrais de 10 x 20 m em uma grade sistemática de 100 x 70 m. Nas unidades foram levantadas as informações de diâmetro, altura comercial e altura total dos indivíduos com mais de 10 cm de Diâmetro Altura do Peito (DAP) além da identificação botânica a nível de família, gênero e espécie. Observou-se que a floresta encontra-se próximo aos valores obtidos pelo inventário base para o Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), sendo que atualmente o fragmento apresenta volume estimado de indivíduos vivos de 192,02 m<sup>3</sup>/ha, enquanto que em 1993 pré manejo foi observado um volume de 190,37 m<sup>3</sup>/ha, quando comparado com o volume obtido para as folhosas o presente estudo obteve volume estimado de 128,07 m<sup>3</sup>/ha e de 63,95 m<sup>3</sup>/ha para *Araucaria angustifolia*, enquanto que em 1993 o volume de espécies folhosas e de *Araucaria angustifolia*, era de 131,78 e 58,59 respectivamente. Sendo assim, nota-se que *Araucaria angustifolia* respondeu melhor ao PMFS, aumentando o seu volume por hectare em relação a 1993, enquanto que para as folhosas o volume encontrou-se próximo ao de 1993. Desta maneira, é possível concluir que a intervenção na floresta favoreceu a dinâmica da araucária em relação a de folhosas porem ambas apresentaram boa resposta a intervenção. Assim como por apresentar volume superior ao de 1993 a área seria passível de novo PMFS.

**Palavras-chave:** *Araucaria angustifolia*; Volume comercial; Manejo Florestal Sustentável; Floresta Estacional Decidual

**ABSTRACT**

After two decades of prohibition of commercial use of native forests of Rio Grande do Sul, started up the first studies on the effect of Plans for Sustainable Forest Management (PMFS). These works show mainly what was the effect of PMFS in natural forests and support to change the current legislation in favor of the return of sustainable use of the forest estate. This work aims to analyze a fragment of forest located in the transition area between the Araucaria Forest and Deciduous forest, where we developed a PMFS between the years 1993 and 1994. The area of 52 ha is located in the municipality of Herbal Dry in the Northwest region of Rio Grande do Sul, Brazil. Therefore, 24 sampling units were installed 10 x 20 m in a systematic grid of 100 x 70 m. The units were raised the diameter of information, commercial height and total height of the individuals over 10 cm diameter breast height (DBH) in addition to the botanical identification at the level of family, genus and species. It was observed that the forest is close to the values obtained by the inventory basis for Sustainable Forest Management Plan (SFMP wherein the fragment has currently estimated volume of living individuals 192.02 m<sup>3</sup> / h, whilst in 1993 it was observed pre handling a volume of 190.37 m<sup>3</sup> / h, when compared with the volume obtained for hardwoods this study was estimated volume of 128.07 m<sup>3</sup> / h and 63.95 m<sup>3</sup> / ha for *Araucaria angustifolia*, whereas in 1993 the volume of hardwood species and *Araucaria angustifolia*, was 131.78 and 58.59, respectively. Thus, it is noted that *Araucaria angustifolia* responded better to PMFS, increasing the volume per hectare compared to 1993, while for hardwood volume was found close to 1993. In this way, it is possible to conclude that the intervention in forest favored the dynamics of araucaria compared to hardwood put both showed good response to intervention. As well as to present which exceeds the 1993 area would be subject to new SFMP.

**Keywords:** *Araucaria angustifolia*; Sustainable Forestry Management; Mixed Ombrophilus Forest; Seasonal Deciduous Forest.

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal; Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil, E-mail: robsubach@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Os remanescentes florestais existentes resultam de inúmeras interferências humanas para mudar o uso do solo, com a finalidade de gerar lucros para seus proprietários (CAIRNS, 1988; SEPÚLVEDA et al., 1997). Portanto, uma maneira de evitar que os fragmentos florestais existentes sejam extintos, seria a utilização desses fragmentos de maneira lucrativa para os proprietários; contudo no estado do Rio Grande do Sul os Planos de Manejo Florestal Sustentável foram proibidos ainda na década de 1990, através do Código Florestal Estadual, Lei nº 9.519 de 1992 (RIO GRANDE DO SUL, 1992).

Dentre as tipologias florestais presentes no estado do Rio Grande do Sul destacam-se a Floresta Estacional Decidual, sendo que a mesma se caracteriza por apresentar caducifolia pronunciada, a qual atinge 50% ou mais dos indivíduos constituintes do estrato dominante (VACCARO, 1997). Essa tipologia florestal apresenta grande diversidade de fauna e de flora, sendo assim de extrema importância devido sua grande biodiversidade (BONACINA et al., 2005); e a Floresta Ombrófila Mista, a qual destaca-se por apresentar no dossel superior predominantemente *Araucaria angustifolia*, contudo sob a cobertura das copas das araucárias, encontram-se outras espécies de árvores, arbustos, ervas, epífitas e lianas, que variam em abundância e porte de acordo com o local e do estágio de desenvolvimento da comunidade em questão (RAMBO, 1956; KLEIN 1960).

Os Planos de Manejo Sustentável foram proibidos no estado devido à baixa cobertura florestal, apenas 5,62%, em 1983 (BRASIL, 1983), com o objetivo de preservar os fragmentos existentes e evitar que espécies fossem extintas. Entretanto estudos realizados posteriormente consideram que a cobertura florestal do estado seria de 17,53% (SEMA/UFSM, 2001). Tendo esta perspectiva em vista pauta-se a reintrodução dos Planos de Manejo Sustentável, porém para reintroduzir o Manejo Sustentável em fragmentos florestais é necessário verificar se os fragmentos nos quais foram realizados os Planos de Manejo Sustentável apresentaram os resultados esperados, desde a manutenção do fragmento florestal, bem como, se a ecologia das espécies e a estrutura do fragmento cumpriram o processo dinâmico de recomposição e reestruturação da floresta.

Para ter seu potencial de exploração confirmado é necessário entender a dinâmica de crescimento e incremento destas florestas. Para isso, as estimativas de crescimento são de vital importância para o planejamento de um empreendimento florestal, entre elas quantidade de madeira a ser cortada e quais espécies (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). Contudo, é imprescindível que as operações a serem executadas sejam fundamentadas em critérios técnicos em destaque a produtividade por unidade de área, obtida através da análise do crescimento e da dinâmica de florestas (MATTOS et al. 2008).

O objetivo do presente trabalho foi analisar o fragmento florestal composto por um ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual, duas décadas após sua exploração através de um Plano de Manejo Florestal Sustentável, buscando analisar os efeitos do manejo no estoque de madeira do fragmento.

## MATERIAS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A área do fragmento em estudo situa-se entre as coordenadas geográficas 27° 37' 05'' e 27° 36' 31'' S; 53° 29' 10'' e 53° 29' 34'' O, com altitude variando entre 487 m e 550 m, em relação ao nível do mar. O fragmento florestal apresenta uma área de aproximadamente 52 hectares, localizado no município de Erval Seco, esta adjacente a Reserva Biológica Municipal Moreno Fortes, sendo que conjuntamente formam um grande maciço florestal com 629 ha, situa-se na região fisiográfica do Alto Uruguai – Noroeste do estado do Rio Grande do Sul

A área estudada está inserida no Bioma Mata Atlântica e se apresenta em área de tensão ecológica, (área de mistura florística entre tipos de vegetação), trata-se portanto de uma área de transição entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Decidual (PORT; FISCH, 2013).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa - subtropical com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, temperatura do mês mais frio entre 3° e 18° C, e do mês mais quente superior a 22° C, a temperatura média anual supera 18° C, e a precipitação média anual é de 1770 mm (MORENO, 1961).

### Inventário florestal

Para o estudo da vegetação, realizou-se o inventário florestal, onde foram amostradas 24 parcelas sendo estas com área fixa medindo 10 m x 20 m (200 m<sup>2</sup>). Estas distribuídas de forma sistemática ao longo do fragmento, tal processo consiste no sorteio aleatório da primeira parcela, e distribui-se as demais de forma sistemática, sendo

que para este estudo as parcelas foram distribuídas da seguinte forma: distância entre centros de parcelas de 70 metros na linha e espaçamento de 100 metros entre os transectos.

Posteriormente identificou-se as espécies florestais e coletou-se dados referentes a Diâmetro a Altura do Peito (DAP), altura total e comercial estimada. Para o parâmetro DAP utilizou-se como valor mínimo de interesse DAP igual a 10 cm, sendo este tomado a altura de 1,30 m do solo.

Para obtenção dos parâmetros fitossociológicos do presente trabalho fez-se o uso do software livre FITOPAC 2.1 desenvolvido por Shepherd (2012). Forster (1973) aconselha caracterizar as espécies pelo Valor de Cobertura (Densidade + Dominância Relativas), método de BRAUN-BLANQUET, muito difundido em Botânica. Assim, uma espécie é caracterizada através do potencial dessa espécie. Também foram obtidos, resultados referentes a densidade e riqueza, além da obtenção do Índice de Diversidade de Shannon (H'), o qual consiste na diversidade florística do remanescente florestal. O Índice de Diversidade de Shannon (H'), situa-se frequentemente entre 1,5 e 3,5, podendo chegar a valores em torno de 4,5, em florestas tropicais, quanto maior o valor encontrado mais diversa é a comunidade (FELFILI; REZENDE, 2003).

Para obtenção do volume de cada indivíduo, pertencente ao remanescente florestal, seguiu-se a mesma metodologia adotado pelo Plano de Manejo Sustentável realizado para a área em 1993, sendo o fator de forma utilizado para as espécies de folhosas de 0,55, e para os indivíduos de araucária sendo de 0,65. Para a análise utilizou-se a seguinte fórmula:

$$V = \frac{DAP^2 * \pi}{4} * Hc * F$$

Onde: V = Volume comercial; DAP = Diâmetro a Altura do Peito (1,30 m);  $\pi = 3,14159...$ ; Hc = Altura comercial e F = Fator de forma.

Posteriormente a obtenção do volume comercial individual foram obtidos dados de volume comercial total por hectare, além do volume/ha para as espécies de folhosas e o volume/ha para as coníferas (*Araucaria angustifolia*).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Composição Florística

Quanto a riqueza florística foram encontradas 50 espécies pertencentes a 24 famílias botânicas, resultado próximo ao que foi obtido em 1993 onde foram encontradas 52 espécies pertencentes a 24 famílias botânicas. Sendo as espécies com maior valor de cobertura no presente trabalho, *Araucaria angustifolia* (22,19), *Cabraela canjerana* (14,64), *Nectandra lanceolata* (14,08), *Cedrela fissilis* (13,15) e *Cordia americana* (10,78). Ao analisarmos a riqueza de espécies por família, nota-se Fabaceae (8), Myrtaceae (5), Sapindaceae (4), Lauraceae (3) e Meliaceae (3), como as famílias com maior riqueza de espécies.

O fragmento estudado apresentou elevada diversidade florística, conforme observado através do Índice de Diversidade de Shannon (H') estimado em 3,547, uma vez que considera-se a diversidade de Shannon alta quando a mesmo estiver acima de 3, média entre 2 e 3, baixa entre 1 e 2 e muito baixa quando menor que 1 (CAVALCANTI; LARRAZÁBAL, 2004). Sendo este índice superior ao encontrado em 1993 no PMFS, o qual foi de 3,22, comparando com Vendruscolo, (2015) que estudou o fragmento em 2013, e encontrou índice de Shannon de 3,77 nota-se que este foi ligeiramente superior ao do presente trabalho. Quando comparamos a trabalhos em Floresta Estacional Decidual, o mesmo foi similar ao valor encontrado por Scipioni, et al. (2011), os quais encontraram índice de 3,49, estudando fragmento na mesma região. O Índice de Diversidade de Shannon (H') mostrou-se superior do que encontraram Sonego et al. (2007) e Cordeiro e Rodrigues, (2007) para áreas de Floresta Ombrófila Mista.

### Parâmetros dendrométricos

Após realizado a análise dos dados, encontrou-se um número de 477 indivíduos por hectare, sendo este valor considerado baixo quando comparados aos dados do Inventário Florestal Continuo do Rio Grande do Sul, onde foi obtido valores médio estimado de 831,05 ind./ha e 831,85 ind./ha para Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual respectivamente (SEMA/UFSM, 2001). Porém quando comparado ao PMFS, realizado na mesma área em 1993, o mesmo se encontra próximo ao valor obtido, 439 ind./ha, demonstrando, desta forma, que o fragmento em questão se recuperou quando se trata do quesito densidade.

O resultado do inventário florestal realizado no ano de 1993 que subsidiou o plano de manejo, aprovado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, apresentou volume comercial de 210,83 m³/ha,

sendo permitida a retirada de madeira de forma sustentável, de 55,83 m<sup>3</sup>/ha, devendo permanecer na área um estoque de 155,00 m<sup>3</sup>/ha. Ressalta-se ainda que do volume total 20,46 m<sup>3</sup>/ha são de indivíduos mortos.

Comparando os resultados com o do presente trabalho observa-se que o volume total de indivíduos vivos é ligeiramente maior do que o encontrado em 1993, o qual foi de 190,37 m<sup>3</sup>/ha e no presente trabalho de 192,02 m<sup>3</sup>/ha, o que permite por vez dizer que o presente fragmento em um prazo de 20 anos teve a capacidade de recuperar o mesmo estoque de madeira existe antes da realização do plano de manejo que ocorreu entre os anos de 1993 e 1994.

Quando analisou-se o número de indivíduos por hectare notou-se que a araucária apresenta no presente trabalho densidade inferior a encontrada anteriormente ao PMFS, sendo de 23 ind./ha e 32 ind./ha respectivamente. Porém o mesmo não foi verificado quando observou-se o volume, uma vez que para a espécie *Araucaria angustifolia* em 1993 o volume comercial era de 58,59 m<sup>3</sup>/ha, enquanto que no presente trabalho o volume desta espécie foi de 63,95 m<sup>3</sup>/ha. Observou-se assim, que apesar de apresentar uma menor densidade da espécie no fragmento, a mesma apresentou volume superior ao encontrado em 1993, através disso percebeu-se que os indivíduos remanescentes tiveram contribuição do plano de manejo aplicado, pois a retirada de indivíduos proporcionou espaço para o desenvolvimento dos remanescentes no povoamento, o que contribuiu para este aumento em volume.

Quando analisou-se as espécies folhosas, por sua vez, foi encontrado uma densidade de 407 ind/ha em 1993, enquanto que no presente trabalho este valor foi de 454 ind/ha, contudo quando observou-se os dados de volume, percebe-se que o volume comercial atual apresenta valor ligeiramente menor ao valor encontrado anteriormente ao PMFS, o qual foi de 128,07 m<sup>3</sup>/ha, enquanto que em 1993 o mesmo era de 131,78 m<sup>3</sup>/ha

Observa-se que a espécie *Araucaria angustifolia* apresentou incremento em volume superior ao das folhosas, uma vez que passado duas décadas da exploração por PMFS, a espécie apresenta volume superior ao estimado na época, enquanto que as espécies do grupo das folhosas não chegaram a atingir o volume existente pré PMFS. Sendo assim, o resultado obtido nesse estudo foi semelhante ao que diz Rosot, (2007), que vê a aplicação do Plano de Manejo Sustentável de forma correta como sendo uma opção para evitar um futuro desaparecimento da *Araucaria angustifolia*.

Analisando-se estes resultados, percebe-se que as espécies folhosas são mais sensíveis a uma intervenção silvicultural quando compara-se com a araucária, sendo assim, ressalta-se que estas espécies devem ser melhor compreendidas e estudadas antes da realização de uma intervenção na floresta, como é o caso do PMFS. Ainda Rosot (2007) afirma que intervenções eventuais na floresta, de forma isolada e sem planejamento no tempo e no espaço não seria manejo, e sim, exploração pura e simples de seus recursos, o autor ressalta ainda, que todo manejo implica, essencialmente, na conservação e melhoria da floresta em questão, promovendo ações de recuperação, restauração, manutenção e regulação.

## CONCLUSÕES

Após análise dos resultados obtidos com o estudo do fragmento e o comparativo com os dados do PMFS de 1993, pode-se concluir que:

O presente trabalho apresentou elevada diversidade de espécies, conforme foi demonstrado pela interpretação do Índice de Diversidade de Shannon, o que demonstra a importância da conservação e da aplicação de manejo adequado ao presente fragmento florestal.

As espécies de maior importância foram *Araucaria angustifolia*, *Cabraela canjerana*, *Nectandra lanceolata*, *Cedrela fissilis* e *Cordia americana*.

A área estudada trata-se de um Ecótono, área de contato entre a Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual, resultando em uma composição florística com mistura de floras. Além de ser uma área onde foram realizados PMFS, o que torna o remanescente de grande importância para estudos ecológicos de longa duração e planejamento para futuros Planos de Manejo Florestal Sustentável.

Quanto a densidade e volume do presente fragmento florestal o mesmo mostrou-se positivo, demonstrando que o fragmento teve capacidade de se recuperar após sofrer perturbações, sendo capaz inclusive, de recuperar sua estrutura para valores superiores aos obtidos antes da realização do PMFS.

A restauração do sistema foi obtida para todo o fragmento, contudo ressalta-se que a *Araucaria angustifolia*, apresentou maior poder de se recuperar em relação as espécies de folhosas.

Conforme observado no trabalho, e levando em consideração os dados do PMFS, pode-se dizer que o presente fragmento seria passível de um novo PMFS.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONACINA, D.M.; BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VIERA M. Deposição de serapilheira em três estágios sucessionais de uma floresta estacional decidual em Santa Tereza, RS. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife. **Anais...** Recife, 2005. p. 30.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Departamento de Economia Florestal. **Inventário Florestal Nacional: Florestas Nativas do Rio Grande do Sul**. Brasília: 345 p. 1983.
- CAIRNS, J. Increasing diversity by restoring damaged ecosystems. In: WILSON, E. O. **Biodiversity**. Washington: National Academy Press, p.333-344, 1988.
- CAVALCANTI, E. A. H.; LARRAZÁBAL, M. E. L. de. Macrozooplâncton da zona econômica exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica - REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, p. 467-475, 2004.
- CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W.A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.545-554, 2007.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Universidade de Brasília, 68 p. 2003.
- FORSTER, M. Strukturanalyse eines tropischen Regenwalds in Kolumbien. **Allg. Forst.-u. J.-Stg**, Wien, v.144, n.1, p. 1-8, 1973.
- KLEIN, R. M. **O aspecto dinâmico do pinheiro-brasileiro**. Sellowia, Itajai, v. 12, n.12, p. 17-48, 1960.
- MATTOS, P. P de; GARRASTAZU, M. C; LACERDA, A. B de; ROSOT, M. A. D; OLIVEIRA, Y. M. M. de. Demonstração de Diferentes Protocolos para Implantação de Parcelas Permanentes em Floresta Ombrófila Mista. **Comunicado Técnico 208**. Embrapa, Colombo, 6p, nov. 2008.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura. 1961.
- PORT, D.; FISCH, F. Aves da Reserva Biológica Municipal Moreno Fortes, Rio Grande do Sul, Brasil. **CEMAVE**. v. 5, n. 2, 2013.
- RAMBO, S. J. B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Selbach, 456 p.1956.
- RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 9.519, de 21 de janeiro de 1992**. Institui o Código Florestal do Estado de Rio Grande do Sul e dá providências.
- ROSOT, M. A. D. Manejo florestal de uso múltiplo: uma alternativa contra a extinção com Floresta com Araucária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.55, p.75-85, 2007.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: FACOS - UFSM. 566p. 2008.
- SCIPIONI, M. C. et al. Fitossociologia em fragmento florestal no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 409-419, 2011.
- SEMA/UFSM-RS. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, v.1, 706 p. 2001.
- SEPÚLVEDA, C.; MOREIRA, A.; VILLARROEL, P. Conservación biológica fuera de las áreas silvestres protegidas. **Revista Ambiente y Desarrollo**, v. 13, n. 2, p. 48-58, 1997.
- SHEPHERD, G.J. **FITOPAC versão 2.1** software computacional e manual do usuário. Campinas: Departamento de Botânica da UNICAMP, 2012.
- SONEGO, R.C.; BACKES, A.; SOUZA, A.F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 943-955, 2007.
- VACCARO, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza, RS**. 1997. 104 f. Dissertação [Mestrado em Silvicultura] - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.
- VENDRUSCULO, R. **Dinâmica Fitossociológica e de crescimento de um fragmento florestal manejado em 1993, no noroeste do RS**. Frederico Westphalen, 77 p. 2015.



ANÁLISE ESPACIAL APLICADA A ESTEPE SAVANÍCOLA NO PARQUE ESTADUAL DO  
ESPINILHO, BARRA DO QUARAÍ, RS, BRASIL

SPACE ANALYSIS APPLIED FOR SEASONAL STEPPE SAVANNAAT 'PARQUE ESTADUAL DO  
ESPINILHO' IN BARRA DO QUARAÍ, RS, BRAZIL

Lúcio de Paula Amaral<sup>1</sup> Luciano Farinha Watzlawick Solon Jonas Longhi Gerson dos Santos Lisboa

RESUMO

A vegetação florestal pode apresentar variáveis com comportamento contínuo (autocorrelacionadas no espaço e/ou no tempo) ou discretas (aleatórias) dependendo da forma como os elementos arbóreos se distribuem, interagem e ocupam os espaços. O objetivo deste trabalho foi avaliar do ponto de vista da análise espacial, qual destes comportamentos as variáveis obtidas na vegetação arbórea em na Estepe Estacional Savanicola apresenta e determinar qual a técnica mais apropriada para gerar mapas de superfície, geoestatística ou funções de kernel. Foram utilizadas as variáveis número de indivíduos (NI) e de espécies (S), diversidade de Shannon ( $H'$ ) e área basal ( $G_i$ ), obtidas de 400 subunidades de 100 m<sup>2</sup> de uma parcela permanente (4 ha) localizada no Parque Estadual do Espinilho em Barra do Quaraí, RS, e relacionadas às suas coordenadas centrais. A análise geoestatística foi realizada no *Software* GS+ e as funções de kernel foram utilizadas no *Software* Arc Map 10. Os ajustes dos semivariograma indicaram haver grande aleatoriedade no comportamento das variáveis, sendo então empregada as funções de kernel para determinar o padrão espacial por meio da densidade das variáveis. Conclui-se que as variáveis desta formação vegetacional comportaram-se de maneira discreta (comportamento aleatório do ponto de vista da análise espacial) e as funções de kernel foram mais adequadas para o uso da análise espacial nesta situação.

**Palavras-Chave:** Espinilho; Variabilidade espacial; Mapas de calor de kernel; Manejo florestal de precisão.

ABSTRACT

The forest vegetation can have variables with continuous behavior (autocorrelated in space and/or time) or discrete (random) depending on how the arboreal elements are distributed, interact and occupy the space. The objective of this study was to evaluate from the perspective of spatial analysis which of these behaviors the variables obtained in forest vegetation at 'Estepe Estacional Savanicola' features and determine the most appropriate technique to generate surface maps, geostatistics or functions kernel. Were used the variable number of individuals (NI) and species (S), Shannon diversity index ( $H'$ ) and basal area ( $G_i$ ) obtained in 400 subunits of 100 m<sup>2</sup> this permanent plot (4 ha) located in 'Parque Estadual do Espinilho' in Barra do Quaraí, RS, and related to the central coordinates. The geostatistical analysis was performed in software GS+ and kernel functions were used in the software Arc Map 10. The adjustments of the semivariogram indicated be great randomness in the behavior of variables then being used kernel functions to determine the spatial pattern through the density of the variables. The conclusion is that the variables of this vegetation formation behaved discreetly (random behavior from the perspective of spatial analysis) and kernel functions were better suited to the use of spatial analysis in this situation.

**Keywords:** Espinilho; Spatial variability; Kernel heat maps ; Precision forest management

INTRODUÇÃO

A análise espacial é uma rotina de análise aplicada em geoprocessamento onde se procura empregar determinadas metodologias para detectar padrões de comportamento espacial de objetos, eventos e/ou processos geográficos. A análise espacial é uma forma de agregar valor aos dados geográficos e transformar dados em informação útil, que pode revelar situações ou comportamentos, que de outro modo seriam invisíveis, o que torna explícito aquilo que era implícito (LONGLY et al., 2013). Na área de geociência estas rotinas de análise fazem parte da geração de informação geográfica.

Neste contexto, a vegetação é entendida como um fenômeno geográfico, que pode variar de forma discrepante. A primeira maneira seria uma variação gradual no espaço conforme a Lei de Tobler ou Primeira Lei da Geografia (variáveis contínuas ou regionalizadas), em que tudo aquilo que está próximo tende a ser mais similar em relação à aquilo que está mais distante, e a segunda maneira seria apresentar extrema irregularidade violando esta Lei (variáveis aleatórias ou discretas). Duas técnicas divergentes podem ser aplicadas à análise espacial da vegetação, a geoestatística, que trata das variáveis regionalizadas (atendendo a Lei de Tobler), que gera estimativas dependentes da distância entre pontos de observação utilizando o semivariograma e o interpolador krigagem dentre outras técnicas de interpolação, e os mapas de calor por funções de kernel, que tratam da variabilidade espacial de fenômenos não contínuos no tempo e/ou no espaço,

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Prof. UFSM, DER/CCR; PPGAP, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: amaralufsm@gmail.com

ou seja, variáveis discretas e geram estimativas de densidade (SOARES, 2006; YAMAMOTO e LAMDIN; LONGLEY et al., 2013).

Desta forma, a análise espacial tem grande potencial para auxiliar no estudo e caracterização da vegetação, ao tornar evidente no espaço o comportamento e o padrão da mesma, o que facilitaria ao gestor florestal decidir pela melhor forma de intervenção no ambiente, seja com fins de produção, preservação, conservação ou restauração. De forma análoga ao que ocorre na agricultura de precisão, a análise espacial é a base para o que pode ser chamado de “Floresta de Precisão” ou “Manejo Florestal de Precisão”, quando associada aos conhecimentos já existentes sobre as nossas florestas (silvicultura, manejo, ecologia das espécies, exploração, dentre outros).

O objetivo deste trabalho foi avaliar se as variáveis obtidas na vegetação arbórea na Estepe Estacional Savânica apresentam-se do ponto de vista da análise espacial como variáveis contínuas ou discretas e determinar qual a técnica mais apropriada para gerar mapas de superfície, sendo estas geoestatística (variáveis contínuas) ou mapas de funções de kernel (variáveis discretas).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é uma parcela de 4 hectares permanente descrita por Watzlawick et al., (2014) no Parque dos Espinilho em Barra do Quaraí, RS, Brasil (Figura 1). A parcela foi dividida em 400 subunidades de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m) sendo numerados, mensurados CAS  $\geq$  15,7 cm (Circunferência a 30 cm do nível do solo), altura total e identificadas todas as espécies dos indivíduos presentes. A parcela localiza-se entre as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 451871 E e 6659124 N e 452199 E e 6658857 N (Meridiano Central -57) – Datum planimétrico WGS 84, com altitude média de 52 m.

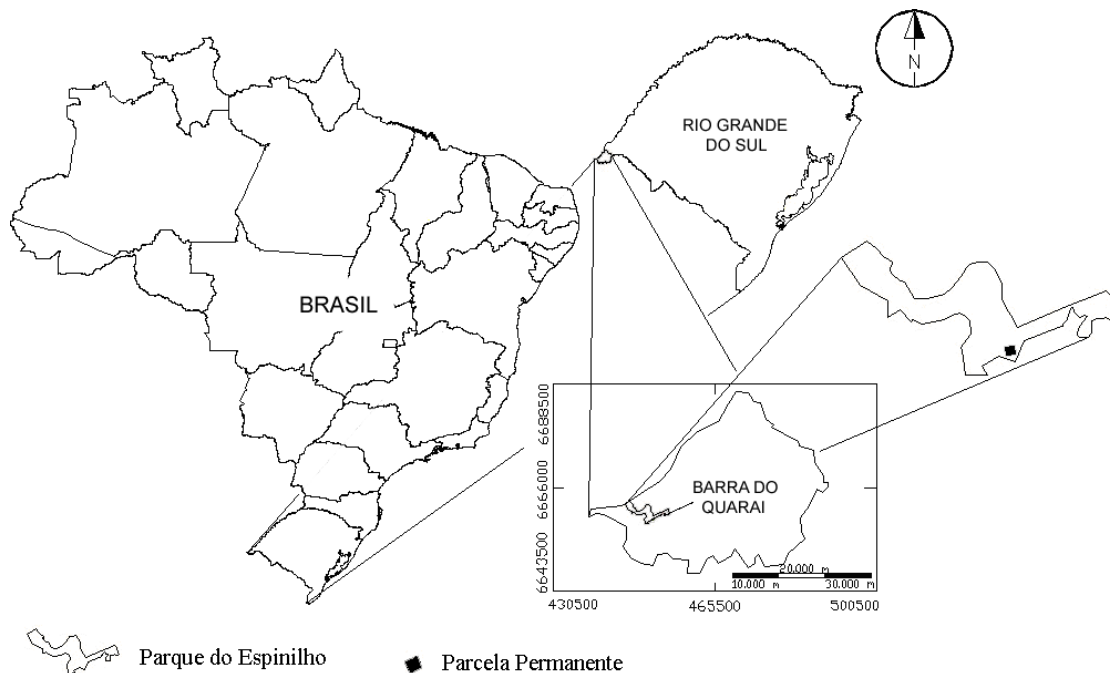


Figura 1- Localização da área de estudo.

Figure 1- Location of the study area.

O clima da região conforme classificação de Köppen é *Cfa*, com médias anuais de temperatura de 23,4°C, tendo a temperatura do mês mais quente inferior a 22° C e a do mês mais frio superior a 3° C, com formação de geadas frequentes (MORENO, 1961). Pastore et al. (1986) acrescentam que o clima caracteriza-se por apresentar dupla estacionalidade, provocada por um período frio no inverno, alternado por um período subúmido e quente no verão. As chuvas são bem distribuídas durante todo o ano com uma média anual variando entre 1300 a 1500 mm, apresentando índices médios mensais superiores a 100 mm, o que não exclui a ocorrência de déficit hídrico nos meses mais quentes.

O solo do Parque do Espinilho foi classificado como Chernossolos, moderadamente drenado, de coloração bruno-escuro a brunoacinzentada muito escura, sendo derivados de diferentes litologias e sob vegetação de Savana e Estepe. Na sua grande maioria são utilizados com pastagens naturais e cultivos agrícolas. De uma maneira geral, os solos desta classe são de ótima fertilidade natural, no entanto, apresentam propriedades físicas adversas ao uso, principalmente com cultivos agrícolas (EMBRAPA, 2006).

A vegetação no local foi classificada por Leite (1994) como Estepe Estacional Savanícola está associada ao xerofitismo. Para Reitz et al. (1983) o aspecto fisionômico da vegetação do Parque é determinado principalmente pelo gregarismo das duas espécies de *Prosopis* e *Acacia caven*, atualmente identificada por *Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger que dão a vegetação o caráter xeromórfico, além da presença de floresta de galeria e pequenos agrupamentos de outras espécies.

A partir das coordenadas obtidas a campo com receptor GPS de navegação, foi possível vetorizar a parcela permanente e suas respectivas subunidades no Auto Cad 2012 (arquivo dxf). Posteriormente estes vetores foram importados para o Arc Map 10, onde foram convertidos para arquivo *shapefile*, sendo obtidos os centróides de cada subunidade (coordenadas centrais) para ancorrar os parâmetros fitossociológicos obtidos por Watzlawick et al. (2014), e assim constituir o banco de dados espaciais utilizado para a realização das análises espaciais propostas. Os parâmetros avaliados foram número de indivíduos (NI), número de espécies (S), área basal ( $G_i m^2$ ) e índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ).

Anteriormente às análises espaciais foi aplicada análise de estatística descritiva para melhor conhecer as variáveis. As análises espaciais foram constituídas pela análise variográfica (ajuste de semivariogramas) para a detecção do grau de dependência espacial (DE) realizadas no *Software* GS+. O semivariograma é a ferramenta da geoestatística para determinar a correlação da variância com a distância e determinar se ocorre Dependência Espacial (DE) em um conjunto de dados contínuos no tempo e no espaço (autocorrelação), conforme a expressão matemática (1) (ISAACS e SRIVASTAVA, 1989):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_{(xi)} - Z_{(xi+h)}]^2 \quad (1)$$

Em que:  $\gamma(h)$  = é a semivariância estimada;  $N(h)$  = é o número de pares de valores medidos  $[Z_{(xi)} - Z_{(xi+h)}]^2$  separados por um vetor de distância  $h$ .

A expressão matemática (2) da interpolação por krigagem é dada por (VIEIRA, 2000):

$$\hat{Z}_{(x_0)} = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_{(x_i)} \quad (2)$$

Em que:  $\hat{Z}_{(x_0)}$  = é o valor estimado em um local não amostrado;  $Z_{(x_i)}$  = é o valor de uma dada variável obtido por amostragem na floresta;  $\lambda_i$  = é o peso associado ao valor obtido na posição  $x_i$ ;  $n$  = número de vizinhos.

Na constatação de ausência de DE espacial, a metodologia de análise espacial empregada foi a geração de mapas de calor por funções de Kernel no Arc Map 10, onde foram estimadas as densidades das variáveis dentro da área de estudo. O estimador de densidade kernel desenha uma vizinhança circular ao redor da cada ponto da parcela permanente, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, na fronteira da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores kernel sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN, 1986). No *Software* Arc Map 10 a função de kernel utilizada é a gaussiana. O raio de pesquisa foi definido em 30 m para que os kernel gerados não ficassem isolados. A densidade das variáveis é dada pela expressão matemática (3):

$$\hat{\lambda}_\tau(u) = \frac{1}{\tau^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d(u_i; u)}{\tau}\right), d(u_i; u) \leq \tau \quad (3)$$

Em que:  $\tau$  = raio de pesquisa (tamanho do kernel);  $k$  = função de Kernel (gaussiana);  $n$  = número de eventos;  $d$  = distância entre a posição  $u$  e a  $i$ -ésima subamostra;  $u$  = localização das variáveis na área de estudo,  $\hat{\lambda}_\tau(u)$  = densidade da variável na posição  $u$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estatística descritiva (Tabela 1) apontou que as variáveis apresentaram curva de distribuição de frequência acumulada com desvio em relação à curva normal devido a diferença entre média (M.), moda (Mo.) e mediana (Md.). Apresentaram também elevados coeficientes de variação (CV%), coeficiente de curtose (C) leptocúrtica e assimetria positiva, sendo esta última forte para número de indivíduos (NI) e área basal (G<sub>i</sub>) por subunidade. Esta situação não favoreceu o ajuste dos semivariogramas e sugerem haver forte aleatoriedade nas variáveis analisadas.

Tabela 1- Estatística descritiva para as variáveis obtidas na parcela permanente no Parque do Espinilho

Table 1- Descriptive statistics for the variables obtained in permanent plot in 'Parque do Espinilho'

V.	Min.	Máx.	M.	E.P.	N. C.	Md.	Mo.	S <sup>2</sup>	S	CV%	C	A
NI	0	32	1,5	0,1	0,2	1	0	6,4	2,5	57,75	60,0	6,1
S	0	6	0,8	0,0	0,1	1	1	0,8	0,9	91,94	3,3	1,4
H'	0	1,49	0,14	0,02	0,03	0	0	0,10	0,32	44,02	3,61	2,15
G	0	0,6884	0,0406	0,0033	0,0064	0,0197	0	0,0043	0,0652	62,25	30,82	4,26

Legenda: V.= variáveis; Min.= valor mínimo; Máx.= valor máximo; M.= média; E.P.= erro padrão da média; N. C.= nível de confiança da média (95%); Md.= mediana; Mo.= moda; S<sup>2</sup>= variância da amostra; S= desvio padrão; CV%= coeficiente de variação; C= curtose; A= assimetria.

No ajuste dos semivariogramas (Figura 2 e Tabela 2) foi observada inconsistência, pois foram obtidos poucos pareamentos (semivariograma experimental) na região ascendente do semivariograma teórico ou linha de ajuste (região correspondente à variação estruturada, que confere dependência espacial) e um pequeno alcance (a), distância dentro da qual as subunidades estariam correlacionadas.

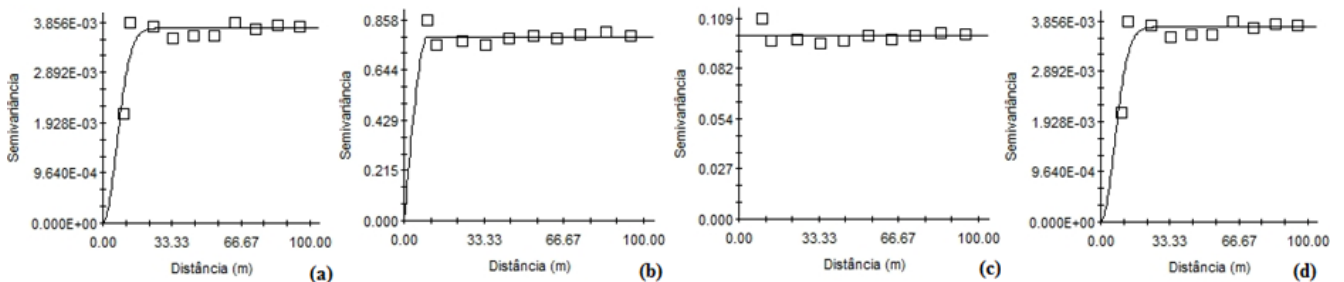


Figura 2- Semivariograma Isotrópico para as variáveis obtidas na parcela permanente no Parque do Espinilho: número de indivíduos (a), número de espécies (b), índice de diversidade de Shannon (c) e área basal (d).

Figure 2- Isotropic Semivariogram for the variables obtained in permanent plot in 'Parque do Espinilho': number of individuals (a), number of species (b), Shannon diversity index (c) and basal area (d).

Tabela 2- Parâmetros semivariográficos para as variáveis obtidas na parcela permanente no Parque do Espinilho

Table 2- Semivariogram parameters for the variables obtained in permanent plot in 'Parque do Espinilho'

Variável	Modelo	Co	Co+C	C'	A	R <sup>2</sup>	SQR	C/(C+Co)	DE
NI	Esférico	0,1000	5,2660	5,1660	16,50	0,56	2,24	0,99	Forte
S	Esférico	0,0010	0,7870	0,7860	9,90	0,00	0,0087	0,99	Forte
H'	Linear	0,0992	0,0992	0,0000	94,81	0,01	0,0001	0,00	EPP
G	Gaussiano	0,00001	0,00374	0,0036	16,28	0,75	6,41.10 <sup>-7</sup>	0,99	Forte

Legenda: NI= número de indivíduos; S= número de espécies; H'= índice de diversidade de Shannon; G<sub>i</sub>= área basal; Co= efeito pepita; (C+Co) = patamar; C'= contribuição ou variância estruturada; A= alcance (m); R<sup>2</sup>= coeficiente de determinação; SQR= soma dos quadrados dos resíduos; C/(C+Co)= dependência espacial; DE= classe de dependência espacial; EPP= efeito pepita puro.

Mesmo nos semivariogramas para NI, S e G<sub>i</sub>, apesar de ter sido observada forte dependência espacial, ela não é verdadeira, uma vez que os modelos devem apresentar valor de efeito pepita (intercepto – valor no eixo da semivariância, onde a linha de ajuste corta o respectivo eixo), que foram baixos em relação ao patamar (C+Co), valor máximo que a semivariância apresenta dentro de um dado alcance, resultando em uma variância estrutural alta (C), porém não justificada pela falta de dados pareados nesta região do semivariograma.

Nesta situação a análise semivariográfica indicou não existir dependência espacial nos dados, ou seja, as variáveis não são contínuas do ponto de vista espacial e sim discretas, corroborando como o indicado na estatística descritiva. Esta resposta já era esperada para esta formação vegetacional, devido a baixa densidade de indivíduos em relação a uma floresta, onde geralmente se encontra dependência espacial, devido aos espaços ocupados pelos indivíduos (AMARAL, 2014), porém análises com esta abordagem ainda não haviam sido empregadas para os dados desta parcela permanente para comprovar tal suposição. Assim a geoestatística não é apropriada para gerar interpolações por krigagem nesta condições, pois os semivariogramas não foram amparados por um número adequado de pareamentos de dados na região compreendida pela variância estrutural.

Já com o uso das funções de kernel, podemos visualizar que as variáveis analisadas apresentaram, nas regiões de coloração mais escura ao longo da parcela permanente, alta densidade de eventos por metro quadrado, resolução espacial das imagens geradas pelas funções de kernel (Figura 3). Nas manchas escuras ocorrem mais eventos das variáveis em questão, havendo também maior magnitude de valores (regiões mais quentes nos mapas de calor de kernel) em relação as manchas de coloração mais clara, onde ocorrem um menor número de eventos, com menor magnitude de valores.

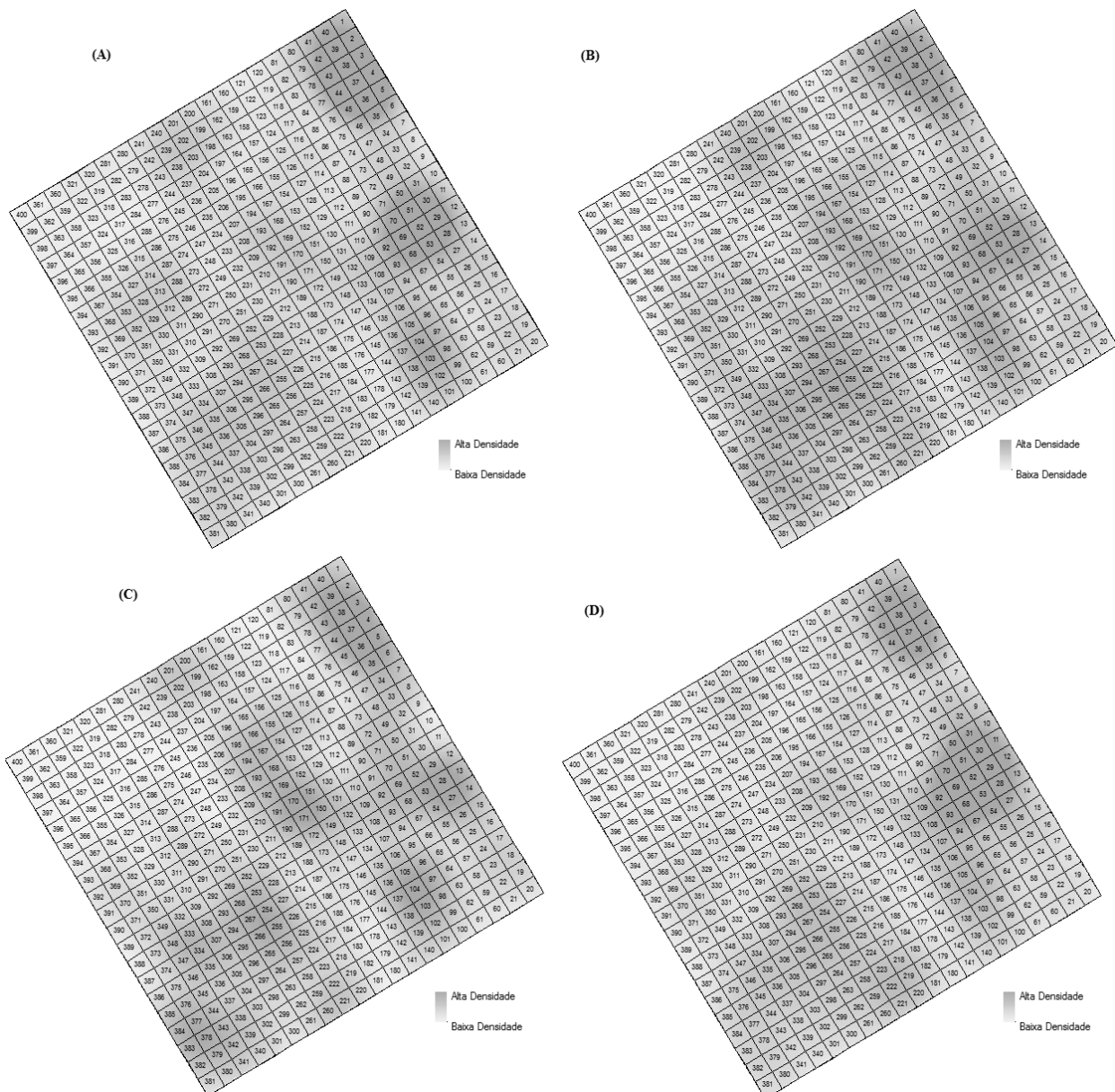


Figura 3- Mapas de calor por função de Kernel para as variáveis obtidas na parcela permanente no Parque do Espinilho: (A) número de indivíduos; (B) número de espécies; (C) diversidade de Shanonn e (D) área basal. Obs.: númeroção indica a disposição das subunidades da parcela permanente.

Figure 3- Heat Maps by kernel function to the variables obtained in permanent plot in Espinilho Park: (A) number of individuals; (B) number of species; (C) Shannon diversity (D) basal area. Obs.: númeroção indicates the arrangement of subunits of the permanent plot.

Ao analisar os resultados de algumas análises fitossociológicas realizadas no Parque do Espinilho por Redin et al. (2011) e Watzlawick et al. (2010) encontramos valores muito semelhantes de densidade populacional e área basal para as principais espécies arbóreas/arbustivas ocorrentes na vegetação, *Prosopis affinis* Spreng., *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. e *Vachellia caven* (Molina) Molina. Ainda foram encontradas evidências no trabalho de Watzlawick et al. (2010) de que ocorra uma forma de estagnação em algumas variáveis nesta vegetação e pequena ocupação dos espaços, pois estes autores, ao avaliarem a dinâmica da vegetação nos anos 2001 e 2009, encontraram um pequeno incremento no número total e indivíduos por hectare, de 141 para 145, e também para a área basal, de 4,20 para 4,25 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, para os respectivos anos. Já para a diversidade de espécies (*H'*) houve decréscimo de 0,72 para 0,71 nats por indivíduo, corroborando com a ideia de comportamento aleatório da variáveis descritoras desta vegetação.

Quanto as funções de kernel seu uso mostrou-se adequado e é crescente no estudo de vegetação. Alguns autores vem empregando-as no estudo de processo pontuais em florestas, a exemplo de Pottker (2012) que utilizou esta técnica para a análise espacial de algumas espécies, tais como *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer dentre outras, na parcela permanente da FLONA de Irati no Paraná, e Oliveira (2014), que aplicou esta metodologia na análise espacial objetivando o manejo florestal sustentável das espécies *Qualea albiflora* Warm. e *Goupia glabra* Aublet. em uma área de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme primária, em Santa Carmen, Mato Grosso.

## CONCLUSÕES

As variáveis número de indivíduos, número de espécies, índice de diversidade de Shannon e área basal, que descrevem a vegetação arbórea na parcela permanente (Estepe Estacional Savanícola) localizada no Parque do Espinilho não apresentaram dependência espacial, comportando-se como variáveis discretas no espaço, sendo melhor interpoladas pelas funções de kernel em relação a geoestatística. Os mapas gerados pelas funções de kernel retratam a variabilidade espacial da intensidade destas variáveis e definiram os seus respectivos padrões espaciais na área de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, L. P. **Geoestatística aplicada ao manejo florestal experimental em Floresta Ombrófila Mista**. 2014, 90 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão), Colégio Politécnico da UFSM, Santa Maria, 2014.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitogeográficas da Região Sul do Brasil**. Curitiba: UFPR, 1994. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.
- LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Bookman: Porto Alegre, 2013. 540 p.
- OLIVEIRA, M. F. **Crítérios para o manejo sustentável de duas espécies madeireiras das florestas tropicais do Mato Grosso**. 2014, 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), UFPR, Curitiba, 2014.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.
- PASTORE, U. et al. **Levantamento dos recursos naturais. Folhas SH. 22. Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguiana e SI 22. Lagoa Mirim – Vegetação**. IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. v.33. p. 541-619.
- POTTKER, G. S. **Distribuição espacial de espécies da Floresta Ombrófila Mista na Flona de Irati, Paraná**. 2012, 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), UNICENTRO, Irati, 2012.
- REDIN, C. G.; LONGHI, R. V.; WATZLAWICK, L. F.; LONGHI, S. J. Composição florística e estrutura da regeneração natural do Parque estadual do Espinilho, RS. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1195-1201, 2011.
- SILVERMAN, B. W. **Density estimation for statistics and data analysis**. Nova York: Chapman and Hall, 1986.
- SOARES, A. **Geoestatística para ciências da terra e do ambiente**. 2 ed., Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2006, 214 p.
- WATZLAWICK, L. F.; LONGHI, S. J.; SCHNEIDER, P. R. S.; FINGER, C. A. G.; LONGHI, R. V. Caracterização e dinâmica da vegetação de uma Savana Estépica Parque, Barra do Quaraí, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 363-368, 2010 (Nota Científica).
- WATZLAWICK, L. F.; LONGHI, S. J.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Aspectos da vegetação arbórea em fregmento de Estepe Estacional Savanícola, Barra do Quaraí-RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 23-36, 2014.
- YAMAMOTO, J.K.; LANDIM, P.M.B. **Geoestatística: Conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, 215 p.



**APLICABILIDADE DE MODELOS DE CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO PARA CLASSIFICAÇÃO DE FLORESTAS PLANTADAS DE *Pinus taeda***

**APPLICATION OF MODELS OF CURVES OF SITE INDEX FOR CLASSIFICATION OF PLANTED FOREST OF *Pinus taeda***

Ricardo Murilo Malheiros dos Santos<sup>1</sup> Julio Arce Eduardo Arce Andrea Nogueira Dias Edison Perrando  
Vlademir Marttarello

**RESUMO**

O presente estudo teve por objetivo comparar a classificação de sítios a partir do ajuste de quatro modelos, sendo os modelos propostos por Schumacher, na forma linearizada, Prodan, Bailey, com quatro parâmetros e Chapman-Richards. As estatísticas dos ajustes dos modelos analisados mostraram-se satisfatórias e próximas umas das outras. Utilizando-se de um cadastro florestal, de florestas com plantios de *Pinus taeda*, com 59 projetos, contendo idades variando de 7 a 20 anos e suas respectivas alturas dominantes, classificou-se os sítios conforme cada modelo ajustado, utilizando-se de tabelas de limites de classes de sítio. Dos 59 projetos, 48 foram classificados nos mesmos sítios, independente do modelo utilizado para a construção da tabela de limite de classes de sítio. Para a classificação de sítio os modelos de Bailey 4p e Chapman-Richards foram os mais semelhantes, onde em apenas um projeto o sítio não coincidiu. O modelo de Shumacher linearizado foi o que apresentou uma classificação mais distinta dos demais modelos.

**Palavras-chave:** *Pinus taeda*, classificação de sítios, aplicação.

**ABSTRACT**

This study aimed to compare the sites rating from setting four sites index curve models, and the models proposed by them Schumacher in linear form, Prodan, Bailey, with four parameters and Chapman-Richards. The statistics of the adjustments of the analyzed models proved satisfactory and close together. Using a forest register, forests with loblolly pine plantations, with 59 projects containing ages ranging from 7 to 20 years and their dominant heights, the sites are ranked according to each adjusted model, using tables limits of site classes. Of the 59 projects, 48 were classified into the same sites, regardless of the model used to construct the site classes limit table. For site classification Bailey 4p models and Chapman-Richards were the most similar, where in just one project the site did not coincide. The Schumacher linearized model showed the a more distinct classification of other models.

**Key-words:** *Pinus taeda*, rating sites, application.

**INTRODUÇÃO**

Classificar os sítios de uma floresta plantada é importante do ponto de vista do mapeamento da capacidade produtiva. Schneider e Schneider (2008) revelam a possibilidade em gerir o povoamento florestal estratificando a floresta em unidades equiprodutivas, o que facilita a determinação de regimes de manejo de acordo com o potencial produtivo local.

Campos e Leite (2013) descrevem o crescimento e a produção de um povoamento florestal como dependentes da idade, da capacidade produtiva, do grau de utilização do potencial produtivo do lugar e de tratamentos silviculturais.

Scolforo (1997) menciona qualidade do sítio florestal como a capacidade produtiva da terra ou propriedade florestal e são expressões integradas de todas as influências biológicas e ambientais no crescimento das árvores. O mesmo autor relata que de todos os procedimentos diretos de medir sítio, a altura em relação a idade tem sido o mais prático, eficiente e consistente indicador, evidenciando que a altura está fortemente correlacionada com o crescimento potencial do volume.

Ainda, Campos e Leite (2013) revelam que a vantagem da variável altura dominante está em não ser afetada pela competição, além de gerar uma expressão numérica e não uma descrição qualitativa.

No trabalho de Scolforo et al. (2001), estudando cenários de regimes de manejo florestal, observaram que o sítio influencia nos retornos financeiros em virtude da diferença de produção. Desta forma os autores sugerem diferentes regimes de desbastes e podas para tais sítios.

---

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Mestrando em Ciências Florestais da UNICENTRO, Irati-PR. E-mail: ricardomurilo@msn.com

Quando modelos matemáticos são testados geralmente verificam-se as estatísticas e erros de estimativa para seleção do melhor modelo. Contudo, uma análise prática e aplicação de todos os modelos não é realizada já que depende tempo ou mesmo o estudo só é direcionado à modelagem.

Este estudo demonstra a aplicação de todos os modelos empregados na construção das curvas de sítio visando a classificação de projetos de um cadastro de florestas plantadas de *Pinus taeda*.

**MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados são provenientes de plantios de *Pinus taeda* inseridas na região Oeste de Santa Catarina e contam com pares de dados de altura dominante e idade mensurados a partir de parcelas temporárias e permanentes de 600 m<sup>2</sup> (FIGURA 1).

Neste estudo, o método de Assmann (1961) foi empregado para a determinação das árvores dominantes, onde se utiliza a média das alturas totais das cem árvores com os maiores diâmetros a 1,30 m do solo (DAP) por hectare, livre de defeitos ou insanidades.

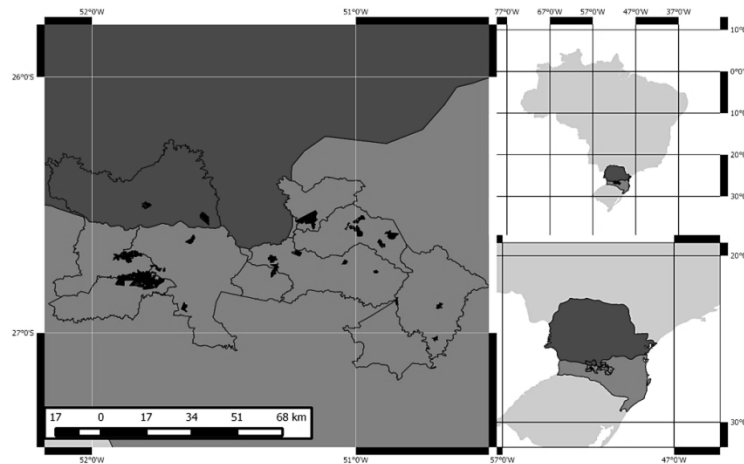


FIGURA 1 – Localização dos plantios florestais de *Pinus taeda*.  
 FIGURE 1 – Location of *Pinus taeda* plantation .

Foram empregados quatro modelos de regressão para a construção das curvas de sítio (TABELA 1), utilizando-se o método da Curva-Guia para construção das curvas.

Utilizou-se a idade de 15 anos como referência na construção das curvas de índice de sítio e uma amplitude de 2 metros entre cada índice de sítio, de maneira que três sítios foram determinados, sendo um sítio regular (III), médio (II) e bom (I), com uma altura dominante aos 15 anos equivalente a 17, 21 e 25 respectivamente.

TABELA 1 – Modelos ajustados para a construção das curvas de índice de sítio ajustados para plantios de *Pinus taeda*.

TABLE 1 – Models for adjustment in the estimation of site index curves adjusted for loblolly *Pinus taeda* plantations.

	<b>Modelo</b>	<b>Modelo-guia</b>	<b>Autor</b>
1	$h_{dom} = \frac{I^2}{(\beta_0 + \beta_1 \cdot I + \beta_2 \cdot I^2)}$	$h_{dom} = \frac{I^2}{\frac{I^2}{S} + \beta_1 \cdot (I - I_i) + \beta_2 \cdot (I^2 - I_i^2)}$	Prodan
2	$\ln(h_{dom}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot I^{-1}$	$\ln(h_{dom}) = \ln(S) + \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{I} - \frac{1}{I_i}\right)$	Schumacher (linearizado)
3	$h_{dom} = \beta_1 \cdot (1 - e^{-\beta_2 \cdot I^{\beta_3}})^{\beta_4}$	$h_{dom} = S \cdot \left(\frac{1 - e^{-\beta_2 \cdot I^{\beta_3}}}{1 - e^{-\beta_2 \cdot I_i^{\beta_3}}}\right)^{\beta_4}$	Bailey (4 parâmetros)
4	$h_{dom} = \beta_0 \cdot (1 - e^{-\beta_1 \cdot I})^{\beta_2}$	$h_{dom} = S \cdot \left[\frac{1 - e^{(-\beta_1 \cdot I)}}{1 - e^{(-\beta_1 \cdot I_i)}}\right]^{\beta_2}$	Chapman-Richards

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  e  $\beta_4$  são os coeficientes dos modelos.  $h_{dom}$  representa a altura dominante e I a idade.

Foram analisadas as seguintes estatísticas: Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2_{adj}$ ), erro padrão de estimativa em metro (m) e também em porcentagem ( $S_{yx}$  e  $S_{yx}\%$ ). O modelo de Schumacher linearizado teve seus erros recalculados para a variável de interesse.

Para a aplicação da classificação de sítio, utilizou-se de um cadastro florestal com 59 projetos contendo idades variando de 7 a 20 anos e as respectivas alturas dominantes. Foram construídas tabelas de limites de classes de sítio a partir dos modelos ajustados, de maneira que os projetos foram classificados pelos quatro modelos de curvas de índice de sítio ajustados.

## RESULTADOS

Os modelos testados apresentaram estatísticas semelhantes entre eles (TABELA 2). O melhor modelo foi Prodan, com  $R^2_{adj}$  de 0,86 e com erro padrão da estimativa de 1,72 m (9,64%). O modelo de Schumacher (linearizado) apresentou avaliação menos satisfatória, embora resultando em valores bastante próximos ao de Prodan, com  $R^2_{adj}$  de 0,85 e erro padrão da estimativa de 1,81 m (10,15%).

TABELA 2 – Comparação dos coeficientes e das estatísticas obtidas no ajuste dos modelos de curvas índice de sítio para florestas plantadas de *Pinus taeda*.

TABLE 2 – Setting the coefficients tested for models of site index curves for planted forests of *Pinus taeda*.

Modelos	Coeficientes				Syx	Syx%	R <sup>2</sup> adj
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$			
Prodan	-0,394232	0,552404	0,0111623	-	1,72	9,64	0,86
Schumacher (linearizado)	3,625753562	-8,26801731	-	-	1,81	10,15	0,85
Bailey (4 parâmetros)	33,4978	2,35426E-05	3,28835	0,237948	1,72	9,65	0,86
Chapman-Richards	49,324	0,035344	0,927879	-	1,72	9,65	0,86

Os limites das alturas dominantes de cada sítio e para cada modelo analisado estão descritos na Tabela 3. As tabelas foram utilizadas para classificar os sítios, a partir das informações de idade e altura dominante referente a um cadastro florestal contendo 59 projetos.

TABELA 3 – Limites de classes de sítios a partir dos modelos de curvas de índice sítio ajustados.

TABLE 3 – Limits of classes of sites from the models set site index curves.

Idade	Prodan						Idade	Schumacher (linearizado)							
	III	II	I	III	II	I		III	II	I					
4	4,3	-	5,5	-	6,6	-	7,8	4	3,3	-	4,2	-	5,1	-	5,9
5	5,8	-	7,4	-	8,9	-	10,5	5	5,0	-	6,3	-	7,6	-	9,0
6	7,2	-	9,2	-	11,1	-	13,0	6	6,6	-	8,3	-	10,1	-	11,8
7	8,5	-	10,8	-	13,1	-	15,3	7	8,0	-	10,1	-	12,3	-	14,4
8	9,7	-	12,3	-	14,9	-	17,4	8	9,3	-	11,7	-	14,2	-	16,7
9	10,7	-	13,6	-	16,5	-	19,3	9	10,4	-	13,2	-	15,9	-	18,7
10	11,7	-	14,8	-	17,9	-	21,0	10	11,4	-	14,4	-	17,5	-	20,5
11	12,5	-	15,8	-	19,2	-	22,5	11	12,3	-	15,5	-	18,8	-	22,1
12	13,2	-	16,8	-	20,3	-	23,8	12	13,1	-	16,6	-	20,0	-	23,5
13	13,9	-	17,6	-	21,3	-	25,0	13	13,8	-	17,5	-	21,1	-	24,8
14	14,5	-	18,3	-	22,2	-	26,1	14	14,4	-	18,3	-	22,1	-	26,0
15	15,0	-	19,0	-	23,0	-	27,0	15	15,0	-	19,0	-	23,0	-	27,0
16	15,5	-	19,6	-	23,7	-	27,9	16	15,5	-	19,7	-	23,8	-	27,9
17	15,9	-	20,1	-	24,4	-	28,6	17	16,0	-	20,3	-	24,5	-	28,8
18	16,3	-	20,6	-	25,0	-	29,3	18	16,4	-	20,8	-	25,2	-	29,6
19	16,6	-	21,1	-	25,5	-	30,0	19	16,8	-	21,3	-	25,8	-	30,3
20	17,0	-	21,5	-	26,0	-	30,5	20	17,2	-	21,8	-	26,4	-	31,0
21	17,3	-	21,9	-	26,5	-	31,1	21	17,6	-	22,2	-	26,9	-	31,6

Bailey 4p						Chapman-Richards									
Idade	III		II		I	Idade	III		II		I				
4	5,4	-	6,9	-	8,3	-	9,8	4	5,2	-	6,6	-	8,0	-	9,4
5	6,5	-	8,2	-	9,9	-	11,7	5	6,3	-	8,0	-	9,7	-	11,4
6	7,5	-	9,5	-	11,4	-	13,4	6	7,4	-	9,3	-	11,3	-	13,3
7	8,4	-	10,7	-	12,9	-	15,2	7	8,4	-	10,6	-	12,8	-	15,0
8	9,3	-	11,8	-	14,3	-	16,8	8	9,3	-	11,8	-	14,3	-	16,8
9	10,2	-	13,0	-	15,7	-	18,4	9	10,2	-	13,0	-	15,7	-	18,4
10	11,1	-	14,0	-	17,0	-	20,0	10	11,1	-	14,1	-	17,0	-	20,0
11	11,9	-	15,1	-	18,3	-	21,5	11	12,0	-	15,1	-	18,3	-	21,5
12	12,7	-	16,1	-	19,5	-	22,9	12	12,8	-	16,2	-	19,6	-	23,0
13	13,5	-	17,1	-	20,7	-	24,3	13	13,5	-	17,1	-	20,8	-	24,4
14	14,3	-	18,1	-	21,9	-	25,7	14	14,3	-	18,1	-	21,9	-	25,7
15	15,0	-	19,0	-	23,0	-	27,0	15	15,0	-	19,0	-	23,0	-	27,0
16	15,7	-	19,9	-	24,1	-	28,3	16	15,7	-	19,9	-	24,1	-	28,2
17	16,4	-	20,7	-	25,1	-	29,5	17	16,4	-	20,7	-	25,1	-	29,4
18	17,0	-	21,6	-	26,1	-	30,6	18	17,0	-	21,5	-	26,1	-	30,6
19	17,6	-	22,3	-	27,0	-	31,7	19	17,6	-	22,3	-	27,0	-	31,7
20	18,2	-	23,1	-	27,9	-	32,8	20	18,2	-	23,1	-	27,9	-	32,8
21	18,8	-	23,8	-	28,8	-	33,8	21	18,8	-	23,8	-	28,8	-	33,8

TABELA 4 – Classificação dos projetos nos sítios determinados a partir das tabelas de limite de classes de sítio.  
TABLE 4 – Projects in rating sites determined from the site classes limit tables.

Projeto	Idade	hdom	Modelos				Projeto	Idade	hdom	Modelos			
			1	2	3	4				1	2	3	4
1	7	10,4	II	III	III	III	30	10	14,3	III	III	II	II
2	7	11,6	II	II	II	II	31	10	14,7	II	III	II	II
3	7	11,3	II	II	II	II	32	10	13,6	III	III	III	III
4	7	11,3	II	II	II	II	33	10	18,7	I	I	I	I
5	7	13,8	I	I	I	I	34	10	16,9	II	II	II	II
6	7	12,2	II	II	II	II	35	10	17,4	II	II	I	I
7	7	12,6	I	II	II	II	36	11	17,2	II	II	II	II
8	7	12,7	I	II	II	II	37	11	16,8	II	II	II	II
9	8	13,2	II	II	II	II	38	11	17,8	II	II	II	II
10	8	17,8	I	I	I	I	39	12	18,4	II	II	II	II
11	8	12,6	II	II	II	II	40	12	20,4	I	I	I	I
12	8	12,9	II	II	II	II	41	12	20,6	I	I	I	I
13	8	12,8	II	II	II	II	42	12	17,5	II	II	II	II
14	8	13,2	II	II	II	II	43	12	17,7	II	II	II	II
15	8	14,0	II	II	II	II	44	12	19,2	II	II	II	II
16	8	13,7	II	II	II	II	45	12	19,3	II	II	II	II
17	8	13,6	II	II	II	II	46	13	18,1	II	II	II	II
18	8	15,4	I	I	I	I	47	13	18,7	II	II	II	II
19	9	11,8	III	III	III	III	48	13	21,6	I	I	I	I
20	9	11,7	III	III	III	III	49	13	19,2	II	II	II	II
21	9	13,0	III	III	II	III	50	13	20,2	II	II	II	II
22	9	19,5	I	I	I	I	51	14	20,1	II	II	II	II
23	9	17,8	I	I	I	I	52	15	21,1	II	II	II	II
24	9	15,9	II	II	I	I	53	15	21,1	II	II	II	II
25	9	15,0	II	II	II	II	54	15	21,0	II	II	II	II
26	9	14,7	II	II	II	II	55	16	23,3	II	II	II	II
27	9	13,0	III	III	II	II	56	17	23,5	II	II	II	II
28	9	14,4	II	II	II	II	57	19	28,9	I	I	I	I
29	10	13,6	III	III	III	III	58	19	26,4	I	I	II	II
							59	20	26,1	II	I	II	II

A classificação dos projetos em sítios pode ser observada na Tabela 4. Os projetos foram classificados pelos quatro modelos analisados.

Dos 59 projetos, 48 foram classificados da mesma forma, ou seja, no mesmo sítio. O modelo 1, de Schumacher da forma linearizada, foi o mais distinto em relação as demais classificações. Os modelos de Bailey e Chapman-Richards (3 e 4) foram os mais semelhantes entre si, onde apenas um projeto não foi classificado no mesmo sítio.

Houve uma mesma tendência em classificar os sítios, independente do modelo utilizado, de maneira que a classificação no sítio II mostrou-se maioria, seguida da classificação no sítio I e uma classificação menor em sítio III.

A partir do modelo de Prodan, 65% dos projetos foram classificados no sítio II e para o modelo de Bailey (4 parâmetros) 71% dos projetos foram classificados neste sítio, porém a partir destes modelos a classificação no sítio I a mesma porcentagem de 20% foi observada, conforme a Figura 2.

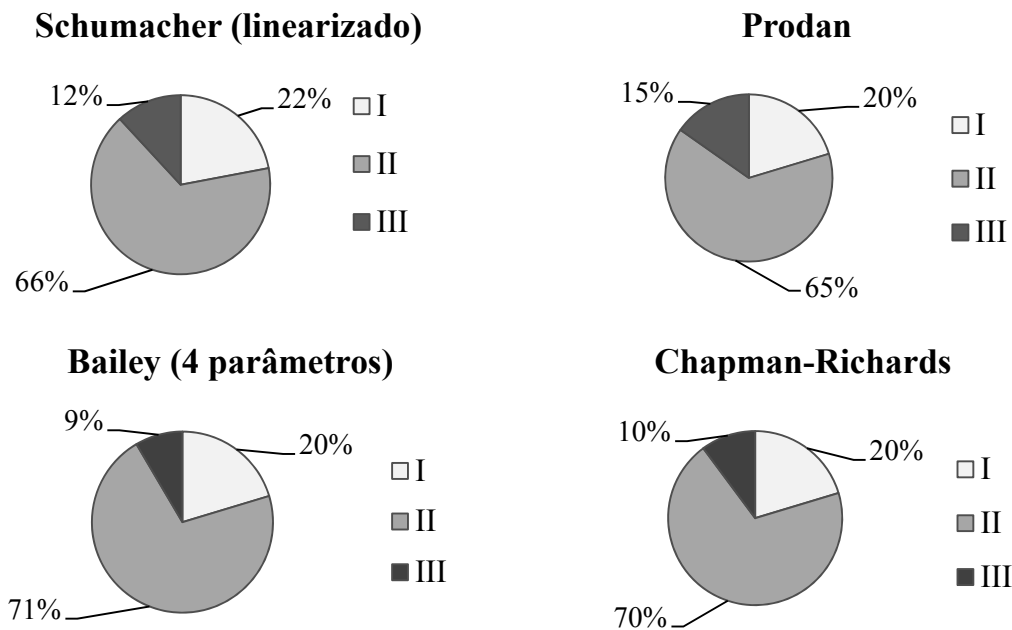


FIGURA 2 – Porcentagem da classificação em sítios a partir dos modelos de curvas de índice se sítio ajustados.  
FIGURE 2 – Percentage classification at sites from the models index is adjusted site curves.

## CONCLUSÃO

A aplicação da classificação de sítio a partir de diferentes modelos de curvas de índice de sítio demonstra que pode haver uma distinta classificação dependendo do modelo selecionado, porém, neste trabalho, a grande maioria dos projetos foi classificada da mesma maneira, independente do modelo de curva de índice de sítio.

Os modelos de Bailey (4 parâmetros) e Chapman-Richards são muito semelhantes quanto à classificação dos sítios e apresentaram a maior porcentagem de classificação no sítio médio.

O modelo de Schumacher na forma linearizada demonstrou uma tendência em classificar os projetos em sítios melhores, principalmente na menor idade analisada.

O modelo de Prodan mostrou-se melhor quanto as estatísticas da modelagem e foi aquele que classificou mais projetos no pior sítio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2ª edição, Santa Maria, FACOS-UFSM, 2008, 566p.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 4ª edição. Viçosa – MG. Ed UFV, 2013.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA, 1997. 436 p.
- SCOLFORO, J. R. S.; JUNIOR, F. W. A.; OLIVEIRA, A. D.; MAESTRI, R. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes e desrama para obter madeira de Pinus taeda livre de nós. **Ciência Florestal**. Santa Maria - RS, v.11, n.1, p.121-139. 2001



APLICAÇÃO DE MODELO GEOESTATÍSTICO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS  
NA ESTIMATIVA DO VOLUME

APPLICATION TO GEOSTATISTICAL MODEL OF SHARED PARAMETERS  
TO ESTIMATE VOLUME<sup>1</sup>

Julio Cesar Wojciechowski<sup>1</sup> Julio Eduardo Arce Saulo Henrique Weber Paulo Justiniano Ribeiro Jr.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo estimar o volume por hectare em três fragmentos de uma Floresta Estacional Subtropical, separadas geograficamente e com idades pós-intervenção de 30, 55 e 75 anos, através do compartilhamento de parâmetros do modelo geoestatístico empregando técnicas de "Borrow Strength" no qual aborda métodos de estimativa conjunta em que as áreas são consideradas semelhantes *à priori*, para uma determinada variável e o padrão espacial de uma área pode ser explicado em relação a outra para um mesmo modelo, suprimindo diferenças de intensidade amostral. Os dados foram coletados de 56 unidades amostrais (U.A) de 250 m<sup>2</sup> distribuídas de maneira sistemática em uma malha de 40 x 40 m, medindo-se os indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm. Foram testados modelos compartilhados sem *nugget* fixo (variabilidade entre as U.A), e modelos compartilhados com *nugget* fixo (variabilidade dentro das U.A), ajustados utilizando a função de máxima verossimilhança logarítmica (MVL) aplicada ao modelo de correlação exponencial da família Matèrn. Observou-se que houve um ganho nas estimativas dos parâmetros quando adicionado ao modelo a variabilidade intra-parcela (*nugget* fixo), que resultaram em uma correlação das amostras e grau de dependência espacial maior. Sugere-se o uso de modelos compartilhados para dados de amostragem em diferentes áreas com introdução da estimativa do erro intra-parcela (*nugget* fixo) nas equações de MVL, para aumentar a correlação entre as U.A, e avaliação conjunta do AIC somado ao grau de dependência espacial nas estimativas de volume.

**Palavras-chave:** Máxima verossimilhança; critério de Akaike; krigagem.

ABSTRACT

The present study aimed to estimate the volume per hectare in 3 fragments in a seasonal forest Subtropical separated geographically and post-intervention aged 30, 55 and 75 years through a combination of geostatistical model parameters using techniques "Borrow Strength" in which he addresses the joint estimation methods in areas that are considered similar to a priori for a given variable, and the spatial pattern of an area can be explained in relation to another for the same model, supplying differences in sampling intensity. The data were collected from 56 sampling units (S.U) of 250 m<sup>2</sup> distributed systematically in a grid of 40 x 40 m, by measuring the individuals with dbh above 10 cm. Were tested shared models, no fixed nugget (variability among S.U), and shared with nugget fixed (variability within S.U) models, fitted using the maximum log-likelihood (MLL) function applied to the exponential correlation model Matèrn family. It was observed that hears a gain in parameter estimates when added to model the variability intra-plot (fixed nugget), which resulted in a correlation of samples and degree of spatial dependence greater. Is suggested to increase the correlation between S.U, and joint review of the AIC plus the degree of spatial dependence in estimating to volume.

**Keywords:** Maximum likelihood; borrow strength; Akaike criterion; kriging

INTRODUÇÃO

Em estudos de inventário e mensuração florestal, algumas características como volume; altura da árvore; altura dominante; biomassa aérea; entre outras, dependendo do tamanho da população a ser mensurada, ou ainda dificuldades inerentes à logística nos locais e acesso, podem resultar em horas de trabalho e elevados custos operacionais, mesmo em processos de amostragem. Dentre os trabalhos realizados nos levantamentos e inventários florestais, uma variável básica a ser respondida é o volume (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

No contexto da amostragem para subpopulações em fragmentos florestais, diversas técnicas de modelagem avançadas são aplicadas para resolver estimativas e predições dos volumes e demais variáveis dendrométricas importantes. Técnicas como uso de modelos mistos "mix-models", (PINHEIRO e BATES, 2000),

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Eng. Florestal, Dr., Prof. Adjunto do Depto. de Eng. Florestal, UNEMAT. julioCW@unemat.br

modelos de regressão condicional (BAS e PUIJENBROEK, 1989), modelos hierárquicos (FINLEY, 2010), modelos heurísticos e meta-heurísticos, modelos de multicritério (BUONGIORNO e GILLESS, 2003) e muitos outros usados nas diferentes áreas, são cada vez mais necessários no ramo da pesquisa florestal, devido o crescente volume de dados e a complexidade de informações advindas de diferentes fontes de levantamentos.

Nesse sentido, em um inventário baseado em várias subpopulações, ou classes consideradas *a priori* semelhantes, podem ser empregadas técnicas de *Borrow Strenght* para “emprestar força” (KANGAS e MALTANO, 2006), entre uma área e outra em que se localizam estas subpopulações, com a finalidade de compor a informação espacial de uma determinada variável, através de um modelo compartilhado, bem como ampliar as possibilidades de análises e cruzamentos advindos destes compartilhamentos.

Dentro de uma concepção em que áreas semelhantes nas suas fitofisionomias, mesmo que com variações distintas de solo, relevo, idade e escalas de amostragem, numa estimativa conjunta, podem emprestar informação daquilo em que lhes é comum, através de uma distribuição conhecida. Da mesma forma, é possível generalizar dados referentes à amostra para cobrir as árvores para os quais apenas as medidas básicas estão disponíveis, como o diâmetro. Gerando resultados com o potencial de unir informação de caráter dendrométrico e estimativas de caráter espacial.

A proposta do estudo foi utilizar os estimadores paramétricos de máxima verossimilhança aplicados à abordagem de compartilhamento de força *Borrow Strenght*, para avaliar e prever os volumes e sua estrutura de dependência espacial em três fragmentos de Floresta Estacional Subtropical.

## MATERIAL E MÉTODO

### Área de estudo

Os fragmentos localizam-se próximos ao município de Santa Tereza, região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. As áreas somam 9 hectares, onde foram subdivididos por critérios de homogeneidade fisionômica e idade pós-intervenção em: floresta madura (FMA) com 75 anos; floresta em estágio secundário (FES), com 55 anos e floresta em estágio inicial (FEI) com 30 anos. A FMA está situada nas coordenadas 29°11'00"S e 51°43'40"W, em altitude média de 280 m, em exposição sudoeste, com 4° de inclinação média. A FES está localizada nas coordenadas 29°09'29"S e 51°41'49"W, em altitude média de 180 m, em exposição sudeste, com 16° de inclinação média. A FEI por sua vez está localizada nas coordenadas 29°09'28"S e 51°42'05"W, em altitude média de 215 m, em exposição Norte, com 5° de inclinação média.

O Clima é classificado como tipo Cfa, subtropical úmido, segundo Köppen, com temperatura média de 18°C e precipitação média anual de 1800 mm. A vegetação pertence à formação denominada Floresta Estacional Subtropical e o perfil do solo encontrado foi: Chernossolo Argilúvico Férrico na FMA, Cambissolo Ta eutrófico na FES e um Neossolo Litólico eutrófico na FEI (STRECK *et al.*, 2002).

### Obtenção dos dados

O inventário foi realizado em um *grid* sistemático com equidistância de 40 m entre as unidades amostrais (U.A), dispostas de forma a cobrir toda a extensão dos fragmentos, sendo: 17 na FEI, 20 na FES e 19 na FMA, totalizando 56 U.A de tamanhos variáveis entre 200 a 250 m<sup>2</sup> (PRODAN, 1965), com intensidade amostral mínima de 10 %. Foram medidas em seu diâmetro e altura das árvores-amostra mais próximas do centro da parcela com DAP igual ou superior a 10 cm, e posteriormente calculado o volume por hectare a partir da metodologia descrita por Prodan (1965), utilizado um  $f = 0,65$  como fator de correção do volume individual para florestas decíduais na região serrana do estado (SEMA-RS/UFSM, 2001).

Primeiramente foi realizada uma análise descritiva e exploratória com a finalidade de verificar a natureza dos dados, sua distribuição, quantidades e necessidades de transformações, a partir da tabulação do conjunto dos valores observados de volume.

Fez-se a transformação dos dados pelo método de Box-Cox (BOX e COX, 1964), encontrando como parâmetro de transformação o valor  $\lambda = 0$ . A função Matèrn (MATÈRN, 1986) foi utilizada para explicar a estrutura da covariância dos dados de volume nas áreas, com parâmetro de suavização  $\kappa = 0,5$ ; que resulta na aproximação da função ao modelo exponencial (EQUAÇÃO 1):

$$\rho(u) = \exp \{-(u/\Phi)\} \quad (1)$$

Em que:  $\rho(u)$  = correlação entre os pares de pontos separados pela distância “u” e  $\Phi$  = alcance do modelo.



### Ajuste de parâmetros e construção dos modelos compartilhados

Os modelos foram subdivididos em modelos estimados por máxima verossimilhança sem *nugget* fixo e com *nugget* fixo, sendo concebidos para separar a variância entre as U.A e a variância dentro das U.A, ou seja, entre as árvores da mesma parcela.

A variância dentro das unidades amostrais é similar à variabilidade não explicada do  $\tau^2$  (erro aleatório ou *nugget*) do modelo geoestatístico. Dessa forma, esse parâmetro teve sua variabilidade determinada *a priori*, através de uma análise de variância (ANOVA), no qual gerou uma estimativa do *nugget* fora do variograma, reduzindo o número de parâmetros a serem estimados de tal modo que, as relações de dependência espacial entre os pontos ocorressem de forma mais nítida, podendo assim serem estimadas com maior precisão. A equação final do modelo geoestatístico compartilhado com 1000 iterações com especificação nos parâmetros da função do logaritmo da verossimilhança  $L[\beta, \theta (\tau^2, \sigma^2, \Phi)]$ , em função da composição das áreas de floresta em estágio inicial (fei), secundário (fes) e floresta madura (fma), para a abordagem proposta ficou assim escrita (2):

$$L\{(\beta_{fei}, \beta_{fes}, \beta_{fma}), \theta [(\tau^2_{fei}, \tau^2_{fes}, \tau^2_{fma}), (\sigma^2_{fei}, \sigma^2_{fes}, \sigma^2_{fma}), (\Phi_{fei}, \Phi_{fes}, \Phi_{fma})]\} \\ = - 0,5 \{n \log (2\mu) + \log \{(\sigma^2 R(\Phi) + \tau^2 I)\} + (y - D\beta)^T (\sigma^2 R(\Phi) + \tau^2 I)^{-1} (y - D\beta)\} \quad (2)$$

Em que:  $y$  = vetor da variável resposta;  $D$  = matriz das covariáveis;  $\beta$  = vetor dos parâmetros da regressão;  $\sigma^2$  = variância espacial; e  $R(\Phi)$  = matriz de covariâncias do elemento  $\rho$  ( $u; \Phi, K$ ). “ $u$ ” na função de correlação “ $\rho$ ” é a distância euclidiana entre os pontos observados ( $u = \|x_i - x_j\|$ ), em função do grau de associação espacial  $\Phi$ , e  $K$  = parâmetro *kappa*; variância “ $\tau^2$ ” = *nugget effect* ou efeito pepita, “ $I$ ” = matriz identidade,  $n$  = número de observações,  $\mu$  = média,  $\log$  = logaritmo decimal (DIGGLE e RIBEIRO JUNIOR, 2007).

Nesse estudo foram selecionados alguns modelos dos 2880 possíveis com maior chance de aderência do ponto de vista biológico. Dessa forma, foi proposto o ajuste a um gradiente de modelos baseados na complexidade de parâmetros, que vai do modelo mais parcimonioso ou modelo mínimo em que todas as áreas são semelhantes para  $\beta, \tau^2, \sigma^2$  e  $\Phi$  (1,1,1 - 1,1,1 - 1,1,1 - 1,1,1), até o modelo máximo em que todas as áreas são distintas (1,2,3 - 1,2,3 - 1,2,3 - 1,2,3), de modo que as análises e interpretações biológicas advindas do ajuste conjunto permitam fazer um melhor uso da informação proveniente das diferentes áreas, ampliando o poder das análises, além de inferir em que aspectos as áreas são semelhantes ou diferentes (TABELA 1).

TABELA 1: Sequência de compartilhamentos possíveis para os parâmetros  $\beta, \tau^2, \sigma^2$  e  $\Phi$  nos modelos.  
TABLE 1: Sequence of possible shares for the parameters  $\beta, \tau^2, \sigma^2$  and  $\Phi$  in models.

Compartilhamento	Interpretação
1,1,1	fei = fes = fma
1,1,2	(fei = fes) $\neq$ fma
1,2,1	(fei=fma) $\neq$ fes
1,2,2	fei $\neq$ (fes=fma)
1,2,3	fei $\neq$ fes $\neq$ fma

### Critério de seleção dos modelos compartilhados

Adotou-se como critério de escolha e seleção a Informação de Akaike (AKAIKE, 1974), conhecida pela sigla “AIC”, sendo selecionado pelo menor valor de AIC (3):

$$AIC = - 2*(L-V) + k * Npar \quad (3)$$

Em que:  $L-V$  é o logaritmo da verossimilhança maximizada;  $k$  é o termo da fórmula que penaliza o modelo de maior número de parâmetros em relação a um de menor número ( $k = 2$ ), para a fórmula clássica do AIC e  $Npar$  é o número de parâmetros estimados pelo modelo. O termo  $(L-V)$  foi utilizado para avaliar o comportamento da função frente à transformação logarítmica da variável volume, sendo o modelo mais verossímil aquele com menor valor de  $L-V$  negativa.

Cada modelo foi relacionado com seu respectivo parâmetro ( $\Phi$ ), indicando o maior alcance resultante do compartilhamento de suas matrizes de covariância. Visto que, a melhor equação selecionada, deveria necessariamente atender a condição de um menor valor do AIC, e seu alcance prático ( $AP = 3\Phi$ ) deveria ser superior a menor distância entre os pontos, em função do uso da equação selecionada nos mapas de predição dos volumes por hectare. Todos os dados utilizados para os diferentes métodos, foram tabulados e analisados utilizando o programa computacional R Core Team (2013).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

## Estatística descritiva e análise exploratória

Na área de floresta em estágio inicial (FEI), os valores mínimos e máximos da distribuição foram respectivamente 26,3 m<sup>3</sup> e 125,0 m<sup>3</sup>, com média 56,8 m<sup>3</sup> por hectare, divididos em intervalos interquartílicos de 40,2; 50,2 e 66,6 m<sup>3</sup> respectivamente para 25%, 50% e 75% do total do conjunto de dados observados. Na floresta em estágio secundário (FES), os valores mínimos e máximos da distribuição foram 25,1 m<sup>3</sup> e 249,0 m<sup>3</sup> respectivamente, com média de 90,3 m<sup>3</sup> por hectare, com intervalos interquartílicos de 42,4; 73,1 e 111 m<sup>3</sup> por hectare, respectivamente para 25%, 50% e 75% dos dados. A floresta em estágio avançado (FMA) obteve valores de média igual a 82,0 m<sup>3</sup> por hectare, com distâncias interquartílicas de 37,8, 66,1 e 115,1 m<sup>3</sup> respectivamente para o 1º, 2º e 3º quartil da distribuição de dados. As áreas obtiveram valores de coeficiente de variação máximo de 30%.

## Seleção dos modelos compartilhados pelo critério de AIC

Foram gerados os modelos compartilhados sem *nugget* fixo (fit01 ao fit08) e os modelos compartilhados com *nugget* fixo (fixnug09 ao fixnug13). O erro aleatório intra-parcela (dentro das U.A), foi modelado por meio de uma análise de variância (ANOVA), usando como fator o logaritmo dos volumes, e o quadrado médio dos resíduos como estimativa do erro ( $\tau^2$ ), sendo posteriormente adicionado nos modelos os valores fixos de *nugget* fora do semivariograma de 1,597; 2,001 e 3,076 respectivamente para as áreas de FEI, FES e FMA.

TABELA 2: Critério de seleção de Akaike aplicado aos modelos compartilhados nas áreas FEI, FES, FMA.

TABLE 2: Selection Akaike Criteria applied to shared models in FEI, FES, FMA areas.

Modelo	Parâmetros				L-V	Npar	(AP)	AIC
	$\beta$	$\tau^2$	$\sigma^2$	$\Phi$				
fixnug11*	1,1,2	-	1,2,2	1,1,2	-54,0	6	(82) (82) (10)	120,10
fixnug12	1,2,3	-	1,2,2	1,2,1	-53,9	7	(6) (47) (6)	120,11
fixnug09	1,1,1	-	1,1,1	1,1,1	-57,1	3	(1) (1) (1)	120,24
fixnug13	1,2,3	-	1,2,3	1,2,3	-52,9	9	(1) (46) (5)	123,83
fixnug10	1,1,1	-	1,1,1	1,1,2	-57,0	5	(44) (44) (8)	124,15
fit01	1,1,1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	-58,4	4	(9) (9) (9)	124,99
fit04	1,1,2	1,1,2	1,2,3	1,2,2	-54,0	9	(2) (66) (66)	125,02
fit06	1,1,2	1,1,2	1,2,3	1,1,2	-54,0	9	(75) (75) (1)	125,11
fit02	1,2,3	1,1,2	1,1,1	1,1,1	-55,5	7	(16) (16) (16)	125,18
fit07	1,2,3	1,2,3	1,1,1	1,2,3	-52,9	10	(3) (47) (9)	125,86
fit05	1,1,2	1,2,3	1,2,2	1,2,2	-54,2	9	(8) (35) (35)	126,59
fit03	1,1,2	1,1,2	1,1,2	1,1,2	-56,7	8	(39) (39) (10)	129,55
fit08	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	-52,8	12	(1) (44) (1)	129,77

Onde - \*: melhor modelo pelo critério de Akaike;  $\beta$ : vetor de médias;  $\tau^2$ : *nugget*;  $\sigma^2$  e  $\Phi$ : correlação espacial; L-V: log-verossimilhança; Npar: número de parâmetros; (AP) = alcance prático ( $3\Phi$  para  $\kappa=0,5$ ), na ordem (FEI) (FES) (FMA).

De acordo com o ranking da Tabela 2, o modelo “fixnug11” com um AIC de 120,10 e AP de 82 m nas áreas FEI e FES, obteve o melhor ajuste ao conjunto de dados. Calegario et al. (2009), estudando o uso de modelos não-lineares de efeito misto em dois níveis com efeitos fixos e aleatórios (erro na unidade amostral e nas árvores dentro da unidade) para estimativa de altura com dados desbalanceados, constatou que a inclusão de tais níveis reduziu significativamente o erro associado aos estimadores do modelo.

O grau de correlação espacial foi o dobro da menor distância entre os pontos ( $\Phi = 27,4921$ ), que obteve um alcance prático de 82 m nas áreas FEI e FES, ficando a FMA com um alcance menor (AP = 10 m), resultante da inferência aos efeitos fixos aleatórios aplicados a matriz de covariância do modelo.

Os valores do AIC, para o modelo “fixnug12”, foram muito próximos do melhor modelo, porém com mais parâmetros que o modelo “fixnug11”. Uma questão quando se tratam de áreas separadas, o parâmetro alcance e um indicativo importante como resultado do processo de escolha, sendo também um dos critérios adotados para predição da superfície utilizando krigagem.

Observando os modelos com melhor AIC, no “fixnug12” a correlação entre as amostras foi maior na área FES, com um valor do alcance prático de 47 m, enquanto que na FEI e FMA atingiu 6,14 m. Comparando em relação ao primeiro modelo, nota-se que a dependência espacial na condição que foi testada, explicou a variabilidade dos volumes em apenas uma das áreas (FES), enquanto que o modelo de melhor AIC “fixnug11”

explicou a dependência em duas áreas (FEI-FES).

Para os modelos combinados sem *nugget* fixo, o melhor valor de AIC encontrado foi no modelo “fit01”, porém o grau de dependência espacial dado pelo alcance nas áreas foi pequeno ( $AP = 9$  m). Indicando que a correlação entre os pontos, na condição de igualdade para as 3 áreas e fraca. Os modelos “fit04” e “fit06” aparecem como boas alternativas para relação de dependência espacial, com valores de alcance prático de 66 m (FES-FMA), e 75m (FEI-FES), respectivamente e valores de AIC próximos do modelo “fit01”.

A partir dos resultados da Tabela 2, podemos notar que não houve entre os modelos testados um que obtivesse grau de dependência espacial para o volume em todas as áreas acima a malha de amostragem, indicando que a variabilidade espacial possa estar ocorrendo em distâncias menores do que 40 m em pelos menos uma das 3 áreas analisadas. Kent e Dress (1979) comentaram que em a mortalidade e ingresso das florestas naturais jovens e maduras influencia a formação de padrões espaciais de ocupação de espécies na população pela ação competitiva de seus vizinhos.

Os modelos com *nugget* fixo foram superiores em relação aos sem *nugget* fixo, evidenciando um ganho em relação às estimativas dos parâmetros e, conseqüentemente nos valores de AIC, quando modelado o efeito aleatório dentro da U.A. Gregoire e Schabenberger (1994), utilizou técnica similar ao *nugget* fixo, para efeitos mistos de modelos não lineares por máxima verossimilhança para prever o volume de árvores individuais, encontrou melhorias nas estimativas, quando separado a variância residual aleatória da variância total.

O modelo “fit08” ajustado com 12 parâmetros que é similar a um modelo não compartilhado, em que todas as áreas são distintas em suas médias volumétricas e padrões de distribuição espacial, em que se obteve uma relação fraca do ponto de vista da distribuição dos volumes, sendo o menos parcimonioso e com alcance de 1 m nas áreas FEI e FMA.

Em relação aos valores de AIC obtidos por cada técnica de ajuste, observa-se que foi visível o escalonamento nos modelos compartilhados com e sem *nugget* fixo, relacionando corretamente os ganhos obtidos na comparação entre um ajuste e outro. Burnham e Anderson (2002) comentam que o teste de AIC, não somente seleciona o modelo mais correto, mas também o quanto, sendo utilizado para qualquer tipo de modelo, tanto lineares, como não lineares, aninhados e não aninhados.

Os resultados dos volumes totais obtidos pelo método estatístico foram 295,35 m<sup>3</sup>/ha na FEI e 435,08 m<sup>3</sup>/ha na FES, enquanto que os totais estimados pela krigagem foram 300,95 e 435,03 m<sup>3</sup>/ha respectivamente para FEI e FES. A média do volume na FMA foi constante, dessa forma, não houve influência na superfície krigada para o modelo compartilhado “fixnug11” de melhor desempenho.

## CONCLUSÕES

Os modelos compartilhados com *nugget* fixo foram superiores, pelo critério de Akaike aos modelos sem *nugget* fixo, sugerindo que o efeito do erro aleatório ( $\tau^2$ ) mensurado fora do semivariograma (intra-parcela), pode aumentar a correlação da dependência espacial dos volumes nas áreas.

O critério de Akaike (AIC) somado ao alcance ( $\Phi$ ) para seleção dos modelos foram eficientes, uma vez que compararam os diferentes níveis de ajustes propostos, selecionando um modelo biologicamente coerente com os padrões da distribuição espacial do volume nas áreas.

A pequena diferença encontrada pela estimativa utilizando o método tradicional e o volume estimado pela krigagem nos modelos compartilhados torna esse método viável com a grande vantagem de possibilitar a informação especializada, de difícil obtenção principalmente em florestas naturais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v. 19, n. 6, p. 716–723, Dec. 1974.
- BAS, D.; VAN PUIJENBROEK, R. A. G. Conditional Regression Analysis. **Quality & Quantity**, Dordrecht, v. 23, issue 1, p. 83-108, 1989.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An Analysis of Transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.
- BUONGIORNO, J.; GILLESS, J. K. **Decision methods for forest resource management**. San Diego: Academic Press, 2003. 429p.
- BURNHAM, P. K.; ANDERSON, D. R. **Model selection and multimodel inference: a practical information: theoretic approach**. 2<sup>nd</sup>. ed. Colorado: Springer, 2002. 347p.
- CALEGARIO, N.; MAESTRI, R.; LEAL, C. L.; DANIELS, R. Estimativa do crescimento de povoamento de *Eucalyptus* baseada na teoria dos modelos não lineares em multinível de efeito misto. **Ciência Florestal**, Santa

- Maria, v. 15, n. 3, p. 285-292, 2009.
- DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. **Model-Based geostatistics**. New York: Springer, 2007. 228p.
- FINLEY, A. O.; BANERJEE, S.; MACFARLANE, D. W. **A hierarchical model for quantifying forest variables over large heterogeneous landscapes with uncertain forest areas**. Michigan: Department of Forestry, 2010. 88p.
- GREGOIRE, T. G.; SCHABENBERGER, O. Fitting bole-volume equations to spatially correlated within-tree data. In: ANNUAL CONFERENCE OF APPLIED STATISTICS IN AGRICULTURE, 6., 1994, Manhattan. **Proceedings...** Kansas, 1994. p. 120-133.
- KANGAS, A.; MALTANO, M. **Forest Inventory: Methodology and Applications**. New York: Springer, 2006. 350p.
- KENT, B. M.; DRESS, P. E. On the convergence of forest stand spatial pattern over time: the case of random initial spatial pattern. **Forest Science**, Bethesda, v. 25, n. 3, p. 445-451, 1979.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: Os autores, 2003. 309p.
- MATÈRN, B. **Spatial Variation**. Berlin: Springer, 1986. 594p.
- PINHEIRO, J.; BATES, D. **Mixed-Effects Models in S and S-PLUS**. New York: Springer, 2000. 530p.
- PRODAN, M. Punktstichprobe für die forsteinrichtung. **Forst. u. Holzwirt**, 23 (11): 225-226, 1968.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 12 abr. 2014.
- STRECK, E. V.; KAMPS, N.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos do Rio Grande do Sul**. POA; Editora UFRGS, 2002. 107p.
- SEMA/UFSM-RS. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. 706p. v.1, 2.
- VUOLO, J. H. **Fundamentos da Teoria de Erros**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1996. 247p.

APLICAÇÃO DE REDE NEURAL PARA AJUSTE DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA EM  
POVOAMENTO DE *Pinus taeda*

NEURAL NETWORK APPLICATION FOR ADJUSTMENT OF SETTLEMENT IN RELATION  
HIPSOMETRIC *Pinus taeda*

Lucas Dalmolin Ciarnoschi<sup>1</sup> Aline Bernarda Debastiane André Felipe Hess Tásilla Magalhães Loiola Ana  
Maria Alves de Souza Ribeiro Geedre Adriano Borsoi Emanuel Arnoni Costa

RESUMO

Neste trabalho o objetivo foi avaliar o ajuste de quatro modelos hipsométricos utilizados em processamento de inventários florestais, testando três modelos tradicionais ajustados pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), utilizando o Software SAS, bem como a aplicação de redes neurais artificiais para estimação das alturas de indivíduos de *Pinus taeda* em função do diâmetro a 1,30 m do solo (DAP). Foram utilizadas 469 alturas árvores com DAP variando de 8,0 a 29,6 cm e altura total de 5,5 m a 15,3 m. Os modelos hipsométricos testados foram o Linear, Henrikson e Asmann. A arquitetura utilizada para a Rede Neural Artificial foi do tipo MLP (*Multilayer Perceptron*) na plataforma MATLAB 2014<sup>a</sup>. As estimativas das alturas foram avaliadas por gráficos de resíduo em porcentagem em função da altura estimada (Resíduo %). Assim, conclui-se que o ajuste do modelo Linear pode ser usado com boa estimativa, porém as redes neurais artificiais apresentaram boa adequação ao problema, mostrando-se superiores aos métodos dos mínimos quadrados, sendo elas recomendadas para realizar as estimativas das alturas dos indivíduos.

**Palavras-chave:** inteligência artificial; relação hipsométrica; inventário florestal.

ABSTRACT

In this work the objective was to evaluate the fit four hypsometric models used in processing forest inventories, testing three traditional models adjusted by the method of Ordinary Least Squares (MMO) using the SAS software, and the application of artificial neural networks for estimation of heights *Pinus taeda* individuals depending on the diameter of 1.30 m above the ground (DAP). For the study we used 469 times trees with DBH ranging from 8.0 to 29.6 cm and height total of 5,5m to 15,3m. The tested hypsometric models were the Linear model, Henrikson and Asmann. The architecture used for the Artificial Neural Network used was of the type MLP (*Multilayer Perceptron*) in MATLAB 2014<sup>a</sup> platform. Estimates of heights were evaluated by estimated time charts according to the observed height (Residue %). Thus, it is concluded that the setting of Linear model can be used with good representation and without showing bias, but the artificial neural network showed good fit to the problem, being superior to traditional methods, they are highly recommended to perform the estimates of heights of individuals.

**Keywords:** artificial intelligence; hypsometric relation; forest inventory.

INTRODUÇÃO

A estimação de estoques de crescimento e de colheita são elementos importantes no manejo florestal, uma vez que fornece informações quantitativas sobre a floresta, auxiliando na definição de planos de manejo e em análises econômicas de prescrições de manejo (BINOTI et al., 2013).

Uma das técnicas utilizadas para estimar o crescimento de espécies florestais é o estudo da relação hipsométrica, por meio da qual é possível estimar o crescimento em altura em função do diâmetro, com o uso de equações matemáticas. A relação hipsométrica associada com outras variáveis dendrométricas permite, assim, calcular o estoque de madeira de um determinado local (GARCIA et al., 2011).

Segundo Nascimento et al. (2011), o gestor florestal deseja estimar o valor de uma variável  $Y$ , com base no conhecimento adquirido com uma variável  $X$ . Para Nascimento et al. (2001), isso pode ser realizado mediante a avaliação do valor de  $Y$ , a partir de uma linha de regressão ajustada aos dados amostrais que se ajusta aos dados amostrais. Essa curva resultante é denominada de regressão de  $Y$  sobre  $X$ , visto que  $Y$  é avaliado a partir de  $X$ . A

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro(a) Florestal, Mestrando(a) em Engenharia Florestal pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC – CAV, Avenida Luiz de Camões, 2090 – Conta Dinheiro – Lages – SC, CEP: 88.520-000. E-mail: ciarnoschi@hotmail.com.

ideia por trás da análise de regressão sempre é expressar nossas expectativas sobre a variável dependente como uma função de variáveis independentes (NASCIMENTO et al., 2001).

Para Faria et al. (2011) a metodologia mais usada para fazer ajuste de modelos hipsométricos trata-se da regressão por meio do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Este método tem como objetivo minimizar a soma dos quadrados dos resíduos e usar o valor médio como estimador.

Um dos maiores problemas no uso desta metodologia diz respeito ao cumprimento obrigatório dos pressupostos básicos do modelo: os resíduos devem apresentar distribuição normal, serem independentes e homogeneamente distribuídos (FARIA et al., 2011). Quando existe heterogeneidade de variância nos dados os resíduos apresentam tendenciosidade e baixa acurácia e, na presença de autocorrelação, as observações não serão independentes. Além disso, essa metodologia é muito afetada pela presença de *outliers* e observações influentes na base de dados, que podem provocar grandes alterações nos parâmetros do modelo em caso de existência e até mesmo quebrar os pressupostos básicos para análise de regressão pelo MQO (FARIA et al., 2011).

Funções lineares frequentemente são úteis, mas podem ocorrer situações em que não conseguem descrever uma relação biológica (NASCIMENTO et al., 2011). Existe alguns casos que exigem curvas de alguma natureza matemática que, a partir de considerações teóricas, possibilitam o conhecimento da forma exata que a curva deve tomar. Esses autores ainda indicam que se não há conhecimento específico suficiente sobre a relação, o seu comportamento geral é um indicativo para aproximação de um tipo certo de linha de tendência (CLOW; URQUHART, 1974).

Outro método bastante utilizado são os modelos não lineares usados para representar diversas relações dendrométricas em povoamentos florestais (NASCIMENTO et al., 2010). Esses modelos foram de difícil resolução e a minimização da soma dos quadrados de resíduos é geralmente realizada com sucesso, por requererem pesados cálculos iterativos e o uso de um programa computacional (NASCIMENTO et al., 2011), o que na atualidade se tornou uma metodologia de fácil resolução com o aparecimento de inúmeros programas estatísticos.

Uma abordagem alternativa para a modelagem da relação hipsométrica consiste no uso de Redes Neurais Artificiais (RNAs). Essas redes são sistemas computacionais paralelos constituídos por unidades de processamento simples, também denominadas neurônios artificiais, conectadas entre si de maneira específica para desempenhar determinada tarefa. Os neurônios artificiais são modelos matemáticos simplificados dos neurônios biológicos e processam as informações recebidas e ponderadas por pesos sinápticos, fornecendo uma única resposta (HAYKIN, 2001).

A modelagem da altura de povoamentos florestais é encaixada na tarefa de aprendizagem por RNAs denominada aproximação de funções (BINOTI, 2010). Essa tarefa tem como finalidade treinar uma rede neural que aproxime a função desconhecida  $f(x)$ , que descreve o mapeamento dos pares de entrada-saída de um conjunto de  $n$  exemplos de treinamento. O treinamento consiste no ajuste dos pesos sinápticos a partir de um conjunto de dados conhecido, o aprendizado ocorre através de exemplos conhecidos, e o conhecimento adquirido pela RNA é utilizado para que a mesma desempenhe determinadas tarefas (HAYKIN, 2001).

O objetivo do presente estudo é avaliar o desempenho dos métodos mínimo quadrado ordinário e de uma RNA para a estimativa da altura em um reflorestamento de *Pinus taeda*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do local de coleta dos dados

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de medições de um reflorestamento de *Pinus taeda* em uma área de 64,4 ha, com nove anos de idade, em um espaçamento de 2,5 m x 2,5 m, os diâmetros variaram de 5,2 a 29,8 cm com um diâmetro médio quadrático de 17,0 cm sem desbaste, localizado no município de Lages - SC. Os dados utilizados são de um inventário florestal o qual teve 37 parcelas de 200 m<sup>2</sup>, sendo seu formato quadradas instaladas aleatoriamente sendo medido 20% das alturas dentro de cada unidade amostral implantada o que resultou em uma gama de 469 árvores com as alturas totais e comerciais mensuradas.

### Estimativa da altura pelos métodos tradicionais

Em inventário de plantações florestais é comum medir os diâmetros de todas as árvores da amostra e apenas parte das alturas. Segundo Couto e Bastos (1987), o uso de relações hipsométricas em inventário florestal vem se constituindo em uma operação rotineira para cálculo do volume de madeira em pé e estimativa da altura das árvores através da relação altura e DAP.

O princípio do ajuste destes modelos é a análise de regressão, que consiste em determinar os coeficientes do modelo ( $\beta_{is}$ ) através do método de mínimos quadrados, ou seja, determinar os coeficientes em que a soma dos quadrados dos resíduos (erros) seja o mínimo valor possível (SANTOS et al., 2012). Para descrever a relação

hipsométrica do povoamento, foram ajustados três modelos matemáticos (Tabela 1). A seleção do melhor modelo foi obtida segundo os critérios do maior valor para o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ) e o menor valor para o erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{yx}\%$ ). Com a seleção do melhor modelo foi realizado a comparação com as estimativas obtidas pela RNAs.

Tabela 3- Modelos matemáticos utilizados para estimativas das alturas.

Table 1 - Mathematical models used to estimate the heights.

Modelo	Modelo
Linear	$h = \beta_0 + \beta_1 * DAP$
Henrikson	$h = \beta_0 + \beta_1 * \ln DAP$
Asmann	$h = \beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{DAP^2}$

Onde:  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = são coeficientes de regressão estimados;  $h$  = é altura total;  $DAP$  = diâmetro à altura do peito (1,30 m);  $\ln$  = logaritmo neperiano.

### Estimativa da altura por Redes Neurais Artificiais (RNAs)

A RNA utilizada foi do tipo MLP (*Multilayer Perceptron*) na plataforma (MATLAB, 2014), sua arquitetura foi constituída de três camadas: i) camada de entrada, constituída por um neurônio, correspondendo a variável DAP; ii) camada oculta, constituída por um número de neurônios variando em  $\pm 5$  em torno do número de neurônios satisfatório (HEATH, 2010); iii) camada de saída, com um único neurônio correspondente a variável altura total.

O algoritmo utilizado foi o de retropropagação de Levenberg-Marquardt (HAGAN; MENHAJ, 1994), função de ativação tangente sigmoideal e taxa de aprendizado de 0,01. Foram testadas 30 inicializações aleatórias dos pesos sinápticos. Os vetores de entrada foram normalizados com média 0 e desvio padrão igual a 1.

Os dados provenientes da mensuração das 469 árvores foram divididos em três subconjuntos amostrais para treinamento (50%), validação cruzada (25%) e eficiência da RNA na fase de teste (25%). Após realizado o treinamento e validação, foi aplicado o aprendizado para todo o conjunto amostral. Foi realizado o ajuste dos pesos sinápticos da RNA tendo como entrada a variável DAP, e como saída a altura total.

### Avaliação dos modelos

A eficácia dos modelos foi medida sobre o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (Equação 1), Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE) (Equação 2) e erro percentual (erro%) obtido conforme equação 3.

$$R^2 = \frac{[\sum (H_{Obs} - H_{méd_{Obs}}) * (H_{Sim} - H_{méd_{Sim}})]^2}{\sum (H_{Obs} - H_{méd_{Obs}})^2 * \sum (H_{Sim} - H_{méd_{Sim}})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{Sim} - H_{Obs})^2} \quad (2)$$

$$erro\% = \frac{(H_{obs} - H_{sim})}{H_{obs}} * 100 \quad (3)$$

Nas quais: H: altura;  $H_{Obs}$ : altura total observada;  $H_{Sim}$ : altura simulada pelo modelo;  $H_{méd_{Obs}}$ : média das alturas observadas;  $H_{méd_{Sim}}$ : média das alturas simuladas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do desempenho da RNA para estimativa da altura consta na Tabela 2. A RNA realizou mais de 300 treinamentos variando-se o número de neurônios na camada oculta e os valores iniciais das matrizes de pesos sinápticos.

O melhor resultado da RNA foi avaliado com base no maior  $R^2$  na fase de teste, este foi constituído de 4 neurônios na camada oculta,  $R^2$  na fase de treinamento de 0,236 e na fase de teste alcançando  $R^2$  de 0,414.

Tabela 2- Avaliação da RNA para a estimativa da altura total.

Table 2 - Evaluation of method used to estimate the total height.

Método	Arquitetura Num de neurônios na camada de entrada/oculta/saída	Treinamento		Teste	
		R <sup>2</sup>	RMSE (m)	R <sup>2</sup>	RMSE (m)
RNA - MLP	1/4/1	0,236	16,8	0,414	12

Os ajustes das relações hipsométricas por meio do método mínimo quadrado ordinário teve como melhor equação a linear (Tabela 3), onde apresentou o melhor coeficiente de determinação ajustado  $R^2_{aju.}$  de 0,2756, menor erro padrão da estimativa  $S_{xy}$  um valor de 1,5147, o qual segundo Sanquetta et. al (2009), é o erro médio cometido quando a equação ajustada é usada para obter-se uma estimativa. Quanto mais baixo for o erro, melhor será a equação ajustada. Também é apresentado o erro padrão da estimativa relativo  $S_{xy}\%$ , o qual é expresso em porcentagem, onde o menor também foi a equação linear com um erro de 14,83426 %. Azevedo et al. 2011 obteve-se o melhor resultado tanto para o coeficiente de determinação, que foi de 0,1716, como para o erro padrão da estimativa (27,50 %).

Tabela 3 - Coeficientes de ajuste dos modelos e estatísticas utilizadas para seleção do melhor modelo para a estimativa da altura utilizando o mínimo quadrado ordinário.

Table 3 - Setting the Coefficients of models and statistics choosing the best model for comparison with the estimation of ANN.

Autor	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2_{aju.}$	$S_{yx}$ (m <sup>3</sup> )	$S_{xy}$ (%)
Linear	5,601	0,276	0,27	1,514	14,8
Henrikson	-1,995	4,368	0,26	1,525	14,9
Asmann	11,808	-389,773	0,20	1,588	15,5

Machado et al. (1994), analisando o comportamento da relação hipsométrica para *Pinus elliottii* afirmaram que o baixo valor do coeficiente de determinação é explicado pela homogeneidade dos dados, gerada pela baixa variação das alturas em relação à amplitude diamétrica.

Analisando os gráficos de resíduos (Figura 1), o qual representa a simulação das alturas pela RNA e pelo método tradicional, ou seja, por equação matemática, podemos perceber que houve uma pequena diferença entre a distribuição de resíduos, onde a distribuição pela RNA variou de -71,9% até 33,3%, tendo assim uma amplitude de 105,2 %. Já analisando o gráfico de resíduos obtido por meio do modelo linear houve uma amplitude de 109,92%, onde a variação ocorreu desde -77,46% até 32,46% na estimativa das alturas.

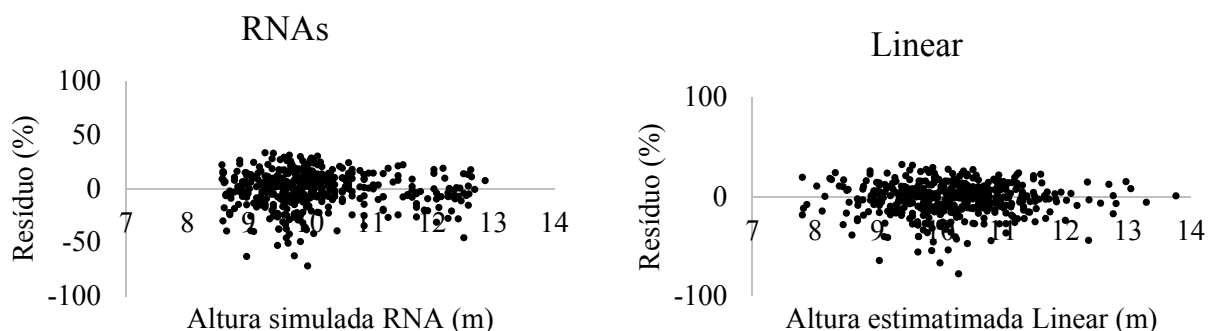


Figura 1 - Gráfico representando os resíduos (%), em função dos valores dos dados simulados através da RNA, e através dos dados estimados pela equação matemática Linear.

Figure 1 – Graph representing the waste simulated by artificial neural network (ANN), and through the linear mathematical equation, which had the best setting according to the data.

Portanto quando comparado os resultados obtidos pelo método de RNAs são superiores aos obtidos com as estimativas pelos modelos clássicos para a estimativa da altura. Onde os resíduos são mais homogêneos e apresentam uma menor variação em amplitude, o que nos confere uma maior segurança no momento das estimativas de altura.

Analisando a estimativa dos valores de altura simulados pela RNA podemos perceber que a estimativa acompanha a média das alturas reais pois se observar a Figura 2A, percebemos que a altura simulada tem uma



distribuição de forma que ela tende a seguir a média da distribuição dos pontos que representam as alturas reais, de forma contrária na Figura 2B, onde tem-se um ajuste de forma linear, a qual a tendência tende a linearidade constante a qual não acompanha a média das alturas e também não se modela de acordo com a variação que ocorre nas alturas de seus extremos.

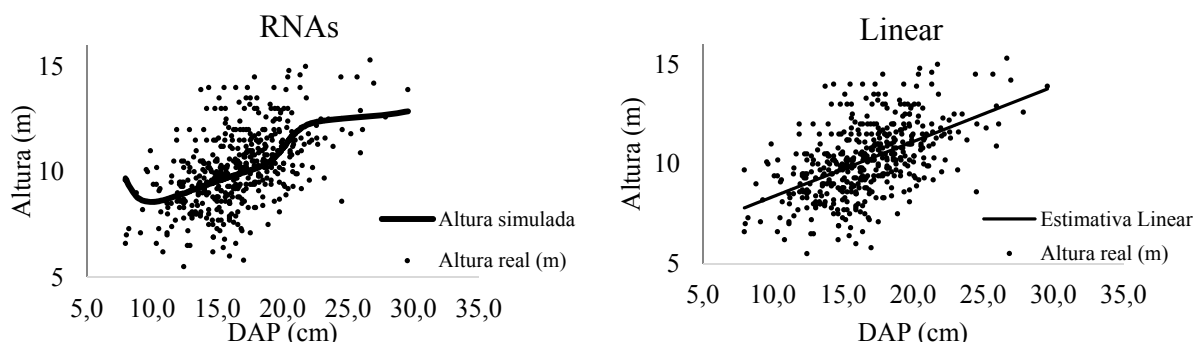


Figura 2 - Comparativo entre as alturas reais e Figura "A" altura estimada pela RNA e Figura "B" alturas estimadas pelo método tradicional, modelo linear.

Figure 2 – Comparison between the actual heights and frame "A" height estimated by artificial neural network (RNAs) and Table "B" heights estimated by the traditional method through the linear model.

## CONCLUSÕES

Dos métodos de ajuste mínimo quadrado ordinário avaliados, o modelo linear apresentou melhor ajuste da altura estimada com a altura observada a campo ( $R^2 = 0,2756$ ). Comparando-se o desempenho do melhor método tradicional (linear) com a RNA utilizada, a estimativa pela RNA se obteve um melhor resultado, apresentando um  $R^2$  de 0,414. As RNAs são ferramentas que se mostram com potencial para a estimativa de modelos hipsométricos, e uma vez treinadas, permitem aplicar o seu aprendizado para povoamentos de mesma idade, espécie e condições de sítio para as quais foram validadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, L. T. et al.; Equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp. localizado na FLONA do Ibura, Sergipe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n. 1, p. 105-112, 2011.
- BINOTI, M. L. M. S. et al.; Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 37, n. 4, p. 639 – 645, 2013.
- BINOTI, M. L. M. S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- CLOW, D. J.; URQUHART, N. S. **Mathematics in biology: calculus and related topics**. New York, EUA: W. W. Norton & Company, Inc. 1974. 727 p.
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantação de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, SP, n.37, p. 33-44, dez.1987.
- FARIA, R. L. A. et al. Uso de goal programming para o ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de *Eucalyptus grandis*. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5., 2011, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: UFSM, 2011. p. 490-197.
- GARCIA S. J. et al. Relação hipsométrica para *Tectona grandis* L. F. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2011, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: UFSM, 2011. p. 156-160.
- HAGAN, M. T.; MENHAJ, M. Training feed-forward networks with the Marquardt algorithm. **IEEE Transactions on Neural Networks**, v.5, n.6, p.989-993, 1994.
- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. Porto Alegre: ed. Bookman, 2001. 900 p.
- HEATH, G. E. **Training, testing and validating data set in Neural Network**. 2010. Disponível em: [http://www.mathworks.com/matlabcentral/newsreader/view\\_thread/295781#917734](http://www.mathworks.com/matlabcentral/newsreader/view_thread/295781#917734). Acesso em: 04 de jul.2015.
- MACHADO, S. A. et al.; Análise do comportamento da relação hipsométrica com respeito à idade para plantações

de *Pinus elliotti* no Paraná. **Revista Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 5-12, 1994.

MATLAB; Training, testing and validating data set in Neural Network. 2014a. Disponível em: <http://www.mathworks.com/support/sysreq/sv-r2014a/>. Acesso em: 30 de jul.2015.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

NASCIMENTO, M. G. R.; CZELUSNIAK, H. B.; MACHADO, A. C. Análise de seis formas de concepção de um modelo de regressão: Um estudo com dados de relação hipsométrica. . In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5., 2011, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: UFSM, 2011. p. 431-437.

NASCIMENTO, R. G. M.; et al.; Relações dendrométricas de *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 369 – 374, nov./dez. 2010.

SANTOS, T. A. et al.; Equações de volume e relação hipsométrica para plantio de *Ocotea porosa*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR, v. 32, n. 69, p. 13-21, jan/mar. 2012.

**APLICAÇÃO DE REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMAR O CRESCIMENTO EM ALTURA DE ESPÉCIES NATIVAS EM PLANTIOS COMERCIAIS**

**ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPLICATION FOR ESTIMATING GROWTH IN NATIVE SPECIES OF TIME IN COMMERCIAL PLANTATIONS**

Taise Severo Aozani<sup>1</sup> Daniel Henrique Breda Binoti Adriano Ribeiro de Mendonça Márcia Rodrigues de Moura  
Fernandes Evandro Ferreira da Silva Giovanni Correia Vieira

**RESUMO**

A obtenção de altura das árvores é algo difícil e que gera elevados custos nos inventários florestais. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi aumentar a precisão das estimativas de altura de povoamentos de três espécies nativas com a utilização RNA, e então compará-lo com o modelo hipsométrico de Curtis para então avaliar qual método resulta o melhor desempenho. A pesquisa foi realizada com dados de plantios puros de três espécies nativas, sendo elas o Mogno, Ipê Felpudo e Araucária. Para tal foram utilizados dados do diâmetro a 1,30 m do solo (*DAP*), altura total (*Ht*) e a idade das árvores. Foram treinadas as redes do tipo *Multilayer Perceptron* (MLP) e ajustado o modelo de Curtis para comparar os resultados. A estimativa de altura de árvores por meio das RNA's apresentou um bom ajuste, comparado com as estimativas geradas pelo ajuste do modelo de Curtis, sendo viável para estimar a altura das espécies em estudo.

**Palavras-chave:** inventário florestal; relação hipsométrica; modelagem.

**ABSTRACT**

Obtaining height of the trees is difficult and generates high costs in forest inventories. Thus, the aim of this study was increase the accuracy of stands tall estimates of three native species using ANN, and then compare it with the hypsometric model Curtis and then evaluate which method results in the best performance. The research was conducted with pure stands of data from three native species, which were Mogno, Ipe Felpudo and Araucaria. For this diameter data used were 1.30 m above the ground (DBH), total height (Ht) and the age of the trees. Networks Multilayer Perceptron type were trained (MLP) and adjusted the model of Curtis to compare the results. The estimate of trees through RNA's height presented a good fit compared with the estimates generated by adjusting the Curtis model, being feasible to estimate the height of the species under study.

**Keywords:** forest inventory; hypsometric relationship; modeling.

**INTRODUÇÃO**

O manejo de florestas plantadas, além de suprir a demanda de madeira para produção de seus produtos, é uma forma importante de preservar as florestas nativas e a biodiversidade local, já que o desmatamento em nível global é uma das grandes preocupações atuais.

O crescimento de uma floresta é de grande importância no manejo, visto que suas estimativas são essenciais para o planejamento de um empreendimento florestal e que várias decisões a serem tomadas dependem destas estimativas (SCHNEIDER, 1993). Este se dá pelo aumento das dimensões de um ou mais indivíduos em um determinado período de tempo, sendo este influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente (PRODAN et al., 1997).

A partir da simulação do comportamento futuro da floresta, torna-se possível tomar decisões mais consistentes. Sendo assim, os inventários florestais são ferramentas de suma importância para informar os recursos existentes em uma determinada floresta.

É comum, nos inventários florestais, medir o diâmetro de todas as árvores, mas somente a altura de algumas no interior da parcela, e estabelecer uma relação que permite estimar a altura das demais árvores da parcela em função dos diâmetros que foram mensurados, por meio da relação hipsométrica, resultando na diminuição dos custos de inventário. Isso se deve ao fato de que a medição do diâmetro a 1,3 m do solo (*DAP*) das árvores é mais fácil de obter que a altura (MARTINS, 2012). Por meio dos modelos de relação hipsométrica é possível descrever as alturas das árvores em função apenas dos diâmetros medidos (SOARES et al., 2004).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Mestranda em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

E-mail: taiseaozani@hotmail.com

As redes neurais artificiais são uma abordagem alternativa para modelar o crescimento em altura das árvores. Segundo Binoti et al. (2013), redes neurais são sistemas computacionais paralelos constituídos por unidades de processamento simples, também denominadas neurônios artificiais ou nodos, conectadas entre si de maneira específica para desempenhar determinada tarefa.

Existem casos em que as redes neurais artificiais (RNA's) tem apresentado desempenho superior aos modelos de regressão. Vários fatores contribuem para esse resultado, como: apresenta estrutura em camadas; resolve problemas complexos, pois tem a habilidade de aprender e generalizar; são tolerantes a falhas e ruídos; podem modelar diversas variáveis e suas relações não lineares; possibilidade de modelagem com variáveis categóricas; e analogia neurobiológica (HAYKIN, 2001).

No entanto, o presente trabalho teve por objetivo aumentar a precisão das estimativas de altura de povoamentos de três espécies nativas com a utilização RNA, e então compará-lo com o modelo hipsométrico de Curtis para então avaliar qual método resulta o melhor desempenho.

## METODOLOGIA

### Dados

A pesquisa foi realizada com dados de plantios puros de três espécies nativas, sendo elas a *Switenia macrophylla* King (Mogno), a *Zeyhera tuberculosa* (Ipê Felpudo) e a *Araucária cunninghamii* (Araucária), provenientes da Reserva Natural da Vale, localizada no município de Linhares, ES, entre as coordenadas 19° 06' a 19° 18'S e 39° 45' a 40° 19'W.

Para a realização desse trabalho foram utilizados dados de um monitoramento anual de plantios homogêneos de espécies nativas, onde foi medido o diâmetro a 1,30 m do solo (*DAP*) e altura total (*Ht*) das árvores.

### Treinamento e avaliação das RNA e ajuste do modelo hipsométrico

A estimativa do crescimento em altura foi simulada tendo como variáveis de entrada o *DAP* e a idade de todas as árvores. Foram treinadas as redes do tipo *Multilayer Perceptron* (MLP), as quais consistem em duas camadas de neurônios artificiais que processam os dados, sendo uma camada de saída e uma intermediária, e uma camada que apenas recebe os dados, sendo a camada de entrada, direcionando os mesmos à camada intermediária. Para a obtenção das redes foi utilizado o *software* NeuroForest® 3.3.

Foi ajustado o modelo hipsométrico de Curtis (1967), por meio do *software* R, versão 3.2. (R Core Team, 2015), que usa o algoritmo de Gauss-Newton para encontrar a solução, dado pela seguinte equação:

$$\log H = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{DAP} + \varepsilon \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: H=altura estimada; DAP= diâmetro a 1,30 m do solo;  $\beta_i$  = parâmetros e;  $\varepsilon$  = erro aleatório.

Para selecionar a rede que forneceu estimativas mais precisas foram utilizados os seguintes critérios: coeficiente de correlação ( $r_{yy}$ ) entre valores observados e estimados; análise gráfica dos resíduos; e análise dos histogramas de frequência dos erros percentuais. Foram comparadas as estatísticas da rede selecionada com as estatísticas do modelo hipsométrico para então avaliar o desempenho de cada método de estimação de altura.

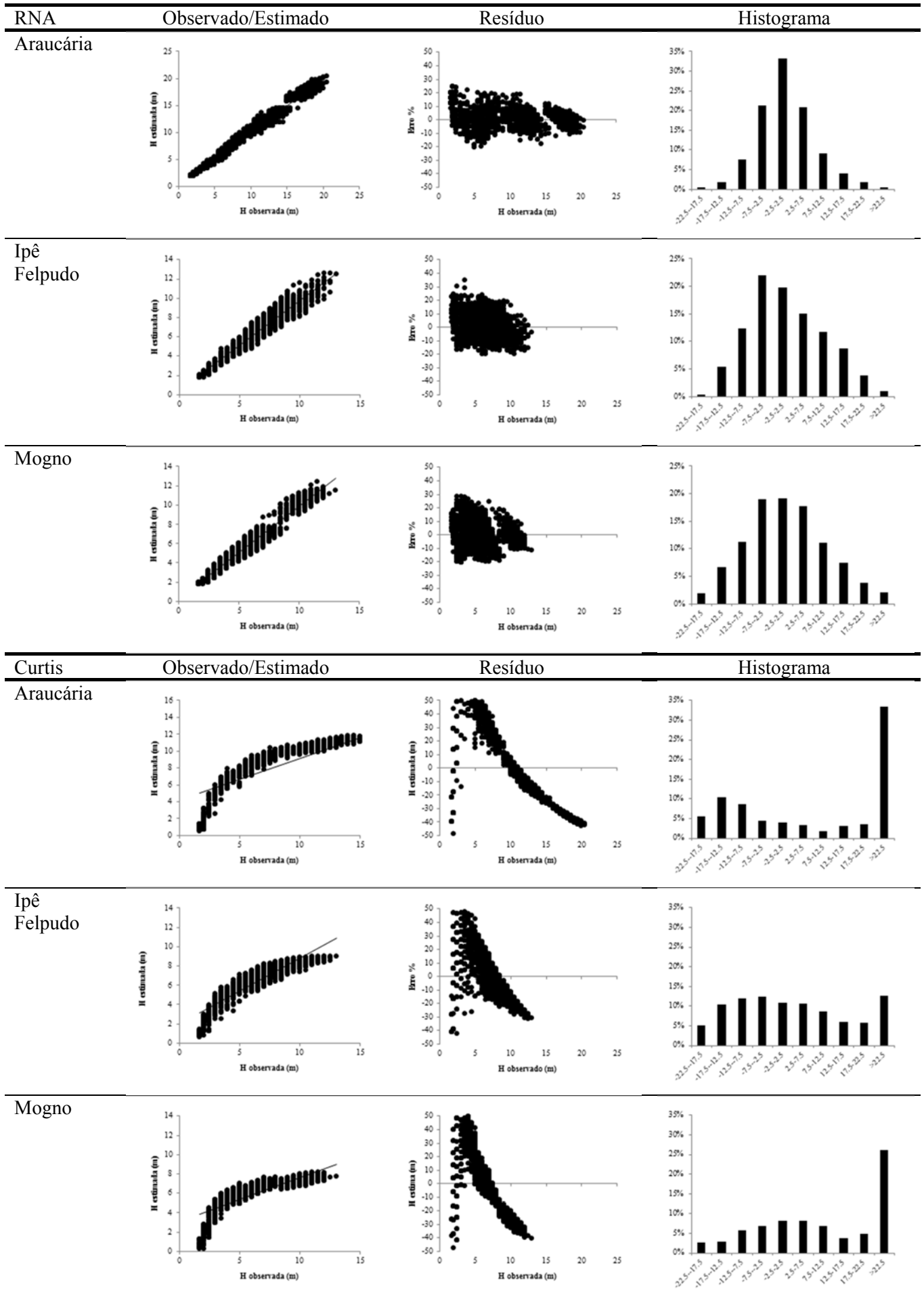
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alturas estimadas pelo modelo e RNA com as entradas diâmetro (*DAP*) e Idade (*I*) e a entrada categórica tratamentos (espécies) em função da altura observada resultaram em tendência semelhante para as três espécies em estudo testadas com a RNA (Figura 1).

As alturas estimadas pelo modelo de Curtis resultaram em tendências semelhantes, no entanto foram diferentes das apresentadas pela RNA, sendo que no modelo de Curtis a tendência é de subestimação dos dados (Figura 1).

Figura 1: Análise gráfica do ajuste das redes, observado/estimado, dispersão dos resíduos em função dos valores observados e histograma de resíduos.

Figure 1: Graphical analysis of adjustment networks, observed / estimated dispersion of waste due to the observed values and residuals histogram.



Das redes ajustadas para as três espécies em estudo, a que obteve melhor desempenho apresentou correlação igual a 0.984586. Porém as estimativas do modelo de Curtis não foram tão satisfatórias quando comparado com configurações tradicionais utilizadas em RNA's. Isso também pode ser observado a partir dos valores dos coeficientes de correlação (Tabela 1).

Tabela 1: Coeficiente de correlação para o modelo e RNA.

Table 1: Correlation coefficient for the model and RNA.

Coeficiente de correlação					
Araucária		Ipê Felpudo		Mogno	
RNA	Curtis	RNA	Curtis	RNA	Curtis
0.984586	0.7534	0.984586	0.8446	0.984586	0.6561

## CONCLUSÕES

A estimativa de altura de árvores por meio de redes neurais artificiais (RNA's) apresentou um bom ajuste, comparado com as estimativas geradas pelo ajuste do modelo de Curtis. Portanto, as RNA's são alternativas viáveis para estimar a altura das espécies em estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BINOTI, M.L.M.S.; BINOTI, D.H.B.; LEITE, H.G. Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.37, n.4, p.639-645, 2013.
- CURTIS, R. O. Height diameter and height diameter age equations for second growth Douglas-fir. *Forest Science*, v.13, n.4, p.365-375, 1967.
- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. Porto Alegre: 2001. 900p.
- MARTINS, L. T. **Caracterização dendrométrica e crescimento de dez espécies florestais nativas em plantios homogêneos no estado do Espírito Santo**. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.
- PRODAN, M., et al. **Mensuração Florestal**. San José: GTZ, 1997. 561 p.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2015.
- SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria UFSM, 1993. 348p.
- SOARES, T. S.; SCOLFORO, J. R. S.; FERREIRA, S. O.; MELLO, J. M. de. Uso de diferentes alternativas para viabilizar a relação hipsométrica no povoamento florestal. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v.28, n. 6, p. 845-854, 2004.

**APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS NA ESTIMATIVA DE VOLUME EM PLANOS DE MANEJO NA FLORESTA AMAZÔNICA**

**APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN VOLUME ESTIMATES IN MANAGEMENT PLANS IN AMAZON FOREST**

Márcia Rodrigues de Moura Fernandes<sup>1</sup> Evandro Ferreira da Silva Giovanni Correia Vieira  
Cristiano Corrêa da Silva Daniel Henrique Breda Binoti Taise Severo Aozani

**RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo estimar o volume de madeira cubado por meio da utilização de redes neurais artificiais. Para tal, foram utilizados dados de um plano de manejo florestal sustentável, localizado no município de Rio Branco-Acre. O ajuste das redes foi obtido com os dados da cubagem das árvores explorados. O cálculo do volume foi obtido de acordo com o método de cubagem de Smalian. Foram testadas 4 redes para cada arquitetura MLP com uma camada intermediária. Na avaliação da modelagem foi analisado o coeficiente de correlação, raiz do quadrado médio do erro, gráficos dos valores observados e estimados e gráficos dos resíduos. O coeficiente de correlação variou de 0,7673 a 0,7900 e o RQEM de 1,1957 a 1,2273, sendo assim, as redes apresentaram boa precisão para estimar o volume de romaneio, com tendências de superestimativas para todas as redes treinadas.

**Palavras-chave:** Exploração florestal; Cubagem rigorosa; Floresta natural.

**ABSTRACT**

This study aimed to estimate the volume of cubed wood through the use of artificial neural networks. For this we used data from a sustainable forest management plan, the municipality of Rio Branco-Acre. The network setting data was obtained with the cubage of trees exploited. The volume calculation was obtained according to the scaling method Smalian. They were tested 4 networks for each MLP architecture with an intermediate layer. In the evaluation of modeling was analyzed the coefficient of correlation, the root mean square error graphs of observed and estimated values and residual graphs. The correlation coefficient ranged from 0.7673 to 0.7900 and RQEM 1.1957 to 1.2273, therefore, the networks showed good accuracy to estimate the volume of cut-over forest, with overestimation of trends for all trained networks.

**Keywords:** Lumbering; Scaling; Natural forest.

**INTRODUÇÃO**

O manejo florestal visa contribuir para a utilização dos recursos florestais de forma sustentada, viabilizando a produção florestal e conservação da floresta. Nesse sentido, para avaliação da produção florestal é necessário realizar a estimativa de volume por meio de equações volumétricas, sendo de grande importância para o planejamento florestal o conhecimento dessa variável (SCOLFORO, 2006). As equações de volume têm o objetivo de estimar o volume dos indivíduos em função das variáveis de entrada diâmetro a altura do peito (DAP) e altura (CAMPOS; LEITE, 2013).

A exploração de madeira na Amazônia visa o equilíbrio diante de três pilares fundamentais da sustentabilidade: o social, o ambiental e o econômico. A quantificação do volume de madeira é importante para fornecer de forma confiável a estimativa de volume, que será utilizado para a análise de viabilidade econômica dos projetos de manejo, além de subsidiar o monitoramento da retira de madeira da floresta (SCOLFORO, 2006). Nesse contexto, é comum na região amazônica a utilização do fator de forma de 0,70 proposta por Heinsdijk e Bastos (1963) ou aplicação de uma equação de volume conhecida para a região.

Perante a lei, a resolução nº 406, de 02 de fevereiro de 2009, estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. O artigo dez prevê que a partir do segundo Plano Operacional Anual (POA), só será aceito pelo órgão ambiental competente o

<sup>1</sup>**Autor para correspondência**

Doutoranda em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.  
E-mail: marciarmfe@gmail.com.

cálculo do volume de árvores em pé, mediante modelos volumétricos ajustados especificamente para o PMFS (BRASIL, 2009).

Desse modo, a utilização de modelos regressão clássicos são utilizados para o ajuste do volume em planos de manejo florestal na Amazônia, sendo necessária a cubagem dos indivíduos e a medição do DAP e altura comercial. Na busca de métodos mais acurados de estimativa volumétrica, tem crescido o uso da técnica de redes neurais artificiais (RNA's) no setor florestal, no entanto os estudos em florestas nativas são ainda incipientes.

As redes neurais consistem em unidades de processamento simples (neurônios artificiais) que calculam as funções da rede, sendo dispostas em camadas e interligadas entre si por pesos que tem a função de armazenar o conhecimento de entrada e realizar a ponderação das entradas de cada unidade (BRAGA et al., 2007). A rede neural realiza a aproximação de função antes desconhecida de  $f(x)$ , descrevendo o mapeamento de entrada e saída  $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)\}$  de um conjunto de  $n$  padrões de treinamento (BINOTI, 2012).

Devido a carência de estudos nas estimativas volumétricas em florestas nativas, o objetivo do presente trabalho foi estimar o volume de madeira cubado por meio da utilização de redes neurais artificiais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desse trabalho foram utilizados dados de um PMFS, localizado no município de Rio Branco, Acre, com área de manejo de 1.319,1011ha, onde foram cubados 552 indivíduos.

O procedimento para construção do banco de dados, visando o ajuste das RNA's, foi obtido com os dados da cubagem dos indivíduos explorados (fase pós-exploratória), realizado utilizando a identificação da plaqueta de identificação de cada árvore, quantificou-se, o número de toras produzidas pelas árvores exploradas e suas respectivas dimensões. Tais medidas possibilitaram o cálculo do volume das mesmas, sendo obtidas durante a exploração florestal.

O volume produzido pelas árvores exploradas (romaneio) foi obtido de acordo com o método de cubagem de Smalian, dado por:

$$V = \frac{\pi}{80000} \times (d_i^2 + d_{i+1}^2) \times L$$

Em que:  $V$  = volume da tora, em  $m^3$ ;  $d_i$  = média aritmética de dois diâmetros ortogonais medidos em uma extremidade da tora, em centímetros;  $d_{i+1}$  = média aritmética de dois diâmetros ortogonais medidos na outra extremidade da tora, em centímetros;  $L$  = comprimento da tora, em metros.

### Redes neurais artificiais

Para o treinamento das RNA's, foram testadas 4 redes para cada arquitetura *Multilayer Perceptron* (MLP) com uma camada intermediária. Foram utilizados na camada intermediária 5 neurônios, a função de ativação foi a logística sigmoide. Na camada de saída a função utilizada foi a linear. As funções são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Funções de ativação.

Table 1 - Activation functions.

Funções de ativação	Equação
Logística sigmoide	$y = \frac{1}{1+e^{-x/T}}$
Linear	$y = \alpha x$

Foi empregado como critério de parada duas regras: 3.000 épocas para cada combinação de configuração e parada antecipada pelo método de validação cruzada. As variáveis de entrada e saída foram padronizadas entre [0, 1]. As variáveis de entrada utilizadas na rede estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Variáveis utilizadas na configuração das redes neurais artificiais.

Table 2 - Variables used in the configuration of artificial neural networks.

Configurações da rede	Entrada	Saída
1	DAP, H	Volume de romaneio
2	DAP, H, Espécie	Volume de romaneio
3	DAP, H, Qualidade do fuste	Volume de romaneio
4	DAP, H, Espécie, Qualidade do fuste	Volume de romaneio



Na avaliação da modelagem foi realizada a análise dos valores obtidos do coeficiente de correlação ( $r$ ); raiz do quadrado médio do erro (RQME); gráficos dos valores observados *versus* valores estimados e gráficos dos resíduos *versus* valores estimados (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros estatísticos para avaliação do ajuste.

Table 3 - Statistical parameters for evaluation adjustment.

Estadística	Equação
Coeficiente de correlação	$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{\left[\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{n}\right] \left[\frac{\sum y^2 - (\sum y)^2}{n}\right]}}$
Raiz do quadrado médio do erro (RQME)	$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$

$r$  = coeficiente de correlação;  $x$  = variável independente;  $y$  = variável dependente;  $y_i$  = valor observado da  $i$ -ésima variável dependente;  $\hat{y}$  = valor estimado da  $i$ -ésima variável dependente;  $n$  = tamanho da amostra; RQME = raiz do quadrado médio do erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os dados apresentados na tabela 4 observa-se que para a estimativa do volume de romaneio foi observado que o coeficiente de correlação variou de 0,7673 a 0,7900 e o RQEM de 1,1957 a 1,2273. Observou-se que as redes que apresentaram a maior precisão foram as redes 1 com duas entradas (DAP, H) e a rede 3 com três entradas (DAP, H e Qualidade do fuste) resultaram em tendência semelhante para ambas as opções de variáveis de entrada, porém com ligeira melhora ao incluir a variável qualidade do fuste. Ressalta-se que a utilização da variável espécie como entrada reduziu a precisão do modelo. Um dos motivos se deve ao fato que apesar dos indivíduos pertencerem à mesma espécie estes possuem idades diferentes, condições de competição diferentes que influencia na forma da árvore e conseqüentemente na estimativa do volume da árvore. Hiramatsu (2008) estimando o volume comercial para espécies nativas na região do vale do Jari na Amazônia oriental, por meio de modelos de regressão linear, obteve coeficiente de correlação variando de 0,8491 a 0,8983. Já Barros e Silva Júnior (2009) estimando o volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapu, oeste do estado do Pará, Amazônia oriental obteve coeficientes de correlação variando de 0,7797 a 0,9539 para os modelos de regressão.

Tabela 4 - Indicadores estatísticos utilizados para avaliar as configurações de redes neurais artificiais para estimar o volume do romaneio.

Table 4 - Statistical indicators used to assess the settings of artificial neural networks to estimate the volume of cut-over forest.

Configurações da rede	Volume de romaneio	
	Correlação	RQEM
1	0,7892	1,1972
2	0,7673	1,2273
3	0,7900	1,1957
4	0,7848	1,2162

Analisando a figura 1 o volume florestal de romaneio estimado *versus* o volume florestal de romaneio observado e gráfico dos resíduos *versus* valores estimados é possível observar que todas as redes tiveram tendência a superestimar o volume florestal estimado. Esse erro sistemático pode ser devido a problemas de medição em campo por dificuldades em estimar algumas variáveis que são utilizadas para obter o volume da árvore, como a altura da árvore.

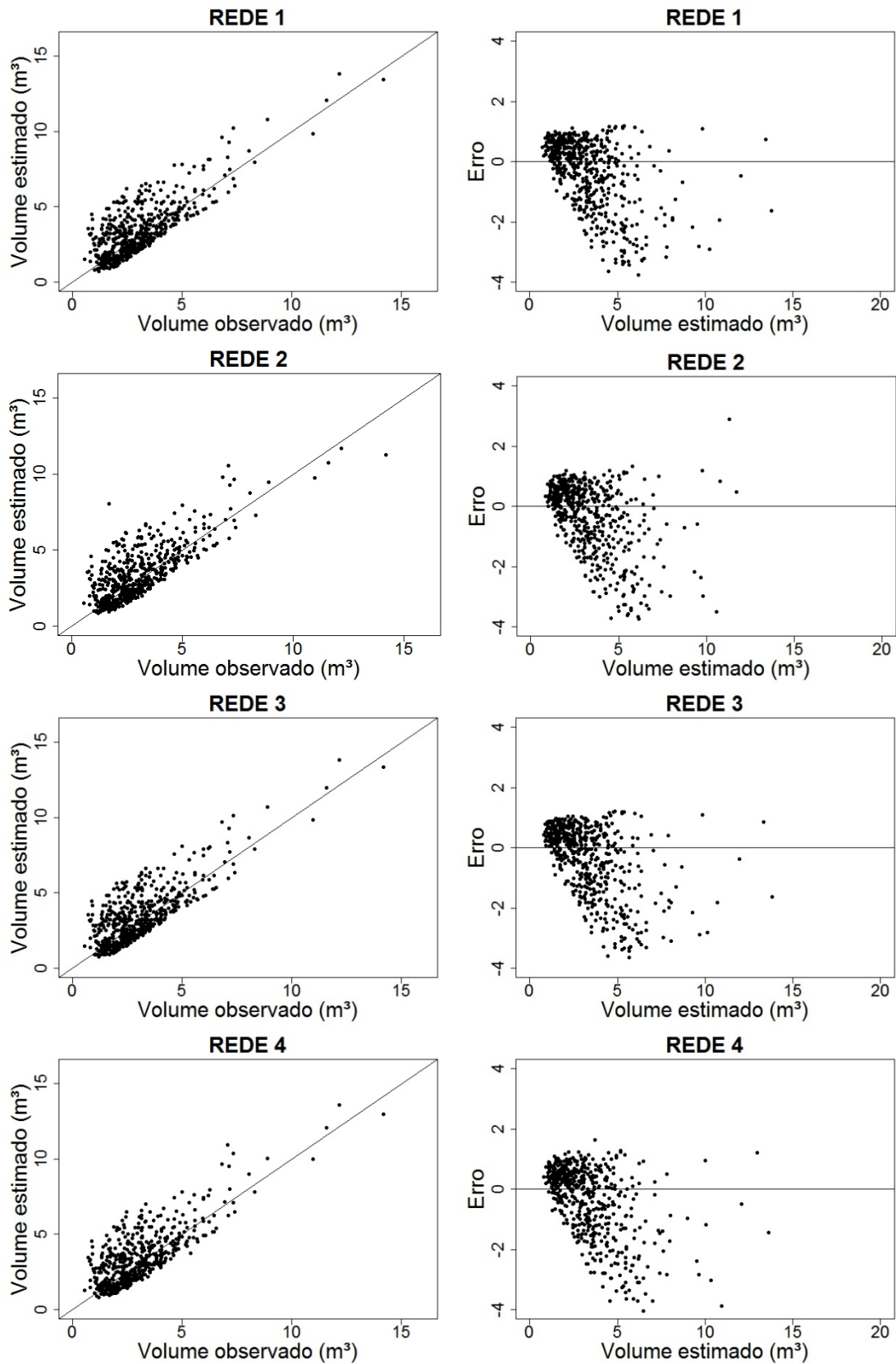


Figura 1 - Análise gráfica do volume florestal de romaneio estimado versus o volume florestal de romaneio observado e gráfico dos resíduos versus valores estimados.

Figure 1 - Graphical analysis of forest estimated volume of cut-over forest versus forest volume of cut-over forest observed and plot of the residuals versus values estimates.

## CONCLUSÕES

As redes apresentaram boa precisão para estimar o volume de romaneio, com alto coeficiente de correlação e baixo RQME. Notaram-se tendências em superestimativas para o volume de romaneio para todas as redes treinadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, P. L. C.; SILVA JÚNIOR, A. T. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapu, oeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. **Revista Ciências Agrárias**. Belém, v. 51, n. 1 p.115-126, jan./jun. 2009.
- BINOTI, M. L. M. da S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDEMIR, T. B. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 226 p.
- BRASIL. Resolução nº 406, de 02 de fevereiro de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 fev. 2009.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013. 548 p.
- HEINSDIJK, D.; BASTOS, A. M. **Inventários florestais na Amazônia**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1963. 100 p. (Serviço Florestal. Boletim, 6).
- HIRAMATSU, N. A. **Equações de volume comercial para espécies nativas na região do Vale do Jari, Amazônia Oriental**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: Modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006, 393 p.



APLICAÇÃO DO ALGORITMO FREEFORM NO TREINAMENTO DE REDES NEURAIS  
ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME

ALGORITHM FREEFORM APPLICATION IN THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TRAINING  
FOR VOLUME ESTIMATES

Luandson Araújo de Souza<sup>1</sup> Daniel Henrique Breda Binoti Harliany de Brito Matias Taise Severo Aozani  
Adriano Ribeiro de Mendonça Evandro Ferreira da Silva

RESUMO

Estimativas de volume por meio de modelos estatísticos são de uso frequente em planejamento e manejo florestal. Uma alternativa que vem ganhando destaque em relação a estes modelos é o uso de Redes Neurais Artificiais. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o ajuste do algoritmo *FreeForm* para o treinamento de RNAs, utilizando como critério comparativo o modelo de Schumacher e Hall. Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de 21 clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. Para o treinamento das redes, foram utilizados dois algoritmos: *Resilient Propagation* e *FreeForm*. As RNAs testadas obtiveram resultados semelhantes de tendência quando comparadas ao ajuste pelo modelo de Schumacher e Hall. O algoritmo *FreeForm* se mostrou eficaz na estimativa de volume. As RNAs se mostraram eficientes para estimativas de volume, sendo altamente recomendado o seu uso em estimativa volumétrica de florestas plantadas.

**Palavras-chave:** inteligência artificial; modelagem; equação volumétrica.

ABSTRACT

Volume estimates through statistical models are frequently used in planning and forest management. An alternative that has been gaining prominence featured these models is the use of Artificial Neural Networks (ANNs). Thus, this study aimed to assess the fit of the *FreeForm* algorithm for training ANNs, using as comparative criterion the Schumacher and Hall model. The data using in this study were from 21 *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* clones. For training networks, were used two algorithm: *Resilient Propagation* e *FreeForm*. The tested ANNs obtained similar results of tendency when compared to the fit with Schumacher and Hall model. The *FreeForm* algorithm was effective in the volume estimate. The ANNs were efficient for volume estimates, and its use is highly recommended for volume estimates of planted forests.

**Keywords:** artificial intelligence; modeling, volumetric equation.

INTRODUÇÃO

Estimativas de volume por meio de modelos estatísticos são de uso frequente em planejamento e manejo florestal, tais estimativas servem de base para estudos de crescimento e produção (ESCOLFORO, 2005). Nesse sentido, o volume é considerado umas das informações de maior importância no conhecimento do potencial de um povoamento florestal.

Um dos modelos volumétricos de maior destaque no setor florestal é o de Schumacher e Hall (1933), pois resulta em estimativas mais acuradas e livres de tendência (LEITE; ANDRADE, 2002). A busca por melhorias nas estimativas de volume, bem como a diminuição dos custos desta atividade, tem impulsionado o setor à procura por metodologias mais acuradas, que forneçam resultados mais confiáveis quando comparadas às formas usuais.

Uma alternativa que vem ganhando destaque em relação aos modelos de regressão é o uso de Redes Neurais Artificiais (RNAs). Redes Neurais Artificiais são sistemas paralelos, distribuídos compostos por unidades de processamento simples (nodos), que têm a capacidade de calcular determinadas funções matemáticas e que se assemelham à estrutura do cérebro humano (BRAGA; LUDEMIR; CARVALHO, 2000).

Essa ferramenta tem se mostrado eficiente em diversos trabalhos na área florestal, apresentando grande potencial, auxiliando na tomada de decisões (SILVA et al., 2009; BINOTI, 2010; BINOTI et al., 2012a; BINOTI et al., 2012b). Nas aplicações de RNAs, faz-se uso de diferentes algoritmos, nos quais interferem

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Mestrando em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

E-mail: luandsonasouza@gmail.com

significativamente no tempo de treinamento, bem como na eficiência da rede a ser treinada (BINOTI; BINOTI; LEITE, 2014).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o ajuste do algoritmo *FreeForm* para o treinamento de RNAs, utilizando como critério comparativo o modelo de Schumacher e Hall (1933).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a estimativa do volume, foram utilizados 21 clones de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*, provenientes de povoamentos de eucalipto no centro do Estado de Minas Gerais. As variáveis quantitativas consideradas foram: diâmetro a 1,30 m do solo (DAP), altura total e volume. Como variável qualitativa, foi considerado o clone. Os dados das variáveis coletadas estão presentes na Tabela 1.

Tabela1- Dados dos valores mínimo, médio e máximo das variáveis DAP (cm), altura total - Ht (m) e volume - Vol (m<sup>3</sup>) para todos os clones de eucalipto.

Clone	Variável	Mínimo	Médio	Máximo	Desvio Padrão
1	DAP	6,37	17,17	28,33	6,78
	Ht	8,10	20,05	33,00	5,82
	Vol	0,02	0,27	0,93	0,23
2	DAP	4,77	15,11	25,46	6,30
	Ht	7,50	18,19	29,60	5,45
	Vol	0,01	0,20	0,62	0,18
3	DAP	4,46	16,41	26,1	6,43
	Ht	8,20	20,05	27,6	4,96
	Vol	0,01	0,24	0,64	0,18
4	DAP	4,46	12,66	21,96	4,64
	Ht	8,90	20,05	28,00	4,90
	Vol	0,01	0,15	0,52	0,12
5	DAP	4,14	13,72	26,1	6,15
	Ht	8,50	18,99	31,00	5,95
	Vol	0,01	0,18	0,72	0,19
6	DAP	4,46	13,71	21,96	5,28
	Ht	6,6	19,88	31,4	6,28
	Vol	0,01	0,19	0,60	0,16
7	DAP	6,37	16,28	26,1	5,92
	Ht	10,70	22,50	32,00	5,60
	Vol	0,02	0,27	0,79	0,21
8	DAP	6,68	15,88	26,1	5,69
	Ht	13,00	22,96	32,8	5,53
	Vol	0,02	0,27	0,78	0,22
9	DAP	4,77	12,57	21,96	5,14
	Ht	7,80	19,11	24,9	4,66
	Vol	0,01	0,14	0,42	0,12
10	DAP	4,14	13,23	21,96	5,66
	Ht	7,20	16,37	25,3	5,34
	Vol	0,01	0,15	0,42	0,13
11	DAP	4,14	12,84	19,74	5,04
	Ht	5,00	18,90	27,6	8,28
	Vol	0,00	0,17	0,43	0,14
12	DAP	4,14	11,06	18,14	4,31
	Ht	7,10	16,29	25,3	5,56
	Vol	0,01	0,10	0,31	0,09
13	DAP	4,14	15,01	23,87	5,76
	Ht	9,10	20,89	29,70	4,93
	Vol	0,00	0,22	0,60	0,17
14	DAP	4,77	14,72	25,15	6,13
	Ht	8,70	21,18	33,8	6,89
	Vol	0,01	0,23	0,78	0,21
15	DAP	6,37	15,94	26,1	5,97
	Ht	12,10	22,5	30,00	5,18
	Vol	0,02	0,27	0,71	0,21

16	DAP	4,46	12,49	20,69	4,95
	Ht	8,1	17,42	26,6	6,23
	Vol	0,01	0,14	0,37	0,12
17	DAP	5,09	12,54	20,05	4,53
	Ht	8,70	17,44	24,7	5,68
	Vol	0,01	0,14	0,36	0,11
18	DAP	4,77	15,45	23,87	5,75
	Ht	7,20	19,91	28,60	5,55
	Vol	0,01	0,22	0,57	0,16
19	DAP	4,46	11,55	18,14	4,04
	Ht	6,7	15,88	24,8	6,43
	Vol	0,01	0,11	0,31	0,09
20	DAP	4,14	12,42	20,05	4,82
	Ht	6,80	15,89	23,10	4,34
	Vol	0,01	0,11	0,29	0,09
21	DAP	4,46	7,76	11,14	1,93
	Ht	6,70	10,74	15,40	2,53
	Vol	0,01	0,03	0,07	0,02

Para o treinamento da rede, foram utilizados dois algoritmos: *resilient propagation*, método clássico de treinamento, na variação básica denominada RPROP+, e *FreeForm* com e sem recorrência. Foram treinadas 5 redes para cada arquitetura *Multilayer Perceptron* (MLP), com 8 neurônios na camada oculta, a função de ativação utilizada foi a sigmoideal. O critério de parada foi de 3.000 ciclos para cada combinação de configuração das redes.

Para efeito de comparação com as RNAs, foi ajustado o modelo não linear de Schumacher e Hall (1933), representado pela seguinte expressão:

$$V = \beta_0 \text{dap}^{\beta_1} \text{ht}^{\beta_2} \varepsilon \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: V = volume (m<sup>3</sup>); dap = diâmetro a 1,3 m do solo (cm); ht = altura total (m);  $\beta_i$  = parâmetros;  $\varepsilon$  = erro aleatório.

As estimativas das RNAs e do modelo de Schumacher e Hall foram avaliadas com base no coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados, como também na análise gráfica dos resíduos (erros percentuais) e histograma de erros percentuais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As RNAs testadas obtiveram resultados semelhantes de tendência quando comparadas ao ajuste pelo modelo de Schumacher e Hall (Figura 1).

Na Tabela 2 são apresentados os valores do coeficiente de correlação, onde o algoritmo *FreeForm* (sem recorrência) se mostrou levemente superior. Pelo fato desse algoritmo não necessitar de uma configuração inicial, torna-se mais vantajoso ainda o seu uso em relação ao algoritmo mais utilizado no treinamento das redes (*Resilient propagation*).

Estes resultados comprovam que o uso de redes neurais é absolutamente viável, sendo possível estimar volume de árvores de maneira precisa (GÖRGENS, 2006; BINOTI et al., 2014).

Figura 1- Análise gráfica do ajuste das redes, observado/estimado, dispersão dos resíduos em função dos valores observados e histograma de resíduos.  
 Figure 1- Graphical analysis of adjustment networks, Observed / estimated dispersion of waste due to the observed values and residuals histogram.

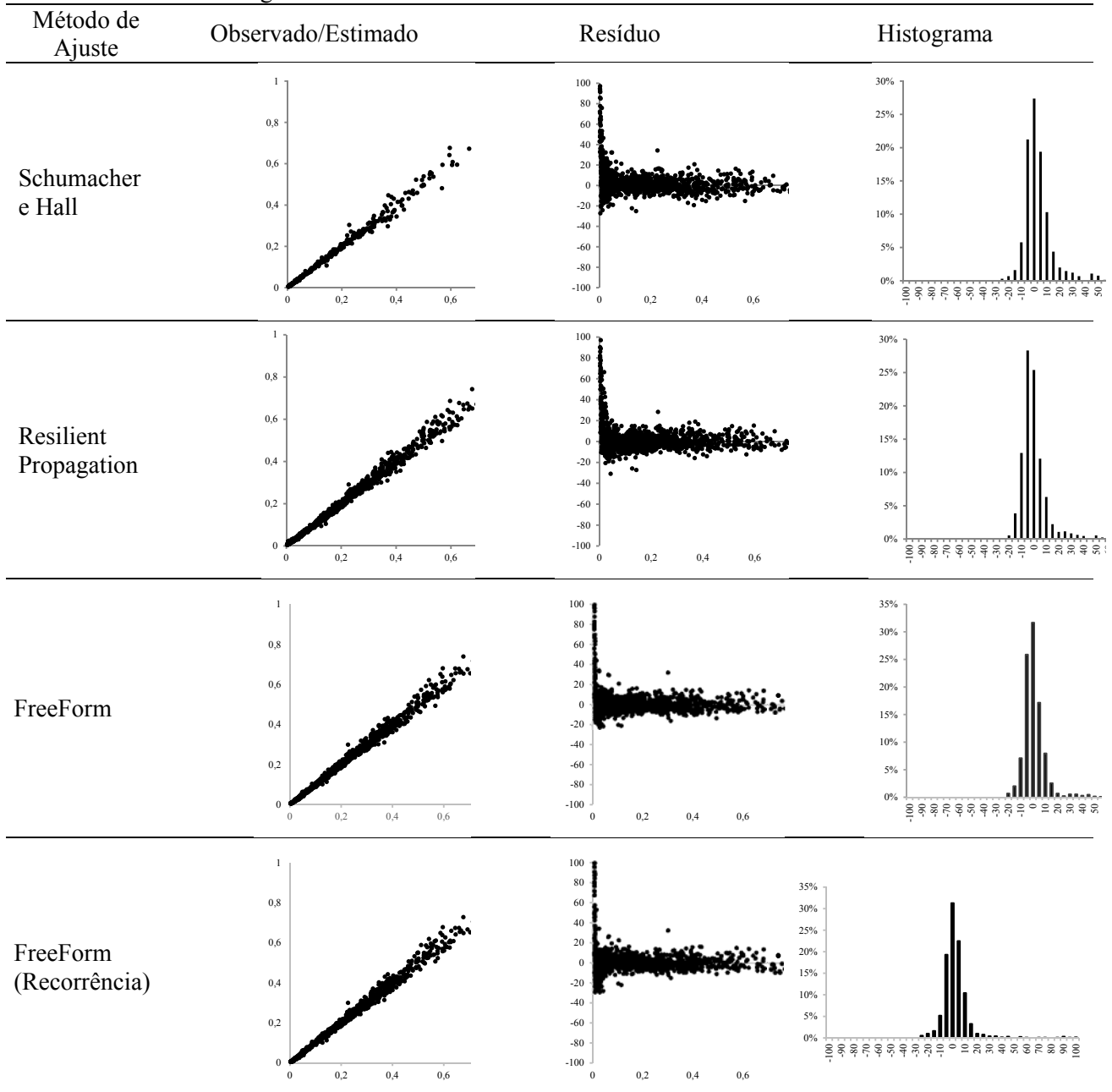


Tabela 2- Coeficiente de correlação para o modelo e algoritmos ajustados nas RNAs.  
 Table 2- Correlation coefficient for the model and algorithms adjusted in RNAs.

Coeficiente de Correlação (R)			
Schumacher e Hall	Resilient Propagation	FreeForm	FreeForm (Recorrência)
0,996301	0,996233	0,996835	0,996473

## CONCLUSÕES

O algoritmo *FreeForm* se mostrou eficaz na estimativa de volume. As RNAs se mostraram eficientes para estimativas de volume, sendo recomendado o seu uso em estimativa volumétrica de florestas plantadas.

Recomenda-se o uso do algoritmo *FreeForm* em outras aplicações, pois estudos com uso do mesmo ainda são escassos.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 58-67, 2014.
- BINOTI, D. H. B. et al. Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos utilizando redes neurais artificiais. **Agrária**, v. 8, p. 125-129, 2012a.
- BINOTI, D. H. B. et al. Modelagem da distribuição diamétrica em povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste utilizando autômatos celulares. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 931-939, 2012b.
- BINOTI, M. L. M. S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010, f.31. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, MG, Viçosa, 2010.
- BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. C. P. L. F.; LUDEMIR, T. B. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- GORGENS, E. **Estimação do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 321-328, 2002.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: parte I: modelos de regressão linear e não-linear; parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 352 p. (Textos Acadêmicos).
- SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933
- SILVA, M. L. M.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1133-1139, 2009.



**APLICAÇÃO DO ALGORITMO PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO) NO TREINAMENTO DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DE ALTURA**

**APPLICATION OF PARTICLE SWARM ALGORITHM OPTIMIZATION (PSO) NO ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TRAINING FOR HIGH ESTIMATE**

Harliany de Brito Matias<sup>1</sup> Daniel Henrique Breda Binoti Luandson Araújo de Souza Marcia Rodrigues de Moura Fernandes Gilson Fernandes da Silva

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o ajuste do algoritmo *particle swarm optimization* (PSO) para o treinamento de RNA para estimativa de altura de árvores de eucalipto. Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de medições de inventários florestais contínuos conduzidos em povoamentos de um clone de eucalipto, localizados no Sul da Bahia, Brasil. A altura das árvores (H) foi estimada em função das seguintes variáveis quantitativas: diâmetro com casca a 1,30 m (DAP) em cm, altura dominante média da parcela (Hd) em (m), idade (I) em meses, altura média das parcelas em (m), dap médio das parcelas em (cm) e dap máximo das parcelas em (cm); e qualitativas: projeto e rotação. O algoritmo PSO apresentou uma melhor estimativa de altura quando comparado ao modelo hipsométrico de Campos, porém, suas estimativas não foram tão satisfatórias quando comparado com configurações tradicionais utilizadas em RNA's, no caso do algoritmo *resilient propagation* em sua variação básica (RPROP+). Com isso, faz-se necessário realizar mais estudos para este método visando encontrar uma configuração mais adequada para o algoritmo que apresente bom desempenho na estimativa de altura por meio de RNA's.

**Palavras-chave:** Relação hipsométrica; metaheurística; eucalipto.

**ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the fit of the particle swarm optimization algorithm (PSO) to the RNA of training to estimate tall eucalyptus trees. The data used in this study were derived from measurements of continuous forest inventories conducted in stands of eucalyptus clone, located in southern Bahia, Brazil. The tree height (H) was estimated according to the following numerical variables (quantitative) considered were: diameter with bark 1.3 m (DAP) in cm, the average dominant height of the plot (Hd) to (m), age (I) months, average height of the plots (m), dap average of plots (cm) and dap maximum of plots (cm). While for the qualitative variable were: Design and rotation. The PSO algorithm showed a best estimate of height compared to hypsometric model fields. But their estimates are not so satisfactory compared to traditional configurations used in RNAs in the case of resilient propagation algorithm in its basic variation (Rprop +). Thus, it is necessary to conduct more studies to this method in order to find a more appropriate setting for the algorithm to present good performance in estimating time through RNA's.

**Keywords:** hypsometric relationship; metaheuristic; eucalyptus.

**INTRODUÇÃO**

Para o planejamento adequado dos plantios florestais é necessário obter informações qualitativas e quantitativas dos plantios. Algumas dessas informações, muitas vezes são obtidas por meio de procedimentos de estimação. Exemplo disso, é a obtenção da altura das árvores, uma vez que a medição da altura de todas as árvores é operacionalmente inviável e aumentaria o custo dos inventários florestais. Nesse contexto, o setor florestal busca por procedimentos de estimação cada vez mais exatos e precisos, ou seja, que se aproximem ao máximo da realidade (MARTINS et al., 2014).

A variável altura em povoamentos florestais é de grande importância para estimativa do volume e qualificação da produtividade em determinado local, sendo o volume fundamental na fase de planejamento da produção para qualquer empresa florestal (RIBEIRO et al., 2009).

A predição da altura das árvores por relações hipsométricas geralmente se dá por meio de modelos de regressão linear e não linear, tendo o diâmetro a 1,30 m do solo e outras variáveis, como a altura dominante, idade

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Mestranda em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

E-mail: harlianymatias@gmail.com

e densidade, como variáveis independentes. O ajuste dos modelos lineares é geralmente mais simples, porém, os modelos não lineares apresentam superioridade em termos de estabilidade devido a fundamentação biológica dos mesmos, sendo também menos suscetíveis a presença de viés (BATISTA et al., 2001).

Alternativa interessante para a estimativa de altura de árvores em povoamentos florestais é a abordagem por Redes Neurais Artificiais (RNAs). Essas redes são sistemas computacionais paralelos constituídos por unidades de processamento simples, também denominadas neurônios artificiais ou nodos, conectadas entre si de maneira específica para desempenhar determinada tarefa (BINOTI, 2010). Os neurônios artificiais são modelos matemáticos simplificados dos neurônios biológicos e processam as informações recebidas e ponderadas por pesos sinápticos fornecendo uma única resposta (HAYKIN, 2001; BRAGA et al., 2000).

Os resultados com bom nível de exatidão alcançados por meio de redes neurais artificiais se devem as suas características intrínsecas que as tornam adequadas para solucionar diferentes problemas. As RNAs possuem a habilidade para detectar implicitamente relações não-lineares entre a variável de saída e as variáveis de entrada, sendo essa uma característica interessante para muitas das estimativas florestais. Entretanto, a definição de uma configuração de RNA apropriada para solucionar um determinado problema geralmente é empírica e pode demandar muito tempo para encontrar a rede ideal, devido ao número elevado de combinações possíveis dos atributos das redes, tais como número de neurônios, função de ativação, algoritmos de aprendizagem e seus parâmetros (BRAGA et al., 2007; ARTERO, 2009).

Sabe-se que o tipo de algoritmo utilizado interfere significativamente no tempo de treinamento e na eficiência de uma rede (BINOTI et al., 2014). Neste sentido, para o ajuste de RNA do presente trabalho, utilizou-se o algoritmo *particle swarm optimization* (PSO), que vem se destacando pela sua simplicidade e eficiência.

O algoritmo PSO foi apresentado em 1995 (KENNEDY; EBERHART, 1995) e é uma técnica que se baseia no movimento coletivo de um grupo de partículas: o enxame de partículas. Cada membro deste enxame é movimentado por meio do espaço de busca do problema por duas forças. Uma os atrai com uma magnitude aleatória para a melhor localização já encontrada por ele próprio (pbest) e outra para a melhor localização encontrada entre alguns ou todos os membros do enxame (gbest). (NASCIMENTO et al, 2012).

Com isso, o objetivo do trabalho é avaliar o ajuste do algoritmo *particle swarm optimization* (PSO) para o treinamento de RNA para estimativa de altura de árvores de eucalipto.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Dados

Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de medições de inventários florestais contínuos conduzidos em povoamentos de um clone de eucalipto, localizados no Sul da Bahia, Brasil, em uma área de cerca de 2.000 ha; apenas um clone foi utilizado no estudo compreendendo 3.178 árvores em 323 parcelas permanentes.

A altura das árvores (H) foi estimada em função das seguintes variáveis quantitativas: diâmetro com casca a 1,30 m (DAP) em cm, da altura dominante média da parcela (Hd) em (m), idade (I) em meses, altura média das parcelas em (m), dap médio das parcelas em (cm) e dap máximo das parcelas em (cm). Foram consideradas também as seguintes variáveis qualitativas: projeto e rotação. As principais características descritivas das variáveis quantitativas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Análise descritiva das variáveis quantitativas.

Table 1- Descriptive analysis of numerical variables.

	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão
Idade (meses)	29	63	111	± 20,3
dap (cm)	5,1	16,2	31,2	± 4,7
Altura dominante (m)	14,4	19,2	25,5	± 2,2
Altura média (m)	13,6	17,4	22,4	± 1,7
dap médio (cm)	10,1	12,8	15,4	± 1,2
dap máximo (cm)	12,6	16,5	21,7	± 2,1
Altura (m)	8,3	25,5	43,9	± 6,1

### Redes neurais artificiais

Para fim de comparação foi ajustado o modelo hipsométrico de Campos e utilizou-se como método de treinamento clássico o algoritmo *resilient propagation*, na variação básica denominada RPROP+. Na metodologia testada na RNA foi empregado a metaheurística *particle swarm optimization* (PSO), esta é baseada no movimento coletivo de um grupo de partículas, que é o enxame de partículas. Cada partícula deste enxame é movimentada

por meio do espaço de busca do problema por duas forças. Uma os atrai, com uma magnitude aleatória, para a melhor localização já encontrada por ele próprio (*pbest*) e a outra para a melhor localização encontrada entre alguns ou todos os membros do enxame (*gbest*). A posição e a velocidade de cada partícula são atualizadas a cada repetição até todo o enxame convergir (CASTRO, 2007).

No mecanismo de funcionamento do PSO, como observado na figura 1, inicia-se cada partícula com valores aleatórios de posição e velocidade. Durante a sua execução, cada partícula avaliará sua solução atual em relação à melhor posição já encontrada por ela mesma, fazendo com que o valor de *pbest* seja atualizado. Cada partícula também avaliará a qualidade da melhor solução encontrada na sua vizinhança, sendo o valor de *gbest* atualizado também (NASCIMENTO et al, 2012).

Para o treinamento das RNA's, foram testadas 5 redes para cada arquitetura *Multilayer Perceptron* (MLP) com uma camada intermediária de 8 neurônios, a função de ativação utilizada foi a logística sigmoide. As variáveis de entrada e saída foram padronizadas entre [0, 1]. Foi empregado como critério de parada 3.000 épocas para cada combinação de configuração. O Algoritmo (PSO) foi treinado para uma população de 50, 100, 200, 500 e 1000.

As estimativas das RNA do algoritmo foram avaliadas com base nos coeficientes de correlação com os valores observados, bem como a análise gráfica dos resíduos (erros percentuais) e histograma de erros percentuais.

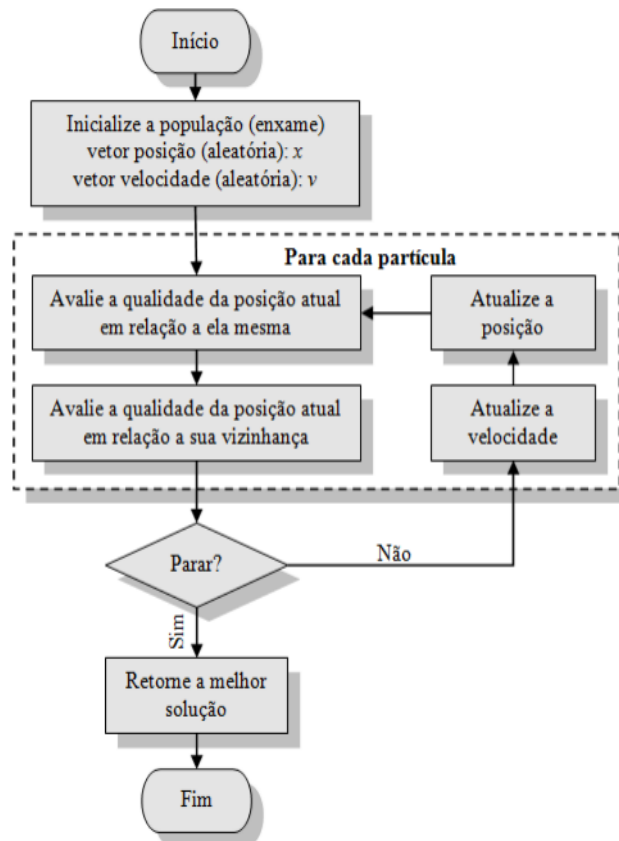


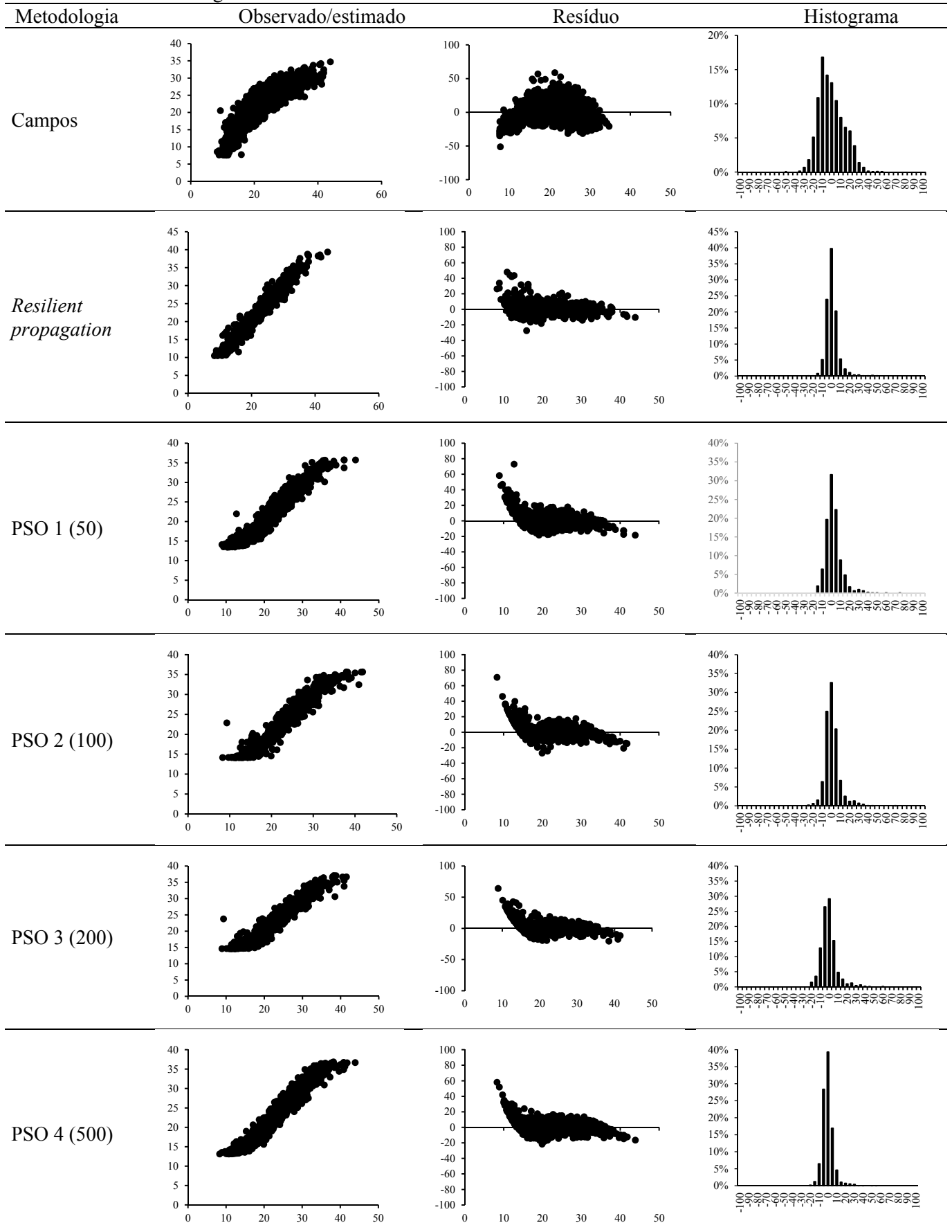
Figura 1- Fluxograma demonstrando o funcionamento do algoritmo PSO (NASCIMENTO et al., 2012)

Figure 1- Flow chart showing the operation of the PSO algorithm (Nascimento et al., 2012).

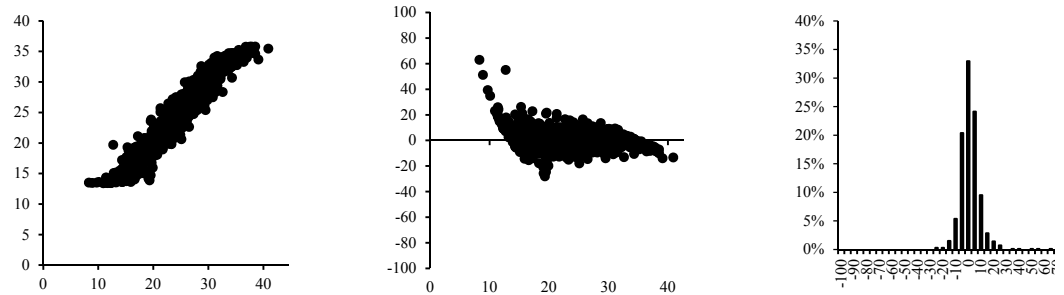
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alturas estimadas pelas RNA com as entradas idade, DAP, DAPmed, DAPmáx, Hd, Hmed e as entrada categórica Projeto e Rotação em função da altura observada resultaram em tendência semelhante para as cinco diferentes populações testadas com o PSO (Figura 2).

Figura 2- Análise gráfica do ajuste das redes, observado/estimado, dispersão dos resíduos em função dos valores observados e histograma de resíduos.  
 Figure 2- Graphical analysis of adjustment networks, Observed / estimated dispersion of waste due to the observed values and residuals histogram.



PSO 5 (1000)



A partir dos gráficos observados na Figura 2, pode-se inferir que o algoritmo PSO, nas suas cinco configurações, treinado com população de 50, 100, 200, 500 e 1000, apresentou uma melhor estimativa de altura quando comparado ao modelo hipsométrico de Campos. Porém, suas estimativas não foram tão satisfatórias quando comparado com configurações tradicionais utilizadas em RNA's, no caso do algoritmo *resilient propagation* em sua variação básica (RPROP+). Isso também pode ser observado a partir dos valores dos coeficientes de correlação apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Coeficiente de correlação para o modelo e algoritmos ajustados nas RNA's.  
Table 2- Correlation coefficient for the model and algorithms adjusted in RNA's.

Coeficiente de correlação						
Campos	<i>Resilient propagation</i>	PSO 1 (50)	PSO 2 (100)	PSO 3 (200)	PSO 4(500)	PSO 5 (1000)
0,769009	0,985012	0,978921	0,963637	0,962636	0,971082	0,968584

Diante dos resultados encontrados para as alturas de eucalipto estimadas por RNA, utilizando o algoritmo *particle swarm optimization* (PSO), faz-se necessário realizar mais estudos para este método visando encontrar uma configuração mais adequada para o algoritmo que apresente bom desempenho na estimativa de altura de árvores de eucalipto.

## CONCLUSÕES

A estimativa de altura de árvores por meio de redes neurais artificiais (RNA) ajustada pelo algoritmo *particle swarm optimization* (PSO) apresentou um bom ajuste, comparado com as estimativas geradas pelo ajuste do modelo de Campos, porém não superou as estimativas geradas por configurações tradicionais das RNA's. Sendo assim, é necessário realizar novos estudos para o algoritmo, afim de encontrar configurações mais adequadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTERO, A. O. **Inteligência Artificial: teórica e prática**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009. 230p.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de florestas. **Scientia Forestalis**, n. 60, p. 149-163, 2001.
- BRAGA, A. P.; LUDERMIR, T. B.; CARVALHO, A. P. de L. F. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000. 262p.
- BRAGA, A. de P.; CARVALHO, A. C. P. de L. F. de; LUDEMIR, T. B. **Redes Neurais Artificiais: teoria e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 226 p.
- BINOTI, M. L. M. da S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2010.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 58-67, 2014.
- CASTRO, E.G.; TSUZUKI, M.S.G. Simulation optimization using swarm intelligence as tool for cooperation strategy design in 3d predator-prey game. In: CHAN, F.T.S.; TIWARI, M.K. **Swarm intelligence - focus on ant**

- and particle swarm optimization.** Viena: I-Tech Education and Publishing, 2007. 532p.
- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática.** Porto Alegre, 2001. 900 p.
- KENNEDY, J.; EBERHART, R.C. Particle swarm optimization. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS, Perth, Austrália, 1995. **Proceedings...** Perth: IEEE, 1995. p.1942-1948.
- MARTINS, E. R.. et al. Parametrização de Redes Neurais Artificiais para estimação da altura total de árvore de povoamento de eucalipto. **Atualidades em mensuração florestal** [livro eletrônico]. 1. Ed. 407p. 373-376p. Curitiba, 2014.
- NASCIMENTO, F. A. F.; et al. Uso da Meta-Heurística otimização por exame de partículas no planejamento Florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 557-565, dez. 2012.
- RIBEIRO, A. et al. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos ribeiro, a. Et al. Em plantios de eucalyptus sp. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 22-31, jan./mar. 2010.



APLICAÇÃO DO ALGORITMO SIMULATED ANNEALING (SA) NO TREINAMENTO DE REDES NEURAIS PARA ESTIMATIVA DE VOLUME

SIMULATED ANNEALING ALGORITHM APPLICATION (SA) IN NEURAL NETWORK TRAINING FOR VOLUME ESTIMATES

Márcia Rodrigues de Moura Fernandes<sup>1</sup> Daniel Henrique Breda Binoti Evandro Ferreira da Silva Taise Severo Aozani Harliany de Brito Matias Giovanni Correia Vieira Gilson Fernandes da Silva

RESUMO

As variáveis que podem influenciar o cálculo do volume das árvores, como idade, espaçamento, índice de local, solo, apresentam, muitas vezes, relações complexas com o volume, dificultando o ajuste de modelos volumétricos com inclusão dessas variáveis. Em função disso, a busca por métodos mais acurados de estimativa volumétrica têm surgido especialmente com o uso de redes neurais artificiais. Assim, o objetivo deste trabalho foi o treinamento da RNA com o algoritmo *Simulated annealing* (SA) por meio de quatro ciclos diferentes (500, 750, 1000 e 1500). Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de 21 clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. As variáveis quantitativas utilizadas foram: diâmetro a 1,30 m, altura total e volume e a variável qualitativa: clone. Todos os algoritmos treinados apresentaram alta correlação, sendo o algoritmo SA com ciclo de 1000 com correlação de 0,992786 o que mais se assemelha ao ajuste de Schumacher e Hall, tornando-se uma alternativa viável para as estimativas de volumes de árvores de eucalipto.

**Palavras-chave:** NeuroForest; equações volumétricas; metaheurística.

ABSTRACT

The variables that affect the volume of trees, such as age, spacing, site index, soil, most often present complex relationships and trends, hindering the setting of volumetric models include such variables. More accurate methods of volumetric estimates have grown with the use of artificial neural networks in the forestry sector. Thus the objective was the training of RNA with simulated annealing algorithm (SA), through four different cycles (500, 750, 1000 and 1500). The data used in this study were from 21 clones of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla*. Quantitative variables were: diameter of 1.30 m, total height and volume and the qualitative variable: clone. All trained algorithms were highly correlated, with the SA algorithm with cycle 1000 with correlation of 0,992786, which most closely resembles the setting of Schumacher and Hall, making it a viable alternative to the estimates of eucalyptus trees volumes.

**Keywords:** NeuroForest; volumetric equations; metaheuristics.

INTRODUÇÃO

Para a avaliação da produção florestal é necessário realizar a estimativa de volume por meio de equações volumétricas, sendo de grande importância para o planejamento florestal o conhecimento dessa variável (SCOLFORO, 2006). As equações de volume têm o objetivo de estimar o volume dos indivíduos em função das variáveis de entrada diâmetro a altura do peito (DAP) e altura (Ht) (CAMPOS; LEITE, 2013). A quantificação do volume de madeira é importante para fornecer de forma confiável a estimativa de volume, que será utilizada para a análise de viabilidade econômica, além de subsidiar o monitoramento da retirada de madeira da floresta (SCOLFORO, 2006).

As variáveis que podem influenciar o cálculo do volume das árvores, como idade, espaçamento, índice de local, solo, apresentam, muitas vezes, relações complexas e não lineares com o volume, o que dificulta o ajuste de modelos volumétricos com inclusão dessas variáveis. As redes neurais artificiais (RNA) apresentam-se como uma ferramenta apropriada para serem utilizadas nessas situações, em que a inclusão de variáveis categóricas não é factível (HAYKIN, 2001).

Métodos mais acurados de estimativa volumétrica têm surgido com o uso de RNA's no setor florestal. Atualmente, muitas formas de RNA são propostas e usadas com variações, principalmente no número de neurônios por camada, tipo de função de ativação dos neurônios, número de camadas ocultas e tipo de conexão

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Doutoranda em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

E-mail: marciarmfe@gmail.com

entre os neurônios. Outro fator que interfere significativamente no tempo de treinamento e na eficiência de uma rede são os algoritmos utilizados, bem como os parâmetros e coeficientes utilizados em seu treinamento (HAYKIN, 2001).

Faz-se necessário ressaltar que os modelos de RNA geralmente se mostram mais eficientes que os modelos de regressão linear ou não linear, devido a sua maior capacidade em tratar a complexidade nas relações existentes entre as variáveis explicativas e o volume, como, por exemplo, relações não lineares existente entre estas variáveis, distribuição não Gaussiana, multicolinearidade, outliers e ruído nos dados, problemas esses que a rigidez dos modelos convencionais não consegue englobar e modelar adequadamente (DIAMANTOPOULOU; MILIOS, 2010; ÖZÇELİK et al., 2010), somada à facilidade de inclusão de variáveis categóricas no modelo (BINOTI et al., 2009).

Por outro lado, o tipo de algoritmo utilizado interfere significativamente no tempo de treinamento e na eficiência de uma rede (BINOTI et al., 2014). Neste contexto, para o ajuste de RNA do presente trabalho, utilizou-se o algoritmo *Simulated annealing* (SA) (KIRKPATRICK et al., 1983). Esse método é inspirado nos processos de esfriamento de sólidos que alcançam energia mínima, correspondente a uma estrutura cristalina perfeita, se esfriados de forma suficientemente lenta (PHAM; KARABOGA, 2000).

O algoritmo é formado por uma sequência de iterações em que cada iteração consiste em mudar randomicamente a solução corrente a fim de criar uma nova solução na vizinhança que seja melhor do que a solução atual (KIRKPATRICK et al., 1983). Uma vez criada a solução, o custo dessa nova solução é computado e a variação no custo é usada para decidir pela aceitação ou não da nova solução como solução atual. Se a variação for negativa, a solução produzida é tirada do posto de solução atual, caso contrário, ela é aceita (SEVERO, 2010).

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o ajuste do algoritmo *Simulated annealing* para o treinamento de RNA para estimativa de volume de árvores de eucalipto.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Dados

Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de 21 clones (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) oriundos de povoamentos de eucalipto do centro do estado de Minas Gerais. As variáveis numéricas (quantitativas) consideradas foram: diâmetro a 1,30 m, altura total e volume (Tabela 1). Para as variáveis categóricas (qualitativas) foi utilizado: clone.

Tabela 1 - Análise descritiva das variáveis numéricas.

Table 1 - Descriptive analysis of numerical variables.

Clon e	Variável	Mínimo	Mé di o	Máximo	Desvio Padrão
1	<i>DAP</i>	6,37	17,17	28,33	6,62
	<i>Ht</i>	8,10	20,05	33,00	5,71
	<i>Vol</i>	0,02	0,27	0,93	0,22
2	<i>DAP</i>	4,77	15,11	25,46	6,30
	<i>Ht</i>	7,50	18,19	29,60	5,45
	<i>Vol</i>	0,00	0,20	0,62	0,18
3	<i>DAP</i>	4,46	16,41	26,10	6,43
	<i>Ht</i>	8,20	20,05	27,6	4,96
	<i>Vol</i>	0,00	0,24	0,64	0,18
4	<i>DAP</i>	4,46	12,66	21,96	4,64
	<i>Ht</i>	8,90	20,05	28,00	4,90
	<i>Vol</i>	0,00	0,15	0,52	0,12
5	<i>DAP</i>	4,14	13,72	26,10	6,15
	<i>Ht</i>	8,50	18,99	31,00	5,95
	<i>Vol</i>	0,00	0,18	0,72	0,19
6	<i>DAP</i>	4,46	13,71	21,96	5,28
	<i>Ht</i>	6,60	19,88	31,40	6,28
	<i>Vol</i>	0,00	0,19	0,60	0,16
7	<i>DAP</i>	6,37	16,28	26,10	5,92
	<i>Ht</i>	10,70	22,50	32,00	5,60
	<i>Vol</i>	0,02	0,27	0,79	0,21

8	<i>DAP</i>	6,68	15,88	26,10	5,69
	<i>Ht</i>	13,00	22,96	32,80	5,53
	<i>Vol</i>	0,02	0,27	0,78	0,22
9	<i>DAP</i>	4,77	12,57	21,96	5,14
	<i>Ht</i>	7,80	19,11	24,90	4,66
	<i>Vol</i>	0,01	0,14	0,42	0,12
10	<i>DAP</i>	4,14	13,23	21,96	5,66
	<i>Ht</i>	7,20	16,37	25,30	5,34
	<i>Vol</i>	0,00	0,15	0,42	0,13
11	<i>DAP</i>	4,14	12,84	19,74	5,04
	<i>Ht</i>	5,00	18,90	27,60	8,28
	<i>Vol</i>	0,00	0,17	0,43	0,14
12	<i>DAP</i>	4,14	11,06	18,14	4,31
	<i>Ht</i>	7,10	16,29	25,30	5,56
	<i>Vol</i>	0,00	0,10	0,31	0,09
13	<i>DAP</i>	4,14	15,01	23,87	5,76
	<i>Ht</i>	9,10	20,89	29,70	4,93
	<i>Vol</i>	0,00	0,22	0,60	0,17
14	<i>DAP</i>	4,77	14,72	25,15	6,13
	<i>Ht</i>	8,70	21,18	33,80	6,89
	<i>Vol</i>	0,01	0,23	0,78	0,21
15	<i>DAP</i>	6,37	15,94	26,10	5,97
	<i>Ht</i>	12,10	22,50	30,00	5,18
	<i>Vol</i>	0,02	0,27	0,71	0,21
16	<i>DAP</i>	4,46	12,49	20,69	4,95
	<i>Ht</i>	8,10	17,42	26,60	6,23
	<i>Vol</i>	0,00	0,14	0,37	0,12
17	<i>DAP</i>	5,09	12,54	20,05	4,53
	<i>Ht</i>	8,70	17,44	24,70	5,68
	<i>Vol</i>	0,01	0,14	0,36	0,11
18	<i>DAP</i>	4,77	15,45	23,87	5,75
	<i>Ht</i>	7,20	19,91	28,60	5,55
	<i>Vol</i>	0,01	0,22	0,57	0,16
19	<i>DAP</i>	4,46	11,55	18,14	4,04
	<i>Ht</i>	6,70	15,88	24,80	6,43
	<i>Vol</i>	0,00	0,11	0,31	0,09
20	<i>DAP</i>	4,14	12,42	20,05	4,82
	<i>Ht</i>	6,80	15,89	23,10	4,34
	<i>Vol</i>	0,00	0,11	0,29	0,09
21	<i>DAP</i>	4,46	7,76	11,14	1,93
	<i>Ht</i>	6,70	10,74	15,40	2,53
	<i>Vol</i>	0,01	0,03	0,07	0,02

### Redes neurais artificiais

Para efeito de comparação das metodologias testadas, ajustou-se o modelo de Schumacher e Hall (1933), conforme a Equação 1.

$$V = \beta_0 * DAP^{\beta_1} * Ht^{\beta_2} * \varepsilon \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:  $V$  = volume em  $m^3$ ;  $DAP$  = diâmetro a 1,30 m de altura em cm;  $Ht$  = altura total da árvore em m;  $\beta_i$  = parâmetros e;  $\varepsilon$  = erro aleatório,  $\varepsilon \sim NID(0, \sigma^2)$ .

Empregou-se como método de treinamento clássico o algoritmo *Resilient propagation*, na variação básica denominada RPROP+. Foi empregado a metaheurística *Simulated annealing*. Esta metaheurística é baseada no processo de recozimento de metais utilizado em processos metalúrgicos. O processo consiste em aquecer um metal e verificar como esse metal se resfria e congela numa estrutura cristalina de energia mínima. Como

principais parâmetros desse algoritmo tem-se o número de ciclos por iteração e os valores de temperatura máxima e mínima (HEATON, 2010; RODRIGUES, 2001).

Para o treinamento das RNA's, foram testadas 5 redes para cada arquitetura *Multilayer Perceptron (MLP)* com uma camada intermediária de 8 neurônios, a função de ativação utilizada foi a logística sigmoide. As variáveis de entrada e saída foram padronizadas entre [0, 1]. Foi empregado como critério de parada 3.000 épocas para cada combinação de configuração, além de 500 a 1500 ciclos na metaheurística *SA*. Os valores de números de ciclos avaliados foram: 500, 750, 1000 e 1500 com temperatura mínima de dois e máxima de dez, totalizando 4 configurações de redes.

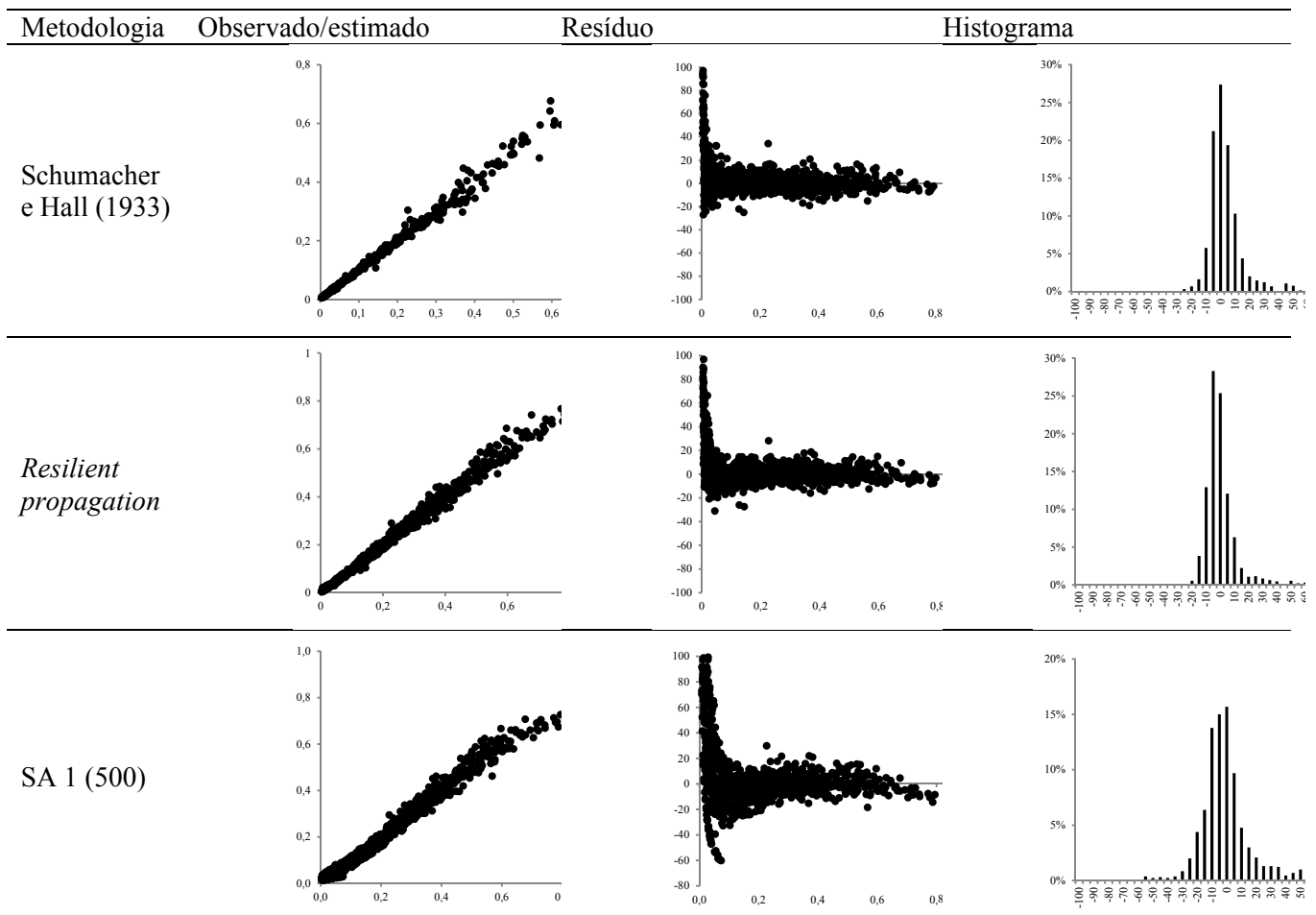
As estimativas das RNA do algoritmo foram avaliadas com base nos coeficientes de correlação com os valores observados, bem como a análise gráfica dos resíduos (erros percentuais) e histograma de erros percentuais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes estimados pelas RNA's com as entradas diâmetro (*DAP*) e altura (*Ht*) e a entrada categórica clone em função do volume observado resultaram em tendência semelhante para os quatro ciclos testados com a metaheurística *SA* (Figura 1).

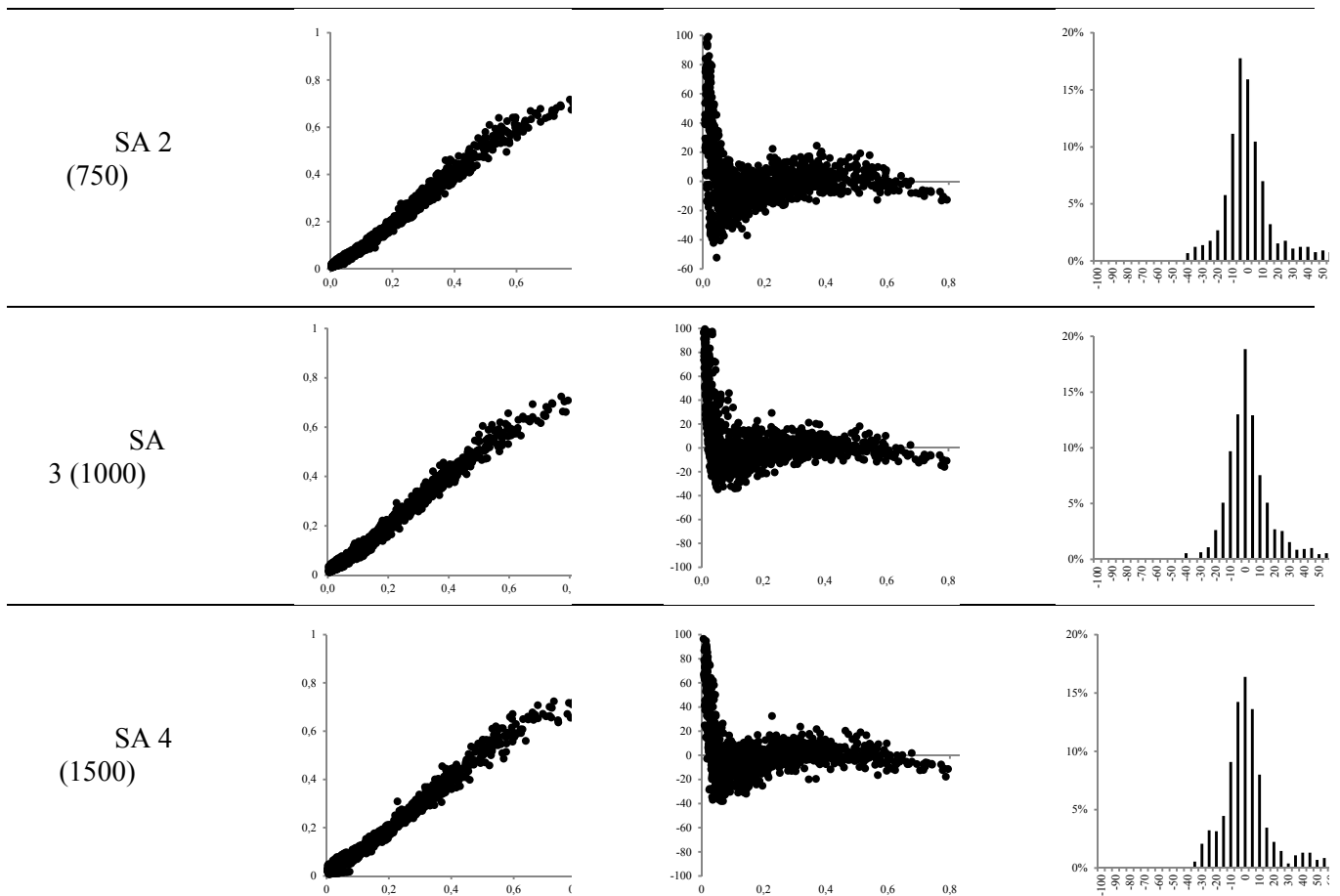
Figura 1- Análise gráfica do ajuste das redes, observado/estimado, dispersão dos resíduos em função dos valores observados e histograma de resíduos.

Figure 1- Graphical analysis of adjustment networks, observed / estimated dispersion of waste due to the observed values and residuals histogram.



Todos os algoritmos treinados para os ciclos de 500, 750, 1000 e 1500 respectivamente, apresentaram altos valores de coeficiente de correlação (Tabela 2).

A partir dos dados observados na Figura 1 e Tabela 2, o algoritmo que mais se assemelha ao ajuste de Schumacher e Hall (1933), foi o *SA 3* sendo esta treinada para um ciclo de 1000, quando comparada com o algoritmo clássico (*Resilient propagation*). Schikowski et al. (2015), trabalhando com estimativas de volume para o *Eucalyptus* sp.,



observaram também que as RNA's se mostraram mais precisas e com menor dispersão dos resíduos quando comparado com modelos tradicionais.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação para o modelo e algoritmos ajustados nas RNA's.

Table 2 - Correlation coefficient for the model and algorithms adjusted in RNA's.

Coeficiente de correlação					
Schumacher e Hall	Resilient propagation	SA (500)	SA 2 (750)	SA 3 (1000)	SA 4 (1500)
0,996301	0,9962	0,9924	0,9926	0,9927	0,9919
	33	82	29	86	69

Os clones foram considerados na rede como classe categórica, porém ela possui um conjunto único de parâmetros para projetar o volume para todos os clones, ou seja, uma rede para modelar os 21 clones ao invés de uma rede para cada clone, pois, de acordo com Binoti (2010), revela-se como uma grande vantagem operacional em relação aos clássicos modelos de crescimento e produção.

## CONCLUSÕES

A estimação de volume de árvores por meio da RNA ajustada pelo algoritmo *Simulated annealing* (SA) com um ciclo de 1000 apresentou um bom ajuste, comparado com as estimativas geradas pelo ajuste do modelo de Schumacher e Hall, tornando-se uma boa alternativa para as estimativas de volumes de árvores de eucalipto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BINOTI, M. L. M. S.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. *Revista Árvore*, v.33, n.6, p. 1133-1139, 2009.

BINOTI, M. L. M. da S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de

Viçosa, Viçosa, 2010.

BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 58-67, 2014.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013. 548 p.

DIAMANTOPOULOU, M. J.; MILIOS, E. Modelling total volume of dominant pine trees in reforestations via multivariate analysis and artificial neural network models. *Biosystems Engineering*. v. 105, n. 3, p. 306-315, 2010. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2009.11.010.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. 2. ed., Porto Alegre: Bookman, 2001. 854 p.

HEATON, J. **Programming Neural Networks with Encog3 in Java**. 2 nd ed. Heaton Research, Incorporated, 2011. 240 p.

KIRKPATRICK, S; GELLAT JUNIOR, C. D.; VECCHI, M. P. (1983): **Optimization by simulated annealing**. *Science*, 220, 671-680.

ÖZÇELİK, R.; DIAMANTOPOULOU, M. J.; BROOKS, J. R.; WIANT JR, H. V. Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey. **Journal of Environmental Management**. v. 91, n. 3, p. 742-753, 2010. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.10.002.

PHAM, D.T.; KARABOGA, D. “Introduction”, *Intelligent Optimisation Techniques* (Edited by D.T. Pham and D. Karaboga), pp. 1-50, Springer- Verlag, 2000.

SCHIKOWSKI, A. B.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Estudo da forma do fuste utilizando redes neurais artificiais e funções de afilamento **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 35, n. 82, p. 119-127, 2015.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v.47, n.9, p.719-734, 1933.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: Modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006, 393 p.

SEVERO, D. S. **Otimização Global em Redes Neurais Artificiais**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

**AValiação DA ESTRUTURA E DINÂMICA FLORESTAL, PÓS-COLHEITA DE MADEIRA, EM UMA ÁREA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA-PA**

**ASSESSMENT OF FOREST STRUCTURE AND DYNAMICS, POST-HARVEST WOOD IN AN AREA IN THE FOREST NATIONAL TAPAJÓS, BELTERRA-PA**

Bruno Rodrigo de Jesus dos Santos<sup>1</sup> Luana Lobato de Jesus Maria Aparecida Leite de Oliveira  
Lia de Oliveira Melo

**RESUMO**

As Florestas Nacionais são criadas e implementadas pelo Estado com o objetivo central de promover o manejo dos seus recursos que lhes dão sustentação ecológica, econômica e social onde constituem-se em uma importante ferramenta na avaliação da “performance” dos planos de manejo florestal. O objetivo deste trabalho foi analisar parâmetros estruturais e a dinâmica da floresta, antes e após a colheita de madeira, em uma área sob manejo florestal na Floresta Nacional do Tapajós; localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 2° 45' e 4° 15' S e 54° 45' e 55°30' W. Os dados utilizados são oriundos de 10 parcelas permanentes de monitoramento (PPM), medidas antes e após a colheita de madeira. Cada parcela mede 50m x 50m, sendo subdivididas em 25 sub parcelas de 10m x 10m onde foram medidas todas as árvores (DAP ≥ 10cm). Os dados coletados, constantes nas fichas de campo, foram inseridos e analisados pelo programa Monitoramento de Florestas Tropicais (MFT), criado pela Embrapa Amazônia Oriental. A pesquisa verificou que a colheita de madeira realizada na UPA 9 diminuiu o número absoluto de árvores, porém, não afetou a estrutura da floresta e manteve a distribuição por classe de diâmetro, obtendo um incremento em diâmetro de 0,27 cm.ano<sup>-1</sup> favorecido pela abertura do dossel, aumentando a disponibilidade de iluminação e diminuindo a competição por luz, confirmando que o manejo realizado na área foi eficiente, uma vez que visa-se maior produtividade e menor impacto.

**Palavras-Chave:** Exploração de impacto reduzido; Dinâmica florestal; Estrutura da floresta

**ABSTRACT**

The National Forests are created and implemented by the State with the central objective of promote the management of its resources which give them ecological, economic and social support, where they constitute an important tool in evaluation of the "performance" of forest management plans. The objective of this paper was analyses the structural parameters and the forest dynamic, before and after logging, in an area under forest management in the Tapajos National Forest, located in the following geographical coordinates: 2° 45' and 4° 15' S and 54° 45' and 55°30' W. The data used are coming from 10 permanent monitoring plots (PPM), measured before and after the wood harvesting. Each plot measures 50m x 50m, being subdivided in 25 sub plots of 10m x 10m where it were measured all trees (DAP ≥ 10cm). The collected data, disclosed in the field of chips, were inserted and analyzed by the Tropical Forests Monitoring Program (MFT), created by Embrapa Amazônia Oriental. A research verified that the wood harvesting in UPA 9 decreased the absolute number of trees, however, it didn't affect the forest structure and kept the distribution by diameter class, getting an increment in diameter of 0.27 cm.year<sup>-1</sup> favored by the opening of the canopy, increasing the availability of illumination and decreasing competition for light, confirming that the management accomplished in the area was efficient, since it aims to more productivity and less impact.

**Keywords:** Reduced impact logging; Forest dynamics; Forest structure.

**INTRODUÇÃO**

No Brasil, a categoria de Floresta Nacional (Flona) integra o conjunto de unidades de conservação que são regidas pelo Sistema de Unidades de Conservação (SNUC), responsável pela definição e regulamentação das reservas ambientais no país. No entanto, ao contrário das unidades de conservação de proteção integral, onde os recursos naturais não podem ser explorados, as Florestas Nacionais são criadas e implementadas pelo Estado com o objetivo central de promover o manejo dos seus recursos, especialmente à produção madeireira (Ioris, 2008).

---

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Acadêmico do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA.  
E-mail: bruno.rjdossantos@gmail.com.

Neste contexto, Gama et al. (2005) discutem que a garantia de uma produção contínua de madeira, associada à conservação da biodiversidade em florestas nativas como a Amazônia, pode ser alcançada mediante o manejo florestal sustentável (MFS). Diante disso Souza e Sousa (2005) relatam que a eficiência e sustentabilidade do manejo das florestas tropicais naturais estão, diretamente, associadas à qualidade das operações de colheita da floresta e dos tratamentos silviculturais, bem como à conservação da base de recursos florestais que lhes dão sustentação ecológica, econômica e social.

Contudo Gomes et al. (2004) comentam que conhecer e quantificar os impactos na vegetação após as atividades de manejo constituem-se em uma importante ferramenta na avaliação da “performance” dos planos de manejo florestal. Essa avaliação permite a prescrição de medidas mitigadoras e ações que irão atuar, de forma pontual, reduzindo os custos e viabilizando a execução de um plano de manejo com um mínimo de impacto à organização e funcionamento da comunidade vegetal.

O objetivo deste trabalho foi analisar parâmetros estruturais e a dinâmica da floresta, antes e após a colheita de madeira, em uma área sob manejo florestal na Floresta Nacional do Tapajós.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na Floresta Nacional do Tapajós (FLONA Tapajós), região oeste do Estado do Pará- Brasil, situada na BR-163, nos limites dos municípios de Belterra, Aveiro, Placas e Rurópolis, com uma área estimada em 600.000 ha, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 2° 45' e 4° 15' de Latitude Sul e 54° 45' e 55°30' de Longitude Oeste. Floresta Ombrófila Densa é a vegetação predominante na área da FLONA com árvores que variam entre 25 a 50 m de altura. O índice pluviométrico é superior a 2.300 mm por ano, a temperatura média varia entre 22 e 25 °C (PINHO et al., 2009).

Os dados utilizados são oriundos de 10 parcelas permanentes de monitoramento (PPM) que estão inseridas na unidade de produção anual 9 (UPA 9), do Projeto Ambé. Cada parcela mede 50m x 50m sendo subdivididas em 25 sub parcelas de 10m x10m. Em todas as sub parcelas foram medidas árvores (DAP  $\geq$  10cm), no entanto, foi realizado um sorteio que determinou 5 sub parcelas em cada PPM para medição da regeneração natural, seguindo as seguintes especificações de classes de tamanho; 10m x 10m para sub parcela de medição de arvoretas (5,0 cm  $\leq$  DAP < 10,0 cm), 5m x 5m para medição de varas (2,5 cm  $\leq$  DAP < 5, 0 cm) e 1m x 5m para medição de mudas (H  $\geq$  30 cm e DAP < 2,5 cm). O processo de instalação e primeira medição foi feito em 2013. Em 2014 foi realizada a colheita de madeira e em abril de 2015 ocorreu a segunda medição das PPMs. Nas sub parcelas, todas as árvores com DAP (diâmetro à altura do peito), maior ou igual a 10,0 cm, foram medidas, identificadas com uma plaqueta de identificação de 1,5cm x 6,0 cm, contendo o número da parcela, da sub parcela e o número da árvore. As árvores medidas foram marcadas com tinta à base de óleo na cor vermelha, no PDM (ponto de medição) a fim de indicar o local exato da medição atual, diminuindo assim a possibilidade de erros nas medições posteriores. O DAP foi medido com precisão milimétrica. A partir da segunda medição, foram registradas as árvores caídas, quebradas, danificadas e mortas para verificar a mortalidade de indivíduos.

A execução do trabalho deu-se através de anotação em fichas individuais de classes de tamanho (árvores, arvoretas, varas e mudas) para cada sub parcela, onde foram observadas as seguintes variáveis: Classe de identificação do fuste (CIF), informa o estado em que cada árvore é encontrada (ou não, no caso de colheita ou morte) na floresta, assim como a posição do fuste (escorado, inclinado, arqueado), podridão, situação silvicultural, danos, iluminação e forma da copa, presença e efeito de cipós. A identificação das espécies foi feita por parobotânicos, manejadores do Projeto Ambé.

Os dados coletados, constantes nas fichas de campo foram inseridos e analisados pelo programa Monitoramento de Florestas Tropicais (MFT), Projeto Bom Manejo, desenvolvido por Amasoft Consultoria e Sistemas S/S Ltda.; Belém-Pará, Brasil, criado pela Embrapa Amazônia Oriental.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estrutura da floresta

A Unidade de Produção Anual (UPA9), no primeiro de medição e sem nenhuma intervenção apresentou, em média, 424,0 indivíduos/ha<sup>-1</sup>, uma área basal de 24,22 m<sup>2</sup>/ha e 243,93 m<sup>3</sup>/ha de volume total. Após a intervenção por colheita, apresentou 408,0 indivíduos/ha<sup>-1</sup>, 25,25 m<sup>2</sup>/ha de área basal e um volume de 262,0 m<sup>3</sup>/ha. A redução no número/ha se deve, principalmente, pela perda de indivíduos nas primeiras classes diamétricas (<50 cm), em decorrência dos danos causados pela colheita, reduzindo em torno de 21,2 indivíduos/ha.



**Índices de valor de importância (IVI)**

As 10 espécies com maior IVI na medição de 2013 foram: Breu-amarelo (*Protium paniculatum* Engl.), Matamatá-preto (*Eschweilera odorata* (Poepp) Miers.), Breu-vermelho (*Protium puncticulatum* J.F.Macbr.), Taxi-pitomba (*Sclerolobium* sp), Caferana (*Coussarea racemosa* A. Rich.), Jarana (*Lecythis latifolium* (A.C.Smith) Rich), Virola (*Virola surinamensis* (Rol.) Warb.), Guariúba (*Clarisia racemosa* Ruiz & Pav), Abiurana (*Pouteria torta* (Mart.) Radlk) e Taxi-preto (*Tachigalia paniculata* Aublet). Em 2015, após a colheita, não ocorreram grande mudanças, apenas a Guariúba (*Clarisia racemosa* Ruiz & Pav) foi substituída pela Fava-timborana (*Newtonia suaveolens* (Miq.) Brenan). Isso se deve pela perda de indivíduos colhidos, reduzindo um volume de 4,23 m<sup>3</sup>/ha. A caferana (*Coussarea racemosa* A. Rich.) apresentou um valor de 9,5 e 10,5 em 2013 e 2015, respectivamente, e para o Taxi-pitomba (*Sclerobium chrysophyllum* Poepp. & Endl.) os valores de 10,1 em 2013 e 9,8 em 2015, assim invertendo suas posições. Essa inversão é explicada pela redução de volume em 1,56 m<sup>3</sup>/ha do Taxi-pitomba por mortalidade natural. As demais espécies apresentaram seus valores de IVI similares aos anteriores à exploração, o que indica a manutenção na estrutura da floresta. Francez (2006), estudando uma floresta de terra firme em Paragominas, também obteve resultados semelhantes, mesmo depois da exploração. O breu-amarelo manteve-se com maior IVI, devido à abundância e frequência em que ocorre na área em estudo (Figura 1).

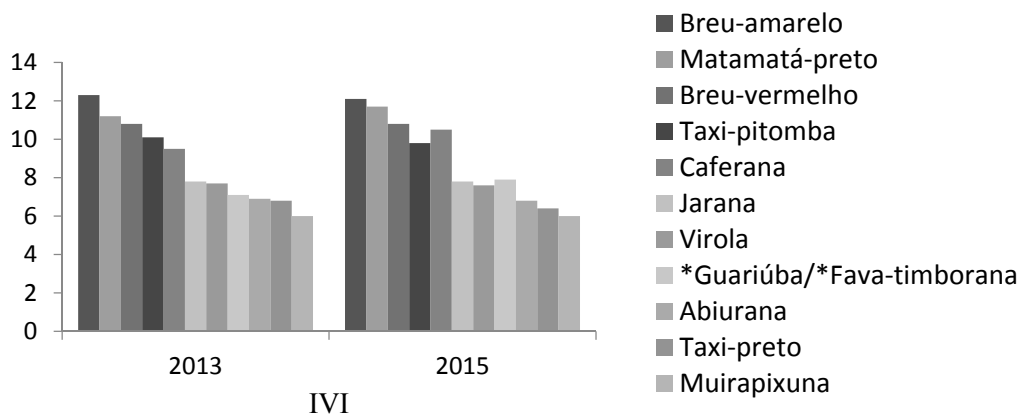


Figura 1 - Espécies com maior valor de importância antes e após a colheita de madeira, em uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA.

Figure 1 - Species with highest importance value before and after logging, in a managed area in the Tapajós National Forest, Belterra-PA.

**Distribuição em classes de diâmetro**

Para as florestas nativas, a distribuição por classes de diâmetro, se comporta em forma de “J” invertido, onde há uma maior concentração de árvores nas primeiras classes diamétricas e que reduz conforme aumenta o DAP. Para a floresta em estudo, este padrão permaneceu o mesmo antes e após a exploração, como verificado na figura 2. Observando assim, que a exploração não afetou a distribuição, preservando a estrutura da floresta.

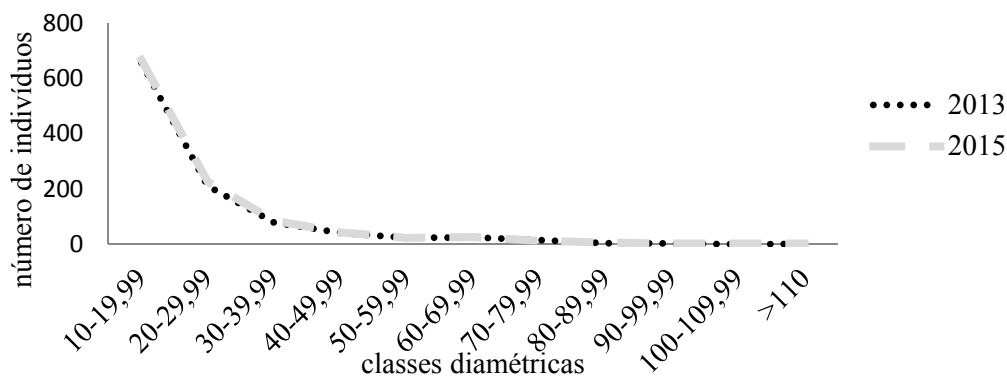


Figura 2 - Distribuição das árvores em Classes de Diâmetros antes e após a colheita de madeira, em uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA.

Figure 2 - Distribution of trees in diameters of classes before and after logging, in a managed area in the Tapajós National Forest, Belterra-PA.

## Dinâmica da Floresta

### *Crescimento das árvores*

As florestas tropicais geralmente apresentam uma baixa taxa de crescimento devido à grande competição por luz e nutrientes. As árvores da área em estudo apresentaram um incremento em diâmetro de  $0,27 \text{ cm.ano}^{-1}$ . No período de 2,08 anos, a floresta apresentou um crescimento em área basal de  $0,37 \text{ m}^2.\text{ha.ano}^{-1}$  e  $4,48 \text{ m}^3.\text{ha.ano}^{-1}$  em volume para árvores remanescentes a exploração.

Estudos realizados por Oliveira (2005) apresentaram um incremento, inferior, de  $0,14 \text{ cm.ano}^{-1}$  para uma floresta não explorada e  $0,19 \text{ cm.ano}^{-1}$  para área explorada, em um período de 22 anos, considerando todas as árvores com  $\text{DAP} \geq 5,0 \text{ cm}$ . Já para Melo (2004), para uma floresta secundária com históricos de usos diferentes, obteve-se um crescimento médio de  $0,23 \text{ cm.ano}^{-1}$ , considerando um período de acompanhamento (1997-2002), em Marituba-PA; e em Bragança-PA, esse crescimento foi de  $0,25 \text{ cm.ano}^{-1}$ , no período (1999-2002).

O crescimento em DAP na floresta em estudo foi favorecido pela abertura no dossel em consequência da colheita de madeira realizada na área, aumentando a disponibilidade de iluminação, facilitando o crescimento das espécies do sub-bosque e diminuindo a competição por luz.

### *Crescimento por iluminação de copa*

A quantidade de luz que as árvores recebem é importante para o crescimento das espécies. As árvores que estavam completamente expostas à luz apresentaram um crescimento em diâmetro de  $0,41 \text{ cm/ano}$ . As que recebiam luz parcial cresceram  $0,27 \text{ cm/ano}$ , já as sombreadas obtiveram um crescimento de  $0,09 \text{ cm/ano}$  e os indivíduos que estavam sem copa, apresentaram crescimento mínimo, em torno de  $0,04 \text{ cm/ano}$  (Figura 3).

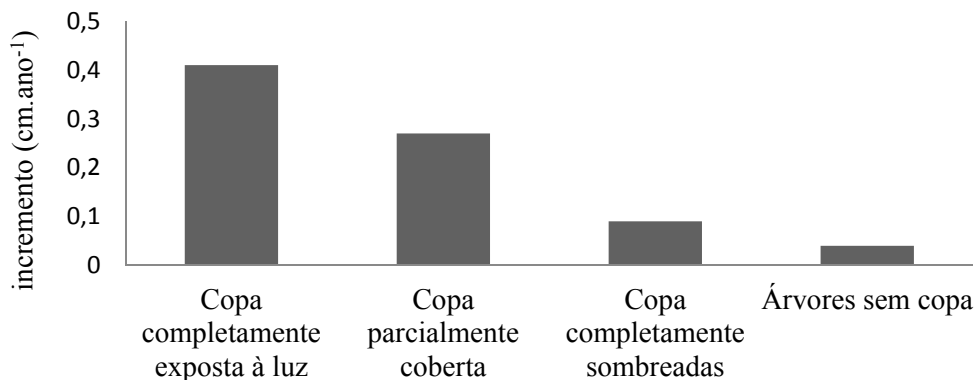


Figura 3 - Incremento periódico anual, de acordo com o grau de iluminação, em uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA.

Figure 3 - Annual periodic increment, according to the degree of illumination, in a managed area in the Tapajós National Forest, Belterra-PA.

### *Crescimento por infestação de cipós*

A presença de cipós é outra variável importante na determinação do crescimento e estabelecimento dos vegetais. A infestação de cipós pode ser favorecida por grandes aberturas no dossel, ocasionado por vendavais, por exploração não planejada ou ainda por desbaste em grande intensidade (Silva et al., 2005).

Houve uma grande presença de cipós na área, em torno de 65% das árvores, porém em sua maioria, não restringiu o crescimento das mesmas. Na área estudada, apenas 11 árvores (1,46%) dos indivíduos apresentaram cipós presentes, fortemente atacadados no fuste ou cobrindo a copa que restringiram o crescimento. O incremento em diâmetro registrado por essas árvores na comunidade foi, em média, de  $0,06 \text{ cm.ano}^{-1}$ . Para Araújo et al. (2011), no estudo de uma área na Floresta Nacional do Tapajós, apenas 8,4% das árvores apresentavam cipós restringindo o crescimento dos mesmos (Figura 4).

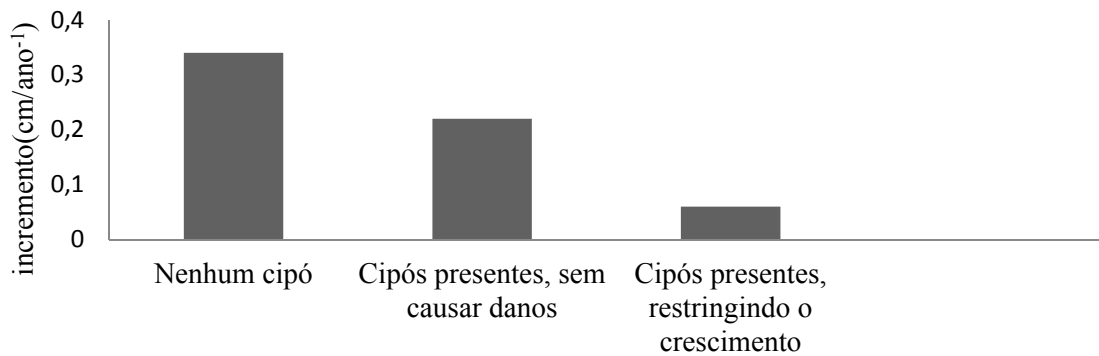


Figura 4 - Incremento periódico anual, de acordo com a presença de cipós, em uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA.

Figure 4 - Annual periodic increment, according to the presence of vines, in a managed area in the Tapajós National Forest, Belterra-PA.

## CONCLUSÕES

A colheita de madeira realizada na UPA 9, diminuiu o número absoluto de árvores, porém, não afetou a estrutura da floresta e manteve a distribuição por classe de diâmetro, confirmando que o manejo (EIR) realizado na área foi eficiente, uma vez que se visa maior produtividade e menor impacto possível. As árvores que estão completamente expostas à luz e não registram nenhuma presença de cipós crescem mais do que as com presença de cipós, restringindo seu crescimento e/ou permanecem totalmente sombreadas, evidenciando assim, dois fatores importantes que influenciam no incremento das árvores da população.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a COOMFLONA (Cooperativa Mista da Floresta Nacional do Tapajós) pelo apoio financeiro e logístico; ao ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) pela autorização para realizar a pesquisa; a UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará) e ao IBEF (Instituto de Biodiversidade e Florestas) pelo apoio logístico; e a professora Doutora Lia de Oliveira Melo pela oportunidade da pesquisa e orientação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, P. C. R. de; MELO, L. O.; SILVA, U. S. da C.; CARDOSO, C. da C.; SOUSA, L. K. V. dos S. Impacto da exploração florestal na estrutura e dinâmica de uma área submetida a manejo florestal na Floresta Nacional do Tapajós. In: SEMINÁRIO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS. Santarém, 2011. **Anais...** I Seminário de Pesquisas Científicas da Floresta Nacional do Tapajós. Santarém-PA: Floresta Nacional do Tapajós/ICMBio, 2011. 146 p.
- FRANCEZ, L. M. B. **Impacto da exploração florestal na estrutura de uma área de floresta na região de Paragominas, PA, considerando duas intensidades de colheita de madeira.** Belém, 2006. 203 p. Dissertação (Mestrado) universidade Federal Rural da Amazônia.
- GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. de M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v.29, n.5, p.719-729, Viçosa-MG. 2005.
- GOMES, A. P. C.; SOUZA, A. L. de; MEIRA NETO, J. A. A. Alteração estrutural de uma área florestal explorada convencionalmente na bacia do Paraíba do Sul, Minas Gerais, nos domínios de floresta atlântica. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p. 407-417, Viçosa-MG. 2004.
- IORIS, E. M. Na trilha do manejo científico da floresta tropical: indústria madeireira e florestas nacionais. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. **Ciências Humanas**, v. 3, n. 3, p. 289-309, Belém. set.- dez. 2008.
- MELO, M. S. **Florística, fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com histórias de uso diferentes no Nordeste do Pará-Brasil.** Piracicaba, 2004. 134 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, L.C. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós.** Piracicaba, 2005. 196 p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PINHO, G. S. C.; FIEDLER, N. C.; GUIMARÃES, P. P.; SILVA, G. F.; SANTOS, J.; Análise de custos e rendimentos de diferentes métodos de cortes de cipós para produção de madeira na Floresta Nacional do Tapajós. *Acta Amazônica*, vol. 39(3) 2009: 555-560.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A. da; CARVALHO, J. O. P. de; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 69 p.

SOUZA, D. R. de; SOUSA, A. L. de. Emprego do método bdqde seleção após a exploração florestal em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. *Revista Árvore*, v.29, n.4, p.617-625, Viçosa-MG. 2005.

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE MADEIRAS DA CAATINGA COMO SUBSÍDIO PARA O MANEJO FLORESTAL, RESULTADOS PRELIMINARES

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CAATINGA WOODS AS SUPPORT FOR FOREST MANAGEMENT, PRELIMINAR RESULTS

Peter Wimmer<sup>1</sup> Carlos A. F. Dantas Divino E. Teixeira Mario J. Siqueira João E. Anacleto

RESUMO

O manejo florestal da Caatinga é a alternativa mais adequada para atender a alta demanda de produtos florestais da região Nordeste, ao mesmo tempo em que garante a manutenção das florestas, evitando que sejam convertidas em terras agrícolas. A partir de 2011, o Serviço Florestal Brasileiro passou a promover o manejo florestal na Caatinga financiando a implantação de quatro planos de manejo em assentamentos rurais no Piauí. Os dados gerados pelo inventário florestal indicaram a existência de um volume considerável de árvores de grandes dimensões, inadequadas para o emprego como lenha, mas com possibilidade de uso para fins mais nobres e rentáveis. Como a legislação estadual não prevê o uso da floresta para obtenção de produtos madeireiros além de lenha, estacas e mourões, este estudo se propõe a caracterizar dez espécies da caatinga com o objetivo de indicar seu uso para produtos de maior valor agregado e dessa forma subsidiar a inclusão de novas possibilidades no manejo florestal desta região. Com exceção de *Aspidosperma pyrifolium* todas as demais espécies apresentaram altos valores para densidade verde sendo *Terminalia fagifolia* a mais densa com 1,28 g/cm<sup>3</sup>.

**Palavras-chave:** Propriedades físico-mecânicas; trabalhabilidade; semiárido.

ABSTRACT

The forest management of the Caatinga is the most suitable alternative to meet the high demand of forest products in the Northeast region, at the same time ensuring the maintenance of forests, preventing them from being converted into farmland. In 2011, the Brazilian Forest Service began promoting forest management in the Caatinga by financing four Management Plans in rural settlements in Piauí state. The data produced by the forest inventory indicated the existence of a considerable volume of large trees, unsuitable to be employed as fuelwood, but with possibilities of being used for more noble and profitable purposes. As the state law doesn't permit forest management to provide products other than fuelwood, poles and fence posts, this study aims to characterize ten species of the Caatinga in order to indicate its use to higher value products and thus support the inclusion of new possibilities in forest management in this region. With the exception of *Aspidosperma pyrifolium* all the other species have high values for green density, *Terminalia fagifolia* being the most dense with 1.28 g/cm<sup>3</sup>.

**Keywords:** Physical and mechanical properties; workability; semiarid.

INTRODUÇÃO

A Caatinga é considerada pelo Ministério do Meio Ambiente como um dos grandes biomas brasileiros, abrangendo 734 mil km<sup>2</sup>, que estão concentrados na Região Nordeste com algumas áreas no Estado de Minas Gerais (SILVA et al., 2004).

De acordo com dados do PROBIO (2007), aproximadamente 42% da área do bioma (36 milhões de hectares) ainda tem cobertura florestal. Essas florestas são utilizadas tanto na geração de energia para indústrias e domicílios, quanto para a obtenção de produtos florestais não madeireiros, a exemplo da forragem animal, mel, frutos, fibras e outros que desempenham um papel fundamental no contexto da economia informal e na formação da renda das famílias, tornando-se uma das únicas alternativas econômicas nos períodos das estiagens e contribuindo, assim, para a permanência do homem no campo (CAMPELLO et al., 1995).

O principal produto obtido da Caatinga é a lenha, usada como combustível para indústrias, comércio e domicílios, além de ser transformada em carvão. Cerca de 25% da energia consumida pelos setores industrial e comercial da Região Nordeste tem origem na biomassa florestal, gerando cerca de 900 mil empregos diretos e indiretos (GARIGLIO et al., 2010). A alta demanda por energéticos florestais na região Nordeste (25 milhões metros estéreos/ano) aliada a uma oferta ainda muito significativa a partir de uma cobertura de remanescentes

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro Florestal MSc. Analista Ambiental, Laboratório de Produtos Florestais.

E-mail: peter.wimmer@florestal.gov.br

florestais, aponta o manejo florestal sustentável da Caatinga como uma das alternativas mais indicadas para atender o consumo (PAREYN et al., 2010).

A vegetação arbórea da Caatinga tem como principais características: alta densidade de indivíduos, com 1.000 a 5.000 árvores por hectare; árvores de pequeno a médio porte, com altura dominante variando entre 3 e 6 metros; regeneração por rebrota de tocos e raízes; período curto de crescimento e rápida resposta às chuvas; estoques baixos, porém com incrementos médios anuais relativamente altos, além de alta resiliência, ou seja, alta capacidade de recuperação após algum tipo de intervenção (BRASIL, 2008). Estas características permitem que a vegetação seja submetida ao manejo de talhadia gerando bons resultados produtivos e ecológicos.

É importante destacar que a adoção do regime de manejo florestal, apesar de possuir impactos inerentes, garante a permanência das florestas, evitando que sejam convertidas em áreas agricultáveis. As áreas sob manejo florestal, associadas às de Reserva Legal e de Preservação Permanente, mantêm a cobertura florestal e assim, são reservatórios de biodiversidade, além de conservarem a regeneração e a recuperação da vegetação, a paisagem nativa, solos e águas (RIEGELHAUPT, 2008).

O manejo da Caatinga para produção sustentável de madeira vem sendo experimentado desde o início da década de 1980 e proposto formalmente desde o início da década de 1990. Nos quase vinte anos desde a aprovação da Instrução Normativa nº 01, de 25 de fevereiro de 1994, do IBAMA – que disciplina a atividade do manejo na Caatinga – seu avanço tem sido relativamente modesto, em termos de área de produção. Em 2007, uma área de apenas 94.287 hectares se encontrava sob efetivo manejo, atendendo a cerca de 6,5% da demanda industrial na Região (APNE; CNIP, 2008).

Nesse contexto, o Ministério do Meio Ambiente, por meio do Programa Nacional de Florestas, em parceria com o Ministério de Desenvolvimento Agrário, elaborou um diagnóstico preliminar do potencial dos assentamentos da reforma agrária com o objetivo de implantar Planos de Manejo Florestal Sustentáveis nos assentamentos existentes no bioma Caatinga.

A partir de 2011, o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal, gerido pelo Serviço Florestal Brasileiro, passou a promover o manejo florestal comunitário na Caatinga. Após chamamento público, quatro assentamentos rurais do INCRA no estado do Piauí foram selecionados para receber assistência técnica visando à elaboração e a implantação de planos de manejo florestal. Em abril de 2012 os Planos de Manejo dos assentamentos foram submetidos e aprovados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí, e ao fim do mesmo ano as atividades de colheita foram iniciadas.

A Resolução CONSEMA nº 13 de 2010, legislação vigente do estado do Piauí, prevê o manejo florestal apenas para a produção de lenha ou estacas e mourões em ciclos de corte de no mínimo 12 e 15 anos respectivamente. No entanto, o inventário florestal realizado nas Unidades de Manejo Florestal dos assentamentos demonstrou a existência de um volume considerável de árvores com maiores dimensões, de uso inadequado como lenha, mas com possibilidade de serem utilizadas para fins mais nobres, e conseqüentemente mais rentáveis para os assentados.

Visando a verificação das características dessas espécies e da real possibilidade de se realizar o aproveitamento desta vegetação para a geração de produtos de maior valor agregado, o Laboratório de Produtos Florestais - LPF, Centro especializado do Serviço Florestal Brasileiro, iniciou em 2014 o projeto “Madeiras da Caatinga”. O projeto previu a coleta de amostras de dez espécies abundantes nos planos de manejo e o seu estudo aprofundado, levando em conta aspectos de anatomia, química, propriedades físico-mecânicas, trabalhabilidade, potencial energético, secagem, biodegradação e possibilidade de uso em produtos engenheirados. Os resultados deste projeto poderão subsidiar decisões sobre o aproveitamento ideal da madeira destas espécies e contribuir na discussão sobre a inclusão de novas possibilidades para o manejo florestal na legislação florestal do Estado do Piauí.

O presente estudo descreve a metodologia de coleta das amostras, dos testes de propriedades físico-mecânicas e trabalhabilidade e os resultados preliminares já obtidos e os previstos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Caracterização do local**

A coleta foi realizada em novembro de 2014 nos assentamentos Arizona I e II, Serra do Batista e Canaã, situados no município de Lagoa do Sítio, região centro-norte do estado do Piauí. A vegetação do local é formada por Caatinga arbórea fechada, sendo classificada pelo IBGE como Savana Estépica. O relevo é formado por superfícies planas tabulares com altitudes entre 400 e 500 metros e superfícies onduladas de encostas e prolongamentos de chapadas. Os solos predominantes são latossolos amarelos associados a areias quartzosas e latossolos vermelho amarelo. O clima é semiárido quente, com seis a oito meses secos, precipitação média abaixo dos 1.000 mm/ano e temperatura média de 24°C.

## Escolha das espécies

As dez espécies contempladas neste projeto foram selecionadas com base no conhecimento e histórico de uso dos assentados e informações técnicas geradas pelo Inventário e Plano de Manejo dos assentamentos, como abundância e diâmetro. Após o cruzamento das informações, chegou-se a listagem final das espécies consideradas mais relevantes e aptas a serem exploradas.

Tabela 1 - Lista de espécies selecionadas.

Table 1 - List of selected species.

<b>Nomes científicos</b> <i>Scientific names</i>	<b>Nomes Comuns</b> <i>Common names</i>
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Pau-amarelo
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	Birro-branco
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart. et Zucc.	Chapada
<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke	Coração-de-negro
<i>Pterocarpus</i> sp.	Jacarandá-sangue
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O.Grose	Pau D'arco Amarelo
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Pau D'arco Roxo
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Piquiá Cascudo
<i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.	Rama-de-bezerra
<i>Thiloua glaucocarpa</i> (Mart.) Eichler	Sipaúba

## Coleta

Em novembro de 2014 foi realizada a viagem de campo para os assentamentos no Piauí onde se procedeu a coleta de cinco indivíduos de cada uma das dez espécies. Para garantir que as árvores pudessem suprir material suficiente para a confecção dos corpos de prova, estabeleceu-se o diâmetro mínimo a altura do peito de 20 centímetros e altura comercial de 4,5 metros. Visando uma maior representatividade e redução do impacto dentro dos talhões, limitou-se a coleta a um indivíduo por espécie em cada talhão. O abate das árvores foi feito com o uso de motosserra e posteriormente as árvores foram seccionadas em discos e toretes de dimensões pré-definidas visando à confecção dos corpos de prova para as sete divisões de pesquisa do LPF. Para este estudo, foram utilizados toretes de aproximadamente um metro de comprimento, retirados acima do diâmetro à altura do peito (1,3 metros do solo). Os toretes foram transportados de caminhão até as dependências do LPF em Brasília onde foram desdobrados e trabalhados para dar origem aos corpos de prova.

## Testes

Foram confeccionados corpos de prova visando à determinação das propriedades físico-mecânicas (realizadas com madeira saturada e a 12% de umidade) e trabalhabilidade.

A determinação das propriedades físico-mecânicas segue as normas da Comissão Pan-americana de Normas Técnicas - COPANT e compreende os testes de densidade (verde, seca, básica e aparente), contrações (radial, tangencial e longitudinal), compressão (paralela e perpendicular às fibras), dureza Janka, cisalhamento paralelo as fibras, tração perpendicular as fibras, flexão estática e fendilhamento. Com objetivo de avaliar a utilização de técnicas não destrutivas, os corpos de prova de flexão estática também serão submetidos a testes de ultrassom e de ondas de tensão, cujos resultados serão comparados aos ensaios destrutivos.

A trabalhabilidade da madeira será determinada por meio dos testes de plaina, lixa (granulação 80 e 120), furadeira (Broca 25 mm), torno e abrasão e serão realizados seguindo as normas ASTM D 1666-87 e ASTM D 4060-95.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 estão apresentados os resultados de Densidade Verde das dez espécies em ordem decrescente. A espécie que apresentou o valor mais alto foi *Terminalia fagifolia* com 1,278 g/cm<sup>3</sup> e o menor valor foi apresentado por *Aspidosperma pyrifolium* com 1,093 g/cm<sup>3</sup>. A análise de variância demonstrou existir diferenças significativas entre as médias das espécies, no entanto para o teste de Tukey (em um nível de significância de 0.05) apenas a espécie *Aspidosperma pyrifolium* diferiu das demais. Os valores encontrados para as espécies podem ser considerados altos, comparáveis a espécies de uso tradicional na construção civil como Maçaranduba (*Manilkara bidentata*) que possui densidade verde de 1,26 g/cm<sup>3</sup>, e Grápia (*Apuleia leiocarpa*) com densidade verde de 1,25 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 2 - Valores de Densidade Verde (g/cm<sup>3</sup>).Table 2 - Green Density Values (g/cm<sup>3</sup>).

<b>Nomes científicos</b> <i>Cientific names</i>	<b>Densidade Verde</b> <i>Green Density</i>
<i>Terminalia fagifolia</i>	1,278
<i>Dalbergia cearensis</i>	1,267
<i>Plathymenia reticulata</i>	1,255
<i>Pterocarpus sp.</i>	1,251
<i>Diptychandra aurantiaca</i>	1,234
<i>Handroanthus impetiginosa</i>	1,220
<i>Piptadenia moniliformis</i>	1,210
<i>Thiloa glaucocarpa</i>	1,210
<i>Handroanthus serratifolius</i>	1,205
<i>Aspidosperma pyrifuluim</i>	1,093

## CONCLUSÃO

Apesar da pouca informação técnica gerada até o presente momento, os resultados preliminares indicam que as espécies selecionadas, com exceção de *Aspidosperma pyrifuluim*, se tratam de madeiras pesadas possuindo altas densidades. Com base nessa informação podemos inferir que poderão ter uso diversificado inclusive em construções pesadas. É importante salientar que algumas espécies, em especial *Dalbergia cearensis*, *Handroanthus impetiginosa* e *Handroanthus serratifolius* possuem madeiras extremante ornamentais, que poderão ser utilizadas para movelaria, confecção de pequenos objetos de mobiliário, e no caso de *Dalbergia Cearensis*, até mesmo para a confecção de instrumentos musicais.

Do ponto de vista logístico, vale destacar que existe um polo moveleiro na cidade de Marco – CE, a uma distância de aproximadamente 500 km do local onde as madeiras foram coletadas. O polo é bem estruturado e, de acordo com dados do Sindicato da Indústria Moveleira do Estado do Ceará (SINDMOVEIS, 2015), abriga 29 empresas, oferecendo aproximadamente 6.600 empregos entre diretos e indiretos. Atualmente o polo depende de madeiras oriundas da região amazônica, o que onera o valor final dos produtos. Caso se comprove a aptidão das madeiras estudadas para movelaria, já existe uma estrutura organizada para absorver a oferta de madeira.

Por fim, é importante destacar que o aumento na oferta de produtos oriundos do manejo florestal comunitário gerará um incremento na receita financeira dos assentados, contribuindo para a melhoria da sua qualidade de vida, ao mesmo tempo em que reforça a valorização da floresta como um bem produtivo e não como empecilho para o desenvolvimento da região.

## AGRADECIMENTOS

A Food and Agriculture Organization – FAO, por ter financiado a coleta de campo. A Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMAR, pelo apoio e autorizações de coleta e transporte concedidas. Aos assentados que permitiram, apoiaram e participaram da realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D 1666-87: Standard Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood Base Materials**. USA, 1999.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D 4060-95: Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coating by the Taber Abraser**. USA, 1995.
- ASSOCIAÇÃO PLANTAS DO NORDESTE – APNE; CNIP. Banco de Dados: lista de planos de manejo do Bioma Caatinga. **Estatística Florestal da Caatinga**. Natal: Programa Nacional de Florestas, Ministério do Meio Ambiente. p. 45-70. 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga / MMA**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste. Natal : MMA, 2008. 28p. : il.
- CAMPELLO, F. B.; SILVA, J. A.; GARIGLIO, M. A.; LEAL, A. M. A. **Indicadores socioeconômicos do setor florestal na região Nordeste**. Recife: MMA/IBAMA, 1995. 17 p.
- COPANT - COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (COPANT). **Catálogo de normas COPANT**. Disponível em <www.copant.org/web/guest/catalogo-de-normascopant>.



- GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V.SÁ B.; CESTARO, L.A.; KAGEYAMA, P.Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p.28-48.
- PAREYN, FRANS GERMAIN CORNEEL ; LIMA, KLEBER COSTA DE ; MARIO WANDERLEY CAMPOS DA FONSECA MARQUES ; RIEGELHAUPT, E. ; PAOLA BACALINI . **Dinâmica da regeneração da vegetação da caatinga na Unidade Experimental PA Recanto III - Lagoa Salgada/RN**. In: Gariglio, M.A.; Sampaio, E.V.S.B.; Cestaro, L.A.; Kageyama, P.Y.. (Org.). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileira, 2010, v. , p. 229-244.
- PROJETO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA BRASILEIRA (PROBIO). Subprojeto – **Levantamento da Cobertura Vegetal e do Uso do solo do Bioma Caatinga**. 2007.
- RIEGELHAUPT, E. M. **Relatório de consultoria**. Projeto MMA/PNUD/BRA/02/G31- Conservação e Uso Sustentável da Caatinga. Recife, PE, 2008.
- SAMPAIO, E.V.S.B. **Caracterização do bioma caatinga**. In: GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V.SÁ B.; CESTARO, L.A.; KAGEYAMA, P.Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p.28-48.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. MMA. – UFPE – Conservation International – Biodiversitas – Embrapa Semi-árido. Brasília. 2004. 382p.
- SINDMOVEIS, **Associados de Marco e Bela Cruz**. Disponível em: <http://www.sindmoveisce.com.br/associados/marco-e-bela-cruz/> Acesso em 10/08/2015.



**CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO PELO MÉTODO DA DIFERENÇA ALGÉBRICA GENERALIZADA**

**SITE CLASSIFICATION OF EUCALYPTUS STAND BY GENERALIZED ALGEBRAIC DIFFERENCE APPROACH**

Henrique Ferraço Scolforo<sup>1</sup> Paula Carolina Gomides Vitor José Roberto Soares Scolforo José Marcio de Mello  
Marcel Régis Raimundo Marya Eduarda Feliciano

**RESUMO**

O objetivo deste estudo foi projetar o crescimento em altura dominante e consequentemente definir o índice de sítio para um povoamento de eucalipto clonal usando o modelo modificado de Von-Bertalanfy Richards. A base de dados consistiu de um total de 89 parcelas. O modelo modificado de Von-Bertalanfy Richards pela abordagem da diferença algébrica generalizada foi utilizado para projetar o crescimento em altura dominante. A qualidade do modelo ajustado foi baseada nos critérios estatísticos do erro médio absoluto (MAE, %), erro médio (T, %) e índice de Willmott (D). Adicionalmente, análise gráfica também foi realizada. A formulação da diferença algébrica generalizada foi baseada no modelo modificado de Von-Bertalanfy Richards considerando os parâmetros assintóticos e de inflexão diretamente relacionados com a produtividade local. O modelo ajustado forneceu estimativas boas e confiáveis. Assim, o modelo modificado de Von-Bertalanfy Richards foi definido como adequado para expressar o crescimento em altura dominante e também para classificar a qualidade do sítio.

**Palavras-chave:** Polimorfismo, Assintota, Clonal, Manejo florestal.

**ABSTRACT**

The aim of this study was to project dominant height growth and consequently define site index for a clonal eucalyptus stand using Von-Bertalanfy Richards modified model. Dataset from 89 plots were used. Von-Bertalanfy Richards modified by generalized algebraic difference approach was the model used to fit dominant height growth. The fitted model quality was based on statistical criteria of absolute mean error (MAE, %), mean bias (T, %) and Willmott index (D). In addition, visual analysis was done. The GADA formulation derived on the basis of the Von-Bertalanfy Richards modified model considered the asymptote and the initial pattern parameters as directly related to site productivity. The model fitted provided good and reliable estimates. Thus, the Von-Bertalanfy Richards modified model was defined as appropriate to express dominant height growth and also to classify site quality.

**Key-words:** Polymorphism, Asymptote, Clone, Forest management.

**INTRODUÇÃO**

O setor florestal representou uma participação de 1,1% do PIB brasileiro e de 5,5% no PIB industrial no ano de 2014 (CIRILLO, 2015). Sendo 71,2% dos plantios florestais brasileiros referentes aos plantios de eucalipto evidencia-se sua importância na economia nacional e a necessidade de se monitorar periodicamente seus povoamentos como forma de fomentar informações para o planejamento e tomada de decisões de ordem estratégica, tática e operacional.

Para realizar o monitoramento adequado das florestas, os primeiros estudos de medição de árvores e povoamentos, da forma das árvores das diferentes espécies florestais, os métodos para quantificação do volume, assim como os estudos de crescimento e produção datam do século XVIII. No entanto, ainda hoje o tema é envolvente, com uma série de pesquisadores e cientistas envolvidos no desenvolvimento de novas técnicas de medição e quantificação das variáveis diâmetro, altura, volume, no peso e nos múltiplos produtos da madeira que as árvores e os povoamentos podem propiciar (SCOLFORO, 2006).

O produto final do monitoramento florestal é representado através do crescimento e produção florestal. Sua expressão ocorre através da modelagem descritiva, a qual Vanclay (1994) definiu como uma abstração da

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Department of Forestry and Environmental Resources, North Carolina State University, caixa postal: 8008, CEP 27607, Raleigh – NC. E-mail: hfscolfo@ncsu.edu

dinâmica natural de um povoamento natural. Esta abstração pode englobar crescimento, mortalidade e outras mudanças na composição e estrutura do povoamento.

Para propor o crescimento e a produção florestal, um índice é requerido para expressar capacidade potencial de uma área em possibilitar o crescimento das árvores (GARCÍA, 1983). Este índice, mais comumente conhecido como classificação de sítio pode ser definido, para fins de manejo, como sendo o conjunto de fatores ecológicos (fatores climáticos, edáficos e biológicos) que influem no desenvolvimento de povoamentos num determinado local (SCOLFARO et al., 2013).

Três são os métodos mais conhecidos para se realizar a classificação de sítio: i) curva guia; ii) predição dos parâmetros; iii) diferença algébrica (CLUTTER et al., 1983). Entretanto, diversos pesquisadores ao longo do tempo têm mostrado preferência pelo uso do método da diferença algébrica (FERRAZ-FILHO et al., 2011).

Deseja-se como atributos para as curvas que representam a classificação de sítio que estas sejam polimórficas, apresentem desenvolvimento sigmoidal com um ponto de inflexão, comportamento lógico (ex. altura zero na idade zero), invariância e múltiplas assíntotas. As curvas de sítio ajustadas pelo método da diferença algébrica (BAILEY; CLUTTER, 1974) proporcionam todos estes atributos desejados, com exceção para o valor assintótico. Desde que se assumam as curvas como polimórficas, ou seja, a inflexão de cada curva dependente da qualidade do sítio, por propriedade matemática, a assíntota tem de ser definida como comum entre sítios. Desse modo, este método proporciona o crescimento da altura dominante como função da inflexão.

O inconveniente de se fixar o valor assintótico entre sítios é o ocasionamento do encontro das curvas de sítio em algum momento no tempo. Para plantios onde este encontro assintótico ocorre muito além da idade definida como de rotação, este acaba por não ser um problema. Entretanto, se o encontro assintótico ocorrer antes desta idade, à classificação de sítio sofrerá viés de estimativa. Sendo assim, Cieszewski e Bailey (2000) propuseram a evolução do método da Diferença Algébrica. Os autores definiram que tanto o parâmetro da inflexão, como o assintótico, seriam dependentes do sítio, ou seja, eliminando o inconveniente de se fixar o valor assintótico. Este método é conhecido na literatura como diferença algébrica generalizada, sendo esta uma evolução que contempla todos os métodos desejáveis para as curvas de sítio.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi expressar o crescimento da altura dominante e conseqüentemente classificar o sítio de um povoamento clonal de eucalipto a partir do modelo dinâmico de Von-Bertalanffy Richards modificado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Descrição da área de estudo e da base de dados

A base de dados é proveniente de um povoamento clonal de *Eucalyptus spp.* localizado no município de Guaratinga, região sul do estado da Bahia. Guaratinga está localizado nas coordenadas geográficas 16° 33' 47" S e 39° 46' 57" O, com altitude média de 170 metros, temperatura média anual de 23°C, precipitação média anual de 1250 mm e clima Af de acordo com a classificação de Köppen.

A área do povoamento equivale a 1111,8 ha, sendo seu espaçamento de plantio de 4x3 metros. Foram lançadas para esta área um total de 89 parcelas permanentes, sendo cada parcela mensurada cinco vezes no tempo. A primeira medição foi realizada aos 2,1 anos de idade do povoamento, a segunda aos 3,1 anos, a terceira aos 3,9 anos, a quarta aos 5,2 anos e a quinta aos 5,8 anos.

O sistema de amostragem aplicado foi o sistemático desconstruído, sendo as parcelas de formato retangular com área média de 250 m<sup>2</sup>. Foram coletadas em cada parcela ao longo do tempo as variáveis dendrométricas: i) circunferência a 1,30 m do solo (CAP) de todos os fustes; ii) altura total das cinco primeiras árvores com fustes normais (sem bifurcação ou qualquer outro defeito); iii) altura das árvores dominantes, conforme conceito de Assmann (1970), caso não estivessem sido ainda mensuradas entre as cinco alturas coletadas.

### Modelo proposto

O método da diferença algébrica generalizada foi utilizado para modelar o crescimento da altura dominante e conseqüentemente permitir a classificação de sítio para o povoamento clonal de eucalipto. Este método possibilita que a qualidade do sítio possa estar relacionada a vários parâmetros por meio de uma transformação algébrica.

De acordo com Cieszewski et al. (2007), o método consiste em: i) escolher uma equação para modelar a variável de interesse; ii) decidir quais parâmetros serão em função da qualidade teórica do sítio (X) e expressar a relação através de uma equação matemática; iii) resolver a equação para X; iv) inserir a solução de X para obter a equação dinâmica de  $Hd = f(I, X)$ , para as condições iniciais de  $I_1$  e  $Hd_1$ .

Este método desenvolvido por Bailey & Clutter (1974) vem sendo aplicado com sucesso na modelagem da altura dominante. Para este estudo, o modelo testado foi originalmente proposto por Von Bertalanffy (1949), sendo posteriormente generalizado por Richards (1959):

$$Hd = a.[1 - \exp(-b.I)]^c \quad (1)$$

Em que:  $a$  é o parâmetro relacionado ao valor assintótico;  $b$  é o parâmetro associado a inclinação; e  $c$  é o parâmetro associado ao ponto de inflexão.

O modelo derivado para este estudo considera que a produtividade do sítio ou  $X$  é função do parâmetro assintótico e da inflexão. Portanto, o modelo derivado a partir do modelo 1 possui polimorfismo e múltiplas assíntotas. O modelo derivado a partir do método da diferença algébrica generalizada assumiu portanto, que tanto o parâmetro assintótico, quanto o parâmetro da inflexão são dependentes de  $X$ . Para simplificação da manipulação algébrica aqui proposta, o parâmetro  $a$  foi redefinido como  $\exp(a_1)$ . Com essa redefinição e tirando-se o log do modelo, este pode ser reescrito da seguinte maneira:

$$Hd = \exp(a_1).[1 - \exp(-b_1.I)]^c \quad (2)$$

$$\ln(Hd) = a_1 + c.\ln[1 - \exp(-b_1.I)] \quad (3)$$

Os parâmetros relacionados ao sítio foram condicionados como diretamente proporcionais a produtividade do sítio ou  $X$ :

$$\begin{aligned} a_1 &= X \\ c &= b_2 + b_3.X \end{aligned} \quad (4)$$

Sendo assim, reescreve-se o modelo 3:

$$\ln(Hd) = X + (b_2 + b_3.X).\ln[1 - \exp(-b_1.I)] \quad (5)$$

Rearranjando o modelo e aplicando as condições iniciais que  $Hd = Hd_1$ , quando  $I = I_1$ , coloca-se  $X$  em evidência encontrando-se a solução para o modelo base:

$$\ln(Hd_1) = X_1.(1 + b_3.\ln[1 - \exp(-b_1.I_1)]) + b_2.\ln[1 - \exp(-b_1.I_1)] \quad (6)$$

$$X_1 = \frac{\ln(Hd_1) - b_2.\ln[1 - \exp(-b_1.I_1)]}{(1 + b_3.\ln[1 - \exp(-b_1.I_1)])} \quad (7)$$

Após a equação 7 ser inserida na equação 2,  $Hd_2$  para o tempo  $I_2$  é estimado a partir da expressão:

$$Hd_2 = \exp(X_1).[1 - \exp(-b_1.I_2)]^{b_2 + b_3.X_1} \quad (8)$$

Reconhecendo que o índice de sítio é definido como  $Hd$  na  $I_{ref}$ , ou seja,  $Hd=S$ , quando  $I=5,5$  anos:

$$S = \exp(X).[1 - \exp(-b_1.I_{ref})]^{b_2 + b_3.X} \quad (9)$$

A estrutura de dados utilizada para a montagem do modelo foi composta pelas diferentes combinações entre os pares altura - idade para cada parcela. Para o ajuste do modelo foi utilizado o pacote nls da versão 3.1.2 do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014). Esse pacote faz o uso do algoritmo de Gauss-Newton para estimativa de mínimo quadrado dos parâmetros do modelo. O método tem como característica a expansão do modelo com uma série de Taylor e correção dos parâmetros a cada iteração a partir da suposição de linearidade

local (SCOLFORO, 2006). Os resíduos não se apresentaram correlacionados, portanto, não houve necessidade da modelagem deles para possíveis correções de viés de estimativas.

A qualidade estatística do modelo ajustado baseou-se nas estatísticas do erro médio absoluto (MAE, %), erro médio (T, %) e índice de Willmott (D). Foi também realizada análise gráfica dos valores preditos em torno da reta 1:1.

$$MAE (\%) = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \right)}{n} \right) 100$$

$$T (\%) = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)}{n} \right) 100$$

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|y_i - \bar{y}_i| + |\hat{y}_i - \bar{y}_i|)^2}$$

Em que: n é o número de observações,  $y_i$  é a altura dominante observada,  $\hat{y}_i$  é a altura dominante predita e  $\bar{y}_i$  é a média da altura dominante observada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresentou os parâmetros estimados para o modelo ajustado pelo método da diferença algébrica generalizada além do seu desempenho estatístico. Por esta Tabela 1, observa-se que todos os parâmetros apresentaram alta significância estatística ( $p < 0,0001$ ), além de apresentaram magnitude consistente e sinal apropriado para modelagem do crescimento biológico.

TABELA 1- Parâmetros estimados e estatísticas de ajuste do modelo ajustado.  
TABLE 1- Estimated parameters and statistics of the fitted model.

<b>Parâmetros ajustados</b>		
Parâmetros	Valores	p-value
b1	0,378	<0,0001
b2	-45,000	<0,0001
b3	13,104	<0,0001
<b>Estatísticas de ajuste</b>		
MAE (%)		4,712
T (%)		-0,218
D		0,999

Pelas estatísticas de ajuste, percebe-se o desempenho adequado do modelo de Von-Bertalanfy Richards modificado. MAE, o qual representa uma medida do erro médio, apresentou valor reduzido, o que indica uma adequação na distribuição dos resíduos. T, o qual indica possível tendência do ajuste, deve estar próximo de zero, fato noticiado neste ajuste. Adicionalmente, D é utilizado para avaliação da acurácia do modelo, e percebe-se pela Tabela 1 este valor próximo de 1, o que indica forte eficiência do modelo ajustado.

Já a análise gráfica, essencial para a confirmação de não existência de viés no modelo ajustado, foi apresentada na Figura 1. Através da mesma, percebe-se que a distribuição dos valores preditos em torno da reta 1:1 deu-se de forma adequada, indicando que as estimativas seguiram a tendência apropriada de crescimento apresentado pelos dados observados da variável Hd.

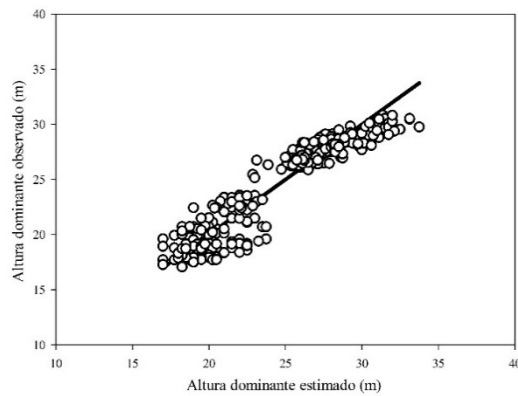


FIGURA 1- Distribuição dos valores preditos em torno da reta 1:1 para o modelo ajustado.  
 FIGURE 1- Distribution of the predicted values around the 1:1 line.

O modelo proveniente da equação de Von-Bertalanffy Richards modificado apresentou índices estatísticos elevados, além de uma adequada distribuição dos valores preditos. Isso comprova a grande aplicabilidade desse modelo para representar o comportamento sigmoideal de desenvolvimento biológico, tal como mostrado no trabalho de Scolforo et al. (2013). Diferentemente das outras funções de crescimento biológico, representadas pelos modelos monomolecular, logístico e Gompertz, a equação de Von-Bertalanffy Richards modificado não apresenta ponto de inflexão fixo, o que contribui para maior flexibilidade dessa função.

Classes de produtividade foram expressas graficamente na Figura 2, onde se observou curvas apropriadas para representar o desenvolvimento da variável Hd. A amplitude entre classes de sítio foi definida como de 1,2 metros, uma amplitude reduzida para povoamentos florestais. Percebe-se que a área estudada apresenta certa homogeneidade produtiva, porém o modelo ajustado a partir do método proposto aqui neste estudo foi eficiente para conseguir descrever diferenças produtivas na área.

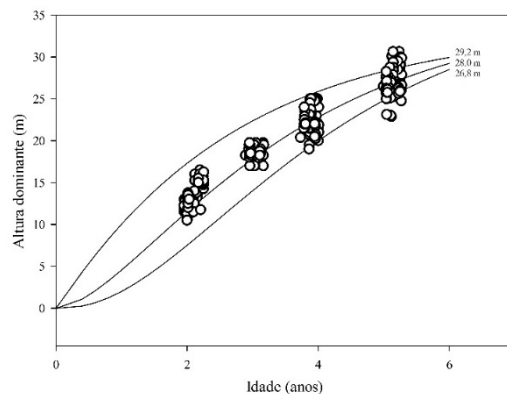


FIGURA 2 - Curvas de índices de sítio (26,8; 28; 29,2 m) para a idade de referência de 5,5 anos.  
 FIGURE 2 - Site index curves (26.8, 28, 29.2 m) for the base age of 5.5 years.

Para esta classificação de sítio, apenas 4 parcelas, ou seja, 4,5% do total das parcelas apresentaram inconsistência quanto a classificação de sítio. Para o restante, a estabilidade apresentada foi elevada, o que novamente qualifica o modelo proposto como eficiente nas estimativas.

## CONCLUSÕES

O modelo de Von-Bertalanffy Richards modificado a partir do método da diferença algébrica generalizada, onde os parâmetros assintóticos e da inclinação foram tratados como diretamente relacionados a produtividade do sítio, forneceu estimativas adequadas para a variável altura dominante.

Este modelo polimórfico e com múltiplas assíntotas possui os atributos desejáveis para a classificação de sítio, o que pode ser percebido através da estabilidade observada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao pesquisador Dr. John Paul McTague pelas valiosas sugestões.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ASSMANN, Ernst. Principles of forest yield study. 1970.
- BAILEY, R. L., CLUTTER, J. L. Base-age invariant polymorphic site curves. **Forest Science**, v. 20, n. 2, p. 155-159, 1974.
- BERTALANFFY, L. V. Problems of organic growth. **Nature**, London, v. 163, p. 156-158, Jan. 1949.
- CIESZEWSKI, J.; BAILEY, L. Generalized algebraic difference approach: theory based derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes. **Forest Science**, v. 46, n. 1, p. 116-126, 2000.
- CIESZEWSKI, C. J., STRUB, M., ZASADA, M. New dynamic site equation that fits best the Schwappach data for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Central Europe. **Forest ecology and management**, v. 243, n. 1, p. 83-93, 2007.
- CIRILLO, Bruno. Lucro na Floresta. **Globo Rural**, São Paulo, n. 357, p. 31-37, julho, 2015.
- CLUTTER, J. L., FORTSON, J. C., PIENAAR, L. V., BRISTER, G. H., BAILEY, R. L. Timber management: a quantitative approach. **New York: Wiley & Sons**. 333 p., 1983.
- FERRAZ-FILHO, A.C., SCOLFORO, J. R. S., FERREIRA, M. Z., MAESTRI, R., de ASSIS, A. L., de OLIVEIRA, A. D., de MELLO, J. M. Dominant height projection model with the addition of environmental variables. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 427, 2011.
- GARCÍA, O. A stochastic differential equation model for the height growth of forest stands. **Biometrics**, New York, v. 39, p. 1059-1072, Dec.1983.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of experimental Botany**, v. 10, n. 2, p. 290-301, 1959.
- SCOLFORO, J. R. S. Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal. **Lavras: UFLA/FAEPE**, 2006.
- SCOLFORO, J. R. S., FERRAZ FILHO, A. C., de MELLO, J. M., de Oliveira, A. D., de ASSIS, A. L. Dominant Height Model for Site Classification of *Eucalyptus grandis* Incorporating Climatic Variables. **International Journal of Forestry Research**, v. 2013, 2013.
- VANCLAY, J. K. Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. **Copenhagen: CAB International**. 312 p. 1994.



COMPARAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONTINUIDADE ESPACIAL EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL UTILIZANDO GEOESTATÍSTICA BASEADA EM MODELO

COMPARISON OF SPATIAL CONTINUITY STRUCTURES IN DECIDUOUS FOREST USING MODEL-BASED GEOSTATISTICS<sup>1</sup>

Julio Cesar Wojciechowski<sup>1</sup> Julio Eduardo Arce Saulo Henrique Weber Paulo Justiniano Ribeiro Jr.  
Ricardo de Vargas Kilka Carlos Alberto da Fonseca Pires

RESUMO

O estudo objetivou comparar estruturas de continuidade espacial em três fragmentos de Floresta Estacional Decidua, geograficamente separadas e com idades pós-intervenção distintas, utilizando geoestatística baseada em modelo. Os dados foram coletados de 56 unidades amostrais (U.A) de 250 m<sup>2</sup> distribuídas de maneira sistemática em uma malha de 40 x 40 m, medindo-se os indivíduos com  $dap \geq 10$  cm. Para tanto, os dados foram submetidos a dois tipos de análise, sendo a primeira um ajuste individual das áreas a título de comparação entre seus modelos e o segundo um ajuste proposto pelo método combinado, ambos utilizando modelos geoestatísticos com ajuste pela função da maximização do logaritmo da verossimilhança. Após o ajuste os modelos foram comparados pelo critério de informação de Akaike (AIC) e a relação do parâmetro alcance como indicação do grau de dependência espacial. Os resultados mostraram que os modelos combinados foram superiores, pois, apresentaram menores valores de AIC além de um maior grau de dependência espacial em relação aos ajustes dos modelos para as áreas individuais. Indica-se a aplicação de modelos geoestatísticos de log-verossimilhança combinados em formações florestais fragmentadas para uma melhor análise e detecção da estrutura de correlação espacial.

**Palavras-chave:** Geoestatística; inventário florestal; modelos mistos; critério de Akaike.

ABSTRACT

The study aimed to compare spatial continuity of structures in three fragments of Seasonal Deciduous Forest geographically separated and distinct post-intervention ages, using the model-based geostatistics. The data were collected from 56 sampling units (S.U) of 250 m<sup>2</sup> distributed systematically in a grid of 40 x 40 m, by measuring the individuals with dbh above 10 cm. Two types of analysis were applied to the data. The first one was an individual adjustment for comparison between their models and the second one consisted in the proposed combined approach adjustment. Both analysis used geostatistical models with adjustment function maximizing log-likelihood. The second method was developed for better explore the data, usually scarce in forest studies for geostatistics. Models were compared using Akaike criterion (AIC) and relationship of range parameter as an indication of spatial dependence degree. Results show that combined models had lower AIC values as well as greater spatial dependence degree on adjustments of individual areas models. This research indicates the use of combined log-likelihood geostatistical models to study fragmented forests for analysis and detection of spatial correlation structure.

**Keywords:** Geostatistics; forest inventory; mixed models; Akaike criterion.

INTRODUÇÃO

Modelos geoestatísticos baseados em ajustes por máxima verossimilhança apresentam vantagens em relação aos métodos tradicionais de inferência espacial, dentre as principais, está a maior eficiência na estimativa de parâmetros e avaliação da incerteza envolvida na estrutura da dependência, que pode ser facilmente integrada na previsão, ao contrário da geoestatística baseada em variograma. Sendo que o estimador de máxima verossimilhança possui propriedades assintóticas tal como sendo normalmente distribuído, sem viés e eficiente, ao mesmo tempo flexível para as diferentes transformações da variável resposta, sendo útil para aplicações em geoestatística (DIGGLE; RIBEIRO JR., 2007)

Segundo Millar (1999) o logaritmo da função da verossimilhança (L-V) é mais utilizado na inferência do que a própria função da verossimilhança, devido a qualidades decorrentes do fato que os algoritmos numéricos

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Eng. Florestal, Dr., Depto. de Engenharia Florestal, UNEMAT, Alta Floresta, MT, Brasil.  
E-mail: juliocw@unemat.br

possuem melhor comportamento para maximizar a log-verossimilhança do que diretamente a função de verossimilhança. Modelos combinados mistos podem ser utilizados para modelar variabilidade e heterogeneidade biológica ou como um modelo estatístico para log-verossimilhança; fornecendo uma base teórica fidedigna para o critério de informação de Akaike, dentre outras aplicações (DEMIDENKO, 2013).

Variáveis dendrométricas como o volume por exemplo, podem demonstrar certa dependência espacial, resultante dos processos naturais de crescimento inerentes à competição por espaços e recurso disponíveis em um determinado local. Essa interdependência pode ser analisada através da distância entre as árvores ou fatores relacionados à estabilização das espécies ao longo do desenvolvimento de uma determinada floresta, podendo ter caráter errático ou não (WHITMORE, 1990; RODE *et al.*, 2010).

O estudo objetivou comparar estruturas de continuidade espacial em três fragmentos de Floresta Estacional Decidual com idades pós-intervenção distintas, utilizando geoestatística baseada em modelo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Aspectos gerais e fitofisionômicos

Os fragmentos localizam-se próximos ao município de Santa Tereza, região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (FIGURA 1). As áreas somam 9 hectares subdivididos por critérios de homogeneidade fisionômica e idade pós-intervenção (corte raso) em: floresta madura (FMA) com 75 anos; floresta em estágio secundário (FES), com 55 anos e floresta em estágio inicial (FEI) com 30 anos (VACCARO, 1997). O Clima é tipo Cfa, subtropical úmido, segundo Köppen. A vegetação é classificada como Floresta Estacional Decidual e pertence a região fitogeográfica da Bacia do rio Jacuí (REITZ *et al.*, 1988).

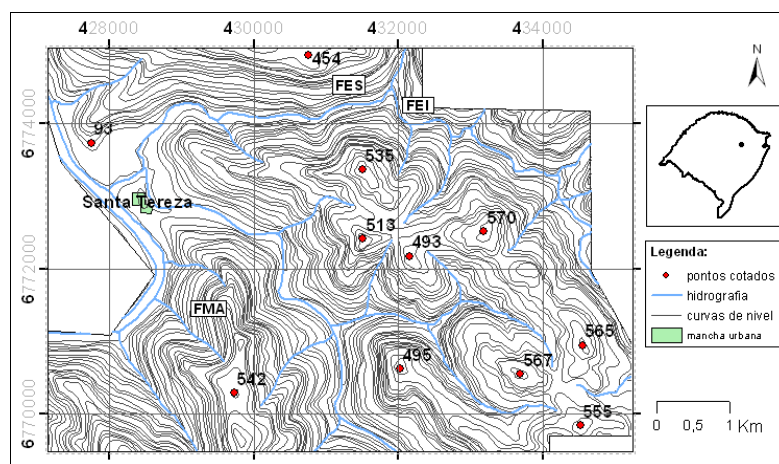


Figura 1 - Localização dos fragmentos FEI, FES e FMA próximo ao município de Santa Tereza-RS.  
Figure 1 - Location of fragments FEI, FES and FMA near Santa Tereza-RS municipality.

### Amostragem e obtenção dos dados

Foi utilizada uma amostragem sistemática de 40 x 40 m onde cada nó da malha de pontos era alocado uma unidade amostral, sendo: 17 na FEI, 20 na FES e 19 na FMA totalizando 56 unidades amostrais (u.a).

A intensidade amostral mínima admitida foi de 10 %, que resultou em parcelas com tamanhos entre 200 a 250 m<sup>2</sup>, conforme metodologia descrita por Prodan (1965). No entanto, foi adotado como raio da unidade amostral a distância da oitava árvore. A inclusão de 2 árvores resultou em uma diminuição de 20 % do total da variância por u.a. As árvores com DAP  $\geq 10$  cm foram identificadas e medidas suas distâncias, altura comercial e total, para posterior cálculo do volume utilizando a formulação de Prodan, e um fator de forma “f = 0,65” adotado para florestas deciduais na região serrana do Estado (SEMA-RS/UFSM, 2001).

### Análise dos dados

Foi elaborado a partir da estatística espacial descritiva uma análise que verifica possíveis tendências da variável em relação aos eixos de coordenadas X e Y (UTM) e por fim, um histograma de frequência para o volume (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>). A análise da transformação dos dados foi realizada pelo perfil da log-verossimilhança dado pelo método de *Box-Cox* (BOX; COX, 1964), assumindo como parâmetro de transformação o valor  $\lambda = 0$ , o que corresponde à transformação logarítmica.

**Ajuste e seleção dos modelos pela função log-verossimilhança**

Foram testados modelos, individuais M01 (FEI), M02 (FES) e M03 (FMA) e combinados (M04 a M11). Os modelos combinados foram construídos com base na complexidade de parâmetros ( $\beta$ ,  $\tau^2$ ,  $\sigma^2$  e  $\Phi$ ), a partir de um modelo mínimo (todas as áreas são semelhantes), até o modelo máximo (todas as áreas são distintas), conforme tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos modelos geoestatísticos combinados e número de parâmetros.

Table 1. Summary of combined geostatistical models and number of parameters.

Modelo	Parâmetros combinados dos modelos geoestatísticos	Npars
M04	Combinação dos parâmetros $\beta$ , $\tau^2$ , $\sigma^2$ e $\Phi$ iguais nas áreas FEI, FES e FMA	4
M05	Combinação da variância espacial ( $\sigma^2$ ) e o alcance ( $\Phi$ ) iguais FEI, FES e FMA	7
M06	Combinação dos parâmetros $\beta$ , $\tau^2$ , $\sigma^2$ e $\Phi$ iguais nas áreas FEI e FES	8
M07	Combinação da média dos volumes ( $\beta$ ) e efeito pepita ( $\tau^2$ ) iguais nas áreas FEI e FES, e do parâmetro alcance ( $\Phi$ ) nas áreas FES e FMA	9
M08	Combinação da média dos volumes ( $\beta$ ) nas áreas FEI e FES e da variância espacial ( $\sigma^2$ ) e alcance ( $\Phi$ ) nas áreas FES e FMA.	9
M09	Combinação da média dos volumes ( $\beta$ ), efeito pepita ( $\tau^2$ ) e alcance ( $\Phi$ ) nas áreas FEI e FES	9
M10	Combinação da variância espacial ( $\sigma^2$ ) nas áreas FEI, FES e FMA	10
M11	Combinação todos os parâmetros $\beta$ , $\tau^2$ , $\sigma^2$ e $\Phi$ diferente nas áreas FEI, FES e FMA	12

Foi utilizado o modelo exponencial para explicar a correlação do (log) volume nas áreas. Este modelo é um caso particular da função Matérn (MATÉRN, 1986), que se aproxima do modelo exponencial quando utilizado  $kappa$  ( $\kappa$ ) = 0,5 como parâmetro de suavização (1).

$$\rho(u) = \{2^{\kappa-1}\Gamma(\kappa)\}^{-1}(u/\Phi)^{\kappa} \kappa_{\kappa}(u/\Phi) \quad (1)$$

Foi utilizado o modelo “ $y_i = D\beta + s(x_i) + e_i$ ” como base para o ajuste dos (log) volumes por verossimilhança, sendo as observações  $y_i = y_1, y_2, \dots, y_n$ , normalmente distribuídas, em que  $y_i$  é o vetor da variável resposta observada na posição  $x_i$ ,  $D$  é uma matriz de covariáveis com dimensão  $n \times p$ ;  $\beta$  o vetor dos parâmetros da regressão e;  $e_i$ , um termo independente associado ao erro aleatório com média “0” e variância “ $\tau^2$ ”. Sendo o “ $\tau^2$ ” conhecido como “*nugget effect*” ou efeito pepita.  $S(x_i)$  é a matriz de efeitos aleatórios na qual admite-se que segue uma distribuição normal multivariada (NMV) por aproximação dada por  $S(x_i) \sim NMV [0, \sigma^2 R(\Phi)]$ , com média zero; variância  $\sigma^2$  e função de correlação  $\rho(u; \Phi, K)$ . Sendo “ $u$ ” a distância euclidiana entre os pontos observados, em função do grau de associação espacial  $\Phi$ , do parâmetro de suavização  $kappa$  e da matriz de covariâncias  $R(\Phi)$  do elemento  $\rho(u)$  (DIGGLE; RIBEIRO JR., 2007).

Dessa forma os parâmetros do modelo geoestatístico foram estimados pela função do logaritmo da verossimilhança maximizada de acordo com a expressão (2):

$$L(\beta, \tau^2, \sigma^2, \Phi) = -\frac{1}{2} \{n \log(2\mu) + \log\{(\sigma^2 R(\Phi) + \tau^2 I)\} + (y-D\beta)^T (\sigma^2 R(\Phi) + \tau^2 I)^{-1} (y-D\beta)\} \quad (2)$$

Adotou-se como critério de seleção de modelos a Informação de Akaike (AKAIKE, 1974), para as diferentes relações de covariância dos parâmetros combinados, sendo que o melhor modelo é aquele que apresenta o menor valor de AIC, calculado pela seguinte expressão (3):

$$AIC = -2*(L-V) + k * Npar \quad (3)$$

Em que  $L-V$  é o logaritmo da verossimilhança maximizada;  $k$  é o termo da fórmula que penaliza o modelo de maior número de parâmetros em relação a um de menor número ( $k = 2$ ), para a fórmula clássica do AIC e  $Npar$  é o número de parâmetros estimados pelo modelo.

De acordo com Burnham; Anderson (2002), o teste de AIC não somente seleciona o modelo mais adequado, mas também o quanto, sendo utilizado para qualquer tipo de modelo, tanto lineares, como não lineares, aninhados e não aninhados. Todos os dados utilizados para os diferentes métodos foram tabulados e analisados utilizando o programa computacional R Core Team (2013), e o pacote geoR (RIBEIRO JR.; DIGGLE, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estatística descritiva e análise exploratória

Observou-se que na área de FEI, os valores mínimos e máximos da distribuição dos volumes foram respectivamente, 26,3 m<sup>3</sup> e 125,0 m<sup>3</sup>, com média 56,8 m<sup>3</sup> por hectare, divididos em quartis de 40,2; 50,2 e 66,6 m<sup>3</sup>. Na FES, os valores mínimos e máximos da distribuição foram 25,1 m<sup>3</sup> e 249,0 m<sup>3</sup> respectivamente, com média de 90,3 m<sup>3</sup> por hectare, com quartis de 42,4; 73,1 e 111 m<sup>3</sup> por hectare, enquanto na FMA os valores mínimos e máximos foram 10,8 m<sup>3</sup> e 265 m<sup>3</sup> respectivamente, com média igual a 82,0 m<sup>3</sup> por hectare, com quartis de 37,8; 66,1 e 115,1 m<sup>3</sup>. No total dos fragmentos, os volumes estimados obtiveram valores de coeficiente de variação máximo de 30% (Figura 2).

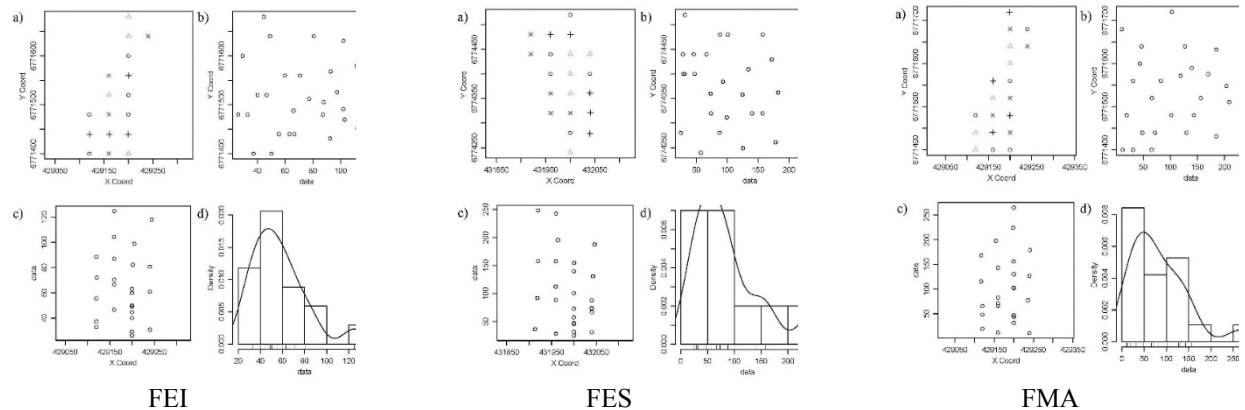


Figura 2. a) Parcelas (+ = valor mínimo até 25% do total observado,  $\Delta$  = 25 a 50%, o = 50 a 75% e  $\times$  = 75% até o valor máximo observado); b) e c) dispersão dos valores contra as coordenadas da área; d) histograma de frequência do volume (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) na área de FEI.

Figure 2. a) Samples (+ = minimum value up to 25% of total observed,  $\Delta$  = 25 to 50%, o = 50 to 75% and  $\times$  = 75% to maximum value observed); b) and c) dispersion values from area coordinates; d) volume frequency histogram (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) in FEI area.

Os gráficos “b” e “c” (Figura 2) das áreas apresentam a dispersão linear em razão das coordenadas “x” e “y”, indicando uma possível não estacionaridade da média, porém de difícil confirmação. O gráfico “d” (Figura 2) mostra um histograma onde observa-se um maior número de indivíduos na classe que compreende os volumes entre 40,0 a 60,0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> no fragmento FEI, 0 a 100 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> na FES, enquanto na FMA, entre os intervalos de 0 a 50 e de 100 a 150 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, mostrando falhas na distribuição, oriundas de classes do volume faltantes, padrões típicos de florestas que sofreram cortes seletivos de indivíduos de maior interesse comercial (SCHNEIDER; FINGER, 2000).

A transformação dos dados pela análise gráfica do perfil da verossimilhança de Box-Cox resultou em um valor de lambda ( $\lambda = 0$ ) comum para as três áreas, resultado que possibilitou a integração dos modelos.

### Seleção dos modelos de log-verossimilhança

Os modelos combinados obtiveram melhores estimativas, já que apresentaram valores de AIC menores em comparação aos modelos ajustados individualmente (M01, M02 e M03), pois o maior valor do AIC dos modelos compartilhados (M11, AIC = 129,77), é inferior ao menor valor encontrado nos modelos ajustados individualmente (M01, AIC=159,3) (Tabela 2).

O modelo “M04” foi o mais parcimonioso, porém conforme podemos observar na Tabela 1, se alcance foi pequeno (9 m), indicando uma fraca correlação entre as áreas na condição em que todas são iguais. O modelo “M07” obteve o melhor ajuste dentre os modelos testados com um AIC de 125,02 e extensão da correlação espacial  $3\Phi = 66,09$  m. Outro ponto que deve ser levado em consideração quando se trata de modelos combinados, é que o modelo deve explicar a dependência espacial da variável em estudo, no maior número de locais possíveis. Quando se tratam de áreas compostas, o parâmetro alcance é um indicativo importante como resultado do processo de escolha, sendo também um dos critérios adotados para predição da superfície utilizando krigagem.

O melhor valor de AIC encontrado foi no modelo “M04”, porém o grau de dependência espacial resultante foi de apenas 9 m, indicando que a correlação entre os pontos, na condição de igualdade para as três áreas e fraca. Os modelos “M07” e “M09” aparecem como boas alternativas para relação de dependência espacial, com valores

de alcance prático de 66 m (FES-FMA) e 75m (FEI-FES), respectivamente e valores de AIC próximos do modelo “M04”.

Tabela 2. Seleção pelo critério Akaike e alcance prático dos modelos combinados nas áreas FEI, FES, FMA.  
Table 2. Selection of combined models in FEI, FES, FMA areas by Akaike criterion and practical range.

Mod.	Parâmetros				(a)	AIC
	$\beta$	$\tau^2$	$\sigma^2$	$\Phi$		
M04	fei=fes=fma	fei=fes=fma	fei=fes=fma	fei=fes=fma	9	124,99
M07*	(fei=fes)≠fma	(fei=fes)≠fma	fei≠fes≠fma	fei≠(fes=fma)	2, 66, 66	125,02
M09	(fei=fes)≠fma	(fei=fes)≠fma	fei≠fes≠fma	(fei=fes)≠fma	75, 75, 1	125,11
M05	fei≠fes≠fma	(fei=fes)≠fma	fei=fes=fma	fei=fes=fma	16	125,18
M10	fei≠fes≠fma	fei≠fes≠fma	fei=fes=fma	fei≠fes≠fma	3, 47, 9	125,86
M08	(fei=fes)≠fma	fei≠fes≠fma	fei≠(fes=fma)	fei≠(fes=fma)	8, 35, 35	126,59
M06	(fei=fes)≠fma	(fei=fes)≠fma	(fei=fes)≠fma	(fei=fes)≠fma	39, 39, 10	129,55
M11	fei≠fes≠fma	fei≠fes≠fma	fei≠fes≠fma	fei≠fes≠fma	1, 44, 1	129,77
M01	-	-	-	-	7	159,30
M03	-	-	-	-	7	218,30
M02	-	-	-	-	44	231,30

Mod. = modelo matemático; \* = melhor modelo pelo critério de Akaike (AIC) e alcance prático ( $a = 3\Phi$  para  $kappa$  0,5);  $\beta$  = vetor de médias;  $\tau^2 = nugget$ ;  $\sigma^2$  e  $\Phi$  = correlação espacial; L-V = log-verossimilhança para FEI, FES, FMA respectivamente.

O modelo “M11” ajustado com 12 parâmetros, que testa a hipótese de que a média dos volumes ( $\beta$ ), o *nugget* ( $\tau^2$ ), a variabilidade espacial ( $\sigma^2$ ) e o alcance ( $\Phi$ ) são características individuais de cada área, resultou em um valor mais alto de AIC (129,77), além de um alcance ( $\Phi$ ) igual a 1 m nas áreas FEI e FMA, e um alcance prático na FES de 44 m. Esse modelo de acordo com os critérios estabelecidos de parcimônia, maximização da função log-verossimilhança e grau de dependência espacial obteve uma relação fraca do ponto de vista da estrutura espacial dos volumes.

Os modelos “M09” e “M07” combinaram a mesma informação dos parâmetros ( $\beta$ ,  $\tau^2$ ,  $\sigma^2$ ), ocorrendo dependência espacial em até 66 m na FES e FMA no modelo “M07” e até 75 m no modelo “M09” para as áreas FEI e FES. Esse resultado, do ponto de vista geoestatístico é importante pois mostra que ocorreu dependência espacial entre duas áreas distantes 3,5 km explicando a variabilidade espacial do volume existente entre elas, com uma boa sobreposição do alcance ( $\Phi$ ) em relação à malha amostral.

## CONCLUSÕES

Os padrões de distribuição espacial são distintos nas áreas estudadas, porém a floresta em estágio secundário possui as médias volumétricas mais próximas da floresta em estágio inicial.

Em comparação aos modelos ajustados para as áreas individualmente, os modelos combinados foram superiores resultando em maior correlação espacial entre as áreas.

O uso de modelos geoestatísticos combinados, baseados em verossimilhança para classificação de unidades homogêneas em florestas naturais é uma alternativa promissora em relação aos métodos de ajuste por semivariogramas, pois amplia o poder das análises e torna possível um melhor uso da informação proveniente das diferentes áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v. 19, n. 6, p. 716–723, Dec. 1974.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An Analysis of Transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.
- BURNHAM, P. K.; ANDERSON, D. R. **Model selection and multimodel inference: a practical information: theoretic approach**. 2<sup>nd</sup> ed. Colorado: Springer, 2002. 347p.
- DEMIDENKO, E. **Mixed Models: theory and applications with R**. 2<sup>a</sup> ed. Canada: Willey, 2013. 637p.
- DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JR, P. J. **Model-Based geostatistics**. New York: Springer, 2007. 228p.
- MATÈRN, B. **Spatial Variation**. Berlin: Springer, 1986. 594p.

- MILLAR, R. B. Simulated maximum likelihood applied to non-Gaussian and nonlinear mixed effect and state-space models. **Australian and New Zealand Journal of Statistics**, v. 46, issue 4, p. 543-544, 2004.
- PRODAN, M. **Holzmesselehre**. Frankfurt, J. D. Sauerländer's Verlag, 1965. 644 p.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 12 abr. 2014.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CORAG, 1988. 525 p.
- RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. The geoR package functions for geostatistical data analysis: **R. News**, v. 1, n. 2, p. 15-18, 2001.
- RODE, R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucária angustifolia* e em uma Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 255-268, 2010.
- SEMA/UFSM-RS. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. 706p. v.1, 2.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, 2000. 195p.
- VACCARO, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza, RS**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Centro de Ciências Florestais, UFSM, Santa Maria, 1997.
- WHITMORE, T. C. **An introduction to Tropical Rain Forests**. New York: Oxford University Press, 1990. 226p

COMPATIBILIDADE ENTRE DUAS METODOLOGIAS PARA ESTIMATIVA DA VARIÁVEL  
VOLUME DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* L.

COMPATIBILITY BETWEEN TWO METHODS TO ESTIMATE THE VARIABLE TREE VOLUME  
OF *Pinus taeda* L.

Rodrigo Otávio Veiga de Miranda<sup>1</sup> Ângelo Augusto Ebling Sintia Valerio Kohler Luan Demarco Fiorentin  
Hassan Camil David Rafaella De Angeli Curto

RESUMO

A determinação do volume de árvores é uma atividade corriqueira no setor florestal, pois se trata de uma informação fundamental para o conhecimento do potencial produtivo disponível em um povoamento. Dentre as formas de obtenção do volume, as equações volumétricas são as mais empregadas. Outra alternativa é utilizar funções de afilamento. No entanto, ambas podem gerar estimativas incompatíveis do volume. Assim, o objetivo foi realizar uma análise comparativa entre estimativas de volume total com casca por árvore obtidas por equação volumétrica e por uma função de afilamento. Os dados foram provenientes de um povoamento de *Pinus taeda* L., com espaçamento inicial de 2,5 x 2,5 m, situados na região centro oriental do Paraná. Foram empregados dados de 302 árvores cubadas, com idades de 4 a 19 anos. Para estimar os volumes totais por árvore, foram ajustados o modelo volumétrico de Schumacher e Hall e a função de afilamento dada pelo polinômio de 5º grau. Estatísticas de ajuste e precisão foram utilizadas para avaliar os ajustes. Ainda, foi observada a influência da forma da árvore na compatibilidade volumétrica avaliada. Conforme as estatísticas, a equação de afilamento proporcionou estimativas volumétricas mais precisas, não diferenciando estatisticamente dos respectivos valores observados. Conforme analisado graficamente, a incompatibilidade entre as estimativas volumétricas foi maior nas árvores com fator de forma artificial menor ou igual a 0,5.

**Palavras-chave:** Equação volumétrica; função de afilamento; fator de forma artificial.

ABSTRACT

Stem volume estimation is an unexceptional task in forest field because it is an essential information for knowledge of timber production in a forest stand. Among the ways to obtain stem volume, volumetric equations are the most used. Another alternative is using of taper functions. However, both methods may generate incompatible volume estimation. Thus, this paper aimed to compare estimations of stem volume over bark using volumetric and taper equations. Data were collected in a pine (*Pinus taeda* L.) stand planted with initial spacing of 2.5 x 2.5 m. The stand is located in Mideast of state of Paraná, Brazil. Cubed stems of 302 trees aging from 4 up to 19 years old composed the database. Schumacher & Hall model and polynomial of fifth degree (taper function) were fitted to estimate stem volume at each tree. Accuracy statistics were used to evaluate the model adjustments. In addition, we evaluated how the tree forms may influence on compatibility of volume estimation. According to statistics evaluated, the taper equation was the most accurate method, in which the stem volume had no statistical difference between the estimated and observed values. From the graphical evaluations, we noted largest incompatibilities in volume estimations on those trees whose artificial form factor was less than 0.5.

**Keywords:** Volumetric function; taper function; artificial form factor.

INTRODUÇÃO

A determinação do estoque volumétrico é uma atividade muito comum no setor florestal. Conforme Thomas et al. (2006), o volume representa uma das informações mais importantes para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento florestal, sobretudo por fornecer subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo de florestas e povoamentos.

O volume de uma árvore pode ser determinado de maneira analítica, com a cubagem rigorosa e a divisão do tronco em pequenas seções, consistindo na medição do diâmetro e do comprimento de seções ao longo do tronco, assumindo alguns pressupostos sobre a forma, sendo esse o método mais empregado por empresas florestais. Ainda, o volume pode ser obtido pelo método gráfico, em função de informações das variáveis diâmetro

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro Florestal, Me., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: roy\_miranda@yahoo.com.br

e altura da árvore, tomadas ao longo do fuste; pelo deslocamento de água, denominado método do xilômetro, e a partir do peso da árvore (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Em se tratando de florestas plantadas, para a realização da cubagem rigorosa, em geral são abatidas árvores das quais se desejam obter o volume dito real. Dentre os métodos de cubagem rigorosa, o mais usado é o de Smalian devido, sobretudo, à sua praticidade, o qual emprega a medição dos diâmetros nas duas extremidades de cada seção e o seu comprimento para obtenção dos volumes parciais (CABACINHA, 2003).

As árvores selecionadas para a cubagem rigorosa devem representar a distribuição diamétrica do povoamento, abrangendo todas as classes de diâmetro e altura, além de considerar toda variação de sítio e idade, principalmente para plantios. É importante cubicar um número mínimo de árvores para caracterizar a variância dentro de cada classe diamétrica (SOARES et al., 2006).

Para a obtenção da estimativa do volume do tronco de árvores em pé, em geral, isso se dá com o uso de fatores de forma, quocientes de forma e equações de volume (SOARES et al., 2006). Várias equações de volume foram desenvolvidas para espécies de rápido crescimento do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil, sendo um dos destaques o modelo de Schumacher e Hall (1933) (SOARES et al., 2011) que, quase sempre, fornece estimativas precisas e livres de tendências (CAMPOS e LEITE, 2013).

Outra alternativa para estimar o volume de troncos de árvores em pé é empregar funções de afilamento. Na literatura florestal é encontrada grande variedade de modelos matemáticos de afilamento que podem ser utilizados, como os polinômios segmentados, polinômios não segmentados e funções splines (FIGUEIREDO FILHO et al., 1996; SCHNEIDER et al., 1996).

Dentre as funções de afilamento mais empregadas, sobretudo na região sul do Brasil, está o polinômio de 5º grau (SCHOEPFER, 1966). Essa função possui grande flexibilidade, facilidade de determinação dos seus coeficientes e de integração, permitindo calcular de forma precisa o volume parcial ou total do tronco (DRESCHER et al., 1999).

Para empresas florestais cujo produto é destinado a atender um único setor, as funções volumétricas são recomendadas para estimar o volume das árvores do povoamento. Por outro lado, quando a madeira é comercializada para uso múltiplo como, por exemplo, laminação, serraria, celulose, energia, há a necessidade do emprego de funções de afilamento para obter a estimativa do volume para cada classe de sortimento. Embora o que se espera é a compatibilidade entre as estimativas volumétricas por árvore para essas duas metodologias, isso pode não ocorrer devido, especialmente, às suas propriedades matemáticas.

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi analisar a compatibilidade entre estimativas de volume de árvores de um povoamento de *Pinus taeda* L., situado na região central do Paraná.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi conduzido com informações de um povoamento de *Pinus taeda* não desbastado, situado na região centro oriental do estado do Paraná. Os dados são provenientes de cubagem rigorosa, com idade variando de 4 a 19 anos, em povoamento com espaçamento inicial de 2,5 x 2,5 m. Os diâmetros ( $d_i$ ) foram medidos próximo à base da árvore, a 0,7 e 1,3 m de altura e, a partir daí, de 2 em 2 m, até o ponto próximo a altura total ( $h$ ). Os volumes das seções foram obtidos pelo método de Smalian, e o da ponta empregando-se a fórmula de um cone (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009). A distribuição das árvores cubadas em classes de diâmetro à altura do peito – 1,3 m de altura do solo ( $d$ ) e altura total está apresentada na Tabela 1.

Do total de árvores cubadas, 242 foram empregadas no ajuste e 60 foram utilizadas para validação dos modelos. Essas foram selecionadas aleatoriamente, respeitando a proporcionalidade nas classes de idade e representando todas as classes de  $d$  e  $h$ .

O volume total com casca por árvore ( $v$ ) foi estimado considerando duas metodologias: equação volumétrica e função de afilamento. O modelo volumétrico empregado foi o de Schumacher e Hall (1933) (SOARES et al., 2011) linearizado (Equação 1), e a função de afilamento utilizada foi o polinômio de 5º grau (SCHOEPFER, 1966) (Equação 2).

$$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln(h) \quad (1)$$

$$d_i d^{-1} = \beta_0 + \beta_1 (h_i h^{-1}) + \beta_2 (h_i h^{-1})^2 + \beta_3 (h_i h^{-1})^3 + \beta_4 (h_i h^{-1})^4 + \beta_5 (h_i h^{-1})^5 \quad (2)$$

Em que:  $v$  = volume por árvore ( $m^3$ );  $d$  = diâmetro à altura do peito (cm);  $h$  = altura total (m);  $d_i$  = diâmetro medido em diferentes alturas  $h_i$  ao longo do fuste;  $h_i$  = altura nas quais foram medidos os diâmetros  $d_i$ ;  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $\beta_i$  = parâmetros a serem estimados por regressão linear.



Tabela 1. Distribuição das árvores cubadas em classes de diâmetro à altura do peito (d) e altura total (h), para árvores de *Pinus taeda* da região centro oriental do Paraná

Table 1. Distribution of scaled trees in diameter at breast height (d) and total height (h) classes, to trees of *Pinus taeda* of the eastern center region of Parana

h (m)	d (cm)																			Total h		
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42		44	46
5	9	5	1																			15
7	3	9	5	1	3	2																23
9		2	7	3	4	1	2	1														20
11		2	1	1	4	3		3	1													15
13				4	4	2	2	6	4	2												24
15			2	1	3		5	1	2	5	2	2	2									27
17				4	1	2	1	1	2	7	2	3	3	1								27
19					1		2	2	1	1	1	6	1	2	2	1		1			1	22
21							2	1	4	2	1	2	2	2	4	3	3		1			27
23								1		1	4	5	2	5	5	2	4	1	4			34
25											1		1	5	1	3	9	2	2			24
27												1		2	1	7	7	1	4	1		24
29																1		2	3	9		15
31																			1	3		4
33																					1	1
Total d	12	18	16	14	20	10	14	16	14	18	11	19	11	19	13	17	23	7	15	14	1	302

Para o cálculo do volume total com casca a partir da função de afilamento, foi utilizada a integral da função para estimar o diâmetro ( $d_i$ ) a qualquer altura ( $h_i$ ), conforme procedimento descrito em Figueiredo Filho et al. (2014). As estatísticas utilizadas para avaliar o ajuste foram o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajust}$ ), o erro padrão da estimativa relativo ( $S_{yx}\%$ ) e a análise gráfica da distribuição de resíduos (DRAPER e SMITH, 1981), para a variável volume por árvore. Para corrigir a discrepância logarítmica das estimativas obtidas pela equação volumétrica, foi empregado o fator de correção de Meyer (FM), conforme metodologia aplicada por Machado et al. (2008), dado pela expressão  $FM = e^{0,5S_{yx}^2}$ , em que  $S_{yx}$  é o erro padrão da estimativa e “e” a base natural do logarítmico, equivalente a 2,718281828.

Os volumes estimados pelas duas metodologias foram comparados com os respectivos valores observados e entre si empregando-se o teste F de Graybill (GRAYBILL, 1976), adotando um nível de 95% de probabilidade. Além disso, foi observada graficamente a influência da forma da árvore, dada pelo fator de forma artificial (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009), nas estimativas de volume individual.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo dos ajustes da equação volumétrica e de afilamento estão na Tabela 2. Os resultados apresentaram-se similares, com ligeira superioridade do polinômio de 5º grau em estimar o volume total por árvore em relação ao modelo de Schumacher e Hall.

Tabela 2. Estatísticas de ajuste e precisão para a equação volumétrica e de afilamento, para a estimativa do volume total de árvores de *Pinus taeda* da região centro oriental do Paraná

Table 2. Adjustment and accuracy statistics to the volumetric and taper equation, to estimate the total volume of trees of *Pinus taeda* of the eastern center region of Parana

Modelo	Coeficientes						Estatísticas	
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	$R^2_{ajust}$	$S_{yx}\%$
Schumacher e Hall	-9,5928*	1,8738*	0,9228*	-	-	-	0,98	11,92
Polinômio de 5º grau	1,2595*	-4,4181*	19,4311*	-43,508*	42,5987*	-15,3636*	0,99	10,22

\* coeficiente significativo a 95% de probabilidade pelo teste t.

Os gráficos de resíduos para os ajustes dos modelos estão apresentados na Figura 1. Os pontos próximos ao eixo das abcissas indicam precisão das estimativas, para ambos os modelos. Percebe-se pequena subestimação

no volume individual para as árvores com  $d$  inferior a 10 cm, para a equação de afilamento. Essa apresentou-se mais sensível à maior variação do volume das árvores do povoamento nas classes iniciais de diâmetro.

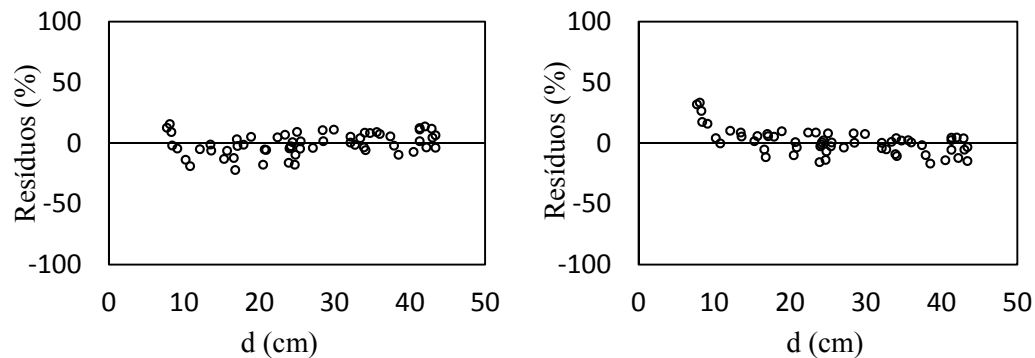


Figura 1. Distribuição residual para a equação volumétrica (a) e de afilamento (b), para estimativa do volume total de árvores de *Pinus taeda* da região centro oriental do Paraná.

Figure 1. Residual distribution to the volumetric (a) and taper (b) equation, to estimate the total volume of trees of *Pinus taeda* of the eastern center region of Parana.

As estimativas obtidas pelas duas metodologias foram relacionadas com os respectivos valores observados (Figura 2). Observa-se que tanto o modelo volumétrico e a função de afilamento resultaram em estimativas precisas, sobretudo para árvores de menor porte (valores sobre a reta com inclinação de 45°). Para árvores situadas nas classes superiores de diâmetro, a equação de volume e a função de afilamento apresentaram ligeira tendência de superestimar e subestimar o volume das árvores, respectivamente.

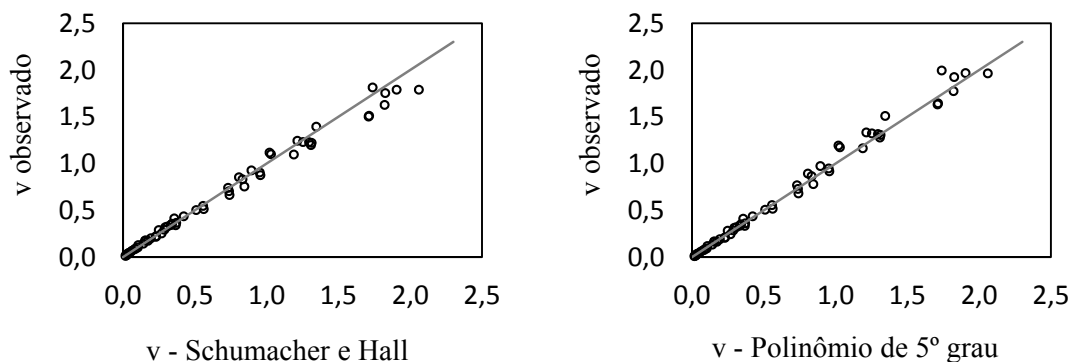


Figura 2. Volumes por árvore observados e estimados pela equação volumétrica (a) e de afilamento (b), para árvores de *Pinus taeda* da região centro oriental do Paraná.

Figure 2. Observed and estimated tree volumes by volumetric (a) and taper (b) equation, of trees of *Pinus taeda* of the eastern center region of Parana.

O teste F de Graybill foi aplicado para verificar a igualdade estatística entre as estimativas volumétricas obtidas pelas duas metodologias com os respectivos valores observados, considerando um nível de 95% de probabilidade. O teste F de Graybill, ao comparar os valores observados com aqueles estimados pela equação volumétrica e de afilamento, foi de 19,9 e 2,9, respectivamente, sendo o valor tabelado de 3,2. Isso indica que os volumes estimados pela equação volumétrica diferiram estatisticamente dos volumes observados, ao contrário daqueles estimados pela função de afilamento, cujos valores foram estatisticamente semelhantes. Ao aplicar o teste F de Graybill aos valores estimados pelas duas metodologias, o resultado foi de 514,7, que também indica que diferem estatisticamente entre si.

Para verificar onde ocorreu as maiores divergências entre as estimativas volumétricas das duas metodologias, foi analisada a influência da forma da árvore nessas estimativas. Na Figura 3a, observa-se que os maiores desvios ( $V_{\text{volumétrica}} - V_{\text{afilamento}}$ ) foram para os valores de fatores de forma inferiores. Conforme Figueiredo et al. (2005), menores valores de fator de forma representam maior conicidade do fuste das árvores. Na Figura 3b, tem-se o fator de forma médio e seu desvio padrão em função da idade. Maiores valores de fator de forma foram observados nas idades iniciais, onde os fustes se apresentam mais cilíndricos devido, sobretudo, à baixa competição entre as árvores. Houve considerável redução até a idade de 8 anos e, a partir desse ponto, uma redução

menos acentuada com algumas oscilações. Tendência semelhante à observada por Drescher et al. (2001) para *Pinus elliottii* situados na região Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul; Kohler (2013) para *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina; e Figueiredo Filho et al. (2014) para *Araucaria angustifolia* da região de Irati, estado do Paraná.

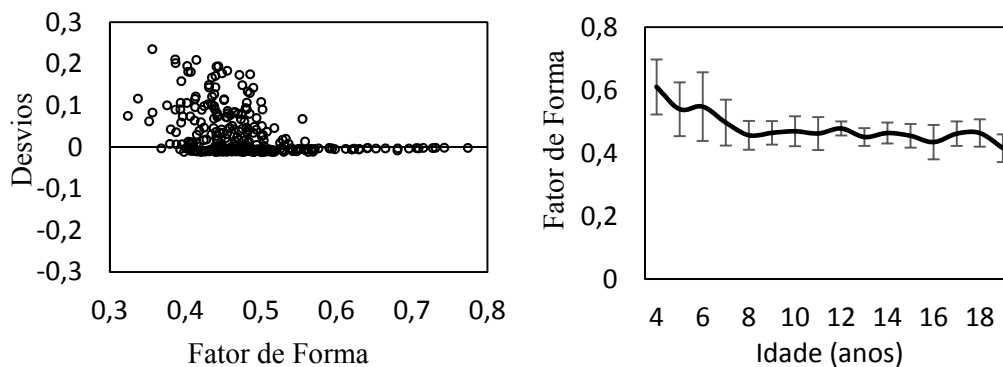


Figura 3. Desvios entre estimativas volumétricas obtidas pela equação volumétrica e de afilamento (a) e dinâmica do fator de forma com a idade (b), para árvores de *Pinus taeda* da região centro oriental do Paraná.

Figure 3. Deviations between volumetric estimates obtained by the volumetric and taper equation (a) and dynamic of the form factor with age (b), of trees of *Pinus taeda* of the eastern center region of Parana.

Para árvores que apresentaram fatores de forma abaixo de 0,5 (fustes menos cilíndricos) houve tendência de subestimação do volume total por árvore pela função de afilamento, em relação ao volume obtido pela equação volumétrica. Porém, as estimativas obtidas com a função de afilamento foram mais precisas que aquelas obtidas com a função volumétrica. Como o fator de forma tende a diminuir com a idade, quanto maior a idade do povoamento, ou, quando o mesmo se aproxima de sua idade de corte, maiores serão as diferenças entre os volumes obtidos pela equação volumétrica e pela equação de afilamento.

Por outro lado, em trabalhos cujo objetivo é realizar a prognose da produção volumétrica, a partir de dados de inventário com medições em idades iniciais a medianas, é facultativo o emprego de equações de afilamento ou volumétrica para gerar estimativas de volume individual das árvores. No entanto, para povoamentos em idades mais avançadas, a forma da árvore influencia na compatibilidade das estimativas volumétricas por árvore, sendo recomendado testar diferentes modelos volumétricos e de afilamento e empregar aquele que proporcionar melhores resultados estatísticos.

## CONCLUSÕES

Tanto a equação volumétrica de Schumacher e Hall quanto a função de afilamento, dada pelo polinômio de 5º grau, apresentaram resultados satisfatórios em estimar o volume total com casca por árvore. A função de afilamento foi mais precisa na obtenção do volume total com casca por árvore, resultando em valores estatisticamente semelhantes aos observados. A forma da árvore, dada pelo fator de forma artificial, influenciou na compatibilidade dos volumes totais por árvores obtidos pela equação volumétrica e de afilamento, principalmente para as árvores com fator de forma abaixo de 0,5, cujos fustes apresentam-se menos cilíndricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABACINHA, C. D. **Um método para a realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa**. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**: perguntas e respostas. 4. ed. atual. ampl. Viçosa: Editora UFV, 2013. 605p.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 709p.
- DRESCHER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Sortimentos de *Pinus elliottii* Engelm para a região da Serra do Sudeste do estado do Rio Grande do Sul - Brasil. **Ciência Florestal**, v.9, n.2, p. 55-73, 1999.
- DRESCHER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; QUEIROZ, F. L. C. Fator de forma artificial de *Pinus elliottii* Engelm para a região da Serra do Sudeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.31, n.1, 2001.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH, K. L. Taper equations for *Pinus taeda* in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v.83, n.1, p.39-46, 1996.

- FIGUEIREDO FILHO, A.; KOHLER, S. V.; FELDE, J. L.; DIAS, A. N. **Dinâmica do afilamento do tronco e da produção de madeira em plantios de *Araucaria angustifolia***. *Cerne*, v.20, n.4, p.595-603, 2014.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; MIRANDA, R. O. V.; RETSLAFF, F. A. S. **Compêndio de equações de volume e de afilamento de espécies florestais plantadas e nativas para as regiões geográficas do Brasil**. Curitiba: Os autores, 2014. 306p.
- FIGUEIREDO, E.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Estimativa do percentual de casca e do fator de forma em povoamentos jovens de teca (*Tectona grandis*, L. f.). Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005, 5p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 165).
- GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. North Scituate, Massachusetts: Duxbury Press, 1976. 704p.
- KOHLER, S. V. **Evolução do afilamento do tronco e do sortimento em plantios de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina**. UFPR: Curitiba, 2013, 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, 2013.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2009. 316p.
- MACHADO, S. A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; SILVA, L. C. R.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TÊO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.5-16, 2008.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M.; TOTTI, J. A.; BAZZO, J. L. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* para o estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.79-88, 1996.
- SCHOEPFER, W. *Automatisierung des massen, sorten und wertberechnung stenender waldbestände* Schriftenreihe Bad. Württ-Forstl, 1966.
- SOARES, C. P. B.; MARTINS, F. B.; LEITE JUNIOR, H. U.; SILVA, G. F.; FIGUEIREDO, L. T. M. Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, v.35, n.5, p.1.039-1.053, 2011.
- SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: UFV, 2006. 276p.
- THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.319-327, 2006.

COMPORTAMENTO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA *Araucaria angustifolia* (BERT.) KTZE. NA FITOREGIÃO DO PLANALTO SERRANO, SANTA CATARINA

BEHAVIOR RELATIONSHIP HIPSOMETRIC *Araucaria angustifolia* (BERT.) KTZE. IN THE MOUNTAIN RANGE ECOREGION, SANTA CATARINA

Myrcia Minatti<sup>1</sup> André Felipe Hess Vilmar Picinatto Filho Marcos Felipe Nicoletti Marcelo Bonazza Tásilla Magalhães Loiola

RESUMO

Este estudo teve como objetivos testar e selecionar modelos matemáticos para estimar a altura das árvores em função do diâmetro à altura do peito (DAP), em povoamentos de Araucária, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, na fitoregião do planalto serrano de Santa Catarina. Para o ajuste dos dados de altura foram testadas 05 equações matemáticas, sendo utilizadas equações lineares aritméticas e logarítmicas. Como critérios estatísticos de seleção das melhores equações foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  aj), o erro padrão de estimativa (Syx), e o valor da estatística F. Em seguida foi realizada a análise gráfica dos resíduos para os cinco modelos matemáticos. O melhor modelo para São Joaquim foi o de Stoffels & Van Soest e o Linear para Urupema. **Palavras-chave:** modelos matemáticos, altura total, diâmetro.

ABSTRACT

This study had the objectives of testing and selecting mathematical models in order to estimate tree heights in functions of diameter at breast height (DBH) in araucaria stands, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, in the mountain range ecoregion of Santa Catarina. For the database, five models were fitted and tested, and these were constituted by linear arithmetic and logarithmic equations. The statistical criteria for model selection were the adjusted coefficient of determination ( $R^2$  aj), standard error (Syx) and the value of F statistics. Afterwards, it was done the graphical analyzes of residual for all the models. The best models for São Joaquim and Urupema were respectively Stoffels & Van Soest and Linear.

**Keywords:** mathematical models, total height, diameter.

INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, popularmente conhecida como Pinheiro-do-Paraná foi uma das espécies nativas brasileira mais explorada comercialmente, de modo desordenado e exagerado no final do século XIX até metade do XX. Apesar da existência de instrumentos legais que impedem a exploração dessa espécie, sua madeira é considerada valiosa e apresenta mercado comercial.

A araucária atinge de 20 a 50 metros de altura e um a dois metros de diâmetro. Sua copa apresenta ramos primários cilíndricos, curvos para cima, sendo os inferiores maiores que os superiores; ambos com ramos secundários (grimpas), alternos e agrupados no ápice (REITZ; KLEIN, 1966). A madeira do pinheiro foi empregada em diversos usos, principalmente na fabricação de instrumentos de música, mobília, objetos de uso doméstico, objetos escolares (molduras de quadros negros, régua), brinquedos, cabos de ferramenta, aberturas e adubo (grimpas, galhos, tocos e troncos caídos servem, após algum tempo, para a nutrição das plantas), caixas (abelha, verduras, acondicionar peças), lenha (galhos, casca) (REITZ; KLEIN, 1966; MATTOS, 2011)

A definição proposta por Schimidt (1977) diz que a relação hipsométrica é a regressão da altura sobre o diâmetro em um povoamento em determinada data, podendo ser representada por um ajuste matemático.

Essa relação é comumente simbolizada por “h/d” e denominada relação hipsométrica (FINGER, 1992). Fatores como: espécie, posição sociológica, idade, tamanho de copa, densidade, sítio e práticas silviculturais em geral, podem afetar e influenciar o vínculo das variáveis (CARDOSO et al., 1989; BARROS et al., 2002; BARTOSZECK et al., 2004, FINGER, 1992).

Este trabalho teve como objetivo testar e selecionar os melhores modelos matemáticos para ajuste de curvas hipsométricas para o pinheiro-do-paraná em três municípios do planalto serrano, no estado de Santa Catarina.

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR).  
E-mail: myrciaminatti@gmail.com

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo são três povoamentos naturais de *Araucaria angustifolia* localizados nos municípios de São Joaquim e Urupema em Santa Catarina com altitudes variando de 1.400 m a 900 m na região denominada Planalto Serrano, em Santa Catarina.

De maneira geral, para as regiões pode-se descrever que segundo a classificação de Köppen, o clima é caracterizado predominantemente como sendo do tipo Cfb, temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico) com possibilidades de geada. Verões frescos com temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida. A temperatura média anual da região é de 15,5°C e a precipitação média anual de 1.400 mm. A região pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Pelotas (EPAGRI, 2002).

A vegetação predominante da região é a Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta de Araucária) (IBGE, 2012), que é um tipo de vegetação do Planalto Meridional, apresentando disjunções florísticas em refúgios situados nas Serras do Mar e Mantiqueira e que no passado se expandia mais ao norte, pois a família Araucariaceae apresentava dispersão paleogeográfica que sugere ocupação diferente da atual. Segundo IBGE (2012) a região de estudo é identificada a Formação de Floresta Ombrófila Alto-Montana, que compreende as altitudes superiores a 1.000 m.

### Coleta de dados

No levantamento dos dados foram selecionadas 70 árvores em cada área de estudo (área amostrada São Joaquim (SJQ) = 4,1 há e Urupema (URU) = 4,3 ha). Cada indivíduo foi identificado, plaqueteado e sua posição no terreno obtida com receptor de sinais GPS Garmin, do tipo navegação. De cada árvore foram coletadas o DAP (Diâmetro a altura do peito) 1,30 do chão com a fita métrica e a altura total com o clinômetro Vertex III.

Foram avaliados 05 modelos matemáticos, constantes na Tabela 1, modelos tradicionais encontrados na literatura florestal, citados por vários pesquisadores (CARDOSO et al., 1989; BARROS et al., 2002; BARTOSZECK et al., 2004; FINGER, 1992; MACHADO et al., 2008).

Tabela 1. Modelos testados para a estimativa da altura total e do fuste em função do DAP.

Table 1. Models tested for estimation of the overall height and the shaft due to the DBH.

Natureza	Nº	Modelos	Autor
	1	$y = \beta_0 + \beta_1x$	Linear simples
Aritméticos	2	$y = \beta_0 + \beta_1x^{-1}$	Curtis
	3	$y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$	Trorey
Logaritmos	4	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1x^{-1}$	Curtis var.
	5	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1\ln(x)$	Stoffels e Van Soest

### Critérios estatísticos para seleção de modelos

Na análise de covariância foram realizados os testes de hipóteses, primeiro para verificar se havia ou não diferença significativa de inclinação entre as regressões. Caso não existisse diferença de inclinação, o segundo teste de hipótese foi realizado para verificar a não diferença de níveis entre as regressões (SCHNEIDER, 1998).

Para ajudar a identificar o par de diâmetros mais adequado foram utilizados como critérios de seleção dos melhores ajustes o erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{xy\%}$ ), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e a análise gráfica dos resíduos. As expressões dos critérios são:

$$S_{xy\%} = \frac{S_{xy}}{\bar{y}} * 100 \quad R^2_{aj} = 1 - \left[ (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - p - 1} \right]$$

Onde:

$S_{xy}$ : é o erro padrão da estimativa;

$S_{xy\%}$ : é o erro padrão da estimativa em porcentagem;

$\bar{y}$ : é a média aritmética da variável dependente;

$R^2_{aj}$ : coeficiente de determinação ajustado;

$n$ : número de observações da amostra;

$p$ : número de coeficientes.

O índice de Schalaegel é o método compatível ao  $R^2$  ajustado e serve principalmente para analisar modelos que apresentem variável dependente transformada. Logo, quanto mais próximo de 1 melhor será considerado o ajuste. (MIGUEL, 2009).

$$IA = 1 - \frac{SQRes}{SQT}$$

Onde:

SQ resíduo = soma dos quadrados do resíduo;

SQ total = soma dos quadrados total.

Para a escolha da equação, procedeu-se a um ordenamento dos 6 modelos, onde foi atribuída nota 1 à equação que apresentou melhor ajuste quanto ao  $S_{xy\%}$ , nota 2 àquela que se apresentou em segundo lugar e assim sucessivamente, sendo adotado o mesmo procedimento para os demais critérios. Posteriormente foi realizada a soma desta pontuação e a equação que recebeu o menor valor foi considerada mais eficiente. Realizado o ordenamento procedeu-se a análise gráfica dos resíduos da equação que recebeu a menor pontuação, sendo na ausência de tendências recomendado como o mais adequado para uso.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de covariância foi utilizada para verificar a diferença ou não da altura total em função do diâmetro como indicativo da qualidade das árvores e de sua capacidade produtiva, sendo fundamental para embasar modelos e futuras intervenções de manejo sustentável.

Os resultados estatísticos da análise de covariância, ver Tabela 2, indicam que as hipóteses de igualdade e nível para a relação entre a altura total e o diâmetro para araucária nos dois municípios amostrados foram significativas, com um valor de F para a fonte de variação local e dap\*local de 5198,32 e 28,39, rejeitando a hipótese com uma probabilidade  $<0,0001$  para diâmetro são diferentes nas áreas de estudo para a espécie.

Tabela 2 - Análise de covariância para altura total dois municípios de estudo em sua fitorregião de ocorrência em Santa Catarina.

Table 2 - Analysis of covariance for full time study in two municipalities of occurrence fitorregião in Santa Catarina.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	4	45513,04	113778,26	2613,36	0,0001
Local	2	45265,79	22632,89	5198,32	0,0001
Dap*Local	2	247,24	123,62	28,39	0,0001
Erro	136	529,12	4,35		
Total	140	46105,17			

### Ajuste e seleção do modelo

Os parâmetros estatísticos de avaliação e os coeficientes estimados para cada uma das equações testadas estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores dos coeficientes ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), erro padrão da estimativa ( $S_{xy\%}$ ) e Teste F (F) calculados para cada modelo.

Table 3 - Values of the coefficients ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ), adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), standard error of estimate ( $S_{xy\%}$ ) and Test F (F) calculated for each model.

Nº	São Joaquim							Urupema						
	$S_{xy\%}$	$R^2_{aj}$	F	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	Grau	$S_{xy\%}$	$R^2_{aj}$	F	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	Grau
1	0,022	0,207	20,34	13,9657	0,0705		2	0,1483	0,371	43,34	10,1032	0,1245		1
2	0,221	0,197	19,22	23,7807	-321,33		4	0,0184	0,351	39,90	24,0501	-376,07		3
3	0,022	0,196	10,07	12,5970	0,1095	-0,0002	5	0,0181	0,361	21,38	9,2240	0,1552	-0,0002	4
5	0,693	0,361	17,19	3,1824	-16,6885		3	0,6337	0,360	38,25	3,7683	-22,746		5
6	0,633	0,360	38,25	1,8510	0,2553		1	0,6294	0,368	39,70	1,1639	0,4156		2

Na Figura 1, apresenta o gráfico da distribuição de resíduos dos modelos de natureza aritmética e logarítmica.

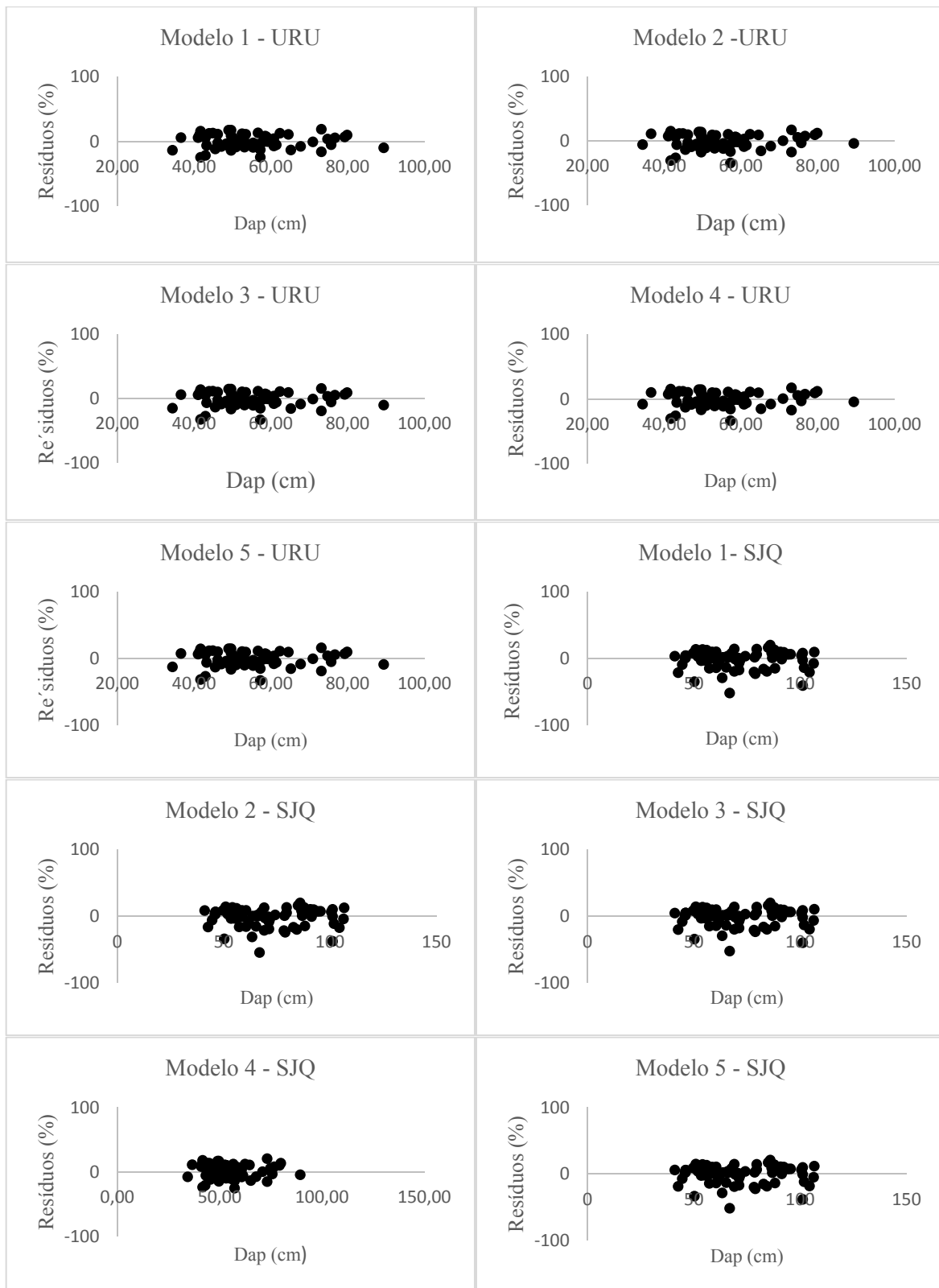


Figura 5. Gráfico de dispersão dos resíduos em função do dap (cm) para os modelos de naturezas citadas.  
 Figure 1. Scatter plot of waste as a function of dbh (cm) for models mentioned natures.

Observa-se na Tabela 3, que para o município de São Joaquim o melhor modelo em função do ranking foi o de Stoffels e Van Soest com o  $R^2$  ajustado de 0,360 e o  $Sxy\%$  no valor de 0,633 não sendo para esse parâmetro o melhor resultado, e para o município de Urupema o modelo com melhor ranking foi o Linear com o  $R^2$  ajustado no valor de 0,371 e o  $Sxy\%$  com 0,0146. O segundo melhor modelo para São Joaquim foi o Linear e para Urupema foi o de Stoffels e Van Soest, isso demonstra que esses fragmentos possuem baixo valor do coeficiente de determinação é explicado pela homogeneidade dos dados.



Machado et al., 2008, com estudos de relação hipsométrica com *Araucaria angustifolia* no Capão da Engenharia Floresta, UFPR também selecionou o melhor modelo de Stoffels e Van Soest, além de Curtis.

No entanto todos os modelos apresentaram um coeficiente de determinação não muito satisfatórios. Isso mostra que esses modelos não são tão adequados para estudo nessas condições, e que certamente para se obter resultados melhores existe a necessidade do uso de modelos mais complexos ou talvez separar as árvores por classes de sítio ou de diâmetro.

Ao analisar a Figura 1, observa-se que as distribuições gráficas dos resíduos em percentagem tiveram aproximadamente o mesmo comportamento, com os maiores valores residuais enquadrando-se entre 100 % e -100 %. A análise gráfica dos resíduos é uma ferramenta de grande importância para a seleção de modelos matemáticos de regressão, pois permitem uma melhor visualização da distribuição dos resíduos em todo o conjunto de dados.

## CONCLUSÃO

Pela dispersão dos dados altura sobre DAP, pode-se concluir que a relação diâmetro versus altura total não é forte para esse fragmento de floresta. Os resultados indicaram que os modelos de melhor performance para a estimativa da altura total em função do DAP foram, respectivamente, o de Stoffels & Van Soest e o Linear, na sua forma logarítmica ou aritmética para os dois municípios em estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, D. A. de; MACHADO, S. do A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.45, p. 3-28, jul./dez. 2002.
- BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracinga da região metropolitana de Curitiba, Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 517-533, 2004.
- CARDOSO, D. J.; MACHADO, S. do A.; ROSOT, N.C.; EMERENCIANO, D. B. Avaliação da influência dos fatores idade e sítio na relação hipsométrica para *Pinus taeda* nas regiões central e sudoeste do estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 96-115, 1989.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. 2002.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos da biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992, 269 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**, 2012. 2v.
- MACHADO, S. A.; NASCIMENTO, R. G.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; SILVA, L. C. R. da; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TÊO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Floresta da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 5-16, jan./jul. 2008, Colombo-PR.
- MATTOS, J. R. de. **O pinheiro brasileiro**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011. 608p.
- MIGUEL, E. P.; Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás. Curitiba: UFPR. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, p. 161, 2009.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M. Araucariáceas. In: REITZ, R. *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 62 p.
- SCHIMIDT, P. B. Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda* L. **Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 1, p.24-27, 1977.
- SCHNEIDER, P.R.. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 1998. 236 p.



**CRESCIMENTO DE *Calophyllum brasiliense* Cambess. EM PLANTIOS COMERCIAIS NO SUL DO TOCANTINS**

**GROWTH OF *Calophyllum brasiliense* Cambess. IN COMMERCIAL PLANTATIONS IN SOUTH TOCANTINS**

Maria Cristina Bueno Coelho<sup>1</sup> José Imaña Encinas Otacílio Antunes Santana Marcos Giongo Magda Lea Bolzan Zanon Suellen Goergen Eduardo Ganassoli Neto

**RESUMO**

A demanda crescente por madeira estimulou a diversificação dos métodos de produção e das espécies cultivadas. O objetivo desse trabalho foi ajustar os dados a quinze modelos hipsométricos provenientes de um povoamento de *Calophyllum brasiliense* (74 meses de idade) ao sul do Tocantins. Os dados da variável altura se distribuíram na curva normal de maneira significativa ( $p < 0,001$ ), e o modelo na qual os dados se ajustaram de forma mais significativa ( $R_{adj}^2 = 0,98$ ;  $p < 0,001$ ; Erro Residual = 0,13%) foi o hiperbólico:  $\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = 0,282 + \frac{1,537}{d}$ . A partir

do modelo inferências sobre a inflexão da curva frente a curvas apresentadas pela literatura, pôde-se concluir que a espécie utilizada tem taxa de crescimento condizente com as espécies de plantios comerciais.

**Palavras-Chave:** Modelos hipsométricos; *Calophyllum brasiliense*; crescimento.

**ABSTRACT**

The increasing demand for wood stimulated the diversification of the production methods and of forestry species. The objective of this work was to adjust the data to fifteen hypsometric models from a reforestation of *Calophyllum brasiliense* (74 months old), on south of Tocantins. The data of variable height were distributed in the normal curve significantly ( $p < 0.001$ ), and the model in which the data set more significantly ( $R_{adj}^2 = 0.98$ ;  $p < 0.001$ ; Residual Error = 0.13 %) was the hyperbolic:  $\frac{1}{\sqrt{h-1.30}} = 0.282 + \frac{1.537}{d}$ . From the model inferences

about the curve inflection compared with the literature curves, we concluded that the used species growths in rate consistent with a commercial plantations species.

**Keywords:** Hypsometric models; *Calophyllum brasiliense*; growth.

**INTRODUÇÃO**

Os planos de manejo florestal tem a finalidade de avaliar a produção madeireira para a obtenção de informações que permitam quantificar estes estoques. Daí a importância dos inventários, pois eles visam informar sobre os recursos florestais existentes em uma determinada área, sendo imprescindíveis às práticas de manejo.

A modelagem hipsométrica é um aspecto importante a ser considerado nos inventários florestais, tendo em vista ser a mensuração indireta da altura da árvore uma atividade morosa e com elevada margem de erro na coleta da informação (SOUSA et al., 2013) e, portanto, altamente dispendiosa. De acordo com Batista et al. (2014) os padrões hipsométricos diferem para distintos tipos florestais, bem como numa mesma tipologia florestal para distintos sítios, e ainda, dentro de um sítio, em virtude da heterogeneidade ambiental e estrutural. Neste contexto, torna-se imperiosa a seleção de modelos mais adequados para estimar a altura de cada povoamento plantado, tendo em vista que existem equações que melhor se adaptam a cada povoamento (OLIVEIRA et al., 2011), reduzindo sobremaneira os custos do inventário florestal.

Espécies nativas com potencial para produção de madeiras usadas em serraria foram catalogadas e figuram como alternativa atraente para produção florestal, por apresentarem alto valor comercial da madeira, sendo que vários trabalhos têm dado ênfase aos benefícios ambientais associados ao estabelecimento das plantações florestais. Tais benefícios são capazes de incrementar o valor da plantação, uma vez que, espécies

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UnB e professora adjunto I da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: mariabueno@unb.edu.br

nativas são mais adequadas para o habitat da vida silvestre e carecerem de problemas fitopatológicos. Entre as espécies está o *Calophyllum brasiliense* Cambess.; espécie de ampla distribuição tropical que tem sido plantada comercialmente em diversos países da América Latina devido aos bons resultados de crescimento verificados em parcelas experimentais (HAGGAR et al. 1998). Dada a importância da espécie e a necessidade de implementar o planejamento florestal desta, torna-se necessário estudar a relação hipsométrica para conhecermos com precisão a prognose do crescimento da altura das árvores indiretamente.

O objetivo do trabalho foi testar diferentes modelos de relação hipsométrica e escolher o que melhor se adequa a espécie *Calophyllum brasiliense* em povoamentos plantados para fins comerciais, na região sul do Tocantins com 74 meses de idade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Reunidas, localizado no município de Dueré de coordenadas 11° 37' 14" S 49° 37' 45" W, a 191 m de altitude, na região sul do estado do Tocantins à 244 km da capital Palmas, a cerca de 75 km de Gurupi. Possui uma área total de 25 mil hectares, coordenada pelo Grupo JAMP Agropecuária e Reflorestadora LTDA., sendo o estudo realizado em uma área de 35 hectares em povoamento plantado de *Calophyllum brasiliense*, com densidade inicial de 1250 plantas por hectare.

O clima da região é tropical úmido com deficiência hídrica ( $BIWA'a'$ ) segundo a classificação climática de Thornthwaite (TOCANTINS, 2005), ou savana tropical ( $Aw$ ) por Köppen – Geiger, com precipitação média anual de 1800 (mm) e temperatura média anual de 28°C. A região apresenta relevo com formas erosivas, e com formas de acumulação, com hidrografia inserida na Bacia do Rio Araguaia (TOCANTINS, 2005).

A base de dados foi feita a partir da instalação de um inventário florestal contínuo (desde 2009) quando o plantio tinha 15 meses de idade (contando 4 meses de viveiro). A área a ser inventariada foi dividida em 24 unidades retangulares com dimensões de 40 m x 32 m e de 96 sub unidades com dimensões de 8 m x 4 m cada.

O tamanho das unidades amostrais foi definido de acordo com o espaçamento e a intensidade de amostragem definida em função da variância da população, precisão requerida e confiabilidade fixada. A marcação de cada subunidade foi feita a partir da pintura de cada árvore com tinta vermelha e do georreferenciamento da primeira árvore e da última árvore da subunidade com GPS e trena.

Os parâmetros biométricos avaliados nesta pesquisa foram: altura total, medida em metros com clinômetro; CAP (circunferência a altura do peito), medida em centímetros com fita métrica a partir dos 44 meses de idade e após convertido em diâmetro. No total foram medidos os parâmetros biométricos de 384 árvores.

A relação hipsométrica  $\left(\frac{h}{d}\right)$  foi modelada com os dados obtidos nas unidades amostrais e usada para fornecer a altura das árvores que tiveram apenas o diâmetro medido, a partir de uma pequena subamostra de alturas e diâmetros medidos (Tabela 1). No momento da coleta de dados, foram medidas, sistematicamente, a altura das quatro primeiras árvores de cada unidade amostral.

Para a escolha do modelo matemático ajustado utilizou-se os seguintes critérios estatísticos de seleção: análise gráfica dos resíduos, para verificar a ocorrência ou não de tendenciosidade nas estimativas da variável dependente, coeficiente de variação, coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajustado}$ ) e significância do F obtido por meio da análise de variância da regressão, o qual indica se há significância no ajuste a determinado nível de probabilidade, por meio da comparação do valor de F calculado com o valor de F tabelado. Quando o valor de F calculado é maior que o F tabelado, a regressão é significativa ao nível de probabilidade desejada. Para a obtenção do F tabelado deve-se levar em consideração os graus de liberdade da regressão e do erro em função do nível de probabilidade desejado. Neste trabalho foi considerada a probabilidade de 95% ( $p < 0,05$ ).

No processamento dos dados, foi utilizado o *software* Microsoft Office Excel para realizar ordenamento, classificação, processamento, desenvolvimento dos gráficos bem como o programa estatístico SIGMAPLOT 10.0, para o cálculo e análise das regressões.

Tabela 1 - Modelos de equações para a relação hipsométrica nos povoamentos de *Calophyllum brasiliense*.  
 Table 1 - equation models for the hypsometric relationship in stands of *Calophyllum brasiliense*.

Função	Modelo
1	$\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$
2	$h - 1,30 = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
3	$h = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
4	$h = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3$
5	$h = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$
6	$\frac{1}{h} - 1,30 = b_0 + b_1 \frac{1}{d} + b_2 \frac{1}{d^2}$
7	$\frac{d^2}{\sqrt{h}} - 1,30 = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
8	$\log(h - 1,30) = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$
9	$h - 1,30 = b_0 + b_1 d$
10	$\log h = b_0 + b_1 d$
11	$h = b_0 + b_1 d$
12	$\log h = b_0 + b_1 \log d$
13	$\log(h - 1,30) = b_0 + b_1 \log d$
14	$\log(h - 1,30) = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log^2 d$
15	$\log(h - 1,30) = b_0 + b_1 \log \frac{d}{1+d}$

Em que:  $b_0, b_1, b_2$  e  $b_3$  coeficientes da regressão;  $h$  = altura total medida em metros;  $d$  = diâmetro a altura do peito,  $\log$  = logaritmo na base dez. Fonte Finger (1992)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros estatísticos obtidos nos modelos matemáticos (Tabela 2), permitiram selecionar o modelo matemático que melhor ajustou ao conjunto de dados e podem ser observados os coeficientes com sua significância, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o coeficiente de variação em percentagem (CV%) e a estatística F (F). A mesma foi calculada para o povoamento aos 74 meses de idade a partir dos dados das parcelas permanentes do inventário florestal.

Tabela 2 - Estimativas dos parâmetros estatísticos dos modelos matemáticos testados para descrever a relação hipsométrica para *Calophyllum brasiliense*.

Table 2 - Estimates of the statistical parameters of the tested mathematical models to describe the hypsometric relation to *Calophyllum brasiliense*.

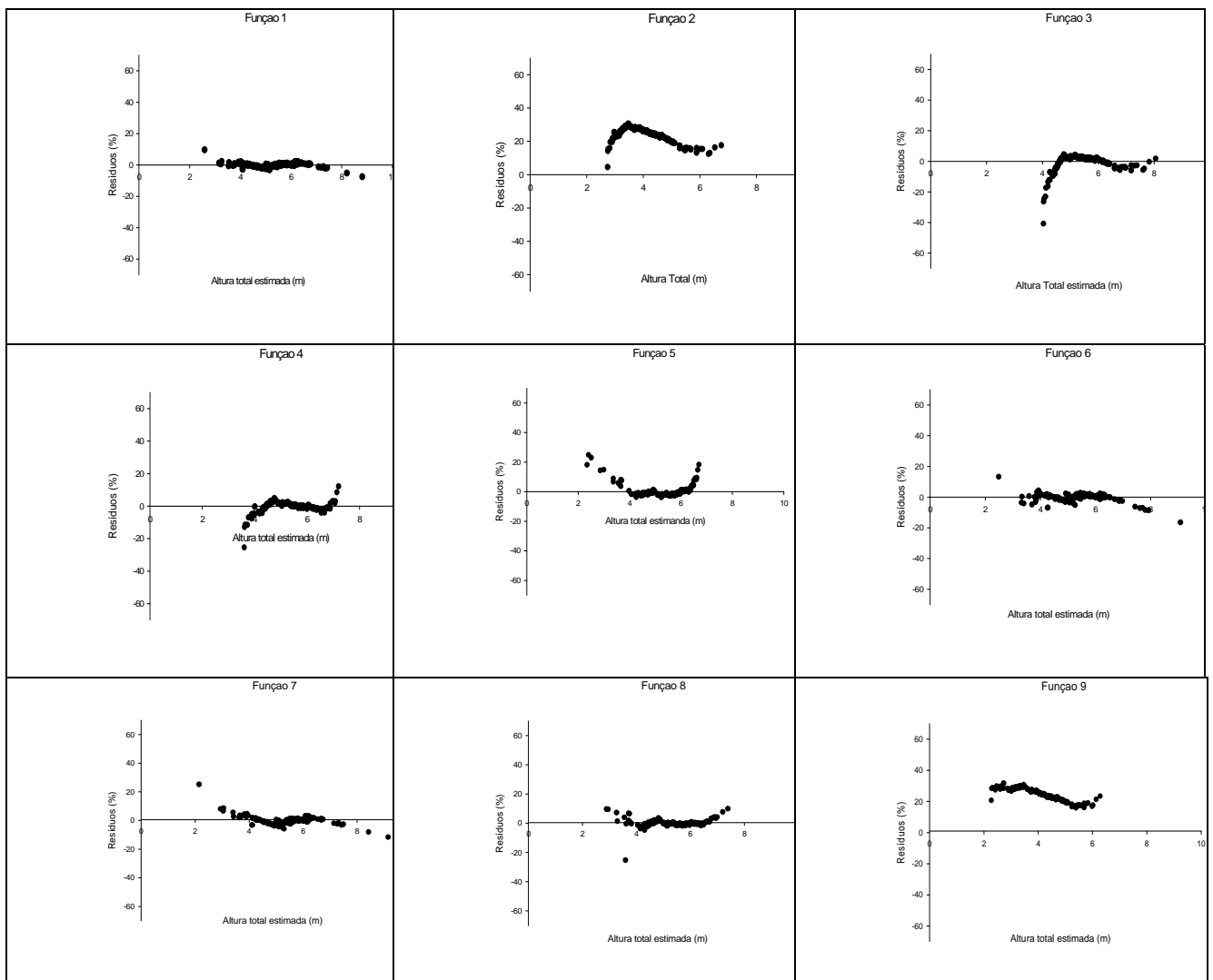
Função	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R^2_{aj}$	CV%	F	p
1	0,282*	1,537*			0,984	0,13	17437,92*	<0,0001
2	-0,145*	0,690*	-0,015*		0,936	3,76	4069,91*	<0,0001
3	-1,300*	1,000*	0,000 <sup>ns</sup>		0,936	3,76	4069,91*	<0,0001
4	-2,565*	2,273*	-0,229*	0,009*	0,971	2,49	4794,18*	<0,0001
5	8,471*	-21,439 <sup>ns</sup>			0,943	3,53	4633,32*	<0,0001
6	0,133*	0,151*	4,609		0,984	0,14	8991,50*	<0,0001
7	6,650*	3,393*	0,387*		0,993	23,79	20996,57*	<0,0001
8	0,963*	-2,514 <sup>ns</sup>			0,987	0,19	21163,99*	<0,0001
9	0,645*	0,466*			0,976	2,27	11643,62*	<0,0001
10	0,441*	0,0385*			0,942	0,30	4534,98*	<0,0001
11	1,945*	0,466*			0,976	2,27	11643,62*	<0,0001
12	0,173*	0,645*			0,983	0,16	16414,75*	<0,0001
13	-0,146 <sup>ns</sup>	0,874*			0,973	0,27	10304,17*	<0,0001
14	-0,146 <sup>ns</sup>	0*	0,437*		0,970	0,27	10304,17*	<0,0001
15	0,992*	6,728*			0,987	0,18	22697,98*	<0,0001

Em que:  $b_0, b_1, b_2$  = parâmetros das equações;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em percentagem; F = valor de F; \* = significância a 5%; ns = não significativo; p = probabilidade de significância do teste.

Os coeficientes de determinação ajustados variaram entre 0,936 e 0,993 e coeficiente de variação entre 0,13 % a 23,79 %. O valor de F foi significativo em todos os modelos analisados. A análise gráfica de dispersão de resíduos (Figura 1), entre os valores observados e estimados, mostrou que a equação  $\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = 0,282 + \frac{1,537 \cdot 1}{d}$  apresenta a melhor distribuição para o conjunto de dados entre as equações testadas, evidenciando a seleção do modelo.

A estatística F mostrou-se significativa ao nível de 95% de probabilidade para todos os modelos hipsométricos ajustados, rejeitando-se a hipótese de não haver regressão. Isto é, os modelos são significativos ao nível de probabilidade estabelecido e, portanto, conclui-se que pelo menos uma variável independente esteja relacionada com um valor da variável dependente.

A normalidade dos resíduos foi comprovada pelo teste Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade sendo  $p=0,0096$  e a homogeneidade dos dados pelo teste do Qui-quadrado ( $X^2$ ), onde se verificou que os valores do  $X^2$  calculado foram menores que valor de  $X^2$  tabelado para ambos, inferindo-se assim, que não houve diferença significativa entre as alturas reais e as alturas estimadas e portanto confirmando que o modelo Hiperbólico pode ser utilizado para o cálculo da altura do povoamento em estudo.



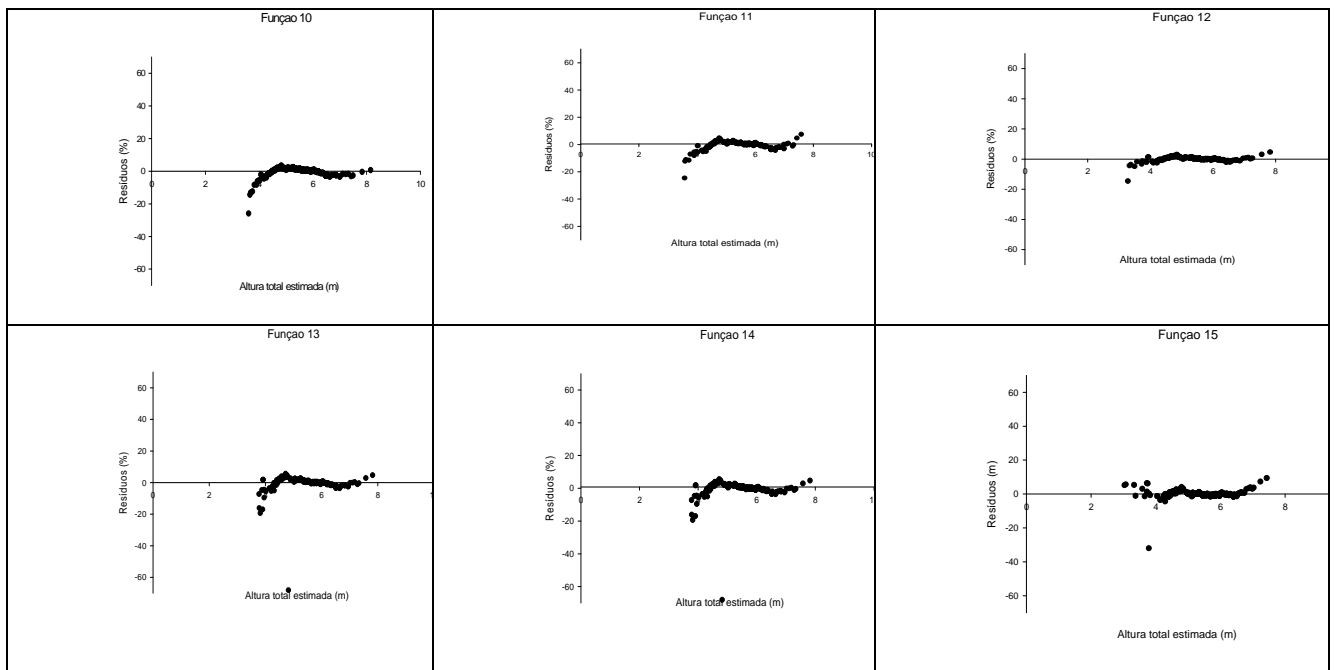


Figura 1 - Distribuição dos resíduos dos modelos testados da relação hipsométrica para *Calophyllum brasiliense*.  
 Figure 1 - Model waste distribution tested the hypsometric relation to *Calophyllum brasiliense*.

Moraes Neto et al. (2010) constataram que dentre outros modelos testados, o hiperbólico foi o que melhor se aderiu ao eixo horizontal no gráfico de distribuição dos resíduos para o híbrido (*Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis*) e para *Eucalyptus cloeziana*. Donadoni et al. (2010) reportaram resultados semelhantes a este estudo ao selecionarem o modelo hiperbólico como melhor modelo para estimar a altura nos povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* ( $R^2_{aj} = 89,60\%$  e  $Sy\% = \pm 3,94\%$ ), *Pinus tecunumanii* ( $R^2_{aj} = 97,3\%$  e  $Sy\% = \pm 6,32\%$ ), no município de Vilhena, Estado de Rondônia, ambos com 12 anos de idade. Santos et al. (2014) estudando a relação hipsométrica em um plantio do híbrido (*Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis*) aos seis anos de idade no município de Moju no estado do Pará selecionaram o modelo hiperbólico como um dos melhores modelos.

A distribuição entre os valores observados e estimados mostrou que a função 1 apresenta distribuição satisfatória para o conjunto de dados entre as equações testadas, evidenciando a seleção do modelo (Figura 2).

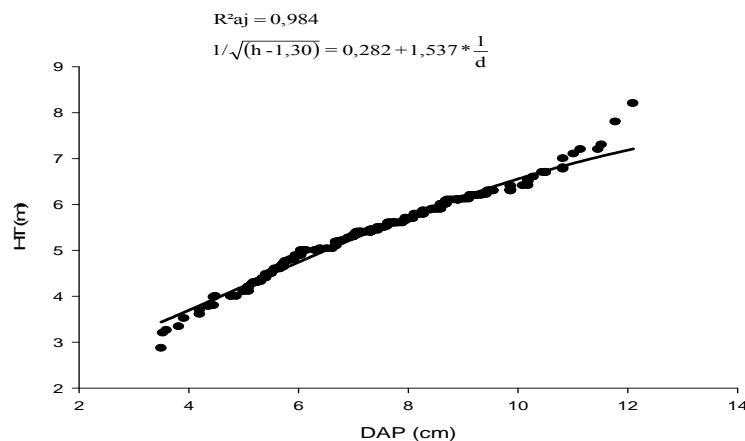


Figura 2 - Alturas observadas e estimadas pela função 1 em unidades amostrais de um povoamento de *Calophyllum brasiliense* aos 74 meses de idade em Dueré-TO.

Figure 2 - Heights observed and estimated by the function 1 in sample units of a settlement of *Calophyllum brasiliense* after 74 months in Dueré -TO.

## CONCLUSÕES

O modelo hiperbólico representado por  $\frac{1}{\sqrt{h-1,30}} = 0,282 + \frac{1,537*1}{a}$  com  $R_{aj}^2$  de 0,984 e CV% de 0,13 foi o que apresentou melhor precisão estatística para estimativa da relação altura-diâmetro para povoamentos plantados de *Calophyllum brasiliense* Cambess. mostrando ser um modelo apropriado para estudos de crescimento e prognose da produção de madeira da espécie. Pôde-se concluir que a espécie utilizada tem taxa de crescimento condizente com as espécies de plantios comerciais

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, J. L.F.; COUTO, H. T. Z.; FILHO, D. F. S. Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas. 1 ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2014
- DONADONI, A. X.; PELISSARI, A. L.; DRESCHER, R.; ROSA, G. D. Relação hipsométrica para *Pinus caribaea* var. hondurensis e *Pinus tecunumanii* em povoamento homogêneo no Estado de Rondônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2499-2504, dez, 2010.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM, CEPEFFATEC, 1992.
- HAGGAR, J. P.; BRISCOE, C. B.; BUTTERFIELD, R. P. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. **Forest Ecology and Management**, 106: 195-203, 1998.
- MORAES NETO, S. P.; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MUNHOZ, D. J. M.; GUMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHÃO, R. L. **Modelos hipsométricos para *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus grandis* em Sistemas Agrossilvipastoril**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.
- OLIVEIRA, F.G.R.B.; SOUSA, G.T.O.; AZEVEDO, G.B.; BARRETO, P.A.B. Desempenho de modelos hipsométricos para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* no município de Jaguaquara, Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol. 7, n.13. p.331-338, 2011.
- SANTOS, M. L.; BRASIL NETO, A. B.; PAUMGARTTEN, A. É. A.; RODRIGUES, R. P.; SANTOS, C. R. Estimativa da relação hipsométrica para um povoamento de *Eucalyptus* “urograndis” no município de Moju, nordeste paraense. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19. p.1039-1048, 2014
- SOUSA, G.T.O.; AZEVEDO, G.B.; BARRETO, P.A.B.; JÚNIOR, V.C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, vol. 9, n. 4.p 1-7, 2013.
- TOCANTINS, Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Atlas do Tocantins: subsídio ao planejamento e gestão territorial**. Palmas: Seplan,2005 54p.



**CRESCIMENTO DE *Eucalyptus benthamii* E *Eucalyptus globulus* NO BIOMA PAMPA**

**GROWTH *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus globulus* THE PAMPA BIOME**

Kristiana Fiorentin dos Santos<sup>1</sup> Mauro Valdir Schumacher Bernardo Corso Frantz Felipe Oselame Schiochet  
Elias Frank de Araújo

**RESUMO**

Os conhecimentos sobre o crescimento dos povoamentos florestais são indispensáveis para que se possa fornecer um suprimento contínuo de madeira às indústrias. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento de um clone de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus benthamii* em São Gabriel, RS. O experimento foi constituído por dois tratamentos, um com *Eucalyptus globulus* e outro com *Eucalyptus benthamii*, sendo cada um dividido em 8 parcelas, com espaçamento de plantio de 3,50 m x 2,14 m. Em maio de 2015 foi realizada a medição de todos os diâmetros e alturas dos povoamentos. O número de árvores foi de 1.258 e 1.168 indivíduos por hectare para *Eucalyptus benthamii* e para *Eucalyptus globulus*, respectivamente. A média do diâmetro a altura do peito (DAP) e altura foi de 10,7 cm e 11,8 m para o *Eucalyptus benthamii* e de 9,8 cm e 10,9 m para o *Eucalyptus globulus*. O volume médio do *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus globulus* foi de 49,0 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> e 32,2 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> respectivamente.

**Palavras-chaves:** Crescimento; Eucalipto; Volume.

**ABSTRAT**

Knowledge about the growth of forest stands are indispensable so that we can provide a continuous supply of wood industries. The objective of this study was to evaluate the growth of a clone of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus benthamii* in São Gabriel, RS. The experiment consisted of two treatments, one with *Eucalyptus globulus* and the other with *Eucalyptus benthamii*, each divided into 8 portions, with plant spacing of 3,50 x 2,14 m. In May 2015 was held the measurement of all diameters and heights of the stands. The number of trees was 1,258 and 1,168 individuals per hectare for *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus globulus* respectively. The mean diameter at breast height (DBH) and height was 10.7 cm and 11.8 m for the *Eucalyptus benthamii* and 9.8 cm and 10.9 m for *Eucalyptus globulus*. The average volume of *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus globulus* was 49.0 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> and 32.2 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> respectively.

**Keywords:** growth; eucalipto; volume.

**INTRODUÇÃO**

A crescente demanda por produtos de origem florestal tem levado a um aumento da área florestal com povoamentos específicos de rápido crescimento. Em 2012, a área de plantios de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil atingiu 6,66 milhões de hectares, sendo que os plantios de *Eucalyptus* representaram 76,6% da área total (ABRAF, 2013).

O *Eucalyptus globulus* possui interesse no mercado de celulose e papel devido ao menor teor de lignina que esta espécie apresenta em comparação as espécies tradicionalmente usadas no país, bem como as características que o papel resultante apresenta. Porém, a grande dificuldade encontrada é a adaptação desta espécie as condições climáticas do Brasil, sendo somente a região sul o local onde melhor se adaptou (MILAGRES, 2009). Do mesmo modo o *Eucalyptus benthamii* é uma espécie que tem mostrado alta resistência à geada, rápido crescimento, boa forma de fuste e alta homogeneidade do talhão. Isto o torna uma excelente opção para reflorestamentos em regiões onde ocorrem geadas frequentes e severas, como no sul do Brasil (GRAÇA et al., 1999).

O conhecimento sobre a dinâmica de crescimento dos povoamentos florestais e o desenvolvimento de planos de manejo adequados aos objetivos de produção são indispensáveis para que se possa fornecer um suprimento contínuo de madeira às indústrias. A dinâmica de crescimento da floresta pode ser compreendida pelos estudos de crescimento e produção, que analisam a relação entre quaisquer medidas de produção florestal, dentre as quais o volume é a mais usada, em relação a variáveis como idade, qualidade do sítio e densidade do povoamento (SCHEEREN et al., 2004).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. E-mail: kristianafiorentin@gmail.com

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento de um clone de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus benthamii* em São Gabriel, RS.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área do estudo

O experimento foi instalado em novembro de 2012, no horto florestal Cerro do Batovi, em área pertencente a empresa Celulose Riograndense – CMPC, no município de São Gabriel, RS. O clima da região é caracterizado como Cfa (subtropical úmido), segundo Köppen, com precipitação média anual de 1.355 mm e temperatura média de 18,5 °C (MALUF, 2000). O solo é do tipo Cambissolo Háplico distrófico gleissólico.

### Implantação do povoamento

O plantio e adubação foram realizados no dia 28/11/2012, em uma área onde foi realizada calagem com duas toneladas de calcário, subsolagem e grade terraceadora para camalhões (40 cm) altura. Como adubação de plantio, aplicou-se 200 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples no sulco e 100 g planta<sup>-1</sup> de NPK (06:30:06) + Zn por ocasião do plantio. Os tratos culturais envolveram controle de formigas cortadeiras, capina química e adubações de cobertura. Esta última foi realizada com aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (12:00:20) + 0,5% de B aos seis meses, e 150 kg/ha de NPK (24:00:26) aos dose meses.

### Características dendrométricas do povoamento

O experimento foi constituído por dois tratamentos, um com *Eucalyptus globulus* e outro com *Eucalyptus benthamii*, sendo cada um dividido em 8 parcelas de 125 m<sup>2</sup>, com espaçamento de plantio de 3,50 m x 2,14 m. Para avaliar o crescimento das árvores, foi realizada a medição de todos os diâmetros (DAP na altura 1,30 metros do solo) e alturas, com fita diamétrica e um vertex digital, respectivamente. Com os dados de DAP e de altura total, foi calculado o volume de cada indivíduo. Mediante o inventário florestal, os indivíduos foram classificados em cinco classes diamétricas (5,0-7,0; 7,1-9,0; 9,1-11,0; 11,1-13,0 e 13,1-15,0 cm).

### Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009). As médias dos dados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 expõe as variáveis dendrométricas calculadas para os povoamentos em estudo, sendo que todas variáveis diferiram estatisticamente, evidenciando uma certa heterogeneidade entre as espécies. O número de árvores foi de 1.258 e 1.168 indivíduos por hectare para o *E. benthamii* e para o *E. globulus* respectivamente. Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 1 - Variáveis dendrométricas do povoamento de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus globulus*, com 32 meses de idade.

Table 1 - Dendrometric variables of *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus globulus* stand, 32 months old.

Variáveis	<i>Eucalyptus benthamii</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	CV %
Altura (m)	11,8a	10,9b	9,57
DAP (cm)	10,7a	9,8b	13,15
g (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	10,9a	9,0b	24,43
Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	64,7a	49,8b	28,89

O diâmetro a altura do peito variou de 6,1 a 14,3 cm para *Eucalyptus benthamii* e de 5,1 a 12,2 cm para *Eucalyptus globulus*, tendo destaque o *Eucalyptus benthamii* com a maior média de diâmetro (10,7 cm). Apesar de ambas as espécies terem a mesma idade e crescido sob as mesmas condições climáticas e nutricionais, verificou-se que o crescimento variou acentuadamente entre eles, sobretudo em diâmetro. O mesmo ocorreu em trabalho de Carvalho (1999) e de Rosa (2003), o primeiro, estudando o comportamento de dez árvores de *Eucalyptus globulus* com dez anos de idade e o segundo avaliando a mesma espécie com 8 anos de idade.

O povoamento de *Eucalyptus benthamii* apresentou aproximadamente 49% dos indivíduos (389 ind ha<sup>-1</sup>) com DAP entre 11,1 e 13,0 cm. No entanto, 70% (555 ind ha<sup>-1</sup>) das plantas de *Eucalyptus globulus* foram encontrados na classe de 9,1 a 11,0 cm (Figura 1). De acordo com Finger (1992), as maiores frequências em

número de árvores por hectare situam-se em torno do diâmetro médio do povoamento, decrescendo para os menores e maiores valores de diâmetro.

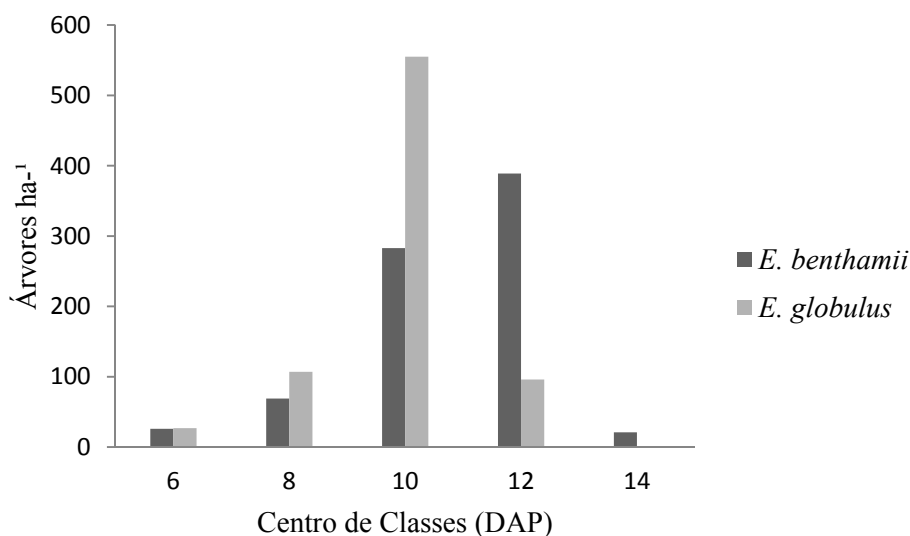


Figura 1 - Distribuição das plantas de eucalipto nas diferentes classes diamétricas de um povoamento de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus globulus* com 32 meses de idade em São Gabriel, RS.

Figure 1 - Distribution of eucalyptus trees in different diameter classes of a stand *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus globulus* with 32 months in São Gabriel, RS.

A altura variou de 8,5 m a 14,0 m para *Eucalyptus benthamii*, e de 6,8 m a 13,2 m para *Eucalyptus globulus*, apresentando diferença estatística. A área basal foi de 8,2 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> e 6,9 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> para *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus globulus*, respectivamente, ocorrendo diferença estatística. O volume médio com casca do *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus globulus* foi de 49,0 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> e 32,2 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, ocorrendo diferença significativa estatisticamente. Este parâmetro apresentou uma variação de 28,85%, a maior variação entre as variáveis da tabela.

Brun et al. 2012, avaliando um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus maidenii* de 5,5 anos de idade em Eldorado do Sul/RS, encontrou um DAP médio de 17,0 cm, a altura total média de 21,6 m e uma área basal de 22,7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Em contrapartida, Hess et al. (2012) avaliando um povoamento de *E. benthamii* de 5 anos de idade, na cidade de Otacilio Costa, SC, encontrou um DAP médio de 12,46 cm e uma altura média do fuste de 13,4 m. Os dados mostram que, embora as espécies avaliadas estejam presentes no mesmo sítio, existe bastante variação nas características dendrométricas.

## CONCLUSÕES

O *Eucalyptus benthamii* apresentou maior crescimento e produção volumétrica de madeira que o *Eucalyptus globulus*.

## AGRADECIMENTOS

As instituições de pesquisa pela concessão de bolsa aos autores e a empresa Celulose Riograndense (CMPC) por todo apoio concedido para a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF, **Anuário Estatístico da ABRAF**: Ano base 2012/ABRAF. Brasília/DF, 2013. 148 p.
- BRUN, E. J.; FERRAZ, M. O.; ARAÚJO, E. F. Relação entre o acúmulo de serapilheira sobre o solo e variáveis dendrométricas em povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus maidenii*, em Eldorado do Sul/RS. **Enflo**, Santa Maria - RS, v.1, n.1, p.24-31, 2013.
- CARVALHO, M. G. V. S. **Efeito das variáveis de cozimento nas características químicas de pastas kraft de *Eucalyptus globulus***. 1999. 269f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade de Coimbra,

Coimbra, 1999.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.

GRAÇA, M. E. C. Capacidade de rebrota e de enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.39, p.135-138, 1999.

HESS, A. F.; STANG, M. B.; PACHECO, J. M. Ajuste de relação hipsométrica para *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage no Planalto Catarinense, SC. **Anais...** 11º Congresso Florestal Estadual do RS e 2º Seminário Mercosul da Cadeia Madeira, Nova Prata, RS - 24 a 26 de setembro de 2012.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p.141-150, 2000.

MILAGRES, F. R. **Avaliação da madeira de híbridos de *Eucalyptus globulus* com *E. grandis* e *E. Urophylla*, para produção de celulose, utilizando espectroscopia NIR**. 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG. 2009.

ROSA, C. A. B. **Influência do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus globulus* na produção e na qualidade da celulose kraft**. 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, 2003.

SCHEEREN, L. W. Crescimento e produção de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* smith manejados com desbaste, na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.14, n.2, p. 111-122, 2004.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

CRESCIMENTO DE *Eucalyptus globulus* EM ÁREA COM E SEM EXCLUSÃO DE CHUVA

GROWTH OF *Eucalyptus globulus* IN AREA WITH AND WITHOUT RAIN EXCLUSION

Kristiana Fiorentin dos Santos<sup>1</sup> Mauro Valdir Schumacher Bernardo Corso Frantz Aline Aparecida Ludvichak  
Joel Carvalho dos Santos Elias Frank de Araújo

RESUMO

A demanda e a disponibilidade de água estão entre os fatores mais importantes que influenciam o crescimento e a produtividade das plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de um híbrido de *Eucalyptus globulus* em duas áreas (com e sem exclusão de chuva). O presente estudo foi realizado no município de Eldorado do Sul, RS. O experimento foi constituído por dois blocos de 6 x 8 plantas, com exclusão de chuva (CEC) e sem exclusão de chuva (SEC), sendo cada bloco dividido em 4 parcelas. Em março de 2015 foram mensurados todos os diâmetros a altura do peito (DAP), e todas as alturas. A área CEC e SEC possuem uma população de 925 e 975 indivíduos por hectare, respectivamente. Os menores valores de DAP e altura foram encontrados na área CEC. No presente trabalho, quando a disponibilidade hídrica diminuiu para as plantas, o crescimento em altura foi mais afetado do que o crescimento em diâmetro. Os resultados mostraram que a área com exclusão de chuva apresentou menor produção volumétrica.

**Palavras-chave:** Crescimento; Deficiência hídrica; *Eucalyptus globulus*.

ABSTRACT

The demand and water availability are among the most important factors that influence the growth and productivity of plants. The objective was to evaluate the growth of a *Eucalyptus globulus* hybrid in two areas (with and with rainfall exclusion). This study was conducted in the municipality of Eldorado do Sul, RS. The experiment consisted of two blocks of 8 x 10 plants, with rain restriction (CEC) and without rain restriction (SEC), each block being divided into 4 plots. In March 2015 were measured every diameter at breast height (DAP), and all heights. The CEC and SEC area have a population of 822 and 867 individuals per hectare respectively. The lower DAP values and height were found in the CEC area. In this study, when water availability decreased to the plants, height growth was more affected than the growth in diameter. The results showed that the area with rain restriction showed smaller volumetric production.

**Keywords:** Growth; Water deficiency; *Eucalyptus globulus*.

INTRODUÇÃO

O plantio de espécies exóticas aumentou consideravelmente nos últimos anos. No Brasil, os povoamentos do gênero *Eucalyptus* ocupam uma área de 5.102.030 ha, destacando os estados de Minas Gerais e São Paulo (ABRAF, 2013). No entanto, os plantios estão sendo realizados com grande frequência em áreas vulneráveis a déficits hídricos.

Segundo Souza et al. (2001), de todos os recursos de que as plantas precisam para o crescimento, a água é o mais limitante para a produtividade agrícola e florestal, visto ser essencial aos diversos processos metabólicos das plantas, principalmente durante o período inicial de desenvolvimento. No momento que as células vegetais sofrem déficit hídrico, ocorre desidratação celular, a qual afeta adversamente processos fisiológicos básicos. O déficit hídrico causa redução no turgor, no volume celular e na extensibilidade da parede, reduzindo consequentemente o crescimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2014), a qual pode ser verificado pela diminuição na expansão foliar e redução na altura e diâmetro (CHAVES, 2001).

O suprimento de água para uma planta resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. A medida que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorver água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo. Entretanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera (SANTOS; CARLESSO, 1998).

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. E-mail: kristianafiorentin@gmail.com

De acordo com Otto et al. (2013), o entendimento dos fatores que influenciam as respostas dos povoamentos de eucalipto, podem ajudar no planejamento e localização dos plantios e na seleção de genótipos, bem como na escolha do manejo adequado para povoamentos instalados em ambientes com restrições hídricas. Segundo Caldato e Schumacher (2013), a relação entre as plantações florestais e a água depende da espécie, das condições ambientais e das práticas de manejo em escala regional tendo como foco a microbacia hidrográfica.

O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento o *Eucalyptus globulus* em áreas com e sem exclusão de chuva.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área do estudo

O presente estudo foi realizado na área experimental do horto florestal Terra Dura, pertencente à Empresa Celulose Riograndense - CMPC, no município de Eldorado do Sul. Segundo a classificação climática de Köppen, o tipo de clima fundamental predominante é o Cfa (subtropical úmido). A temperatura média do mês mais frio é de 9,2 °C e do mês mais quente de 24,6 °C e a precipitação média anual chega a 1.400 mm (MALUF, 2000). O solo na área experimental é um Argissolo Vermelho Distrófico típico (STRECK et al., 2008) com baixa fertilidade natural.

### Características do povoamento

O experimento foi constituído por dois blocos de 6 x 8 plantas, com exclusão de chuva (CEC) e sem exclusão de chuva (SEC), sendo cada bloco dividido em 4 parcelas de 75 m<sup>2</sup>, com espaçamento de plantio de 2,5 m x 2,5 m. Na área SEC foi permitido o acesso ao solo de 100% da precipitação pluviométrica e na área CEC, foram alocadas calhas plásticas com o intuito de desviar 30% da água da chuva (Figura 1).



Figura 1 - Calhas plásticas em área com exclusão de chuva.

Figure 1 - Plastic gutters in area with rain restriction.

Em março de 2015 foram mensuradas plantas de *Eucalyptus globulus* aos 36 meses de idade. Em ambos os blocos foram medidos todos os diâmetros a altura do peito (DAP), com auxílio de uma fita diamétrica, e todas as alturas com o uso de um aparelho tipo Vertex.

### Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009). As médias dos dados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número inicial de plantas de eucalipto foi de 1.600 árvores ha<sup>-1</sup> em cada área avaliada, mas após 36 meses ocorreu uma redução para 925 e 975 árvores ha<sup>-1</sup> na área com e sem estresse hídrico, respectivamente, devido a mortalidade dos indivíduos no povoamento (Tabela 1).

Tabela 1 - Variáveis dendrométricas do povoamento de *Eucalyptus globulus*, com 36 meses de idade.  
Table 1 - Dendrometric of population variables *Eucalyptus globulus*, at 36 months of age.

Variáveis	Com exclusão de chuva (CEC)	Sem exclusão de chuva (SEC)
DAP (cm)	13,6 <sup>a</sup>	13,9a
Mínimo	5,5	5,6
Máximo	16,5	17
Altura (m)	15,7b	16,5a
Número de árvores por hectare	925	975
Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	13,9 <sup>a</sup>	14,4a
Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	224,4 <sup>a</sup>	255,2 a

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Os menores valores de DAP médio foram encontrados na área CEC (13,6 cm), comparado com a área SEC (13,9 cm). O mesmo ocorreu em experimento de Pereira et al. (2006), Tatagiba et al. (2009) e Fernandes (2012). Nesse sentido, Ferraz (2012) ao deslocar 50% da precipitação, observou diminuição do DAP em todos os clones de eucalipto, comparando com a área normal.

A altura das árvores na área CEC foi significativamente menor do que na área SEC. O mesmo ocorreu em trabalho de Ferraz (2012), o qual observou que em todas as épocas de avaliação, a limitação hídrica imposta no solo diminuiu significativamente a altura nos quatro clones avaliados. Estes resultados mostram que a restrição hídrica limitou o crescimento dos clones, uma vez que os híbridos de eucaliptos crescidos na área SEC apresentaram maior crescimento.

No presente trabalho, quando a disponibilidade hídrica diminuiu para as plantas, o crescimento em altura foi mais afetado do que o crescimento em diâmetro, o que vai de encontro ao trabalho de Vellini et al. (2008), o qual observou que o crescimento em altura foi proporcionalmente menos afetado que o crescimento em diâmetro nesse contexto. Já em experimento de Tatagiba et al. (2009) e Pereira et al. (2006), no tratamento com déficit hídrico também ocorreu redução nas alturas das plantas quando comparado com o manejo sem déficit, sendo que, os clones submetidos a 100 dias de déficit hídrico, foram os mais afetados, com redução em altura variando de 26% a 46% (PEREIRA et al., 2006).

O volume de madeira na área CEC e SEC foi de 224,4 e 255,2 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> respectivamente. Embora nenhuma área tenha diferido estatisticamente pode-se observar diminuição do volume na área CEC. Klippel et al. (2014), estudando o impacto da deficiência hídrica no crescimento inicial de eucalipto observou que o acúmulo de matéria seca total foi superior para as plantas que não sofreram restrição hídrica. Tatagiba et al. (2007) avaliando clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos, também observaram maior acúmulo de matéria seca total no final do experimento nas plantas com maior disponibilidade hídrica. Chaves (2001), estudando o crescimento de eucalipto sob diferentes regimes hídricos, observou que a produção de matéria seca foi reduzida nas plantas do tratamento estressado em comparação às do tratamento irrigado, durante os vários ciclos de seca. A deficiência hídrica promoveu a desaceleração no crescimento, refletindo negativamente na produção total de matéria seca.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a exclusão de chuva resultou em menor volume de madeira.

## AGRADECIMENTOS

As instituições de pesquisa pela concessão de bolsa aos autores e a empresa Celulose Riograndense (CMPC) por todo apoio concedido para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF, **Anuário Estatístico da ABRAF**: ano base 2012/ABRAF. Brasília/DF, 2013. 148 p.
- CALDATO, S. L.; SCHUMACHER, M. V. O uso de água pelas plantações florestais – uma revisão. **Revista Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 507-516, 2013.
- CHAVES, J. H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de Eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2001. 106 f. Tese (Mestrado em Ciência) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG, 2001.
- FERNANDES, E. T. **Fotossíntese e crescimento inicial de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Vitória da Conquista – BA, 2012.
- FERRAZ, T. M. **Ecofisiologia de clones de eucalipto submetidos à restrição hídrica em condições de campo**. 2012. 138 f. Tese (Doutorado em produção vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ, 2012.
- KLIPPEL, V. H. et al. Impacto da deficiência hídrica no crescimento inicial de eucalipto. **Re.C.E.F.**, v.23, n.1, p.18-29, 2014.
- MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p.141-150, 2000.
- OTTO, M. S. G. et al. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**, v.37, n.3, p. 431-439, 2013.
- PEREIRA, M. R. R. et al. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Revista Irriga**, v. 11, n. 4, p. 518-531, 2006.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 126 p.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p. 1221-1230, 2001.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 918 p.
- TATAGIBA, S. D. et al. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Revista Cerne**, v.13, n.2, p. 149-159, 2007.
- TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; PENCHEL, R. M. Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.17, n.3, p. 179-189, 2009.
- VELLINI, A. L. T. T. et al. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p. 651-663, 2008.



**CRESCIMENTO DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA APÓS 13 ANOS DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTES SELETIVOS**

**GROWTH OF AN ARAUCARIA FOREST 13 YEARS AFTER APPLICATION OF DIFFERENT INTENSITIES OF SELECTIVE CUTS**

Régis Villanova Longhi<sup>1</sup> Anna Paula Lora Zimmermann Junior Oliveira Mendes Paulo Renato Schneider

**RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo analisar a recuperação do estoque inicial e crescimento em diâmetro, área basal e volume comercial com casca após 13 anos da aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos em uma Floresta Ombrófila Mista. Os tratamentos que receberam intervenções de manejo foram: T1-Corte Seletivo Leve (redução de 20-30% da área basal por classe de DAP); T2-Corte Seletivo Moderado (redução de 40-50% da área basal por classe de DAP), além do tratamento Testemunha-T0 (unidade sem intervenção). Os dados foram provenientes de quatro ocasiões de medição, ou seja, inventário pré-exploratório (2001) e três inventários de monitoramento (2006, 2010 e 2015), onde foram remeidos todos os indivíduos com  $DAP \geq 10$ cm presentes em cada tratamento para a obtenção dos incrementos periódicos anuais para cada variável. Verificou-se que, os cortes seletivos proporcionaram as maiores taxas de IPAd, IPA<sub>g</sub> e IPA<sub>v</sub>, indicando o benefício que a abertura do dossel proporcionou para o desenvolvimento dos indivíduos remanescentes. Para ambos os tratamentos de manejo, a floresta apresentou boa capacidade de recuperação de seu estoque inicial, podendo-se recomendar ciclos de corte inferiores a 13 anos para intervenções com redução de 20-30% da área basal e de até 20 anos para reduções em torno de 40-50% de redução da área basal por classe de diâmetro.

**Palavras-chave:** Floresta com araucária; incremento; manejo florestal

**ABSTRACT**

This study aimed to analyze the recovery of the initial inventory and growth in diameter, basal area and commercial volume after 13 years of different intensities application of selective cuts in an Araucaria forest. The treatments that received management interventions were: T1-Light Selective Cutting (reduction of about 20-30% of basal area per DBH class), T2-Moderate Selective Cutting (40-50% reduction of basal area per DBH class), beyond the control treatment – T0 (unit without intervention). Data were from three measurement occasions, with a Pre-harvest inventory (2001) and three monitoring inventories (2006, 2010 and 2015), where all individuals were re-measured with  $DAP \geq 10$ cm present in each treatment to obtain the annual regular increments for each variable. It was found that selective cuts have provided the highest rates of PAId, PAIg and PAIv, indicating the benefit that the opening of the canopy provided for the development of the remaining individuals. For both management treatments, the forest showed good resilience of its initial stock and can be recommended cutting cycles less than 13 years for procedures with reduction of 20-30% of the basal area and up to 20 years to reductions in around 40-50% reduction in basal area by diameter class.

**Keywords:** Araucaria forest; increase; forest management

**INTRODUÇÃO**

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com araucária ocorre, basicamente, nos estados da região Sul do Brasil e abriga uma das poucas coníferas de ocorrência subtropical no hemisfério Sul do continente americano: o pinheiro-brasileiro - *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Devido à exploração desordenada de sua madeira e expansão das áreas agrícolas ao longo do processo de colonização do sul do Brasil, sua ocorrência foi reduzida drasticamente. No estado do Rio Grande do Sul, dos 25% de cobertura original anteriormente existente (CARVALHO, 1994), restam apenas 3,25% da superfície do Estado coberta por Floresta Ombrófila Mista nos estágios iniciais, médios e avançados de sucessão (RIO GRANDE DO SUL, 2002).

Como resultado desse processo exploratório, as florestas nativas do Sul do Brasil encontram-se,

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS).

E-mail: regislonghi@yahoo.com.br

atualmente, impedidas por lei de manejo e utilização. Essa suspensão do aproveitamento madeireiro em florestas naturais, para Carrera et al. (2002), além dos efeitos diretos como a retração do desenvolvimento do setor florestal produtivo, a redução do número de empregos e o desestímulo a investimentos, provoca a perda de valor da floresta como uso econômico da terra. Para Schaaf et al. (2006), para que a Floresta Ombrófila Mista seja efetivamente preservada e continue oferecendo seus benefícios diretos e indiretos, não basta apenas o enrijecimento das leis ambientais, sendo também necessário gerar conhecimento acerca da estrutura dos remanescentes dessa formação florestal, auxiliando, assim, a elaboração de novas técnicas de manejo que permitam conservar e utilizar racionalmente esses recursos.

Sabe-se que, para se obter um aproveitamento racional e garantir a sobrevivência das florestas nativas, é necessária a aplicação de técnicas silviculturais adequadas, conforme o tipo de formação florestal. Schneider e Finger (2000) salientam que é preciso que, periodicamente, seja cortada apenas uma quantidade de madeira igual ao crescimento das árvores da floresta, proporcionando, assim, a perpetuação do estoque de madeira e da biodiversidade, o que requer longo prazo e a manutenção do equilíbrio do ecossistema, suporte básico de qualquer produção.

Diante disso, o monitoramento das florestas após intervenções de manejo é essencial para a manutenção da produtividade durante o planejamento da próxima ocasião de intervenção. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo principal verificar o comportamento do crescimento da floresta com o passar do tempo após aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos, em uma Floresta Ombrófila Mista no RS, visando trazer conhecimento do potencial de recuperação do estoque de crescimento, 13 anos após a realização dos cortes seletivos.

## MATERIAL E MÉTODO

A presente pesquisa foi realizada na Fazenda Tupi, pertence à Paludo Agropecuária S.A., empresa do grupo VIPAL, localizada no município de Nova Prata, nordeste do Estado do RS, região da Serra Gaúcha, entre as coordenadas 28°56' de latitude Sul e 51°53' de longitude Oeste de Greenwich. A área total da propriedade é de 962 ha, sendo 784 ha ocupados com Floresta Ombrófila Mista em estágios médio e avançado de desenvolvimento. O clima da região recebe a denominação de Subtropical IVb – muito úmido com inverno frio e verão fresco; caracterizado pela ocorrência de chuvas abundantes que oscilam entre 1700-2000 mm anuais, bem distribuídas durante todos os meses do ano, possuindo a temperatura média do mês mais quente entre 17°C e 23°C e a do mês mais frio oscilando entre 8°C e 14°C (ROSSATO, 2011). O solo pertence à unidade de mapeamento Durox, sendo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico (STRECK et al., 2002).

A estrutura amostral da presente pesquisa teve como base o experimento realizado por Borsoi (2004), o qual testou diferentes intervenções de manejo na floresta em unidades de 0,5 ha cada. As intervenções de manejo ocorreram no ano de 2002 e consistiram em rebaixar a curva de distribuição de frequência em relação à área basal nos seguintes níveis percentuais: Tratamento 1 = redução da curva de distribuição de frequência em 20% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 2 = redução de 30% do total da área basal; Tratamento 3 = redução de 40% do total da área basal; Tratamento 4 = redução de 50% do total da área basal, por classe de DAP.

Para o presente estudo, com a finalidade de tornar mais prático o estabelecimento das classes de grau de intervenção da floresta e também para aumentar a área amostral de cada tratamento, consideraram-se para os tratamentos que receberam intervenção de manejo, duas intensidades de corte seletivo, adaptados de Borsoi (2004): Tratamento 1 – Corte Seletivo Leve – Rebaixamento da curva de distribuição de frequência, com a retirada de cerca de 20-30% do total da área basal, por classe de DAP; Tratamento 2 – Corte Seletivo Moderado – Rebaixamento da curva de distribuição de frequência, com a extração de 40-50% do total da área basal, por classe de DAP. Dessa forma, a área amostral total do presente estudo é de 3,0 hectares, sendo que cada intensidade de corte seletivo possui área amostral de 1,0 ha, além do tratamento sem nenhuma intervenção (Testemunha), também com área de 1,0 ha.

Segundo com Borsoi (2004), na ocasião da realização dos cortes seletivos em cada tratamento, foi dada preferência aos indivíduos defeituosos, mortos e danificados e aos de maior densidade absoluta, desconsiderando-se o valor comercial das espécies, respeitando os critérios estabelecidos em cada tratamento.

A obtenção dos dados utilizados no presente estudo foi proveniente das seguintes ocasiões: Inventário pré-exploratório - realizado em 2001 e foi base para o planejamento das intervenções de manejo realizadas por Borsoi (2004); Inventários de monitoramento - realizado em 2006, 2010 e 2015 para o monitoramento da recuperação da floresta aos 4, 8 e 13 anos após as intervenções de manejo, respectivamente. Para cada monitoramento, remediram-se todas as árvores com CAP (circunferência à altura do peito)  $\geq 31,4$  cm (DAP  $\geq 10,0$  cm) presentes na parcela. Estas já estavam identificadas e numeradas com etiqueta de alumínio fixadas com prego a 1,25 metros da base da árvore, além de terem uma faixa amarela pintada em torno de 2 cm de largura na

altura do ponto de medição (1,30 m) com a finalidade de evitar erros de remedição subsequente da CAP.

Para a determinação do crescimento em volume comercial com casca entre os tratamentos de manejo, primeiramente foi estimado o volume comercial para cada indivíduo utilizando-se a equação volumétrica de Schumacher-Hall ( $\log V = b_0 + b_1 \log DAP + b_2 \log hc$ ), tendo seus coeficientes ( $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$ ) já definidos para espécies folhosas e para *Araucaria angustifolia* no Inventário de Florestas Nativas do Rio Grande do Sul, disponível em BRASIL (1983), e, após, somados para obter o volume total por tratamento.

Para a comparação do incremento periódico anual em diâmetro percentual para todas as árvores por classe de diâmetro presentes em cada tratamento de manejo, utilizou-se gráfico *box plot*, que incluiu uma breve análise da média com os limites de diferença superior (LS) e inferior (LI) calculados com nível de significância  $\alpha = 0,05$ . A análise foi realizada utilizando-se o procedimento PROC ANOM do sistema estatístico SAS. A fim de cumprir com os pressupostos, quando necessário, foi utilizado o método proposto por Box e Cox (1964) para estabilizar a variância por meio de uma potência lambda ( $\lambda$ ) estimada por máxima verossimilhança.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das variáveis dendrométricas, obtidas em cada ocasião de medição, para cada tratamento de manejo aplicado na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, Nova Prata, estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis dendrométricas para os diferentes tratamentos de manejo aplicados na floresta aos 4, 8 e 13 anos após as intervenções. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Table 1 – Dendrometric variables for different management treatments applied in the forest to 4, 8 and 13 years after the interventions. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Variável	Monitoramento				IPA	IPA
	2001	2006	2010	2015	2006-2010	2010-2015
<b>T0 - Testemunha (Sem intervenção)</b>						
Nº ind./ha	786	718	704	694		
DAP médio (cm)	20,4	21,0	21,4	22,0	0,1470	0,1577
G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	31,80	30,93	31,54	33,19	0,1531	0,3285
Vc c/c (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	176,14	172,11	177,25	188,19	1,2866	2,1884
<b>T1 – Corte Seletivo Leve (20-30% da G)</b>						
Nº ind./ha	632	557	627	667		
DAP médio (cm)	20,7	20,5	20,3	20,8	0,3051	0,3074
G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	26,62	23,39	25,93	29,02	0,6357	0,6181
Vc c/c (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	146,78	132,05	146,78	168,57	3,6837	4,3576
<b>T2 – Corte Seletivo Moderado (40-50% da G)</b>						
Nº ind./ha	643	444	486	543		
DAP médio (cm)	21,2	21,8	21,5	21,1	0,2645	0,2630
G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	27,45	20,26	22,02	24,30	0,4389	0,4643
Vc c/c (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	150,71	119,22	129,75	143,90	2,6336	2,8297

Em que: 2001 = 1 ano antes das intervenções; 2006, 2010, 2015 = 4, 8, 13 anos após as intervenções, respectivamente; G = área basal; Vc c/c = volume comercial com casca; IPA = incremento periódico anual (DAP em cm.ano<sup>-1</sup>; G em m<sup>2</sup>.ha.ano<sup>-1</sup>; Vc c/c em m<sup>3</sup>.ha.ano<sup>-1</sup>).

Em uma visão geral da evolução no decorrer do tempo dos parâmetros dendrométricos para cada um dos tratamentos de manejo (Tabela 1), verificou-se que ambas as intensidades de exploração (T1 e T2) apresentaram uma boa recuperação em relação a densidade, área basal e volume comercial inicial. Treze anos após às intervenções de manejo aplicadas na floresta, o tratamento Corte Seletivo Leve mostrou-se o mais eficiente, apresentando densidade de 667 ind.ha<sup>-1</sup>, 29,02 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal e 168,57 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, dados que, ao serem comparados com a ocasião anterior as intervenções (2001) comprovam a capacidade de recuperação inicial da floresta, e ainda com um acréscimo de 35 ind.ha<sup>-1</sup> na densidade absoluta, 2,4 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> na área basal e 21,79 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> em volume comercial com casca, sugerindo que, intervenções de manejo com redução da área basal entre

20-30%, podem assumir um ciclo de corte inferior a 13 anos.

Já o tratamento Corte Seletivo Moderado, ainda apresenta um déficit de 100 ind.ha<sup>-1</sup> na densidade absoluta, 3,15 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> em área basal e 6,81 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> em volume comercial com casca em relação ao momento anterior as intervenções. Esse fato sugere que intervenções de manejo com intensidade de exploração em torno de 40-50% da área basal, requerem maior tempo para recuperar seu estoque inicial. Considerando-se que o incremento em área basal para esse tratamento no último período foi de 0,4643 m<sup>2</sup>.ha.ano<sup>-1</sup>, o mesmo ainda necessitaria de cerca de 7 anos para total recuperação, sugerindo ciclos de corte até 20 anos.

Em relação ao incremento periódico anual em diâmetro (IPAd), área basal (IPAg) e volume comercial com casca (IPAv), observou-se que os tratamentos que receberam cortes seletivos (T1 e T2) apresentaram os maiores valores em relação ao tratamento que não sofreu nenhuma intervenção (T0), demonstrando o efeito positivo do manejo aplicado em relação ao incremento das árvores remanescentes. As maiores taxas de incremento foram observadas no tratamento Corte Seletivo Leve, que para o período compreendido entre 8 e 13 anos após as intervenções de manejo, obteve 0,3074 cm.ano<sup>-1</sup> de IPAd, 0,6181 m<sup>2</sup>.ha.ano<sup>-1</sup> de IPAg e 4,3576 m<sup>3</sup>.ha.ano<sup>-1</sup> de IPAv. Esses valores demonstram um ganho de cerca de 95%, 88% e 99% para o incremento periódico anual médio em diâmetro, área basal e volume, respectivamente, em relação ao tratamento sem intervenção de manejo (T0). Já o tratamento Corte Seletivo Moderado, nesse mesmo período, apresentou valores de 0,2630 cm.ano<sup>-1</sup>, 0,4643 m<sup>2</sup>.ha.ano<sup>-1</sup> e 2,8297 m<sup>3</sup>.ha.ano<sup>-1</sup> em IPAd, IPAg e IPAv, respectivamente. Em relação ao tratamento sem intervenção de manejo (T0), esses valores demonstram um ganho de cerca de 67%, 41% e 29% para essas mesmas variáveis, respectivamente.

Para o comportamento do incremento periódico anual entre os dois períodos de análise (entre 4-8 anos e 8-13 anos após as intervenções), observou-se pequena variação entre os períodos, demonstrando que, 13 anos após a aplicação dos cortes seletivos, a floresta ainda reflete maiores taxas de incremento proporcionadas pela abertura do dossel com a execução dos cortes seletivos.

O desenvolvimento do incremento periódico anual em diâmetro percentual IPAd% por classe de DAP, em cada tratamento de manejo e em cada período de análise, foi representado por um gráfico *box plot*, que incluiu uma breve análise da média (ANOM) com os limites de diferença superior e inferior calculados com nível de significância  $\alpha = 0,05$  (Figura 1). No tratamento sem intervenção de manejo (T0) verificou-se que a média ponderada do incremento periódico em diâmetro percentual apresentou uma pequena variação entre as classes diamétricas, não havendo diferenças entre as mesmas em nenhum dos dois períodos. Essa pequena variação pode estar associada ao elevado grau de competição em que se encontra a floresta em geral, estando de certa forma estagnada ou não tendo condições favoráveis para desenvolver seu crescimento máximo.

Para os tratamentos que receberam cortes seletivos, no período compreendido de 4 a 8 anos após as intervenções, o IPAd% apresentou as maiores taxas na primeira classe de diâmetro, diferindo estatisticamente das demais classes. Esse fato pode ser explicado pela liberação de árvores durante a realização dos cortes seletivos, proporcionando, assim, condições para o indivíduo desenvolver todo seu potencial de crescimento. Além disso, esse maior incremento nas classes iniciais pode estar atribuído às características ecológicas das espécies presentes, uma vez que, espera-se que com a maior abertura do dossel, espécies de ciclo curto e de rápido crescimento (pioneiras e secundárias iniciais) estabeleçam-se mais facilmente que espécies de ciclo longo (climáceas). A variação no IPAd% nessa classe de diâmetro foi de 0,04% até 11,62% (coeficiente de variação = 64,7%) para o tratamento Corte Seletivo Leve (T1) e de 0,06% até 11,91% (coeficiente de variação = 70,7%) para o tratamento Corte Seletivo Moderado (T2). As menores taxas de incremento foram observadas nas classes intermediárias/superiores (40cm ≤ DAP ≤ 60cm para o T1 e 40cm ≤ DAP ≤ 50cm para o T2).

Já para o período entre 8 e 13 anos após as intervenções de manejo, os tratamentos que receberam cortes seletivos continuaram apresentando taxas em IPAd% mais elevadas que o tratamento sem intervenção de manejo. Para o tratamento Corte Seletivo Leve (T1), o IPAd% não diferiu estatisticamente entre as classes, tendendo a uma diminuição com o aumento do diâmetro das árvores. Por outro lado, para o tratamento Corte Seletivo Moderado (T2), constatou-se o mesmo comportamento observado no primeiro período, ou seja, maior incremento na primeira classe de diâmetro, diferindo estatisticamente das demais classes e tendo a classe 40 ≤ DAP ≤ 50 cm com os menores valores de IPAd%.

Os menores valores de IPAd% para o tratamento sem intervenção de manejo (T0) ressalta que mesmo intervenções de baixa intensidade resultam em maiores taxas de incrementos quando comparadas às áreas não exploradas confirmando assim, a grande importância de se realizar aberturas controladas na floresta, como forma de aumentar as taxas de crescimento das árvores remanescentes, conduzindo-a a uma estrutura mais produtiva.

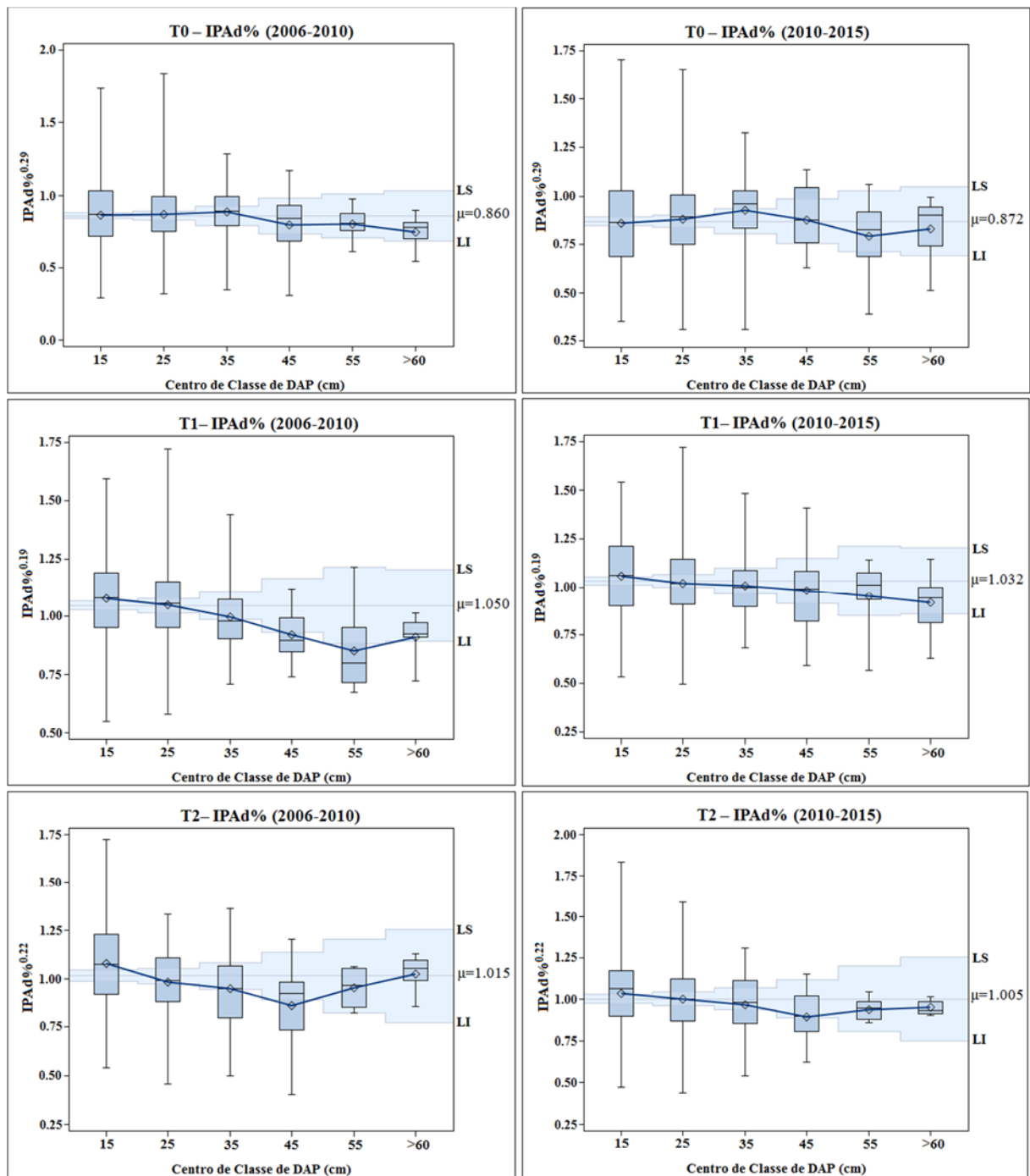


Figura 1 – Incremento periódico anual em diâmetro relativo transformado, entre os períodos de 2006 a 2010 e 2010 a 2015, por classe de diâmetro, em cada tratamento de manejo aplicado. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

Figure 1 – Annual periodic increment in diameter, between the periods 2006-2010 and 2010-2015, by diameter class, in each silvicultural treatment applied. Fazenda Tupi, Nova Prata, RS.

## CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, após 13 anos da aplicação de diferentes intensidades de cortes seletivos na Floresta Ombrófila Mista da Fazenda Tupi, Nova Prata, RS, chegou-se as seguintes conclusões:

a) Os tratamentos que receberam cortes seletivos apresentaram as maiores taxas de IPAd, IPAg e IPAv em relação ao tratamento sem intervenção de manejo, indicando o benefício que a abertura do dossel, independente da intensidade dos cortes seletivos, proporcionou para o desenvolvimento dos indivíduos remanescentes. Além disso, os incrementos seguem apresentando taxas elevadas, uma vez que foi observado pouca variação entre os períodos analisados;

b) Para ambos os tratamentos de manejo, a floresta apresentou boa capacidade de recuperação de seu estoque inicial, podendo-se recomendar ciclos de corte inferiores a 13 anos para intervenções com redução de 20-

30% da área basal e de até 20 anos para reduções em torno de 40-50% de redução da área basal por classe de diâmetro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORSOI, G. A. **Subsídios para o manejo de uma Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado de regeneração natural**. 2004. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Inventário Florestal Nacional: Florestas Nativas do Rio Grande do Sul**. Brasília: Edit. Gráfica Brasileira Ltda., FATEC, 1983. 345p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas Florestais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640p.
- CARRERA, F.; LOUMAN, B.; GALLOWAY, G.; CARMINO, R. de. Relación Estado-manejo forestal. In: VILCHEZ, L. O. (Ed.). **Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales**. Turrialba: CATIE, 2002. p. 27- 98.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMA, 2002. 706 p.
- ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: Variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 240 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- SCHAAF, L. B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979-2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidêneas heterogêneas**. Santa Maria: Imprensa Universitária/UFSM, 2000. 195p.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2002. 107 p.

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DO TRONCO EM EUCALIPTOS PLANTADOS SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NO BIOMA PAMPA GAÚCHO**

**GROWTH AND BIOMASS PRODUCTION OF STEM WOOD IN EUCALYPTUS PLANTED UNDER DIFFERENT SPACING IN PAMPA BIOME**

Claudiney Couto Guimaraes<sup>1</sup> Mauro Valdir Schumacher Huan Pablo Souza Grasielle Dick Bernardo Corso  
Frantz Dione Richer Momolli

**RESUMO**

O trabalho objetivou avaliar o crescimento e a produção de biomassa do tronco com casca para fins comerciais em povoamentos com eucaliptos estabelecidos no Bioma Pampa do Rio Grande do Sul. Para se determinar as variáveis de crescimento, inicialmente realizou-se um inventário das unidades amostrais seguido da distribuição em três classes diamétricas. Foram selecionadas três árvores por classe diamétrica para a determinação da biomassa do tronco com casca. As árvores selecionadas (9 árvores por espécie) foram seccionadas ao nível do solo e cubadas considerando-se como diâmetro mínimo para fins comerciais 8 cm. A biomassa no campo foi determinada através da pesagem de todo o tronco com casca. Coletaram-se amostras representativas dos troncos com casca, que foram processadas no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais – UFSM. A estimativa da biomassa do tronco com casca foi determinada através da extrapolação com base na massa seca das amostras. O maior incremento médio anual foi verificado no *Eucalyptus saligna* – 58,91 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sendo 14, 18 e 39% maior em relação ao *Eucalyptus grandis* – 50,80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, *Eucalyptus urograndis* – 48,60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e *Eucalyptus dunnii* – 36,03 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A maior biomassa observada no tronco com casca foi verificada no *Eucalyptus saligna* – 219 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo 17% maior em relação ao *Eucalyptus urograndis* – 182 Mg ha<sup>-1</sup> e *Eucalyptus grandis* – 180 Mg ha<sup>-1</sup> e 32% maior em relação ao *Eucalyptus dunnii* – 150 Mg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** manejo florestal; solos florestais; nutrição florestal.

**ABSTRACT**

The study aimed to evaluate the growth and biomass production of the stem wood over bark for commercial purposes in stands with eucalyptus established in Pampa Biome of Rio Grande do Sul. To determine the growth variables, initially held an inventory of sample units followed by distribution into three diameter classes. Three trees per diametric class were selected for determining of the stem wood over bark biomass. The selected trees (9 trees by species) were cut at soil level and scaled considering as minimum diameter for commercial purposes 8 cm. The field biomass was determined by weighing the entire stem over bark. Representative samples of logs over bark were collected, which were processed in the Forest Ecology Laboratory, Department of Forest Sciences - UFSM. The estimate of the biomass of the stem wood over bark was determined by extrapolation based on the dry weight of samples. The highest mean annual increment was observed in *Eucalyptus saligna* – 58.91 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, 14, 18 and 39% higher compared to the *Eucalyptus grandis* – 50.80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, *Eucalyptus urograndis* – 48.60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and *Eucalyptus dunnii* – 36.03 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectively. The highest biomass observed in the stem over bark was found in *Eucalyptus saligna* – 219 Mg ha<sup>-1</sup>, 17% higher compared to *Eucalyptus urograndis* – 182 Mg ha<sup>-1</sup> and *Eucalyptus grandis* – 180 Mg ha<sup>-1</sup> and 32% higher than the *Eucalyptus dunnii* – 150 Mg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** forest management; forest soils; forest nutrition.

**INTRODUÇÃO**

O Bioma Pampa do Rio Grande do Sul está distribuído em uma superfície de 178.243 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 63% do território estadual e a 2,07% do território brasileiro (HASENACK et al., 2007). Devido à extensão de áreas degradadas disponíveis para a cultura do eucalipto e pinus neste ecossistema, observa-se que as plantações comerciais em escala para fins industriais tem se intensificado, evidenciado pelos investimentos em projetos de produção de madeira para o segmento de celulose/papel e produtos sólidos (GUIMARÃES, 2014).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal, Doutorando em Silvicultura do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: claudiney.couto@hotmail.com

Por ser o eucalipto uma espécie de rápido crescimento, e consequentemente com alta produção de biomassa e acúmulo de nutrientes, questionamentos estão sempre sendo provocados para discutir os impactos e a sustentabilidade da cultura no ambiente edáfico e suas demais interações, principalmente em regiões que tradicionalmente não conviviam com a prática da silvicultura de espécies perenes em escala industrial.

Barros e Comerford (2002) destacam que os plantios de eucalipto têm sido realizados em diversos tipos de solos que apresentam teores disponíveis e totais de nutrientes numa faixa bastante ampla o que propicia uma variabilidade nos ganhos em produtividade. Para Barros e Novais (1990), os maiores ganhos variam com a qualidade do sítio, com o aumento do número de rotações, com a exigência nutricional e com o potencial de crescimento do genótipo, dentre outros. Porém, para Schneider (1993), a densidade do povoamento, depois da capacidade produtiva do sítio, é o segundo fator em importância para a determinação da produtividade de um local, além disso, é o principal fator que o silvicultor pode manejar durante o desenvolvimento dos povoamentos.

O presente trabalho objetivou avaliar o crescimento e a produção de biomassa do tronco com casca para fins comerciais em povoamentos com eucaliptos estabelecidos no Bioma Pampa do Rio Grande do Sul (RS).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do sítio

O presente estudo foi realizado nos municípios de Alegrete e São Francisco de Assis – RS, em três áreas plantadas com quatro materiais genéticos sendo: uma área com híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*Eucalyptus urograndis*), localizada na Fazenda Cabanha da Prata; uma área com mudas seminais de *Eucalyptus dunnii* e uma área com *Eucalyptus grandis*, localizadas na Fazenda Chica Barbosa; e uma área com mudas clonais de *Eucalyptus saligna*, localizada na Fazenda Antoniazzi.

As áreas pertencem à StoraEnso Florestal – RS, com coordenadas geográficas centrais de 55° 32' 53" de longitude oeste e 29° 47' 60" de latitude sul (Fazenda Cabanha da Prata – Alegrete), 55° 34' 38" de longitude oeste e 29° 46' 43" de latitude sul (Fazenda Chica Barbosa – Alegrete) e 55° 19' 26" de longitude oeste e 29° 33' 44" de latitude sul (Fazenda Antoniazzi – São Francisco de Assis).

O clima da região de acordo com a classificação apresentada por Maluf (2000) é considerado subtropical úmido, com geadas de maio a agosto, e calor intenso, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, sendo a temperatura média do mês mais frio de 9 °C, do mês mais quente > 22 °C e temperatura média anual > 18 °C. A precipitação apresenta índices pluviométricos variando de 1.250 a 1.500 mm.

O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo Streck et al., (2008) o solo apresenta baixa fertilidade natural, possui textura Franca a Franco-arenosa e teores de argila entre 20 e 55 % (Tabela 1), com densidade aparente considerada adequada para culturas comerciais (REINERT & REICHERT, 2001).

TABELA 1: Média dos atributos físicos e químicos do solo nas áreas implantadas com eucalipto aos 7 anos de idade no Bioma Pampa.

TABLE 1: Means of physical and chemical attributes of the soil in the areas implanted with eucalyptus to 7 year-old in Pampa Biome.

Prof (cm)	Densidade g cm <sup>3</sup>	Distribuição das partículas %				MO %	pH (H <sub>2</sub> O)	CTC <sub>efet.</sub> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
0-20	1,5	29	11	37	24	1,8	4,3	4,3	1,0
20-40	1,5	24	11	35	29	1,4	4,5	4,7	1,1
40-100	1,3	19	11	32	38	1,3	4,6	5,4	1,5
Prof (cm)	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	P	K	S	B	Cu	Zn	V	m %
0-20	0,6	9,1	44,0	8,0	0,6	1,3	1,2	8,6	60,0
20-40	0,7	2,2	17,3	5,5	0,3	1,3	0,6	8,8	60,0
40-100	0,9	0,9	12,3	5,9	0,3	1,2	0,2	11,0	54,0

Para a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), o solo apresenta baixo teor de matéria orgânica ( $\leq 2,5$ ); pH em água muito baixo ( $\leq 5,0$ ); teor de Ca trocável baixo ( $< 2,0$  cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); teor de Mg trocável médio (0,6 – 1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); teor de S alto ( $> 5$  mg dm<sup>-3</sup>); teor de P disponível muito baixo ( $\leq 5,0$  mg dm<sup>-3</sup>); teor de K trocável de médio a alto (30 – 90 mg dm<sup>-3</sup>); teor de B, Cu e Zn alto ( $> 0,3$   $> 0,4$  e  $> 0,5$  mg dm<sup>-3</sup> respectivamente), saturação por Al muito alta ( $> 40\%$ ) e saturação por bases muito baixa ( $< 45\%$ ).



### Aspectos silviculturais

Os plantios foram realizados manualmente, em setembro de 2007, com densidade inicial de 1142 plantas  $\text{ha}^{-1}$  (3,5 m x 2,5 m), para *Eucalyptus urograndis*, na fazenda Cabanha da Prata e *Eucalyptus saligna*, na fazenda Antoniazzi e com densidade inicial de 1428 plantas  $\text{ha}^{-1}$  (3,5 m x 2,0 m), para *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis* na fazenda Chica Barbosa.

Foram realizadas três fertilizações pós-plantio, sendo a primeira 15 dias após o plantio, utilizando a fórmula N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O de 06-30-06 + 0,6% B, 126,5 kg  $\text{ha}^{-1}$ . A segunda adubação foi realizada aos 90 dias pós-plantio, utilizando a fórmula 20-05-20 + 0,2% Bo + 0,4% Zn, 140 kg  $\text{ha}^{-1}$ . A terceira, aos 270 dias, utilizando a fórmula 22-00-18 + 1% S + 0,3% B, 140 kg  $\text{ha}^{-1}$ .

### Metodologia usada na avaliação do crescimento e da produção da biomassa do tronco comercial

Os dados foram coletados em setembro de 2014, quando os povoamentos encontravam-se com sete anos de idade. Para se determinar as variáveis de crescimento, inicialmente realizou-se um inventário das unidades amostrais. Foram instaladas quatro parcelas (10 m x 30 m) distribuídas de forma aleatória, para as quatro espécies do estudo, mediram-se todos os DAPs com fita diamétrica e todas as alturas das árvores nas parcelas com hipsômetro Vertex. Após as medições realizou-se a distribuição por classe diamétrica onde se determinou três classes, sendo a primeira classe de 10 a 16 cm, a segunda de 16,1 a 22 cm e a terceira classe de 22,1 a 28 cm (Figura 1).

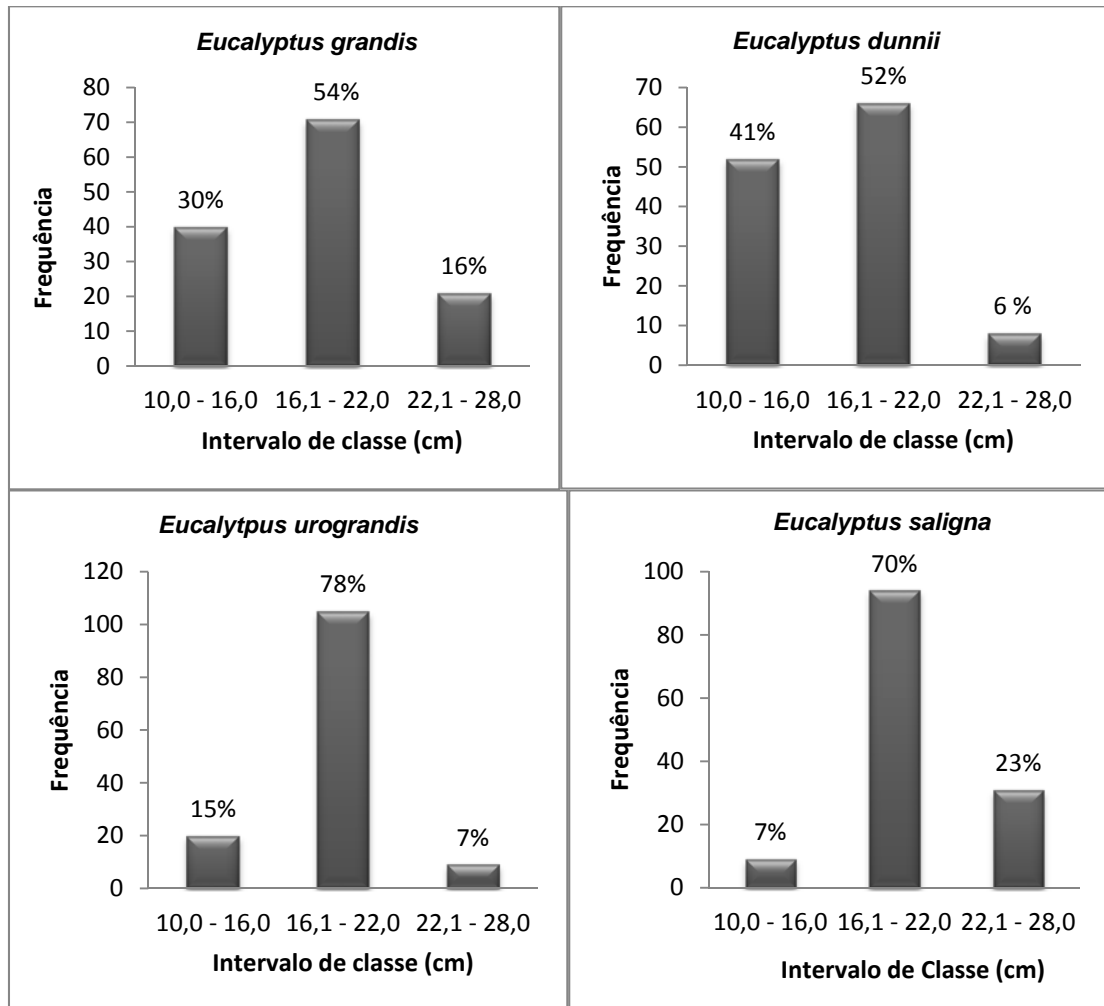


FIGURA 1: Distribuição por classe diamétrica, para *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus saligna* com 7 anos de idade no Bioma Pampa.

FIGURE 1: Diametric class distribution for *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus saligna* to 7 year-old in Pampa Biome.

Para a determinação da biomassa do tronco com casca, foram selecionadas três árvores por classe diamétrica sendo uma árvore no limite inferior, uma árvore no limite central e uma árvore no limite superior de cada classe, totalizando nove árvores por espécie. As árvores selecionadas foram seccionadas ao nível do solo,

cubadas pela metodologia proposta por Smalian, conforme descrito por HUSCH et al. (1982), considerando-se como diâmetro mínimo, para o tronco com casca, na ponta fina de 8 cm. A biomassa no campo foi determinada através da pesagem de todo o tronco com casca, utilizando-se balança de gancho.

Coletaram-se amostras representativas dos troncos com casca, que foram pesadas com balança de precisão e encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais – UFSM para se determinar as respectivas massas secas. A estimativa da biomassa do tronco com casca foi determinada através da extrapolação com base na massa seca observada nas amostras para as árvores individuais selecionadas por parcela e após determinada a biomassa seca na parcela utilizou-se o mesmo procedimento de extrapolação para se determinar a biomassa seca por hectare.

### Procedimentos estatísticos

O contraste das médias foi tratado através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, onde cada árvore analisada correspondia a uma repetição para cada variável avaliada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior incremento médio anual (IMA) foi verificado no *Eucalyptus saligna*, sendo 14, 18 e 39% maior em relação ao *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus dunnii*, respectivamente (Tabela 2). Este comportamento, possivelmente pode estar associado ao melhoramento genético do *Eucalyptus saligna*, por ser proveniente de mudas clonais obtidas de matrizes desenvolvidas no Rio Grande do Sul.

Observa-se uma diferença expressiva de IMA entre *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii* neste sítio, esta condição pode ser explicada pela maior frequência (41%) das árvores do *Eucalyptus dunnii* estarem na classe diamétrica de 10 a 16 cm (Figura 1) e pela menor sobrevivência entre as espécies avaliadas (Tabela 2).

Entretanto, esta diferença é menor em outros solos cultivados com *Eucalyptus dunnii* pela empresa StoraEnso no RS, onde verificou-se, IMA de até 48 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, de acordo com os dados do inventário registrados para esta espécie (STORAENSO RS, 2013), o que pode estar relacionado à fertilidade do solo e à procedência do material genético.

TABELA 2: Características dendrométricas em plantações de Eucaliptos aos 7 anos de idade no Bioma Pampa.  
TABLE 2: Dendrometric characteristics in Eucalyptus plantations to 7 years-old in Pampa Biome.

Variável	<i>Eucalyptus urograndis</i>			<i>Eucalyptus grandis</i>			<i>Eucalyptus dunnii</i>			<i>Eucalyptus saligna</i>		
	Média	$\sigma$	CV	Média	$\sigma$	CV	Média	$\sigma$	CV	Média	$\sigma$	CV
DAP (cm)	18,82a	3,01	15,97	18,34a	4,64	25,30	16,90a	3,68	21,77	19,80a	4,63	25,28
Altura (m)	19,48a	2,86	14,68	19,47a	6,09	31,27	15,88b	4,27	26,88	20,1a	3,51	17,40
G (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	30,93a	0,01	28,59	30,48a	0,01	51,79	21,00b	0,01	41,91	30,93a	0,19	54,03
Volume árvore (m <sup>3</sup> )	0,33b	0,1	29,24	0,35b	0,21	59,49	0,26c	0,14	56,21	0,40a	0,12	29,84
N (plantas ha <sup>-1</sup> )	1031			1016			970			1031		
IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	48,60			50,80			36,03			58,91		
Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	340,23			355,60			252,20			412,40		
Sobrevivência %	93,40			71,15			67,93			90,20		

Onde: DAP= Diâmetro médio à altura do peito; IMA= Incremento médio anual;  $\sigma$  = Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação em %. Letras iguais na horizontal, não diferem estatisticamente entre as espécies ao nível de 0,05 de significância, pelo teste de Tukey.

Seguindo a mesma tendência do IMA, a maior biomassa observada no tronco com casca (Figura 2) foi verificada no *Eucalyptus saligna*, sendo 17% maior em relação ao *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus grandis* e 32% maior em relação ao *Eucalyptus dunnii*, principalmente para *Eucalyptus dunnii* verifica-se uma redução na diferença entre o IMA e a biomassa (39 – 31%) em relação ao *Eucalyptus saligna*, o que provavelmente está associado a maior densidade básica na madeira desta espécie.

Vieira et al. (2015) avaliando o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, aos 10 anos de idade, no município de Eldorado do Sul – RS, identificaram na biomassa do tronco com casca 189 Mg ha<sup>-1</sup>, valores semelhantes a este estudo.

Fatores genéticos (melhoramento e procedências), edafo-climáticos e de manejo estão relacionados diretamente a capacidade de produção das espécies, porém Barros e Comerford (2002) explicam que a grande variabilidade da produtividade das plantações com o eucalipto nas diferentes regiões está associada,

principalmente, aos diferentes solos onde a espécie é cultivada, que apresentam teores disponíveis e totais de nutrientes numa faixa bastante ampla.

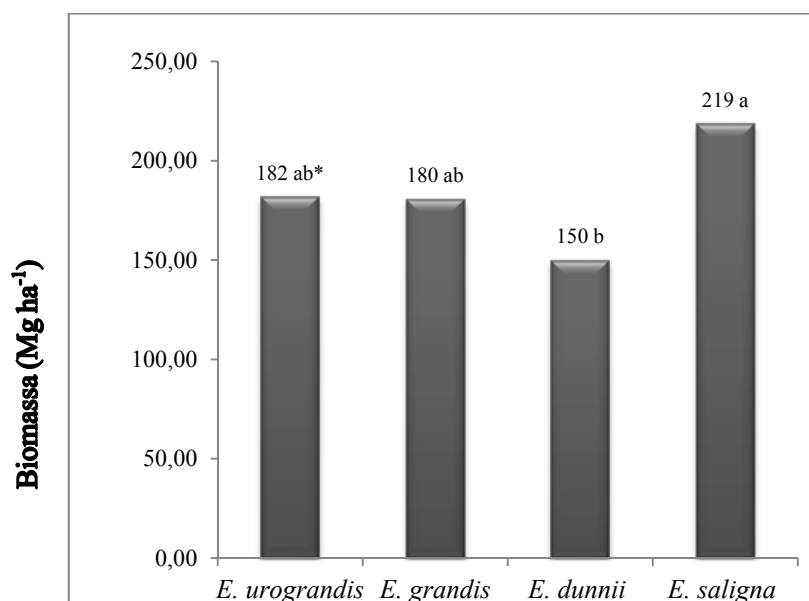


FIGURA 2: Biomassa do tronco com casca em plantações de eucalipto com 7 anos de idade no Bioma Pampa.

FIGURE 2: Biomass of stem wood over bark in eucalyptus plantations to 7 year-old in pampa biome.

\*Letras iguais não diferem estatisticamente entre as espécies ao nível de 0,05 de significância, pelo teste de Tukey.

Neste contexto, Hernández et al. (2009), destacam que as concentrações e as quantidades dos nutrientes nos diversos componentes das árvores de eucalipto, bem como a sua produção de biomassa tem relação direta com a densidade de plantio e a fertilidade do solo.

Guimarães et al. (2015), em um estudo de crescimento com *Eucalyptus saligna*, aos dois anos de idade, em solos arenosos, nos municípios de São Francisco de Assis e Unistalda – RS, verificaram decréscimo de até 50% nos parâmetros de crescimento devido a saturação por Al, a saturação por bases e o teor de Mg trocável.

Outro aspecto importante está relacionado ao espaçamento de plantio. Bernardo et al. (1988), observaram em povoamento de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus camaldulensis* que o diâmetro, a produção de biomassa por árvore aumentam conforme o aumento do espaçamento, mas a produção total da biomassa por hectare diminui. Porém, os resultados observados neste estudo apresentaram uma maior produção de biomassa no arranjo espacial 3,5 m x 2,5 m, para *Eucalyptus saligna* em relação ao 3,5 m x 2,0 m para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*.

Para *Eucalyptus dunnii*, devido à tolerância a baixas temperaturas e propriedades física e química da madeira adequada para a produção de celulose, sugere-se uma avaliação das procedências desta espécie nas áreas cultivadas pela empresa, com o objetivo de selecionar os indivíduos que apresentam os melhores comportamentos de crescimento para servir de base para um programa de melhoramento genético.

## CONCLUSÕES

O maior crescimento foi observado no *Eucalyptus saligna*, seguido pelo *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus dunnii*.

A maior produção de biomassa do tronco com casca foi observada no *Eucalyptus saligna*, seguido pelo *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a StoraEnso Florestal RS pelo apoio logístico e financeiro para a realização deste trabalho e ao Laboratório de Ecologia Florestal pelas análises das amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ, V. V. H.; et al. eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Folha de Viçosa, 2002. v.2. p.487-592
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação Solo Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.127-181.
- BERNARDO, A.L., et al. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 104. 1–13, 1998.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- GUIMARÃES, C. C. **Biomassa e Nutrientes em plantios de Eucaliptos no Bioma Pampa**. 2014. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- GUIMARÃES, C. C. et. al. Limitações químicas ao crescimento inicial de *Eucalyptus saligna* em solos arenosos do Pampa Gaúcho: estudo de caso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 7, p. 1183 – 1190, jul, 2015.
- HERNÁNDEZ, J. et al. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 2 p. 92–99, 2009.
- HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.P.; COSTA, B.S.C. 2007. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: DALL'AGNOLL, M.. et al (Ed.) II SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, cap. 2. p. 15-21.
- HUSCH, B.; MILLER, C. L.; BEERS, T. W.; **Forest Mensuracion**. 3 ed. New York, Jonh Wiley & Sons, 1982. 401p.
- MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p. 141-150, 2000.
- REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R. ; PETRY, M. ; ROSA, G. & CERETTA, C.A. **Irrigação por Aspersão no Rio Grande do Sul**, Santa Maria, 2001. p. 114-131.
- SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 1993. 348 p
- STORAENSO. **Inventário Florestal das Plantações no Rio Grande do Sul**. (Relatório de Inventário). Dados não publicados. 2013.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, EMATER/RS, 2008. 107p.
- VIERA, M. et al. Implicações nutricionais com base em diferentes intensidades de colheita da biomassa de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 3, p. 432 – 439, mar, 2015.

CRESCIMENTO E REGENERAÇÃO NATURAL DE *Astronium lecointei* EM ÁREA MANEJADA NA  
FORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS

GROWTH AND NATURAL REGENERATION OF *Astronium lecointei* IN MANAGED AREA IN  
NATIONAL TAPAJÓS FORESTRY

Lia de Oliveira Melo Giselli Castilho Moraes<sup>1</sup>

RESUMO

A observação da regeneração natural e crescimento diamétrico de uma floresta sob regime de manejo são imprescindíveis para a manutenção da estrutura e das funções ecológicas das espécies para sua futura utilização. A *Astronium lecointei* é uma das espécies madeireiras mais comercializadas e faz parte do rol das espécies colhidas na Floresta Nacional do Tapajós, possui massa específica de 0,81g/cm<sup>3</sup>. É uma madeira muito durável e fácil de ser trabalhada, pois permite excelente acabamento. O objetivo deste trabalho foi determinar taxas de crescimento, analisar a mortalidade e ingressos no estrato arbóreo e na regeneração natural de *Astronium lecointei* e compreender o desempenho da espécie em área manejada na Floresta Nacional do Tapajós. O estudo foi realizado com base em 53 parcelas permanentes (13,25ha amostrados) instaladas e medidas antes e após a colheita de madeira em 6 unidades de produção anual em área manejada pela Cooperativa Mista da Floresta Nacional do Tapajós. Os resultados mostraram que a espécie teve uma redução de 0,18 indivíduos/ha, 0,10 m<sup>2</sup>/ha, 1,37 m<sup>3</sup>/ha após a colheita de madeira. Apresenta distribuição regular pelo índice de McGuinnies com crescimento médio anual em diâmetro de 0,49 cm/ano. A maior taxa foi obtida mediante exposição completa da copa à luz solar com crescimento médio de 0,73 cm/ano, superior àquela com copa parcialmente iluminada e com copa completamente coberta por árvores vizinhas, mostrando assim a influência positiva da luz para o crescimento da espécie. A distribuição diamétrica de *Astronium lecointei* segue a configuração j invertido, comum às florestas inequiâneas. Durante o período monitorado não ocorreram ingressos, nem mortalidade natural da espécie.

**Palavras-chave:** manejo florestal; monitoramento; parcela permanente; inventário florestal.

ABSTRACT

The observation of natural regeneration and diameter growth of a forest under management regime are essential for the maintenance of the structure and ecological functions of the species for future use. *Astronium lecointei* It is one of the most traded timber species and makes the list of most traded species in the forest of the National Tapajós Forestry. It has density of 0.81g/cm<sup>3</sup>. And a very durable wood and easy to work because it allows excellent finish. The objective of this study was to determine growth rates, analyze the mortality and recruitment in arboreal stratum and natural regeneration *Astronium lecointei* and understand the performance of the species managed area in the National Tapajós Forestry. The study was conducted based on 53 permanent plots (13,25ha sampled) installed and measured before and after the timber harvest in 6 annual production units in an area managed by the Mixed Cooperative of the National Tapajós Forest. The results showed that the species was reduced 0.18 individuals/ha, 0,10 m<sup>2</sup>/ha, 1,37m<sup>3</sup>/h after the timber harvesting. It presents regular distribution by Mc-Ginnies index with average annual growth in diameter of 0.49 cm/year. The highest rate was achieved through full exposure of the canopy to sunlight with an average growth of 0.73 cm/year, higher than those with partially illuminated canopy and canopy completely covered by neighboring trees, thus showing the positive influence of light for growth species. The diameter distribution of *Astronium lecointei* follows the inverted j setting, common to uneven-aged stands forests. During the monitored period there were no tickets or natural mortality of the species

**Keywords:** forest management; monitoring; permanent plot; forest inventory

INTRODUÇÃO

O manejo sustentável, ou bom manejo, é a melhor solução para a exploração racional de madeira e outras riquezas não-madeireiras da floresta. Uma floresta bem manejada continuará oferecendo essas riquezas para as gerações futuras, pois a madeira e seus outros produtos são recursos renováveis.

O inventário florestal contínuo é realizado com unidades amostrais denominadas parcelas permanentes. Esta ferramenta visa analisar e acompanhar o desenvolvimento estrutural de uma floresta ao longo do tempo por

<sup>1</sup>Autor para correspondência

Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA. E-mail: giselli.moraes14@hotmail.com

meio de mensurações sucessivas, abordando indivíduos desde a regeneração natural até árvores adultas. (MIRANDA, 2014).

Estudos sobre a dinâmica de espécies arbóreas comerciais são de extrema importância para dar suporte ao manejo florestal, pois informações básicas, como crescimento em volume e diâmetro, ingresso, sobrevivência e mortalidade, associadas à formação de clareiras, são importantes para preconizar os melhores tratamentos silviculturais para beneficiar determinadas espécies (QUADROS et. al, 2013).

A espécie *Astronium lecointei* pertence à família Anacardiaceae, e possui os seguintes nomes populares: aderno-preto, aroeira, aroeirão, baracatiara, gibatão-rajado, gomável, gonçaleiro, gonçalo, gonçalo-alves, maracatiara, maracatiara-branca, muiracoatiara, muiracoatiara-preta, muiraquatiara, pau-gonçalo, sanguessugueira (IBAMA, 2013). É uma madeira muito pesada, e sua massa específica básica é de 0,81g/cm<sup>3</sup> (ANPM, 2013). O cerne e o alburno são distintos pela cor, com o cerne variável do bege-rosado ao castanho-escuro-avermelhado, a madeira de muiracoatiara é muito durável, é fácil de ser trabalhada e permite excelente acabamento. A muiracoatiara é indicada para fabricação de assoalhos, lâminas decorativas, forros, rodapés, embarcações, móveis e artigos domésticos decorativos, torneados, artigos domésticos utilitários, painéis e instrumentos musicais. (NAHUZ, 2007; IBAMA, 2013).

Na tentativa de compreender o comportamento da estrutura florística após exploração, principalmente das espécies contempladas no primeiro corte, a análise fitossociológica e o monitoramento em parcelas permanentes (inventário contínuo) são ferramentas imprescindíveis que auxiliam no entendimento da dinâmica sucessional florestal, garantido que o manejo florestal promova a sustentabilidade ecológica. (REIS, et, al. 2000)

O objetivo deste trabalho é determinar as taxas de crescimento e regeneração natural, analisar a mortalidade e o ingresso de *Astronium lecointei* na floresta e compreender o desempenho da espécie em área manejada na Floresta Nacional do Tapajós.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

A pesquisa foi realizada na Floresta Nacional do Tapajós no município de Belterra-Pará, ao longo da Rodovia Santarém-Cuiabá à altura dos quilômetros 83, 72 e 67, entre as coordenadas 2° 40' e 4° 10' de S; 54° 45' e 55° 30' W. O clima da região é do tipo Ami, de acordo com a classificação de Koppen clima tropical com uma estação seca de 2 a 3 meses por ano e precipitação anual acima de 2000mm, com temperatura mínimas de 18,4 °C e máximas de 32,6 °C. O solo predominante na área é do tipo Latossolo amarelo moderado, acoplado com Latossolo amarelo concrecionário, resultado de argila pedregosa (CARVALHO, 1992).

A área está sob manejo florestal pela Cooperativa Mista de Floresta Nacional do Tapajós (COOMFLONA). Nas seis UPAs consideradas para este trabalho foram instaladas e medidas um total de 53 parcelas permanentes com aproximadamente 5950 árvores monitoradas, que foram medidas antes e dois anos após a colheita de madeira. As parcelas permanentes possuem dimensões de 50 m x 50 m, subdivididas em 25 subparcelas de 10 m x 10 m. Os dados obtidos foram processados e analisados no programa MFT (Monitoramento de Florestas Tropicais) (Software Embrapa Amazônia Oriental). A metodologia de coleta de dados segue as "Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira", publicada pela Embrapa (SILVA et al. 2005).

O monitoramento das parcelas é realizado em parceria entre a COOMFLONA e a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), através do LAMEF-Laboratório de Manejo e Ecossistemas Florestais (UFOPA), foram avaliados os parâmetros estruturais de *Astronium lecointei* e as taxas de crescimento, ingressos e mortalidade tanto no estrato arbóreo (DAP ≥ 10cm) como na regeneração natural considerando arvoretas (5cm ≤ DAP < 10 cm), varas (2,5cm ≤ DAP < 5 cm) e mudas (H ≥ 30cm e DAP < 2,5).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas 53 parcelas permanentes instaladas na área foram observadas a presença de 23 árvores (DAP ≥ 10cm) de *A. lecointei* sendo monitoradas, o que representa aproximadamente 1,7 indivíduos por hectare. Os valores observados de número de árvores, área basal e volume para a espécie, antes e após a colheita de madeira, estão na tabela 1. Ocorreram reduções em todas as variáveis, principalmente no volume, uma vez que a espécie faz parte do rol das colhidas na área de manejo da Floresta Nacional do Tapajós e a retirada de grandes árvores afeta de maneira determinante esta variável.

No estrato inferior da floresta foram observados apenas 0,07 arvoretas/ha (5cm ≤ DAP < 10 cm) e 0,7 mudas/ha (h ≥ 30cm e DAP < 2,5 cm) de *Astronium lecointei*. Estes valores permaneceram iguais nos dois períodos observados.

A baixa quantidade de regeneração natural pode comprometer a sustentabilidade do manejo da espécie em longo prazo, uma vez que a mesma aparentemente não está conseguindo germinar e se estabelecer sob o dossel da floresta. Segundo Quadros *et al.*, (2013) *A. lecointei* é considerada tolerante à sombra, porém se beneficia da abertura de clareiras, principalmente das maiores, para crescer em altura e para sobreviver. É possível que a abertura de clareiras ocasionadas pela colheita de madeira na área favoreça a maior regeneração da espécie, todavia o tempo de acompanhamento desta pesquisa (2 anos após a exploração) ainda é muito curto para confirmar este fato.

Tabela 1 - Número de árvores, área basal e volume da espécie *A. lecointei* antes e após a colheita de madeira em área manejada na FLONA Tapajós.

Table 1 - Number of trees, basal area and volume of *A. lecointei* before and after the timber harvest in managed area in national Tapajós forestry.

Período	N/ha	AB (m <sup>2</sup> /ha)	Vol (m <sup>3</sup> /ha)
Antes colheita	1,68	0,28	3,52
2 anos após colheita	1,50	0,18	2,15

A distribuição do número de árvores da espécie por classe de diâmetro na área da Floresta Nacional do Tapajós demonstrou que ocorre maior concentração de indivíduos nas menores classes de diâmetro e redução progressiva à medida que aumenta o DAP, seguindo a configuração j invertido, comum as florestas inequidâneas.

Durante o período monitorado (três anos) não ocorreram ingressos, nem mortalidade natural da espécie, apenas a colheita de duas árvores de *A. lecointei* que reduziu o número de indivíduos da espécie nas classes acima de 60 cm de diâmetro (Figura 1).

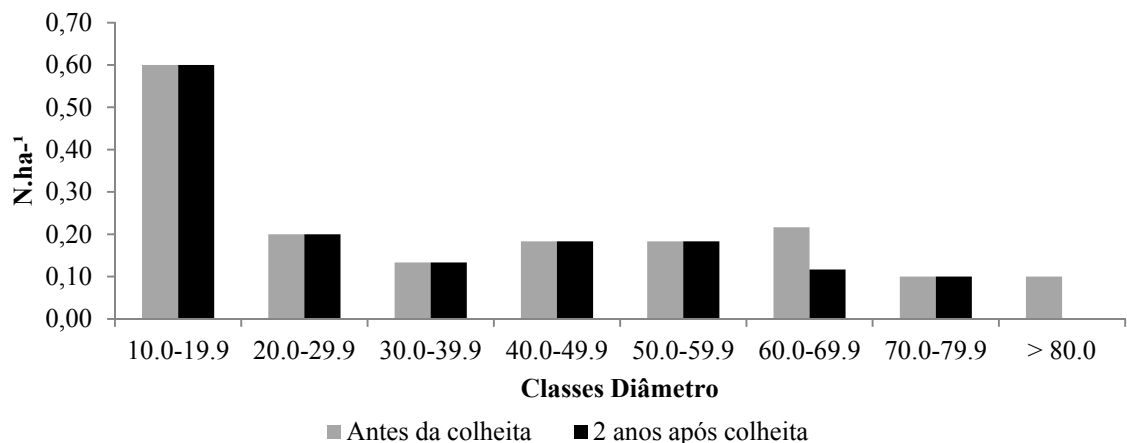


Figura 1 - Distribuição do número de árvores por classe de diâmetro de *Astronium lecointei* na Floresta Nacional do Tapajós, Santarém PA.

Figure 1 - Distribution of the number of trees by diameter class *Astronium lecointei* in national Tapajós forestry

Analisando a estrutura espacial pelo índice de agregação de McGuinness pode-se observar que *A. lecointei* tem distribuição espacial desagrupada com valores variando de 0,98 a 1,0 o qual indica distribuição regular. O crescimento médio em diâmetro da espécie, considerando o período antes e após a colheita de madeira na área de estudo foi de 0,49 cm por ano.

O crescimento em diâmetro foi afetado pelo nível de exposição das copas a luz solar. A maior taxa foi obtida mediante iluminação total ou copa completamente exposta à luz com crescimento médio de 0,73 cm/ano (Tabela 2). Um estudo elaborado por Conceição e Carvalho (2000) em Paragominas-PA demonstrou resultados semelhantes à este, no qual metade dos indivíduos adultos (árvores) e todos os indivíduos na fase de regeneração natural (mudas) de *Astronium lecointei* foram encontrados em sítios classificados como floresta em construção, demonstrando a influência positiva da maior iluminação no crescimento e estabelecimento da espécie. Tanaka e Vieira (2006), ao analisar clareiras de diferentes tamanhos, verificaram que *Astronium lecointei*, mesmo sendo considerada espécie tolerante à sombra, teve melhores resultados fisiológicos em clareiras de maior extensão. Dessa forma podemos notar o favorecimento do crescimento da espécie em abertura de clareiras mediante iluminação total.

Tabela 2 - Crescimento diamétrico sob iluminação de *Astronium lecointei* floresta nacional do Tapajós.  
 Table 2 - Diameter growth under lighting of *Astronium lecointei* in Tapajós National Forestry.

Iluminação solar			
Fatores	Luz total	Luz parcial	Árvore coberta
Média (cm/ano)	0,73(8) *	0,57 (3)*	0,47 (9)*

\*Número total de árvores contabilizado para a obtenção da média

## CONCLUSÃO

A espécie *Astronium lecointei* apresentou elevadas taxas de crescimento em DAP, com influência positiva da iluminação solar. Apresenta distribuição diamétrica adequada no estrato arbóreo com estoque de regeneração natural nas classes de diâmetro acima de 10 cm, porém nos estratos inferiores da floresta (arvoretas, varas e mudas) a frequência da espécie foi muito baixa, necessitando de maior tempo de acompanhamento para predizer sustentabilidade no manejo da espécie em longo prazo.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ANPM – Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira. Madeiras. Disponível em: <<http://www.anpm.org.br/?S=48&L=1>>. Acesso em 02/07/2015.
- CARVALHO, J.O.P. **Strutury and dynamic of a logged over Brazilian Amazonian rain forest**. Oxford, 1992.215p. thisis (PHD) University of Oxford.
- CONCEIÇÃO, C. S.; CARVALHO, J.O.P. Distribuição de *Astronium lecointei* ducque em relação às diferentes fases sucessionais em uma floresta natural na fazenda rio capim, em Paragominas, PA. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 2.; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL (AVALIAÇÃO-2004), 8., 2005, Belém, PA. Ciência e tecnologia com inclusão social: **Anais**. Belém, PA: UFRA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.
- IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Banco de dados de madeiras brasileiras. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/>>. Acesso em: 02 de julho de 2015.
- MIRANDA, D. L. C. de. 2014. Sistemas de Inventário florestal utilizados no Brasil. In: Sanquetta, C. R.; Corte, A. D.; Rodrigues, A.L.; Watzlawick, L. F. (Eds). **Inventários florestais: Planejamento e execução**. 3º ed. Curitiba, p. 386-398.
- NAHUIZ, M. A. R. **Madeiras brasileiras e exóticas**. Caxias do Sul: Lettech Editora e Gráfica, 2007.
- QUADROS, L.C.L.; CARVALHO, J.O.P.; GOMES, J.M.; TAFFAREL, M.; SILVA, J.C.F. Sobrevivência e crescimento de mudas de regeneração natural de *astroniumgracile*engl em clareiras causadas por exploração florestal na amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 411-416, jul.-set. 2013.
- REIS, L.P.; RUSCHEL, A.R.; BARROS, C.C.H.; SILVA, F.M.W.; BENTE, D.S.; SOUSA, S.L. Avaliação da dinâmica em 26 anos das 10 espécies madeireiras mais exploradas em área da floresta nacional do tapajós-pa. **62º reunião Anual da SBPC**.Instituição de Fomento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq/BIPIC e Embrapa Amazônia Oriental (Pj. Floresta em Pé ).
- SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do.C. A.; OLIVEIRA, L. C.; SILVA, S. M. A.; CARVALHO, J. P. O.; COSTA, D. H. M.; MELO, S. M.; TAVARES, M. J. T. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em floretas naturais da Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia oriental; 2005.
- TANAKA, A.; VIEIRA, G. Autoecologia das espécies florestais em regime de plantio de enriquecimento em linha na floresta primária da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 193–204, 2006.



CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus dunnii* Maiden NO BIOMA PAMPA, RS, BRASIL

INITIAL GROWTH OF *Eucalyptus dunnii* Maiden IN PAMPA BIOME, RS, BRAZIL

Grasiele Dick<sup>1</sup> Mauro Valdir Schumacher Elias Frank de Araújo Joel Carvalho dos Santos Felipe Oselame Schiochet Wilson Orlando Rotili

RESUMO

Junto da expansão das fronteiras da silvicultura, a necessidade de informações acerca do crescimento e aptidão das espécies, nos mais distintos ambientes e condições, são iminentes. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento inicial de plantas de *Eucalyptus dunnii*, estabelecidas em São Gabriel, RS, Brasil, no domínio do bioma Pampa. Para tanto, aos oito meses de idade, foram mensuradas variáveis dendrométricas de diâmetro à altura do colo (DAC) e altura (h), de todas as plantas em 16 parcelas, de 30 m x 20 m de dimensão cada. Realizou-se análise estatística descritiva dos dados e o volume cilíndrico médio, com casca, foi estimado através da fórmula  $V'_{c/c} = [(\pi \times DAC^2)/40.000] \times H$ , bem como a distribuição de frequência dos dados de DAC. Aos oito meses de idade, o DAC médio das plantas de *Eucalyptus dunnii* foi de 2,70 cm e H média de 1,68 m, estimando-se assim o volume cilíndrico médio de 1,28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Em relação à distribuição de frequências, houve tendência à distribuição normal dos dados de diâmetro à altura do colo. Sendo assim, considera-se que a espécie vem apresentando crescimento satisfatório, mesmo em solo de baixa fertilidade natural e em local sujeito à geada. **Palavras-chave:** Variáveis dendrométricas; Distribuição de frequência; Silvicultura; Produção florestal.

ABSTRACT

With the expansion of forestry frontiers, the necessity of information about the growth and aptitude of the species, in the most varied environments and conditions, is imminent. The present study was to evaluate the initial growth of a *Eucalyptus dunnii* plants, established in São Gabriel, RS, Brazil, in Pampa biome. Therefore, at eight months old, dendrometric variable diameter were measured at stem based diameter (DBS) and height (h) of all plants in 16 plots of 30 m x 20 m of each dimension. A descriptive statistical analysis of the data and the average cylindrical volume, with bark, was estimated by the formula  $V'_{c/c} = [(\pi \times DAC^2)/40.000] \times H$ , and the frequency distribution of DBS data. At eight months old, the average DBS of *Eucalyptus dunnii* plants was 2.70 cm and an average H of 1.68 m, thereby estimating the cylindrical volume average of 1.28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Regarding the distribution of frequencies, there was a tendency to normal at stem based diameter distribution data. Therefore, it is considered that the species has been showing satisfactory growth, even in low fertility soil and location subject to frost.

**Keywords:** Dendrometric variables; Frequency distribution; Silviculture; Forest production.

INTRODUÇÃO

O setor florestal é expressivo na economia, contribuindo com 4% do PIB nacional, sendo que, no Rio Grande do Sul em 2012 foram constatados cerca de 284,71 mil hectares cultivados com espécies do gênero *Eucalyptus* e 162,83 mil hectares com *Pinus*. Este contexto coloca o estado na posição de sétimo maior produtor de madeira, originária de plantações comerciais, em relação aos demais estados brasileiros (ABRAF, 2013).

A expansão das fronteiras silviculturais, principalmente no bioma Pampa, advém da necessidade de suprimento de matéria-prima vegetal, além de ser uma alternativa às áreas improdutivas onde houve conversão indiscriminada do uso do solo. De acordo com Boldrini et al. (2010), é na região do Pampa onde se encontram as maiores extensões de campo nativo contínuo brasileiro, que constituem a principal formação vegetacional do bioma. Este é caracterizado fisionomicamente pelas gramíneas, a qual constitui o grupo dominante nestes ecossistemas, apresentando-se entremeados por capões florestais que correm ao longo dos cursos dos rios (PILLAR et al., 2009).

Atividades altamente impactantes, como a pecuária intensiva e a agricultura convencional, fragilizaram as áreas de campo nativo, pois atualmente muitos locais estão em processo extremo de degradação, que consistem nos núcleos de arenização (VERDUM et al., 2014). A silvicultura, neste contexto, vem a ser uma alternativa economicamente viável ao aproveitamento produtivo destas áreas, uma vez que, espécies do gênero *Eucalyptus*, por exemplo, se adaptam em ambientes degradados e são tolerantes às baixas temperaturas. Uma destas espécies é o *Eucalyptus dunnii*, segundo Gutiérrez (1976) esta é originária do Leste da Austrália, apresentando distribuição

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: grasidick@hotmail.com

geográfica muito limitada. A espécie é muito utilizada em regiões de ocorrência de geadas, pois apresenta grande resistência, denotando grande capacidade de adaptação e uma taxa de sobrevivência consideravelmente significativa quando estabelecidas em campo (FILHO e SANTOS, 2005).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento inicial das plantas de *Eucalyptus dunnii*, aos oito meses de idade, estabelecido em área de baixa fertilidade do solo e sujeita à geada, no domínio do bioma Pampa, no Rio Grande do Sul, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Situação ecológica

O presente estudo foi realizado na Fazenda Ponta das Canas, pertencente à empresa Celulose Riograndense (CMPC), no município de São Gabriel, no domínio do bioma Pampa, Rio Grande do Sul, Brasil.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, onde a temperatura média anual é de 18,6 °C, podendo atingir -3 °C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.356 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, segundo Matzenauer et al. (2011). Quanto à vegetação natural, Boldrini et al. (2010) descreve que a fitofisionomia é caracterizada pelos campos nativos, entremeados por capões florestais.

### Solo

O relevo é suave, sendo que, o solo da área é do tipo Cambissolo Háplico Distrófico (EMBRAPA 2006), com pH ácido (4,2), baixos teores de nutrientes ( $V < 50\%$ ) e (1%) de matéria orgânica, segundo análise química do solo (TEDESCO et al., 1995), coletado em trincheira com 80 cm de profundidade, realizada pelo Laboratório de Ecologia Florestal da UFSM. Já a densidade média do solo, obtida pelo método descrito em Embrapa (1997), foi de 1,5 g cm<sup>3</sup>, em função do predomínio das frações grosseiras na composição textural do solo, sendo que, partículas de cascalho (2 a 20 mm) correspondem a 35% e calhaus (> 20 mm) a 9,8% da granulometria.

### Informações sobre o plantio

No local de estudo, o plantio das mudas clonadas de *Eucalyptus dunnii* foi realizado no dia 12 de maio de 2014, no espaçamento de 3,5 m x 2,15 m. No preparo do solo foi realizada subsolagem até a profundidade de 50 cm, com adubação de plantio aplicando-se 2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, com a formulação de 10:27:10, na quantidade de 400 kg ha<sup>-1</sup> no sulco.

### Coleta de dados

Na área instalaram-se, de forma sistemática, 16 unidades amostrais, com dimensão de 30 m x 20 m cada. Para verificar o crescimento das plantas nas parcelas amostrais, foram obtidas variáveis dendrométricas de altura (m), mensurada com régua graduada e diâmetro à altura do colo (DAC, em cm) com paquímetro analógico. O crescimento foi avaliado em todas as unidades amostrais, na ocasião em que as árvores estavam com oito meses de idade (janeiro de 2015), em um total de 1.263 plantas mensuradas.

### Análise dos dados

Realizou-se a análise estatística descritiva das variáveis dendrométricas, tais como média, desvio padrão e coeficiente de variação, com auxílio de recursos do *Microsoft Excel*®.

O volume foi obtido considerando-se o volume cilíndrico médio, com casca, através da fórmula:

$$V'_{c/c} = [(\pi \times \text{DAC}^2)/40.000] \times H$$

Onde:  $V'_{c/c}$  = Volume cilíndrico total com casca (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); DAC = Diâmetro à altura do colo (cm); H = Altura total (m), conforme descrito em Péllico Neto e Brena (1997).

Também foi realizada a distribuição de frequência dos dados de DAC, considerando o intervalo de um centímetro de diâmetro, com auxílio do programa estatístico *SPSS for Windows 19*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos oito meses de idade, as plantas apresentaram diâmetro à altura do colo médio de 2,70 cm e altura total média de 1,68 m e o volume cilíndrico médio foi de 1,28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Verificaram-se baixos valores do coeficiente de variação para todas as variáveis analisadas, bem como pouca variabilidade dos dados dendrométricos entre as unidades amostrais, o que pode ter ocorrido em função da homogeneidade das condições edáficas na área de estudo (Tabela 1).

TABELA 1 : Valores médios de diâmetro à altura do colo (DAC em cm), altura (m), área basal (g), área basal por hectare (G) e volume cilíndrico, com casca, por hectare ( $m^3 ha^{-1}$ ) em um plantio de *Eucalyptus dunnii* aos oito meses de idade, no bioma Pampa.

TABLE 1 : Mean values of stem based diameter (DBS in cm), height (m), basal area (g), basal area per hectare (G) and cylindrical volume, with bark, per hectare ( $m^3 ha^{-1}$ ) in a *Eucalyptus dunnii* plantation, at eight months old, in the Pampa biome.

Parcela	N (árvores $ha^{-1}$ )	DAC (cm)	H (m)	g ( $m^2$ )	G ( $m^2 ha^{-1}$ )	V'c/c ( $m^3 ha^{-1}$ )
1	1400	2,68	1,68	0,00056	0,789	1,326
2	1350	2,64	1,85	0,00055	0,738	1,366
3	1217	2,80	1,72	0,00061	0,749	1,288
4	1317	2,63	1,56	0,00054	0,715	1,115
5	1383	2,66	1,62	0,00055	0,768	1,245
6	1367	2,93	1,80	0,00067	0,921	1,658
7	1250	2,82	1,68	0,00062	0,780	1,311
8	1350	2,55	1,59	0,00050	0,689	1,096
9	1417	2,74	1,75	0,00059	0,835	1,461
10	1317	2,64	1,64	0,00055	0,720	1,181
11	1183	2,68	1,64	0,00056	0,667	1,094
12	1367	2,70	1,67	0,00057	0,782	1,306
13	1167	2,40	1,54	0,00045	0,527	0,812
14	1300	2,80	1,70	0,00061	0,800	1,360
15	1267	2,83	1,79	0,00063	0,796	1,425
16	1400	2,70	1,73	0,00057	0,801	1,386
<b>Média</b>	-	<b>2,70</b>	<b>1,68</b>	<b>0,00057</b>	<b>0,755</b>	<b>1,28</b>
<b>Desvio padrão</b>	-	<b>0,125</b>	<b>0,08</b>	<b>0,00005</b>	<b>0,085</b>	<b>0,191</b>
<b>CV (%)</b>	-	<b>4,614</b>	<b>5,16</b>	<b>9,119</b>	<b>11,314</b>	<b>15,006</b>

Em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* implantado no município de Alegrete (RS), que foi avaliado por Corrêa (2011), o autor verificou que aos 15 e aos 27 meses de idade, o volume cilíndrico foi de  $13 m^3 ha^{-1}$  e  $87 m^3 ha^{-1}$ , respectivamente. Já Silva (2014) avaliou o mesmo povoamento na ocasião em que este se encontrava com 60 meses de idade, e o autor constatou o volume, com casca, de  $124,3 m^3 ha^{-1}$ .

Ou seja, com base nos dois estudos supracitados, constatou-se que no período de um ano (15 aos 27 meses), houve incremento de  $74 m^3 ha^{-1}$  no volume, e após aproximadamente três anos, houve acréscimo de  $37 m^3 ha^{-1}$  no volume.

O crescimento de *Eucalyptus dunnii* é intenso nos primeiros anos após o plantio, ainda mais em locais sujeitos à geadas, como no caso da área de estudo, pois a espécie é muito resistente ao frio, em função dos altos teores de carboidratos solúveis totais, contidos nas folhas (FLORIANI et al., 2011). Espaçamentos mais amplos também são responsáveis pelo maior crescimento em diâmetro das árvores de *Eucalyptus dunnii*, sendo que, Rosa et al. (2011) verificaram que, aos 12 meses de idade, o DAP médio de um plantio da espécie foi de 2 cm, e aos 21 meses, o DAP foi de 5 cm, em um espaço de  $7 m^2$ , situação semelhante ao presente estudo.

Quanto à distribuição de frequência dos dados de diâmetro à altura do colo, com base no histograma representado na Figura 1, observou-se que houve tendência à distribuição normal, onde o maior número de indivíduos possuíram DAC próximo à média.

Esta tendência de distribuição diamétrica normalizada também foi verificada por Oliveira Neto et al. (2010), para a espécie *Eucalyptus camaldulensis*, aos 36 meses de idade, em um povoamento implantado em Minas Gerais. Os autores verificaram que para os espaçamentos de plantio de  $3 m \times 2 m$ ,  $3 m \times 3 m$  e  $4 m \times 3 m$  o maior número de indivíduos apresentaram diâmetro à altura do peito (DAP) próximo ao valor médio.

## CONCLUSÃO

A espécie vem apresentando crescimento satisfatório, mesmo em solo de baixa fertilidade natural e em local sujeito à geada, condições típicas dos sítios no domínio do bioma Pampa, bem como distribuição diamétrica esperada para o povoamento, onde os maiores números de indivíduos estão próximos aos valores médios de diâmetro à altura do colo (cm).

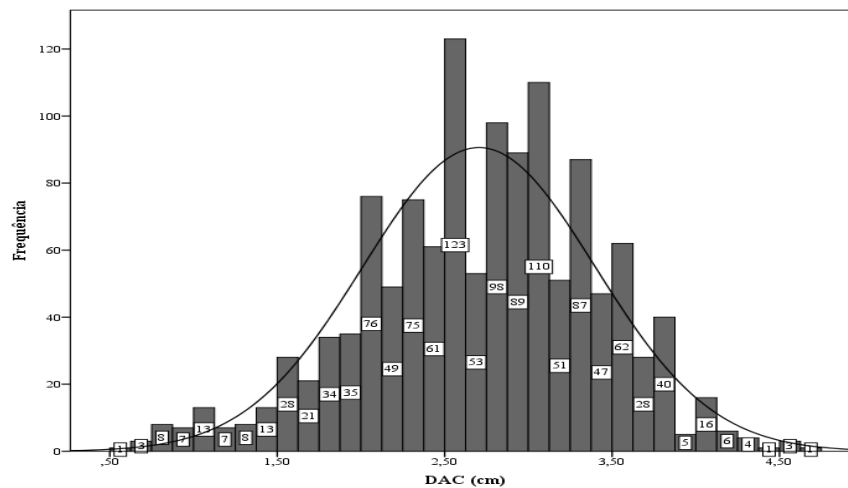


FIGURA 1: Distribuição de frequência dos dados de diâmetro à altura do colo (cm), de um plantio de *Eucalyptus dunnii*, aos oito meses de idade, no bioma Pampa.

FIGURE 1: Frequency distribution of stem based diameter (cm) date, in a *Eucalyptus dunnii* plantation, at eight months old, in the Pampa biome.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa CMPC Celulose Riograndense pelo financiamento da pesquisa, apoio logístico e disponibilidade da área experimental, e também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF - **Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas**: Anuário Estatístico 2013 ano base 2012, Disponível em <http://www.abraflor.org.br>. Acesso em: 29/05/2015.
- BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A.; ANDRADE, B. O.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E. M. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre, RS, Ed. Pallotti, 2010. 64p.
- CORRÊA, R. S. **Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* estabelecido no bioma pampa**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro/RJ, Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997
- FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii* no Estado do Paraná. **Comunicado Técnico 141**. Colombo, PR. Dezembro, 2005.
- FLORIANI, M.M.P.; STEFFENS, C.A.; CHAVES, D.M. Rustificação de plantas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e a relação entre as concentrações de carboidratos solúveis totais e de prolina foliar e a tolerância ao frio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.21-29, 2011.
- GUTIÉRREZ, G. **Atlas del Eucalipto**. Sevilla: INIA/ICONA, Espanha, 1976.
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. (Ed.). **Atlas Climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.
- OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; NEVES, J.C.L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 755-762. 2010.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D.A. **Inventário Florestal**. Santa Maria/RS, FSM/CEPEF/FATEC, 1997. 315p.
- PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. **Campos Sulinos - Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. 403p.
- ROSA, S.F.; REINERT, D.J.; FLEIG, F.D.; DETTMER, M.S.; CONSENSA, C.O.B.; WINK, C.; GELAEN, N.S. Crescimento inicial e sobrevivência de *Eucalyptus dunnii* Maiden em diferentes espaçamentos em solo arenoso no Rio Grande do Sul. In: 5º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal. **Anais...** Santa Maria, 2011.
- SILVA, J.M. **Ciclagem biogeoquímica de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* Maiden em uma microbacia hidrográfica experimental do bioma pampa**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.
- TEDESCO, M.J.; GINELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, UFRGS, 1995. 174p.
- VERDUM, R.; STRECK, E.V.; VIEIRA, L.F.S. Degradação dos solos no Rio Grande do Sul. In: GUERRA, A.J.T.; JORGE, M.C.O. (orgs) **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2014. 308 p.

**CRESCIMENTO INICIAL DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan EM SOLOS SALINOS**

**INITIAL GROWTH OF *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan IN SALINE SOILS**

Anna Paula Lora Zimmermann<sup>1</sup> Pierre André Bellé Luciane Almeri Tabaldi Paulo Renato Schneider

**RESUMO**

Este trabalho buscou avaliar o crescimento inicial de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em solos com adição de diferentes concentrações de sais, a fim de conhecer sua potencialidade para usos em solos com problemas de salinidade. As mudas foram produzidas em casa de vegetação do Laboratório de Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria. As sementes foram semeadas em bandejas com substrato comercial e vermiculita e repicadas após 30 dias de germinação para sacos de polietileno enchidos com areia lavada. As mudas receberam solução nutritiva de base (N, P, K, Ca, Mg, S + micronutrientes) via irrigação duas vezes ao dia por 120 dias. A partir do 4º mês, a solução salina foi adicionada a solução nutritiva para compor os tratamentos: T1 (Solução nutritiva base); T2 (Solução nutritiva base + 1,5 g/L de NaCl); T3 (Solução nutritiva base + 3,0 g/L de NaCl); T4 (Solução nutritiva base + 4,5 g/L de NaCl) e T5 (Solução nutritiva base + 6,0 g/L de NaCl) e aplicadas em doses mensais de 300 mL. As mudas tiveram diâmetro do colo e altura medidos com paquímetro digital e trepa, mensalmente em quatro avaliações. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições de quatro plantas em cada tratamento, totalizando 80 mudas analisadas. A análise estatística foi realizada no SAS através da análise de covariância e teste F. Os resultados demonstram que as doses aplicadas não foram capazes de provocar a morte das mudas, mas vieram a reduzir o crescimento em altura, sendo esta redução diretamente proporcional ao aumento de sal aplicado. Quanto ao diâmetro do colo, os tratamentos T2 e T3 não foram prejudiciais as mudas, apresentando dimensão semelhante ao tratamento testemunha. As doses mais altas T4 e T5 reduziram o crescimento do diâmetro. Estes resultados demonstram que *P. rigida* apresenta-se resistente a salinidade, provavelmente devido a sua ecologia rústica e de baixa exigência, podendo ser indicada para plantios em solos degradados por este fator.

**Palavras-chave:** Salinidade; Degradação ambiental; Rusticidade de mudas.

**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the initial growth of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan seedlings in soils with addition of different concentrations of salts in order to meet its potential for use on soils with salinity problems. The grown of seedlings was in a greenhouse of the Forest Management Laboratory of the Federal University of Santa Maria. Seeds were sown in trays of commercial substrate and vermiculite and peaked after 30 days after germination to 2 liter polyethylene bags filled with washed sand. Plants were treated with a nutrient solution (N, P, K, Ca, Mg, S + micronutrients) through irrigation twice a day for 120 days. From the 4 months, the salt was added to the nutrient solution to compose the treatments: T1 (basic nutrient solution); T2 (based nutrient solution + 1.5 g/L NaCl); T3 (based nutrient solution + 3.0g/L NaCl); T4 (base nutrient solution + 4.5g/L NaCl) and T5 (based nutrient solution + 6.0g/L NaCl) and applied monthly in doses of 300 mL. The stem diameter and height of seedling was measured with digital calipers and tape on a monthly basis in four evaluations. The design was completely randomized with four replicates of four plants in each treatment, totaling 80 plants analyzed. Statistical analysis was performed with SAS 9.1, covariance analysis and results show that the applied doses were not able to cause the death of seedlings but came to reduce the growth in height, this reduction being proportional to the increase in applied salt. As for the stem diameter, T2 and T3 treatments were not harmful, presenting similar size to the control treatment. The highest doses T4 and T5 reduced diameter growth. These results demonstrate that *P. rigida* presents resistance to salinity, probably due to its ecologic rusticity and low environmental demand and may be suitable for planting in degraded soils by this factor.

**Keywords:** Salinity; Environmental degradation; Hardiness of seedlings

**INTRODUÇÃO**

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. CCR, UFSM, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). E-mail: zimmermann-a@hotmail.com

A degradação dos solos diminui a capacidade de produção do sistema, tendendo ao esgotamento, e pode ser ocasionada por fatores químicos, físicos ou biológicos. Quanto à química, a salinidade é um dos fatores de maior influência na degradação de solos para produção agrícola e florestal, principalmente em regiões mais secas (Qadir et al., 2007). No início do século XXI, as áreas afetadas mundialmente por excesso de sal foram estimadas em mais de 950 milhões de hectares (Ribeiro et al., 2003) e provavelmente hoje este número seja ainda maior. No Brasil, os solos salinos concentram-se na região semiárida do nordeste brasileiro, onde cerca de 60% da caatinga apresenta excesso de sal acumulado.

De acordo com Lancher (2000), os solos são considerados salinos quando o teor de sais apresentado é maior que 0,5%. Esta concentração ocorre em regiões áridas, onde a precipitação é menor que a evaporação; em áreas irrigadas, devido ao uso de água com grande concentração salina ou ainda em porções de terras costeiras, onde há grande aporte de sal oriundo do oceano.

O excesso de concentração de sal no solo torna-se um fator estressante à fisiologia das plantas, pois reduz o potencial osmótico do meio. Desta forma, os íons agem sobre o protoplasma e a água fica na solução salina, dificultando sua absorção pelas raízes (Lopes e Macedo, 2008). Além disso, a salinidade afeta os sistemas nutricional e hormonal (Taiz e Zeiger, 2004) e estas alterações são refletidas na diminuição da taxa de crescimento, capacidade de fotossíntese, condutância estomática, taxa de transpiração e capacidade de condutividade das raízes (Munns, 2002).

Dentre as estratégias de uso de solos salinos, está a adoção de técnicas de recuperação química, com a utilização de corretivos como gesso, ácido sulfúrico e enxofre (Leite et al., 2007). Entretanto, estas técnicas tornam-se onerosas e inviáveis no ponto de vista econômico, não podendo ser aplicadas em grandes extensões de terra e, muitas não apresentando os resultados esperados.

Em contrapartida, a utilização de espécie tolerantes à salinidade tem sido recomendada para melhor aproveitamento de solos degradados por este fator. Para Cruciani et al. (2010) espécies adaptadas a solos salinos podem ser tornar a principal alternativa, em um futuro próximo, para reincorporação destas áreas para produção agrícola e florestal. Plantas tolerantes à salinidade são chamadas halófitas e desenvolvem-se em ambientes de baixa nutrição e alta luminosidade (Dickison, 2000). Como estratégias de sobrevivência, podem apresentar alterações morfológicas e fisiológicas, como a diminuição da condutância estomática (Koyro, 2006).

Espécies arbóreas como *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Angico-vermelho), possuem sistema radicular profundo, o que possibilita o aumento da sua permeabilidade no solo, expansão das raízes e maior área de contato com os nutrientes disponíveis. Por ser da família das leguminosas, a espécie tem a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, contribuindo para melhoria dos atributos químicos e físicos do solo (Qadir et al., 2007). Conforme Lorenzi (1992) é indicada para uso em projetos de áreas degradadas, por apresentar-se como espécie pioneira indiferente das condições do solo sendo, muitas vezes considerada espécie invasora de áreas.

Diante disto, este trabalho buscou avaliar o comportamento do crescimento inicial de mudas de *Parapiptadenia rigida* em solos com adição de diferentes concentrações de sais, a fim de conhecer sua potencialidade para usos em solos com problemas de salinidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As sementes de angico-vermelho utilizadas neste experimento foram doadas pelo Laboratório de Silvicultura da Universidade Federal de Santa Maria, através do programa Bolsa de Sementes. Inicialmente, realizou-se a semeadura em bandejas plásticas preenchidas com substrato comercial e vermiculita, as quais foram mantidas sob malha sombrite com 30% de sombreamento. Como a espécie possui semente do tipo quiescente, sem dormência tegumentar e germinação rápida (Carvalho, 2003), não foi realizado nenhum tipo de tratamento para superação de dormência.

Após 30 dias da semeadura, as plântulas foram repicadas para embalagens de polietileno de 2 litros, preenchidas com areia lavada. As mudas permaneceram nestas condições por quatro meses em casa de vegetação com luminosidade de 70%, recebendo solução nutritiva composta de N, P, K, Ca, Mg e S nas concentrações de 100, 25, 100, 100, 43 e 32,5 mg/L, respectivamente; e micronutrientes por irrigação via aspersão por duas vezes ao dia. Anteriormente a aplicação dos tratamentos, as embalagens de polietileno foram envolvidas com saco plástico transparente para que não houvesse perda da solução salina a ser aplicada. Da mesma forma, uma estrutura de cobertura com lona plástica foi instalada sobre as mudas para evitar acúmulo de água por irrigação e lixiviação dos sais pela precipitação.

A solução salina foi preparada a partir de Cloreto de Sódio (NaCl) PA, adicionado à solução nutritiva em cinco tratamentos (Tabela 1), aplicadas em doses mensais de 300 mL por recipiente. Em períodos de maior temperatura e evapotranspiração, foram realizadas irrigações com a solução nutritiva de base sempre que

necessário, em doses iguais a todos os tratamentos. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições de quatro plantas em cada tratamento, totalizando 80 mudas analisadas.

Tabela 1 – Tratamentos e concentrações salinas aplicadas às mudas de *Parapiptadenia rigida*.

Table 1 – Treatments and salt concentrations applied to *P. rigida* seedlings.

Tratamento	Solução
T1	Solução nutritiva base
T2	Solução nutritiva base + 1,5 g/L de NaCl
T3	Solução nutritiva base + 3,0 g/L de NaCl
T4	Solução nutritiva base + 4,5 g/L de NaCl
T5	Solução nutritiva base + 6,0 g/L de NaCl

O efeito dos tratamentos foi analisado através do crescimento em altura e diâmetro do coleto, sendo medidos mensalmente com trena e paquímetro digital, respectivamente. As análises estatísticas foram realizadas no pacote SAS versão 9.1 por análise de covariância em relação ao tempo e tratamentos. Ao final do período realizou-se também análise de covariância das variáveis mensuradas em relação às diferentes concentrações de salinidade a fim de verificar a influência das doses testadas nos parâmetros dendrométricos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 120 dias de avaliação, a sobrevivência do angico-vermelho foi de 100% para todos os tratamentos. Isto evidencia que nem mesmo as doses mais altas de solução salina aplicadas não foram capazes de causar alterações que viessem resultar na morte das mudas. Possivelmente essa resistência da espécie à salinidade é devido a sua rusticidade e baixa exigência quanto a solos, desenvolvendo-se bem inclusive em solos pedregosos e de baixa fertilidade (Embrapa, 1988). *Parapiptadenia rigida* é comumente encontrada em terrenos abandonados, clareiras e capoeiras com afloramentos rochosos, onde muitas vezes acaba sendo considerado uma praga (Klein et al., 1995), o que diminui seu valor como espécie madeireira, considerada de alta durabilidade e grande poder energético.

Pereira e Polo (2011) aplicando diferentes concentrações salinas em mudas de *Handroanthus serratifolius*, constataram que doses semelhantes ao tratamento 2 (3,0 gr/L) apresentaram taxa de sobrevivência de 32%, e doses maiores a 4,5 g/L resultaram na morte de todos os indivíduos. Marinho et al. (2005) obtiveram 100% de sobrevivência de mudas de *Cocus nucifera* após 120 dias de avaliação. Entretanto, os autores observaram que neste período houveram diferentes respostas da espécie quanto ao efeito dos tratamentos aplicados na altura e diâmetro das mudas.

De acordo com a Figura 1A, é possível notar que os efeitos da adição do sal ao substrato de plantio só apresentaram efeito sobre o crescimento do diâmetro do colo a partir da segunda aplicação. Nota-se ainda que os tratamentos exerceram comportamentos distintos nas mudas, onde os tratamentos T2 e T3 não apresentaram redução de dimensão em relação a esta variável, inclusive tendo médias muito próximas à testemunha.

Os tratamentos T4 e T5 propiciaram uma taxa de redução do diâmetro do colo semelhante, reduzindo-o em cerca de 20%. Desta forma, evidencia-se que a espécie é capaz de desenvolver-se em solos salinos, mas concentrações mais altas como as testadas nos tratamentos com 4,5 g/L e 6,0 g/L tem efeito redutor do crescimento do diâmetro do colo. A análise do diâmetro do coleto é de suma importância, visto que sua dimensão está diretamente ligada a capacidade de sobrevivência e crescimento inicial a campo (Kratz, 2011).

A variável altura total também sofreu redução progressiva conforme o aumento da quantidade de sal adicionada à solução nutritiva de base. Todos os tratamentos apresentaram diminuição de crescimento quando comparados a testemunha, sendo visível esta diferença já a partir da primeira aplicação (Figura 1B). A partir da segunda aplicação nota-se que todos os tratamentos tenderam a estabilização, inclusive a testemunha.

O efeito da salinidade sobre os parâmetros dendrométricos de mudas é expressado das mais diversas maneiras, variando de acordo com a fisiologia da espécie. Figueiredo et al. (2006) analisando *Coffea arabica*, encontraram resultados semelhantes a este trabalho, com estagnação do crescimento da espécie nas maiores concentrações testadas. O contrário foi constatado na pesquisa de Lopes et al. (2007), onde doses maiores de sal vieram a melhorar o desenvolvimento de mudas de *Caesalpinia pyramidalis*.

O estresse salino reduz o crescimento devido à alteração do potencial osmótico das células, resultando em toxidez à planta devido ao excesso de absorção de sódio e cloro, o que desequilibra também a absorção e distribuição nutricional da planta (Munns, 2002). A resposta à redução do crescimento devido a salinidade ocorre principalmente em tecidos jovens, onde acontece a expansão e divisão celular, o que afeta principalmente espécies em início de desenvolvimento (Santos, 2006).

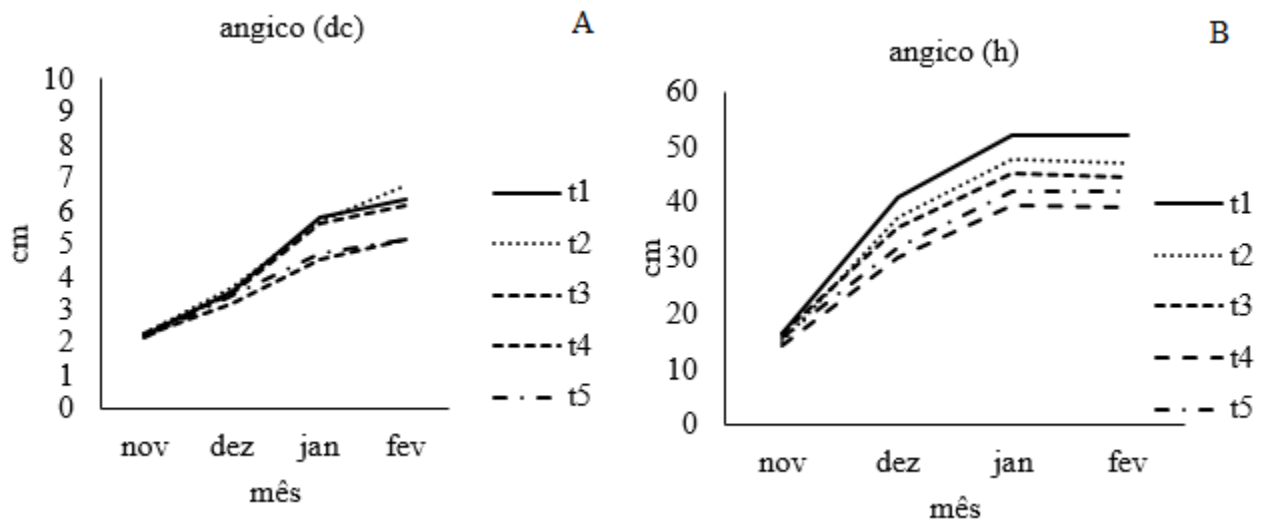


Figura 1 – Crescimento das mudas de *Parapiptadenia rigida* submetidas a diferentes concentrações de solução salina.

Figure 1 – Growth of *P. rigida* seedlings subjected to different concentrations of saline.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise estatística do teste de covariância realizado para verificar se houve diferença na taxa de crescimento no tempo para as variáveis diâmetro do colo e altura total das mudas. Como já visto na figura 1A, o diâmetro do colo apresentou diferenças na taxa de seu crescimento nos tratamentos 4 e 5, o que representa a alta significância do elemento ‘tempo x tratamento’ no quadro de Análise de covariância (ANCOVA), demonstrando então a significância da inclinação dos modelos para estes tratamentos. Já o crescimento em altura não apresenta tratamentos com diferença significativa na taxa de crescimento, dado pela análise do coeficiente angular do modelo, vindo este se diferenciar no fim do experimento entre os tratamentos extremos (T5 e testemunha).

A não significância do parâmetro ‘tratamento’ no quadro de ANCOVA para altura e diâmetro do colo é devido ao fato da homogeneidade das mudas do início dos tratamentos, caracterizado pelo mesmo “ponto de partida” para todas as plantas, vindo a corroborar com o modelo matemático que nos indica que os interceptos dos modelos para os tratamentos são semelhantes entre si.

Tabela 2 – Resultado da Análise de covariância (ANCOVA) para os tratamentos aplicados nas mudas de *Parapiptadenia rigida*.

Table 2 - Analysis of covariance Results (ANCOVA) for treatments applied to *P. rigida* seedlings.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	Pr> F
Diâmetro do colo (mm)	Tratamento	4	3	0,7495598	1,71	0,1486
	Tempo	1	662	662	1506,63	< 0,0001
	Tempo*Tratamento	4	21	5	11,94	< 0,0001
Altura total (cm)	Tratamento	4	337	8	0,14	0,9685
	Tempo	1	37,573	37,573	610,2	< 0,0001
	Tempo*Tratamento	4	401	100	1,63	0,1667

De acordo com a Figura 2, nota-se que concentrações de NaCl até 3 g/L são toleradas pela espécie, não afetando significativamente o desenvolvimento inicial das mudas em altura e diâmetro do colo. Contudo, a partir desta concentração, espera-se uma diminuição destas variáveis. É possível observar também que o estresse salino produziu maior efeito sobre o diâmetro do colo do que a altura total.



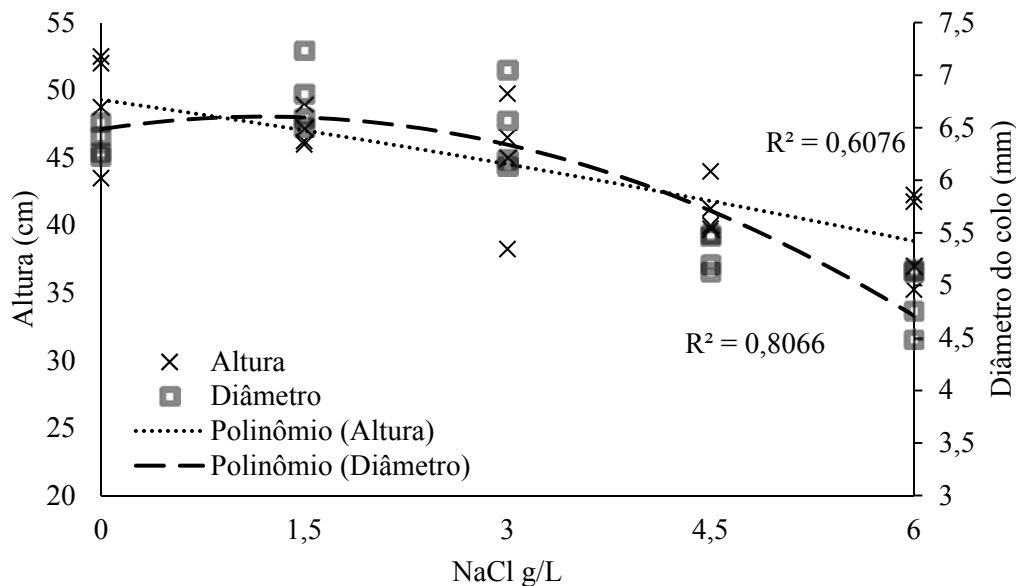


Figura 2 – Efeito do estresse salino causado por diferentes concentrações de NaCl em mudas de *Parapiptadenia rigida*.

Figure 2 - Effect of salt stress caused by different concentrations of NaCl in *P. rigida* seedlings.

## CONCLUSÕES

As doses aplicadas não provocaram morte de nenhum indivíduo de *Parapiptadenia rigida*, sendo que somente doses de NaCl acima de 3 g/L provocaram diminuição do crescimento das mudas, demonstrando a alta rusticidade da espécie e seu potencial de uso em solos com problemas de salinidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa florestas. 2003. 1039p.
- CRUCIANI, D. E. **Prevenção de solos à salinização**. <http://www.irrigarte.hpg.ig.com.br/Salinidade.htm>
- DICKISON, W. C. 2000. **Integrative plant anatomy**. Harcourt Academic Press, San Diego, 533p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Colombo, PR). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba, 1988. 113p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 21)
- FIGUEIREDO, V. B.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.50-57, 2006.
- KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth.** Curitiba, 2011. 121p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.
- KOYRO, H. W. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* L. **Environmental and Experimental Botany**, 56: 136-146, 2006.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo, Rima, 2000. 529p.
- LEITE, E. M.; CAVALCANTE L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS R. V.; ALVES G. DA S.; CAVALCANTE I. H. L. **Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola**. Irriga, v.12, p.168-176, 2007.
- LOPES, A.; LUCIO, A. A.; SILVA, F. F. S.; SILVA, P. P.; DANTAS, B. F. **Crescimento inicial de plântulas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) submetidas ao estresse salino**. In: JORNADA DE CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO - PIBIC - FACEPE/CNPq/EMBRAPA, 2, 2007, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. (Embrapa Semi-Árido, 2007. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 205).
- LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de sob influência do teor de substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.3, p.79-85, 2008.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarium, 1992. 352p.

- MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Germinação e formação de mudas de coqueiro irrigadas com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.9, p.334-340, 2005.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environmet**, v.25, p.239-250, 2002.
- PEREIRA, F. J.; POLO, M. Growth and ion accumulation in seedlings of *Handroanthus serratifolius* (VAHL.) cultivated in saline solution. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 441-446, dez. 2011.
- QADIR, M.; OSTER, J. D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A. D.; SAHRAWAT, K. L. Phytoremediations of sodic and saline sodic soils. **Adv. Agron.**, 96:197-247, 2007.
- RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J. & MONTENEGRO, A. A. A. **Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável**. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.165-208.
- SANTOS, P. R. **Germinação, vigor e crescimento de duas cultivares de feijoeiro em soluções salinas**. 2006. 48 f. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

**CUSTO DO MANEJO FLORESTAL MADEIREIRO NA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE CASO NO ESTADO DO ACRE**

**COST OF FOREST MANAGEMENT TIMBER IN THE AMAZON: A CASE STUDY IN ACRE**

Mayara Paula Oliveira Machado<sup>1</sup> Zenóbio Perelli Gouveia Silva Camila Oliveira

**RESUMO**

Este trabalho abordou o manejo florestal sustentável (MFS) no estado do Acre e o seu objetivo foi identificar o custo da produção madeireira oriunda de áreas manejadas nesse estado. Para tal, foram coletados dados, válidos para o ano de 2014, em quatro firmas madeireiras locais. Os resultados permitiram concluir que: a) em uma distância de 50 quilômetros a madeira chegou ao pátio da serraria no valor de R\$ 346,64 m<sup>3</sup> para madeira dura e R\$ 279,64 m<sup>3</sup> para madeira branca; b) a exploração florestal apresentou-se como a etapa mais cara do manejo; c) o custo do manejo florestal tende a ficar mais barato em terras mais distantes, porém não compensa pelo valor do transporte da madeira até o pátio da serraria e d) não há o que reduzir no custo do manejo, sendo assim, deve-se identificar uma melhor forma de conduzir os processos de industrialização agregando valor ao produto.

**Palavras-chave:** Manejo florestal; custo da produção madeireira; raio econômico.

**ABSTRACT**

This work addressed sustainable forest management (SFM) in Acre and its purpose was to identify the cost of timber production coming from managed areas in that state. To this end, were collected at four sites logging firms. The results generated showed that: a) at a distance of 50 kilometer the value of cubic meters of timber arrived at the courtyard of the sawmill amounting to R\$ 346.64 m<sup>3</sup> for hard wood and R\$ 279.64 m<sup>3</sup> for white wood; b) forest exploitation presents itself as the most expensive stage of management; c) the cost of forest management tends to be cheaper in distant lands, but does not pay for the transportation value wood into the courtyard e d) the cost of MFS already at the limit, there is nothing to reduce, thus enabling the cost of change is not a suggestion, then one must identify a better way to drive the industrialization processes and add value to the product.

**Keywords:** Forest management; cost of timber production; economic forest-sawmill distance.

**INTRODUÇÃO**

A Amazônia brasileira detém um terço das florestas tropicais do mundo, com volume estimado de 60 bilhões de metros cúbicos de madeira em tora (BARROS; VERÍSSIMO, 2002) e desempenha funções ecológicas, socioculturais e econômicas incalculáveis pois sustenta a economia de regiões inteiras (BARRETO et al, 2005)

É oportuno mencionar que, buscando o uso contínuo dos recursos florestais, foi desenvolvido o manejo florestal sustentável conceito do MSF. Esse tipo de uso dos recursos florestais se refere à forma de gestão de uma floresta para atender às necessidades das atuais e futuras gerações, sem comprometer a capacidade ecológica e o potencial de renovação desse recurso (WANG, 2004). Os principais obstáculos do manejo florestal são listados como a falta de pesquisas científicas básicas e aplicadas que garantam a regeneração das espécies extraídas pelo corte seletivo e principalmente o alto custo de sua implantação (GARRIDO FILHA, 2002).

Silva et al. (2007) enfatizam que, o custo de transporte elevado pode inviabilizar a exploração florestal em áreas localizadas distantes dos centros de consumo, pois as indústrias madeireiras consideram a exploração florestal a etapa mais cara do manejo. Sendo assim é válido considerar que a madeira é um insumo (ou produto) de baixo valor específico, ou seja, o seu valor em relação ao seu peso é baixo, o que faz o seu custo de transporte ser alto. Além disso, as variáveis como preço da madeira, custos da produção florestal, do projeto, taxa de juro, falta de capital de giro, dentre outras, afetam a lucratividade da atividade florestal e, conseqüentemente, influenciam na quantificação da distância máxima viável de transporte.

Do exposto, tem-se como oportuna a realização de estudos sobre os custos da produção florestal, incluindo os itens manejo florestal sustentável, exploração e industrialização industrial. E, pode-se argumentar que os resultados de tais pesquisas, tendo como cenário o estado do Acre, têm um potencial para subsidiar a elaboração de políticas públicas que fomentem o uso racional das florestas nessa região. Tal afirmação se embasa ao fato que,

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, M.Sc. Associação das Indústrias Manejadoras do Estado do Acre - ASSIMANEJO  
E-mail: mayara\_paula@hotmail.com

atualmente este estado têm 95% de sua madeira explorada oriunda de planos de manejo. Sendo assim, esse estudo teve como objetivo maior, identificar o custo da atividade madeireira, em áreas manejadas, no estado do Acre.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados ocorreu via aplicação de um formulário em entrevistas face a face com membros do setor madeireiro acreano em número de quatro (dois na capital de Rio Branco, um no município de Sena Madureira e um no município de Feijó).

Como propõem Silva e Santos (2011), o citado formulário enfocou os temas: (1) identificação da firma; (2) caracterização do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) e do seu Plano Operativo Anual (POA); (3) custos com planejamento e abertura de estradas e ramais (R\$/m<sup>3</sup>); (4) preço pago pelas espécies madeireiras exploradas (R\$/m<sup>3</sup>); (5) volume de madeira explorada (m<sup>3</sup>) e (6) custo com as atividades de extração e transporte florestal (R\$/m<sup>3</sup>).

### Custo da produção da madeira em pé

O custo da produção madeireira foi identificado e quantificado fazendo-se uso do seguinte modelo matemático, elaborado por Silva e Santos (2011):

$$C_{mm} = S_{mp} + C_{mf}$$

Em que o  $C_{mm}$  = Custo de produção sustentável da madeira em pé (R\$/m<sup>3</sup>);  $S_{mp}$  = Preço médio da madeira em pé em área de desmate, e praticado em Rio Branco (R\$/m<sup>3</sup>) e  $C_{mf}$  = Custo de produção do MFS (R\$/m<sup>3</sup>).

Para quantificar o custo de produção do MFS, como sugerem Klemperer (1996) e Wagner (2012), fez-se uso de um fluxo de caixa o qual, aplicado aos conceitos de matemática financeira, enfocou um período do ciclo de corte de 25 anos com taxa de juros de 6% a.a. Nesse cálculo foi empregada a seguinte expressão, apresentada por Silva e Santos (2011):

$$C_{mf} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}{\frac{V_m}{(1+i)^{te}}}$$

Em que  $C_{mf}$  = Custo do MFS (R\$/m<sup>3</sup>);  $C_t$  = Custo das operações do MFS, no ano  $t$  (R\$/ha);  $V_m$  = Volume da madeira explorada (m<sup>3</sup>/ha);  $i$  = Taxa de juro, expressa em decimal (0,0i);  $te$  = ano em que ocorreu a exploração.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios obtidos sobre a caracterização do PMFS e POA indicaram que a produtividade comercial das florestas exploradas por estas firmas foi de 12 m<sup>3</sup>/ha. Por sua vez, o preço praticado, pela firma de engenharia florestal para elaborar e aprovar o PMFS foi de R\$ 80,00/ha.

Os preços médios encontrados em Rio Branco para a madeira em pé, foram de R\$ 37,00/m<sup>3</sup> para as espécies de madeira branca e R\$ 55,00/m<sup>3</sup> para as espécies nobres e duras. Como as espécies de madeira dura e de nobre tinham preços iguais, considerou-se que estas integram um só grupo, aqui chamado por madeira dura.

A Tabela 1 lista os itens de custo das atividades da colheita/exploração florestal/m<sup>3</sup> e custos com diferentes fretes (50 e 100 quilômetros).

Tabela 1 - Custos da atividade de colheita no manejo florestal sustentável, estado do Acre, 2014

Table 1 - harvest activity costs in sustainable forest management, state of Acre, in 2014

Etapas	Preço (R\$/m <sup>3</sup> )
Abate florestal	8,67
Arraste florestal	26,67
Construção de estrada	13,50
Primeiro carregamento	7,80
Baldeio	10,00
Segundo carregamento	3,00
Custos diversos	5,00
Abertura do ramal	45,00
Transporte florestal (50km)	45,00
Transporte florestal (100km)	70,00

O custo para explorar madeira em tora foi de R\$ 119,64 m<sup>3</sup> e este destacou-se como a etapa mais cara do manejo correspondendo a 9% do valor de revenda da madeira dura considerado neste estudo (R\$/m<sup>3</sup>1300,00) e 20% da madeira branca (R\$/m<sup>3</sup> 600,00).

A Tabela 2, por sua vez, sintetiza o custo da madeira, com origem em área manejada, explorada e entregue no pátio da serraria considerando diferentes raios econômicos (50 e 100 quilômetros).

Tabela 2 - Custos da madeira oriunda de área manejada, posto no pátio de serraria, estado do Acre, 2014.

Table 2 - Wood costs coming from managed area, placed in the mill yard, the state of Acre, in 2014.

Item	Madeira dura	Madeira branca
CMF + arv em pé (R\$/m <sup>3</sup> )	182,00	115,00
Exploração florestal (R\$/m <sup>3</sup> )	119,64	119,64
Transporte (50km*) (R\$/m <sup>3</sup> )	45,00	45,00
Total (R\$/m <sup>3</sup> )	346,64	279,64
CMF + arv em pé (R\$/m <sup>3</sup> )	135,00	89,00
Exploração florestal	119,64	119,64
Transporte (100km*)	70,00	70,00
Total (R\$/m <sup>3</sup> )	324,64	278,64

Nota: (\*) distância, floresta-pátio da firma madeireira.

O custo do manejo florestal tem relação inversa à distância (transporte da madeira). Isso acontece porque o custo do manejo considera o valor do metro cúbico da árvore em pé e este tende a ficar mais barato a medida em que a terra fica mais longe do centro comercial. Considerando um raio econômico de 50 quilômetros pôde-se afirmar que o metro cúbico da madeira dura chegou ao pátio da serraria no valor de R\$ 346,64 m<sup>3</sup> e R\$ 279,64 m<sup>3</sup> da madeira branca. Já para 100 quilômetros este valor diminuiu cerca de 7% para madeira dura e 0,40% para madeira branca.

Os valores da árvore em pé e da tora posto pátio encontrados neste estudo foram considerados altos se comparado aos valores encontrado pelo estudo do Instituto do homem e meio ambiente da Amazônia – IMAZON em Belém do Pará no ano de 2010, considerado o metro cúbico mais barato da Amazônia por ser de explorada em grandes distâncias (688 quilômetros) e transportado por meio de balsas (Transporte Fluvial).

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados gerados nessa avaliação econômica, sobre o manejo florestal empresarial foi possível inferir os seguintes pontos:

O custo para explorar a madeira em tora é a etapa mais cara do manejo florestal;

O custo do manejo florestal tende a ficar mais barato em terras mais distantes, porém não compensa pelo fato do valor do frete da madeira até o pátio da madeira ficar mais caro;

O custo do MFS já está no limite, não há o que reduzir. Sendo assim, deve-se identificar uma melhor forma de conduzir os processos de industrialização e agregar valor ao produto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, P.; SOUZA JUNIOR, C.; NOGUERÓN, R.; ANDERSON, A.; SALOMÃO, R.; WILES, J. **Pressão humana na floresta Amazônica Brasileira**. Belém: WRI/Imazon, 2005. 84 p.

BARROS, A. C.; VERÍSSIMO, A. **A expansão madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará**. 2 ed. Belém: IMAZON, 2002.

GARRIDO FILHA, I. Manejo florestal: questões econômico-financeiras e ambientais. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 45, p. 91-106, 2002.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA – IMAZON. **Boletim de preços de madeira na Amazônia**, n 04, Janeiro de 2010.

KLEMPERER, W.D. **Forest resource economics and finance**. New York: McGraw-Hill, 1996. 551 p.

SILVA, M. L. da; OLIVEIRA, R.J. de; VALVERDE, S.R.; MACHADO, C.C.; PIRES, V.A.V.. Análise do custo do raio econômico de transporte de madeira de reflorestamento para diferentes tipos de veículos. **Revista Árvore**, v.31. n.6, p. 1073-1079, 2007.

SILVA, Z. A. G. P. da G. e; SANTOS, R. A. dos. Custo do Manejo Florestal madeireiro em Floresta pública: estudo de caso no Acre, 2011. **Rev Amazônia: Ci. e Desenv.**, Belém, v. 7, n. 13, p. 79-96, jul./dez. 2011.



**DENSIDADE E EFEITO DE ESTRADAS EM ÁREA DE MANEJO FLORESTAL NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa EM SANTA CATARINA, BRASIL**

**DENSITY AND EFFECT OF ROAD IN FOREST MANAGEMENT DENSE UMBROPHILUS FOREST IN SANTA CATARINA, BRAZIL**

Daisy Christiane Zambiasi<sup>1</sup> Geferson Elias Piazza Alfredo Celso Fantini

**RESUMO**

O impacto do manejo florestal em pequenas propriedades rurais pode estar relacionado com a densidade de estradas implantadas nas áreas de exploração. Desta maneira, o presente trabalho foi desenvolvido a fim de avaliar as áreas abertas para a implantação de estradas, áreas adjacentes às estradas e pátios em uma área de manejo com sistema de toras longas ou fustes (*tree-length*) em floresta nativa na floresta ombrófila densa em Santa Catarina. O objetivo foi analisar a densidade de estradas e o efeito da taxa de resposta das áreas de estradas, áreas adjacentes, comprimento das estradas e pátios sobre a área explorada. A área de estudo apresenta estrutura de floresta secundária da Mata Atlântica, com elevada densidade de espécies arbóreas. A densidade de estradas variou de 72,64 m/ha a 116,68 m/ha, com uma densidade de 92,94 m/ha para a área total explorada e o efeito da taxa de resposta da abertura de áreas sobre a área explorada variou de 0,01 a 0,04. A densidade de estradas resultante está com baixos índices, considerando estradas em florestas tropicais, indicando baixo impacto sobre as áreas de manejo florestal. O mesmo acontece com o efeito da taxa de resposta para a abertura de áreas para a implantação de estruturas de exploração sobre as áreas explorada. Desta maneira, concluímos que a implantação de estradas e pátios na área de manejo florestal, tem baixa interferência sobre as áreas de manejo florestal no presente estudo, o que contribui para o baixo impacto a estrutura da floresta e garante o estoque de madeira para os próximos ciclos, aliado ao manejo adotado.

**Palavras-chave:** floresta tropical, efeito, taxa de resposta, área explorada, estruturas de exploração.

**ABSTRACT**

The impact of forest management on small farms can be related to road density deployed in exploration. Thus, the present study was conducted to assess the areas open to the implementation of roads, areas adjacent to roads and yards in a management area with long logs system or shafts (*tree-length*) in native forest in the rain forest dense in Santa Catarina. The objective was to analyze the density of roads and the effect of the response rate of the areas of roads adjacent areas, roads and yards length of the explored area. The study area has secondary forest of the Atlantic Forest structure with high density of tree species. The road density ranged from 72.64 m / ha 116.68 m / ha with a density of 92.94 m / ha of the total area and explored the effect opening areas of the response rate of the explored area It varied from 0.01 to 0,04. The resulting road density is low rates, considering road in tropical forest, indicating low impact on the areas of forest management. So does the effect of the response rate for the opening of areas for the implementation of the operating structures of the areas explored. Thus, we conclude that the implementation of roads and yards in the forest management area, has low interference on forest managers in this study, which contributes to the low-impact forest structure and guarantees the supply of wood for the next cycles, coupled with the adopted management.

**Keywords:** tropical forest, effect, response rate, explored area, the operating structures

**INTRODUÇÃO**

A implantação de estradas no interior de áreas de manejo florestal possibilita o acesso às unidades de trabalho e a colheita da madeira extraída. Em área de floresta tropical as estradas florestais são reconhecidas pela perda direta e indireta de área por fragmentação de um ecossistema, gerando remanescentes menores e isolados (CHOMITZ; GRAY, 1996; GENELETTI, 2003). Para reduzir estes impactos negativos, as estradas devem estar inseridas em redes, melhorando a distribuição e o acesso das áreas de exploração (GUMUS et al., 2007; HAYATI, 2013).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Bolsista CNPq, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: daisyzamb@gmail.com

As atividades de extração em uma área de manejo são divididas em três fases básicas segundo Malivoski (2007): corte (processamento), extração (baldeio/arraste) e transporte. A extração e o transporte da madeira devem estar relacionados com a densidade de estradas implantadas nas áreas de exploração, a fim de facilitar o baldeio e o transporte das toras até os pátios de estocagem.

As estradas permitem transportar a madeira e ligar as áreas de manejo à rede viária pública, além de serem utilizadas tanto na exploração florestal como nas atividades de levantamento, silvicultura e monitoramento das áreas (SOUZA; SOARES, 2013, p. 239).

Em pequenas propriedades rurais, a implantação de estradas deve estar em consonância com a área manejada e com os equipamentos utilizados para o arraste, baldeio e transporte da madeira. A densidade de estradas a serem construídas, considerando a distância de arraste e a estrutura da floresta, deve considerar a eficiência das operações e otimizar as áreas de manejo (CARMO et al., 2013).

Para Braz (2010) a densidade inadequada de estradas e pátios mal distribuídos, aumenta o custo de manutenção das estradas, a floresta é danificada, modificando sua composição florística e estrutura, além de reduzir o estoque de madeira de interesse comercial para os próximos ciclos. Johns et al., (1998) afirmam que um componente importante do manejo da floresta é a adoção de práticas cuidadosas de exploração, desenhadas para reduzir os danos à floresta remanescente.

A distribuição dos pátios de estocagem deverá ser também otimizada, a fim de facilitar o arraste e também não exceder o ideal, evitando maior dano a floresta e custos desnecessários. O tamanho do pátio também deve ser otimizado, de acordo com o potencial da área. As dimensões ideais dos pátios, em geral, são de 25 x 30 metros, com faixas de circulação laterais para entrada e saída de equipamentos (BRAZ, 2010).

O objetivo deste estudo foi analisar a densidade de estradas locadas no interior da área de exploração de manejo florestal com sistema de toras longas ou fuste (*tree-length*), considerando os equipamentos utilizados no arraste e baldeio da madeira, e o efeito da abertura de áreas sobre a área explorada considerando a taxa de resposta.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A coleta de dados foi realizada entre julho de 2014 e junho de 2015, em área de manejo florestal seletivo de uma floresta secundária da Mata Atlântica, no município de Guaramirim, norte de Santa Catarina. Situada nas coordenadas Sul 26° 32' 01" e Oeste 49° 02' 30", tem altitudes que variam de 235 a 408 metros e uma área de 41,94 hectares. A formação florestal é Ombrófila Densa, sub montana, com estrutura de floresta secundária de elevada diversidade, com predominância de *Hieronyma alchorneoides*, *Miconia cinnamomifolia*, *Nectandra spp*, *Euterpe edulis*, *Virola bicuhyba*, *Miconia cabucu*, *Cabralea canjerana* e *Alchornea triplinervia* (PIAZZA, 2014).

Em 1978 a área apresentava pastagem e foi objeto de reposição florestal, recebendo indivíduos de espécies nativas de crescimento rápido, típicas de floresta secundária (PIAZZA, 2014). Ainda segundo Piazza (2014), estes indivíduos foram introduzidos sem espaçamento e densidade regulares, facilitando o processo de regeneração natural e sucessão florestal, com o desenvolvimento natural da floresta, dificultando a percepção do plantio.

A extração dos indivíduos arbóreos nas áreas de manejo florestal do estudo é realizada com motosserra, o arraste com um cabo de aço de 100 metros acoplado a um trator agrícola, baldeio com trator e manual, utilizando uma haste de aço e transporte até a serraria com um caminhão.

### Mapeamento das estradas, pátios e blocos de exploração

Com o auxílio de um GPS de navegação da marca GARMIN, modelo GPSMAP 62SC, foi realizado o caminhamento por toda a rede de estradas, pátios, e blocos de exploração na área de manejo florestal. Posteriormente, os dados foram descarregados em Sistema de Informações Geográficas para a determinação do comprimento e largura das estradas, das áreas adjacentes, dos pátios e dos blocos de exploração, a fim de gerar subsídios para o cálculo das densidades das estradas e efeito da taxa de resposta das demais variáveis analisadas. Para o processamento dos dados georreferenciados foi utilizado o software ArcGIS 9.3.

### Análise dos dados

A densidade de estradas (DE) foi calculada pela relação entre o comprimento de estradas total e por subárea e a área total a ser explorada pela rede de rodagem, normalmente expressa em m/ha (ISMAL; KAMARUZAMAN, 2009; BRAZ, 2010):

$$DE = \frac{L}{A}$$

onde: DE = Densidade atual (m/ha); L = Comprimento da estrada (m); e A = Área explorada (m<sup>2</sup>).



O efeito das áreas abertas para a implantação de estradas e pátios de toras sobre a área explorada foi calculado pela taxa de resposta, que varia de 0 a 1:

$$\text{Taxa de resposta} = \frac{\text{Variável dependente}}{\text{Variável independente}}$$

onde: Variável dependente = valores de área de estrada (m<sup>2</sup>), áreas adjacente (m<sup>2</sup>), área dos pátios (m<sup>2</sup>) e comprimento das estradas (m); e Variável independente = área explorada (m<sup>2</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo realizado na área de estudo é o sistema de toras longas ou fustes (*tree-length*), como afirmado anteriormente, facilitando o arraste e baldeio das toras para os pátios. A área de manejo foi dividida em cinco blocos de manejo florestal, a fim de favorecer o equipamento utilizado para arraste, baldeio e transporte das toras (Figura 1). O arraste das toras foi direcionado para a estrada, diminuindo o impacto sobre os indivíduos arbóreos remanescentes.

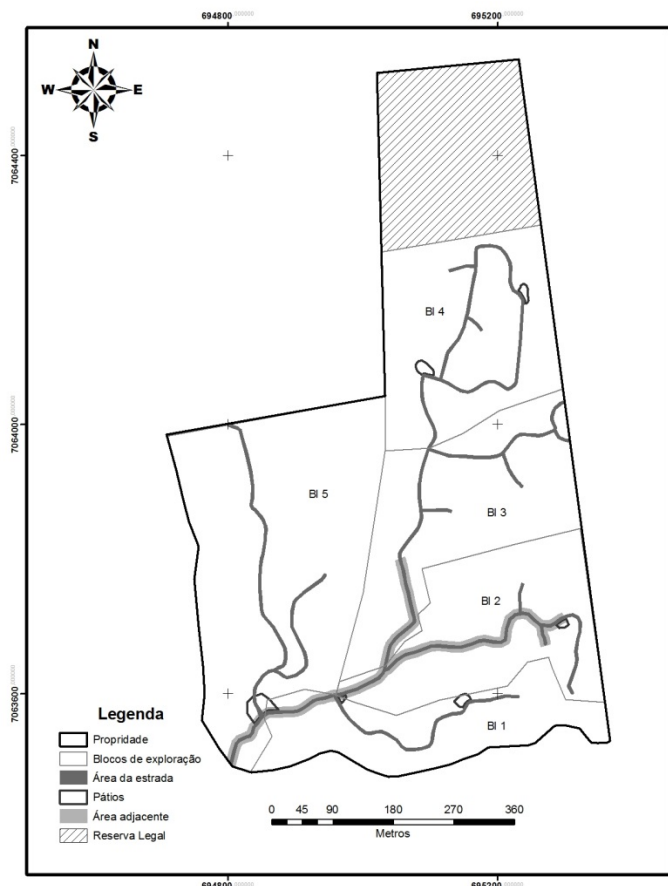


Figura 1 -Mapa da distribuição das estruturas de exploração na área de manejo da floresta.  
Figure 1 - Map of the distribution of structures in the management of forest area.

Os valores de densidade variaram de 72,64 m/ha a 116,68 m/ha, com uma densidade para o total da área de 92,94 m/ha, não considerando as implicações do relevo (Tabela 1). O aumento do comprimento das estradas está diretamente relacionado com o aumento da área do bloco de exploração, mas não com a densidade de estradas, uma vez que áreas maiores apresentaram baixa densidade de estradas.

Tabela 1 - Quantificação das áreas exploradas, do comprimento de estradas e densidade de estradas em área de manejo florestal.

Table 1 - Quantification of the exploited areas, the length of roads and road density in forest management.

Subárea	Área explorada (ha)	Comprimento estradas (m)	Densidade atual (m/ha)
1	4,63	487,32	105,20
2	6,12	634,82	103,72
3	6,92	603,08	87,09
4	6,97	813,46	116,68
5	11,70	849,99	72,64
<b>Total</b>	<b>36,35</b>	<b>3378,68</b>	<b>92,94</b>

Em estudos realizados por Carmo et al., (2013) em pequenas propriedades no Espírito Santos, a densidade de estradas variou entre 111,6 m/ha e 373,9 m/ha, o que para os autores é um índice elevado. Em estudos realizados em florestas nativas em Osaka, no Japão, Kanzaki et al., (1990) encontraram uma alta densidade de estradas em áreas íngreme de montanha, com 222,94 m/ha. Os valores demonstrados nos estudos citados permitem indicarmos que as áreas manejadas podem não estar sendo impactadas pelas atividades de exploração, uma vez que a densidade está abaixo da média dos demais estudos.

Áreas de floresta tropical possuem densidades de estradas acima do recomendado, aumentando assim o impacto sobre as áreas remanescentes de floresta e contribuindo para a fragmentação e formação de áreas isoladas. Braz (2010) afirma que, frequentemente observam-se densidades inadequadas de estradas de acesso para áreas com baixo potencial madeireiro, pátios mal distribuídos para estocar essa madeira e dimensionamento de talhões que não abastecem a indústria em quantidade e qualidade adequadas.

Desta maneira, a densidade das estradas implantadas nas áreas de manejo florestal do presente estudo, pode indicar um baixo impacto sobre as áreas remanescentes de floresta tropical, favorecendo a estrutura e a composição das áreas de manejo, a fim de manter o estoque de madeira para os ciclos futuros.

Quando analisamos a taxa de resposta das áreas abertas para a implantação das estruturas de exploração (estradas, áreas adjacentes e pátios) sobre a área explorada, observamos que o efeito é muito baixo, variando de 0,01 a 0,04, corroborando com os valores de densidade de estradas. O efeito resultante pode reforçar a indicação de que as áreas remanescentes não sofrem os impactos da exploração nas áreas de manejo florestal.

Tabela 2 - Efeito da taxa de resposta das áreas abertas para a implantação das estruturas de exploração sobre as áreas explorada.

Table 2 - Response rate effect of open areas for the implementation of the operating structures of the areas explored.

Variável	Mensuração	Efeito da taxa de resposta
Área estradas (m <sup>2</sup> )	15.312,39	0,04
Áreas adjacentes (m <sup>2</sup> )	8.745,8	0,02
Comprimento estradas (m)	3.378,68	0,01
Pátios (m <sup>2</sup> )	2.205,48	0,01
Área explorada (m <sup>2</sup> )	363.513,8	--

Acosta *et al.* (2011) indica que os valores de espaçamentos entre estradas e entre pátios embora aumente a quantidade de pátios, reduz a densidade de estradas em 6,55 m/ha, com uma importante diminuição dos impactos à floresta. Na área total de exploração estão instalados seis pátios, que variam de 80,30 m<sup>2</sup> a 1.065,46 m<sup>2</sup>, o de maior área é utilizado como ponto final de estocagem das toras, antes de serem enviadas à serraria.

As áreas adjacentes, ou margens de estradas, foram implantadas a fim de evitar danos aos indivíduos arbóreos presentes nas bordas das áreas de manejo. A construção e manutenção de estradas, por vezes, causam danos à estrutura da floresta, com a queda de indivíduos deixados nas margens (HUTH & DITZER, 2001) e a retiradas dos indivíduos arbóreos nas áreas em questão, facilita o arreste o baldeio das toras.

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, pode-se concluir que os valores de densidade das estradas implantadas no interior das áreas de manejo florestal, que variam de 72,64 m/ha a 116,68 m/ha, estão abaixo da média para exploração em áreas de floresta tropical. A baixa densidade pode indicar baixo impacto sobre a área manejada, aliada ao manejo com sistema de toras longas ou fuste.

Os valores da taxa de resposta indicam que o efeito da abertura das áreas para a implantação das estruturas de manejo é quase nula, uma vez que tende ao zero, com valores que variam de 0,01 a 0,04. As estradas e áreas adjacentes e de pátios localizadas no interior da área de manejo em uma formação de floresta secundária da Floresta Ombrófila Densa indicam baixo impacto sobre os remanescentes florestais.

## AGRADECIMENTOS

O nosso agradecimento a Fundação do Meio Ambiente - FATMA, a Madeireira Bisewski, ao Laboratório de Dendrologia/FURB, ao Laboratório de Mecanização Florestal - LAMEC/UFPR, ao Laboratório de Ecologia e Manejo de Ecossistemas Florestais - LEMEF/UFSC e a CAPES e ao CNPq pela concessão das bolsas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, F.C.; GARCÍA, M.L.; LIMA, M.P. de.. Densidade ótima de estradas e pátios baseada no custo mínimo do sistema de exploração no manejo de florestas nativas do Estado do Mato Grosso. **Anais: Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal**; 5ª edição, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, RS, p.43-48, 2011.
- BRAZ, E. M.. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônica. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)**, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 236f., 2010.
- CARMO, F.C. de A. do; FIEDLER, N.C.; LOPES, E.S.; PEREIRA, D.P.; MARIN, H.B.; SILVA, E.N. da. Análise da densidade ótima de estradas florestais em propriedades rurais. **Revista Cerne**, Lavras. Vol. 19, nº 3, p. 451-459, 2013.
- CHOMITZ, K. M.; GRAY, D. A.. Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize. **World Bank Economic Review**. N. 10, p. 487-512, 1996.
- GENELETTI, D.. Biodiversity impact assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. **Environmental Impact Assessment Review**. N. 23, p. 343-365, 2003.
- GUMUS, S.; ACAR, H.H.; TOKSOY, D.. Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. **Environmental Monitoring and Assessment**. N. 142, p. 109-116, 2007.
- HAYATI, E; ABDI, E; MAJNOUNIAN, B; MAKHDOM, M.. Application of Sensitivity Analysis in Foret Road Networks Planning and Assessment. **Journal of Agricultural Science and Technology**. N. 15, p. 1-12, 2013.
- HUTH, A.; DITZER, T.. Long-term impacts of logging in a tropical rain forest – a simulation study. **Forest Ecology and Management**. N. 142, p.33-51, 2001.
- ISMAIL, M. H.; KAMARUZAMAN, J.. Planning of access road using satellite technology and best path modeling. **Morden Applied Science**. Vol. 3, n. 3, p.83-95, 2009.
- JOHNS, J.S.; BARRETO, P.; UHL, C.. Os danos da exploração de madeira com e sem planejamento na Amazônia Oriental. **Série Amazônia**, n. 16, Belém: Imazon, 42p., 1998.
- KANZAKI, K.; OHASI, K.; DEKI, T.; MIYAKE, T.; On capillary path systems in steep mountain areas. **International Journal of Forest Engineering**. N. 2, p.17-21, 1990.
- MALINOSVKI, R.A.. Otimização da distância de extração de madeira com forwarder. **Tese (Doutorado em )**, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas. Botucatu, São Paulo, 97f., 2007.
- PIAZZA, G.E.. Regeneração de espécies madeireiras na floresta secundária da Mata Atlântica. **Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas)**, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, 74f., 2014.
- SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B.. **Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 322p, 2013.



DENSIDADE POTENCIAL DE *Cedrela fissilis* Vell. EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO DA COPA EM SÃO GABRIEL, RS

POTENTIAL DENSITY OF *Cedrela fissilis* Vell. ACCORDING TO ON CROWN DIAMETER IN SÃO GABRIEL, RS

Diego Adams Weiler<sup>1</sup> Everton Bastos Gonçalves João Lindolfo Meira Eduardo Pagel Floriano

RESUMO

*Cedrela fissilis* foi uma das espécies mais importantes para a produção de madeira no passado, sendo considerada potencial para silvicultura. Uma das dificuldades da silvicultura é determinar a densidade de árvores apropriada para os povoamentos. Este trabalho teve como objetivo modelar o diâmetro da copa da *Cedrela fissilis* Vell. em função do diâmetro altura do peito e altura e determinar a densidade potencial de árvores por hectare pelo fechamento das copas. A modelagem do diâmetro de copa foi realizada em função das variáveis independentes (x): "d", "h", "w = d . h" e "z = d<sup>a</sup> . h<sup>b</sup>". Três métodos foram testados, Stepwise, Forward e Backward, todos com e sem intercepto. A melhor equação foi gerada pelo método de Stepwise sem intercepto, que apresentou baixos valores de inflação de variância, R<sup>2</sup>= 0,975, e Syx%=17%, escolhida como a melhor equação para estimar o diâmetro da copa, sendo expressa a seguir:  $d_{\text{copa}} = -0,000000219773 d^4 + 0,11867 (d^{0,5299} h^{0,0976})^2$ . A equação apresentou ajuste adequado e erro padrão de estimativas médio, o que permite o seu uso para estimar o diâmetro das copas de *Cedrela fissilis* e determinar a densidade potencial para os povoamentos.

**Palavras-chave:** Modelagem; biometria florestal; cedro.

ABSTRACT

*Cedrela fissilis* was one of the most important species for timber production in the past and is considered potential for forestry. One of the difficulties of forestry is to determine the appropriate tree stand density. This study aimed modeling crown diameter of *Cedrela fissilis* Vell. As a function of breast height diameter and height and determine the potential density of trees per hectare for closing the canopy. The crown diameter modeling was performed as a function of the independent variables (x): "d", "h" "w = d . h" and "z = d<sup>a</sup> . h<sup>b</sup>". Three methods were tested Stepwise, forward and backward, all of them with and without intercept. The best equation was generated by Stepwise method without intercept, which showed low values of variance inflation, R<sup>2</sup> = 0.975, Syx%=17%, chosen as the best equation for estimating the diameter of the crown, and is expressed as follows:  $d_{\text{copa}} = -0.000000219773 d^4 + 0.11867 (d^{0.5299} h^{0.0976})^2$ . The equation showed proper adjustment and a mean standard error of estimates, allowing its use to estimate the crown diameter of *Cedrela fissilis* and determine the potential stand density.

**Keywords:** Modeling; forestry biometrics; cedro.

INTRODUÇÃO

O Cedro, *Cedrela fissilis* Vell., é uma espécie de madeira de lei que apresentou grande importância econômica no passado, devido às excelentes propriedades da madeira, sendo hoje recomendada para projetos de recomposição ambiental. É uma espécie de crescimento entre moderado e rápido, considerada potencial para silvicultura, embora seja atacada pela broca *Hypsipyla grandella* Zeller (CARVALHO, 1994), que pode deformar a copa e reduzir o seu crescimento. Alguns esforços vêm sendo realizados para tornar a espécie mais resistente à praga (VALERA et al, 1997; RIBASKI et al, 2003).

Um dos aspectos mais importantes para a silvicultura é a definição do espaçamento a utilizar com cada espécie em cada local, para otimizar a produção. O espaço ocupado pelas copas das árvores é um dos indicadores usados na definição da densidade potencial de árvores por unidade de área. A medição da área de projeção das copas é demorada e cara e geralmente é estimada em função de outras variáveis dendrométricas.

Assim, esse trabalho tem como objetivo modelar o diâmetro da copa da *Cedrela fissilis* Vell. em função do diâmetro altura do peito e altura total e determinar a densidade potencial de árvores por hectare em função do diâmetro de copa.

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Acadêmico de Engenharia Florestal, UNIPAMPA, São Gabriel, RS. Email: diegoweilerd2@yahoo.com.br

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O cedro (*Cedrela fissilis* Vell., *Meliaceae*) é nativo do Brasil e sua ocorrência se estende do Rio Grande do Sul até Minas Gerais (LORENZI, 2000); é árvore de grande porte, possuindo entre 25 a 30 m de altura e um tronco com 60 a 90 cm de diâmetro. Possui um tronco cilíndrico, longo, reto ou pouco tortuoso, com longas fissuras longitudinais profundas na casca e uma ramificação ascendente, formando uma copa arredondada, muito parecida com a forma de guarda chuva (LORENZI, 2000).

Segundo Reitz (1984) a madeira do cedro apresenta uso bastante generalizado devido às suas excelentes e múltiplas propriedades, como: sua alta durabilidade quando exposta ao tempo e a facilidade em se trabalhar, sendo largamente empregada em compensados, esculturas e obras de talha, modelos e molduras, móveis em geral, marcenaria, na construção civil, naval e aeronáutica, na confecção de pequenas caixas, lápis e instrumentos musicais. Também, é apropriado para paisagismo, arborização de praças e parques como também na recuperação de ecossistemas degradados (LORENZI, 2000).

A copa de uma árvore é a parte responsável pela fotossíntese, onde absorve a luz solar e gás carbônico (CO<sub>2</sub>), através de pigmentos de clorofila existentes nas folhas, liberando oxigênio (O<sub>2</sub>) e transformando em energia química na forma de ATP. Quanto maior for a copa de uma árvore, podemos dizer que mais saudável esta será, devido a maior produção de energia. Alguns autores citam que o desenvolvimento das árvores é influenciado por fatores genéticos, ecológicos e antrópicos.

Uma das formas de se definir a densidade populacional é por meio do espaço ocupado pelas copas, pois está diretamente relacionada com o crescimento (ASSMANN, 1970), o que faz com que esta variável seja uma das mais importantes para o manejo. De acordo com o mesmo autor, estudos morfológicos de copas realizados por ele mesmo, demonstraram a eficácia das copas quanto ao incremento volumétrico da árvore, ficando evidenciada a maior viabilidade de copas longas e estreitas para o crescimento da árvore.

Muitos autores defendem a eficiência da projeção da copa como melhor variável no caso de se estimar algum dado parâmetro de produtividade (NUTTO, 2001). O diâmetro da copa é uma variável básica que pode fornecer a dedução de outras características importantes das árvores e também que corresponde à distância entre as linhas de projeção dos pontos mais externos da copa. A área de projeção da copa permite calcular o espaço a ser ocupado por cada árvore, por meio da medição de um determinado número de raio, mostrando assim o número de indivíduos a serem dispostos em uma determinada área (DURLO; DENARDI, 1998).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados obtidos para a realização desse trabalho foram coletados de 31 árvores isoladas de *Cedrela fissilis* Vell., localizadas no Município de São Gabriel, RS, Brasil. As medidas do diâmetro à altura do peito (d) foram tomadas com fita diamétrica, a altura total (h) e os quatro raios da copa (N, S, L e O) com o auxílio de hipsômetro Vertex IV.

Foi modelado o diâmetro da copa em função das variáveis independentes (x): "d", "h", "w = d . h" e "z = d<sup>a</sup> . h<sup>b</sup>". Três métodos foram testados no programa SAS Academic Edition (SAS Institute, 2015), *Stepwise*, *Forward* e *Backward*, todos com e sem intercepto, com as seguintes transformações das variáveis independentes (x): x<sup>2</sup>, x<sup>3</sup>, x<sup>4</sup>, x<sup>5</sup>, 1/x, 1/x<sup>2</sup>, 1/x<sup>3</sup>, 1/x<sup>4</sup>, 1/x<sup>5</sup>, ln (x), ln (x<sup>2</sup>), ln (x<sup>3</sup>), ln (x<sup>4</sup>), ln (x<sup>5</sup>), ln (1/x), ln (1/x<sup>2</sup>), ln (1/x<sup>3</sup>), ln (1/x<sup>4</sup>) e ln (1/x<sup>5</sup>).

Para verificar a correlação existente entre o diâmetro da copa (d<sub>copa</sub>) e as variáveis independentes com suas transformações foi usado o coeficiente de correlação de Pearson (r). A inflação de variâncias das variáveis independentes foi verificada pela opção VIF do comando MODEL do procedimento PROC REG do SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente verificou-se qual a correlação existente entre o diâmetro da copa (d<sub>copa</sub>) e os raios da copa nos sentidos norte, leste, sul e oeste (RN, RL, RS e RO respectivamente) por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r), tendo-se constatado que o diâmetro da copa apresenta correlação altamente significativa com todos os raios, permitindo determinar o diâmetro das copas como o dobro da média dos raios medidos.

Como o diâmetro e altura das árvores geralmente são correlacionados, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as duas, o que resultou em um r = 0,588, significativo ao nível de 1% de probabilidade. Decidiu-se, portanto, criar variáveis combinadas "w" e "z" para evitar a inflação da variância. Calculou-se a variável "w = d . h" e, em seguida, realizou-se o ajuste do modelo não-linear "d<sub>copa</sub> = d<sup>a</sup> . h<sup>b</sup>", com a intenção de obter-se a melhor relação entre o diâmetro da árvore e sua altura para estimar-se o diâmetro de sua copa. Assim, foram obtidos os coeficientes a= 0,5299 e b= 0,0976 da equação, com R<sup>2</sup>= 0,58 e S<sub>yx</sub>= 1,83 m. Com

o resultado foi criada a nova variável  $z$ , calculada por " $z = d^a \cdot h^b$ ". Então, realizaram-se as transformações citadas anteriormente.

As variáveis independentes que apresentaram coeficiente de correlação significativo com o diâmetro da copa foram usadas na modelagem e são listadas a seguir por ordem de significância:  $\ln(1/z)$ ,  $d^4$ ,  $d$ ,  $\ln(1/w^2)$ ,  $\ln(1/w^3)$ ,  $\ln(1/w^4)$ ,  $\ln(1/w^5)$ ,  $\ln(w)$ ,  $z^2$ ,  $\ln(d^4)$ ,  $\ln(d^3)$ ,  $\ln(w^2)$ ,  $d^2$ ,  $z^4$ ,  $d^3$ ,  $z^5$ ,  $\ln(1/w)$ ,  $1/d^5$ ,  $\ln(d^5)$ ,  $\ln(1/h)$ ,  $z^3$ ,  $1/d^4$ ,  $z$ ,  $1/d^2$ .

As seis equações ajustadas apresentaram bom desempenho estatístico quanto aos valores de  $R^2$ , variando de 0,715 a 0,975, demonstrando entre bom e alto grau de ajuste para descrição da variável dependente pelas variáveis independentes (Tabela 1). O ajuste foi um pouco melhor do que o encontrado por Costa et al (2014), modelando o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito de *Araucaria angustifolia*, que encontraram  $R^2 = 0,839$  e  $S_{yx}\% = 15,6$  para a melhor equação testada.

Tabela 1 - Equações ajustadas para diâmetro de copa de *Cedrela fissilis*, em São Gabriel, RSTable 1 - Adjusted equations to crown diameter of *Cedrela fissilis*, in São Gabriel, RS

Método	Variáveis independentes	Parâmetros ajustados										R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj	Syx%	VIF	
		b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6								
1 Step c/ int.	ln(1/z); d <sup>4</sup>	**	**	ns									0,726	0,706	17,1	0; 2; 2
		-27,82	-16,99	-9,93E-08												
2 Step s/ int.	d <sup>4</sup> ; z <sup>2</sup>	0	**	**									0,975	0,974	17,0	2; 2
3 For c/ int.	ln(1/z); d <sup>4</sup> ; d <sup>2</sup> ; z <sup>4</sup> ; d <sup>3</sup> ; 1/d <sup>5</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,772	0,716	16,8	0; 778; 15594; 22837; 746; 74550; 9
		60,16	41,41113	9,00E-06	6,34E-02	1,98E-03	-1,52E-03	2407026								
4 For s/ int.	d <sup>4</sup> ; d; z <sup>2</sup> ; 1/d <sup>2</sup>	0	**	ns	ns	ns							0,976	0,973	17,3	4; 973; 974; 3
5 Back c/ int	d; d <sup>2</sup>	*	**	**									0,715	0,695	17,4	0; 21; 21
		-6,41224	0,55578	-0,00407												
6 Back s/ int	d; ln(d <sup>4</sup> ); d <sup>2</sup>	0	**	*	**								0,975	0,972	17,4	613; 227; 116
			0,69417	-0,72968	-0,00482											

Onde: Step = Stepwise; For = Forward; Back = Backward; int. = intercepto; (\*) = significativo ao nível de 5% de probabilidade (teste t); (\*\*) = significativo ao nível de 1% de probabilidade (teste t); R<sup>2</sup>=coeficiente de determinação; R<sup>2</sup>aj=coeficiente de determinação ajustado; S<sub>yx</sub>%= erro padrão de estimativas em percentagem; VIF= valor de inflação de variância.



Somente as equações geradas pelos métodos 2, 5 e 6 apresentaram todos os parâmetros significativos pelo teste t, tendo sido pré-selecionadas como as melhores.

Dentre as 3 equações pré-selecionadas, a equação gerada pelo método 2 foi escolhida como melhor, pois apresenta baixos valores de inflação de variância, R<sup>2</sup> superior e erro padrão de estimativas menor do que as demais, tendo seus resíduos delineados na Figura 1 e é expressa a seguir:

$$d_{\text{copa}} = -0,000000219773 d^4 + 0,11867 (d^{0,5299} h^{0,0976})^2$$

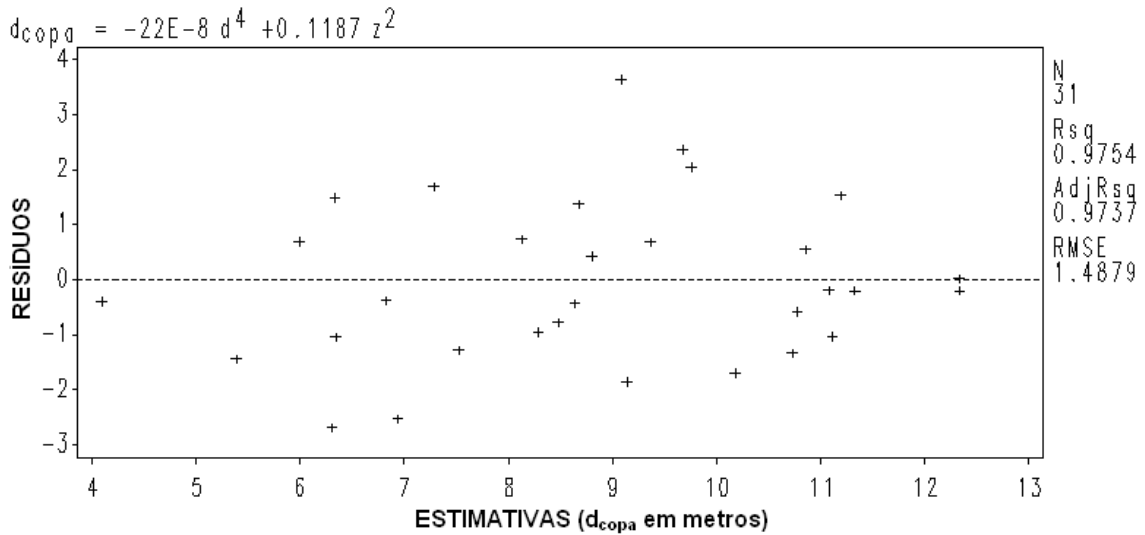


Figura 1 - Resíduos da equação escolhida para diâmetro da copa de *Cedrela fissilis*.  
 Figure 1 - Residues from the equation chose to crown diameter of *Cedrela fissilis*.

A densidade de árvores por hectare (N) para fechamento das copas é apresentada na Figura 2 e pode ser calculada por:

$$N = 10000 / (\pi \cdot d_{\text{copa}}^2 / 4)$$

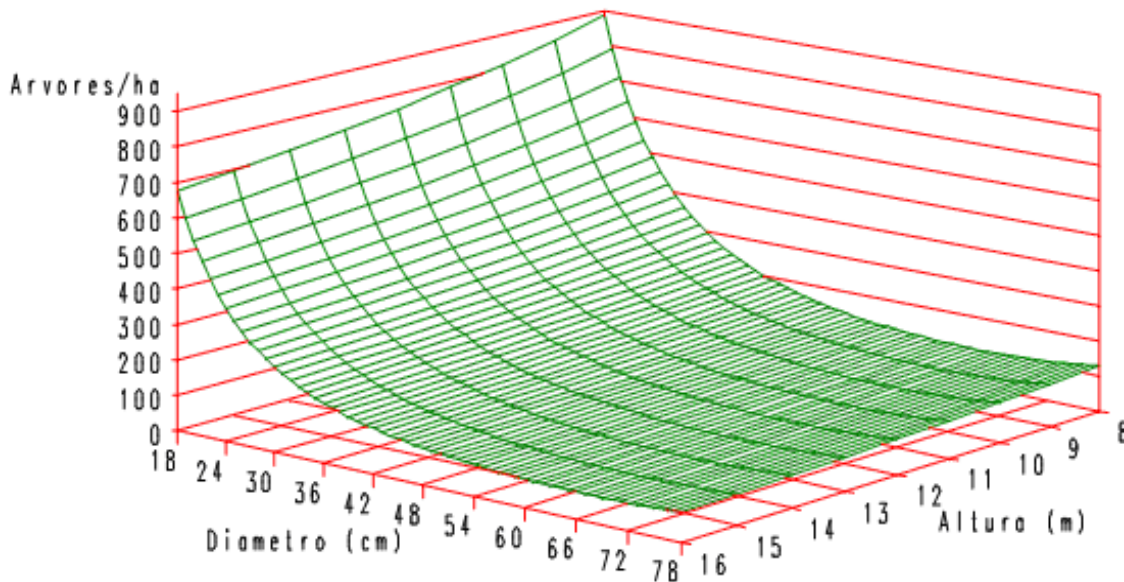


Figura 2 - Densidade de árvores (N/ha) em função do diâmetro altura do peito e altura de *Cedrela fissilis* em São Gabriel, RS.  
 Figure 2 - Trees density according of breast height diameter and height of *Cedrela fissilis* in São Gabriel, RS

## CONCLUSÕES

A equação gerada pelo método *Stepwise* sem intercepto apresentou ajuste adequado e erro padrão de estimativas médio, o que permite o seu uso para estimar o diâmetro das copas de *Cedrella fissilis* e assim determinar a densidade potencial para o povoamento.

A densidade populacional do povoamento com o fechamento integral do coberto arbóreo pode ser determinada através da equação desenvolvida medindo o diâmetro e a altura das árvores e aplicando-se sobre a distribuição de diâmetros do povoamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSMANN, E. **Principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon Press, 1970.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, PR, 1994.
- COSTA, E.A.; FINGER, C.A.G.; MARANGNON, G.P.; CUBAS, R.; LONGHI, R.V. Relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Lages, SC. In: VIII SIMPOSIO BRASILEIRO PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS. Recife: UFRPE/PPGCF, 22-24/out/2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12702/VIII.SimposFloresta.2014.250-607-1>>. Acesso em: 27/07/2015.
- DURLO, M.A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p.55-66, 1998.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil - v.1**, 3 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2000.
- NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**. Santa Maria, 11 (2): 9-25, 2001
- REITZ, J.R. **Flora Ilustrada Catarinense: Meliaceae**. Itajaí, 1984.
- RIBASKI, N.G.; IRITANI, C.; RIBASKI, J. Embriogênese somática de *Cedrela fissilis* Vell.: alternativa para gerar plantas resistentes ao ataque da broca-do-cedro (*Hypsipyla grandella*). Brasília: **Embrapa**, 2003. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/307606/1/1016embriogenese.pdf>>. Acesso em: 27/07/2015.
- SAS Institute**. Sítio institucional. Disponível em: <<http://www.sas.com>>. Acesso em: 3/4/2015.
- VALERA, F.P.; KAGEYAMA, P.Y.; LINARES, C.B.; NAVARRO, C.P.; PATIÑO, F.V. **Genetic resources of Swietenia and Cedrela in the neotropics: proposals for coordinated action**. ROMA: FAO/GCP/RLA/128/NET, 1997.

DESEMPENHO DE UM MODELO VOLUMÉTRICO VARIANDO SUA FORMA FUNCIONAL

PERFORMANCE OF A VOLUMETRIC MODEL VARYING ITS FUNCTIONAL FORM

Rodrigo Otávio Veiga de Miranda<sup>1</sup> Hassan Camil David Ângelo Augusto Ebling Emanuel José Gomes de Araújo Luan Demarco Fiorentin

RESUMO

O modelo linear de Spurr foi empregado para obter volume de fustes de *Pinus* sp. em cinco povoamentos distintos em regimes de desbaste, correspondendo a cinco tratamentos. A forma funcional do modelo original foi transformada aplicando logaritmo na base 10 e na base exponencial de Euler. O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho dos modelos linear-aritmético (original),  $\log_{10}$ -linear e  $\log_e$ -linear. Essas três formas funcionais foram avaliadas conforme as estatísticas de precisão: erro padrão da estimativa ( $s_{yx}$ ) percentual, coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{r}_{yx}$ ) e resíduos. O teste de Mackinnon, White e Davidson (MWD) foi adotado para indicar, estatisticamente, a melhor forma funcional do modelo. Como resultado, o teste MWD indicou que dentre os cinco tratamentos (T), em T4 e T5 o modelo de Spurr deveria ser transformado com logaritmo, mesmo que o modelo original apresentasse um erro sutilmente menor. O teste MWD foi condizente com a dispersão dos resíduos, pois a transformação do modelo corrigiu a tendenciosidade observada no modelo original. Concluiu-se que a transformação da forma funcional é uma ótima alternativa para corrigir tendenciosidade de modelos volumétricos.

**Palavras-chave:** Teste de Mackinnon, White e Davidson; modelo linear e log-linear; precisão na modelagem.

ABSTRACT

Spurr linear model was adopted to obtain *Pinus* sp. stem volume in five stands different by thinning regimes, corresponding to five treatments. Functional form of the original regression model was transformed applying the logarithm at base 10 and  $e$  of Euler. This paper aimed to compare the performance of linear (original),  $\log_{10}$ -linear and  $\log_e$ -linear models. These three functional forms were evaluated according to the following accuracy statistics: standard error of estimate ( $s_{yx}$ ), adjusted coefficient of determination ( $\bar{r}_{yx}$ ) and residuals. Mackinnon, White e Davidson (MWD) test was adopted to indicate statistically the best functional form of the model. As results, MWD test indicated that among the five treatments (T), in T4 and T5 Spurr's model should be transformed applying the logarithm, even the original model presented a little bit smaller error. MWD test was consistent to the residual dispersion, since the transformation of the model led the tendency observed with the original model be corrected. It was concluded that the transformation of functional form is a great alternative to fix tendency of volumetric models.

**Keywords:** Mackinnon, White and Davidson test; linear and log-linear model; accuracy in modelling.

INTRODUÇÃO

O emprego de variáveis de fácil obtenção para estimar variáveis de difícil obtenção pode ser um dos motivos mais sensatos para o uso de modelagem. Na mensuração florestal, mesmo que essa ferramenta seja aplicada em seu conceito mais puro, sem aprimoramentos da técnica análise de regressão, a modelagem reduz extraordinariamente o custo de se mensurar florestas. Entretanto, quando tratamos modelos de regressão (linear ou não-linear) com recursos que aumentam a performance da regressão, a modelagem pode ser potencializada e seu proveito consequentemente ainda maior.

A literatura florestal contempla inúmeros trabalhos que apresentam recursos para melhorar a performance de modelos estocásticos ou técnicas alternativas para estimar volume, altura, forma, biomassa ou carbono de árvores (DAVID et al., 2015; DAVID et al., 2014b; MIRANDA et al., 2014; MÔRA et al., 2014; BILA et al., 2012; MACHADO et al., 2010, ALMEIDA et al., 2009; GORGENS et al., 2009; SILVA et al., 2009).

Nesse sentido, a busca incessante pela otimização de estimativas de variáveis estimula cientistas ao redor do mundo a produzir técnicas ainda mais eficientes, principalmente devido ao avanço da inteligência artificial que

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro Florestal, Me., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: roy\_miranda@yahoo.com.br

reduz o custo computacional. Pode ser citado o *free-software* Ambiente R, que possui arquitetura aberta e executa operações com custo computacional talvez inimaginável a até poucas décadas atrás.

Isso significa que técnicos da área têm tecnologia que possibilitam testar vias que melhoram a modelagem, porém, em tempo bem mais ágil. Com isso, o objetivo desse trabalho foi empregar uma técnica para avaliar a forma funcional de modelos de regressão para a estimativa de volume de *Pinus* sp. e, com isso, obter modelos mais precisos. A técnica é conhecida como teste de Mackinnon, White e Davidson (MWD) e se baseia na aplicação de logaritmo em modelos lineares aritméticos e, assim, indica qual a melhor forma funcional do modelo para ser ajustado a uma determinada base de dados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo corresponde a plantios de florestas plantadas equiâneas (doze anos de idade) de *Pinus taeda* L., localizadas no estado de Santa Catarina. Esses povoamentos florestais pertencem a um mesmo sítio florestal, porém, diferenciam-se pela intensidade de desbaste, os quais foram realizados entre 8 e 9 anos de idade. Como denominação estatística, os cinco regimes de desbaste foram chamados de tratamento T1 a T5. A proporção de árvores cubadas, remanescentes e colhidas por tratamento, pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1. Número de árvores remanescentes e colhidas por regimes de desbaste.

Table 1. Number of remaining and harvested trees by thinning.

Tratamento	Nº árvores cubadas	Desbaste		
		Remanescente	Colhido	Densidade inicial
1	11	435	1.165	1.600
2	63	589	1.011	1.600
3	20	742	858	1.600
4	64	896	704	1.600
5	63	1.037	563	1.600

Dentre os cinco regimes de desbaste, um total de 221 árvores foram cubadas pelo método de Smalian, as quais foram adotadas para o ajuste dos modelos volumétricos. O modelo linear de Spurr, amplamente difundido na mensuração florestal para estimativa de volume de fustes, teve sua forma funcional testada. Foram aplicados logaritmos na base *e* de Euler e base 10 nas variáveis dependente e independente do modelo original de Spurr (1), compondo assim os modelos lineares logaritmizados (2) e (3), os quais tiveram suas formas funcionais testadas.

$$\text{Aritmético-linear (original)} \quad v = \beta_0 + \beta_1 \text{dap}^2 h + \varepsilon \quad (1)$$

$$\text{Ln-linear} \quad \ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{dap}^2 h) + \varepsilon \quad (2)$$

$$\text{Log}_{10}\text{-linear} \quad \log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{dap}^2 h) + \varepsilon \quad (3)$$

Em que:  $v$  = volume do fuste, em  $\text{m}^3$ ;  $\text{dap}$  = diâmetro a 1,3 m do solo, em cm;  $h$  = altura total, em m;  $\beta_i$  = parâmetros do modelo;  $\ln$  e  $\log$  = logaritmo natural e na base 10, respectivamente;  $\varepsilon$  = erro aleatório.

Os modelos (1), (2) e (3) foram ajustados para estimar o volume de fuste para os cinco tratamentos (regimes de desbaste) supracitados. A acurácia dos ajustes foi avaliada conforme significância dos parâmetros pelo teste *t* de *Student*, bem como as estatísticas de precisão: erro padrão da estimativa ( $s_{yx}$ ) percentual (4), coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{r}_{yx}$ ) (5) e resíduo ( $r$ ) percentual (6).

$$s_{yx} \% = \frac{100}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}} \quad (4)$$

$$\bar{r}_{yx} = 1 - \frac{(n - p) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - 1) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (5)$$

$$r(\%) = \frac{100}{y_i} (y_i - \hat{y}_i) \quad (6)$$

Em que:  $y_i$  = volume observado;  $\hat{y}_i$  = volume estimado;  $\bar{y}$  = volume observado médio;  $n$  e  $p$  = número de observações e parâmetros do modelo, respectivamente.

O teste de Mackinnon, White e Davidson (MWD) foi adotado para indicar, estatisticamente, qual a melhor forma funcional do modelo de Spurr. Conforme Gujarati e Porter (2011), esse teste consiste em verificar se a forma funcional do modelo, para uma certa base de dados, deve ser aritmética ou logarítmica. Os passos e hipóteses para realização do teste foram:

- Passo 1: Estimar o modelo linear original  $y = \beta_0 + \beta_1 \text{dap}^2 h + \varepsilon$  e obter os valores estimados de  $\hat{y}$ ;  
 Passo 2: Estimar o modelo ln-linear ou log-linear e obter os valores de  $\log(\hat{y})$  ou  $\ln(\hat{y})$ ;  
 Passo 3: Obter  $Z = \ln(\hat{y}) - \hat{y}$  ou  $Z = \log(\hat{y}) - \hat{y}$ ;  
 Passo 4: Regredir  $y = \alpha_1 + \alpha_2 \text{dap}^2 h + \gamma Z + \varepsilon$ . (7)

Hipótese inicial ( $H_0$ ): o modelo é aritmético-linear

Hipótese alternativa ( $H_a$ ): o modelo é log-linear

Sob ambas hipóteses, aceita-se  $H_0$  se o coeficiente  $\gamma$  do modelo (7) for não significativo, isto é, o modelo adequado é o aritmético-linear. Caso contrário, aceita-se  $H_a$  de que o modelo adequado é o log-linear. O teste foi realizado ao nível de 95% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos linear-aritmético e linear-logarítmico foram ajustados para os cinco tratamentos, totalizando em quinze ajustes, além dos ajustamentos referentes ao teste MWD. Os resultados da significância dos parâmetros dos modelos (1), (2), (3) e (7), erro padrão da estimativa percentual e coeficiente de determinação ajustado estão apresentados na Tabela 2, por tratamento (regimes de desbaste).

Tabela 2. Coeficientes e estatísticas de precisão para modelos lineares aritmético e logarítmicos para estimar volume de fustes de pinus.

Table 2. Coefficients and accuracy statistics for arithmetic linear and logarithmic models to estimate volume of pine stems.

Tratamento	Forma funcional	$\beta_0$	$\beta_1$	$\gamma$	$S_{yx}\%$	$\bar{r}_{yx}$
1	Aritmético-linear	ns	**		8,562	0,971
	Ln-linear	**	**	ns	8,578	0,971
	Log-linear	**	**	ns	8,578	0,971
2	Aritmético-linear	ns	**		12,036	0,940
	Ln-linear	**	**	ns	12,446	0,936
	Log-linear	**	**	ns	12,246	0,938
3	Aritmético-linear	ns	**		9,905	0,963
	Ln-linear	**	**	ns	9,536	0,966
	Log-linear	**	**	ns	12,143	0,944
4	Aritmético-linear	**	**		9,390	0,951
	Ln-linear	**	**	**	10,251	0,941
	Log-linear	**	**	**	9,660	0,948
5	Aritmético-linear	**	**		10,865	0,944
	Ln-linear	**	**	**	13,805	0,910
	Log-linear	**	**	**	11,955	0,933

\*\* = significativo a 95% e 99% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo a 95% de probabilidade;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  = coeficientes do modelo;  $\gamma$  = coeficiente do teste MWD.

Conforme Tabela 2, a transformação do modelo aritmético para logarítmico, seja log na base 10 ou base  $e$  de Euler, fez com que o parâmetro  $\beta_0$  passasse de não significativo para significativo a 99% de probabilidade, fato observado nos três primeiros tratamentos. Isso indica que a transformação da escala dos dados propiciou uma maior contribuição do coeficiente linear da equação. Em relação aos demais tratamentos, a significância dos coeficientes  $\beta_0$  e  $\beta_1$  foi alcançada também a 99% de probabilidade, para todas formas funcionais do modelo.

De modo geral, o comportamento dos erros padrões da estimativa ( $s_{yx}$ ) e dos coeficientes de determinação ajustados ( $\bar{r}_{yx}$ ) não apresentou tendências em ser reduzido ou aumentado com a transformação da forma funcional, contudo, foi observado que existem variações nos valores dessas duas estatísticas entre as três formas funcionais. As maiores discrepâncias nos valores de  $s_{yx}$  e  $\bar{r}_{yx}$  foi observada para os tratamentos T3 e T5, em que foi notada uma diferença relativa de até 30% para o erro. Nos demais tratamentos (T1, T2 e T4), as estatísticas de precisão mantiveram valores muito próximos entre os modelos.

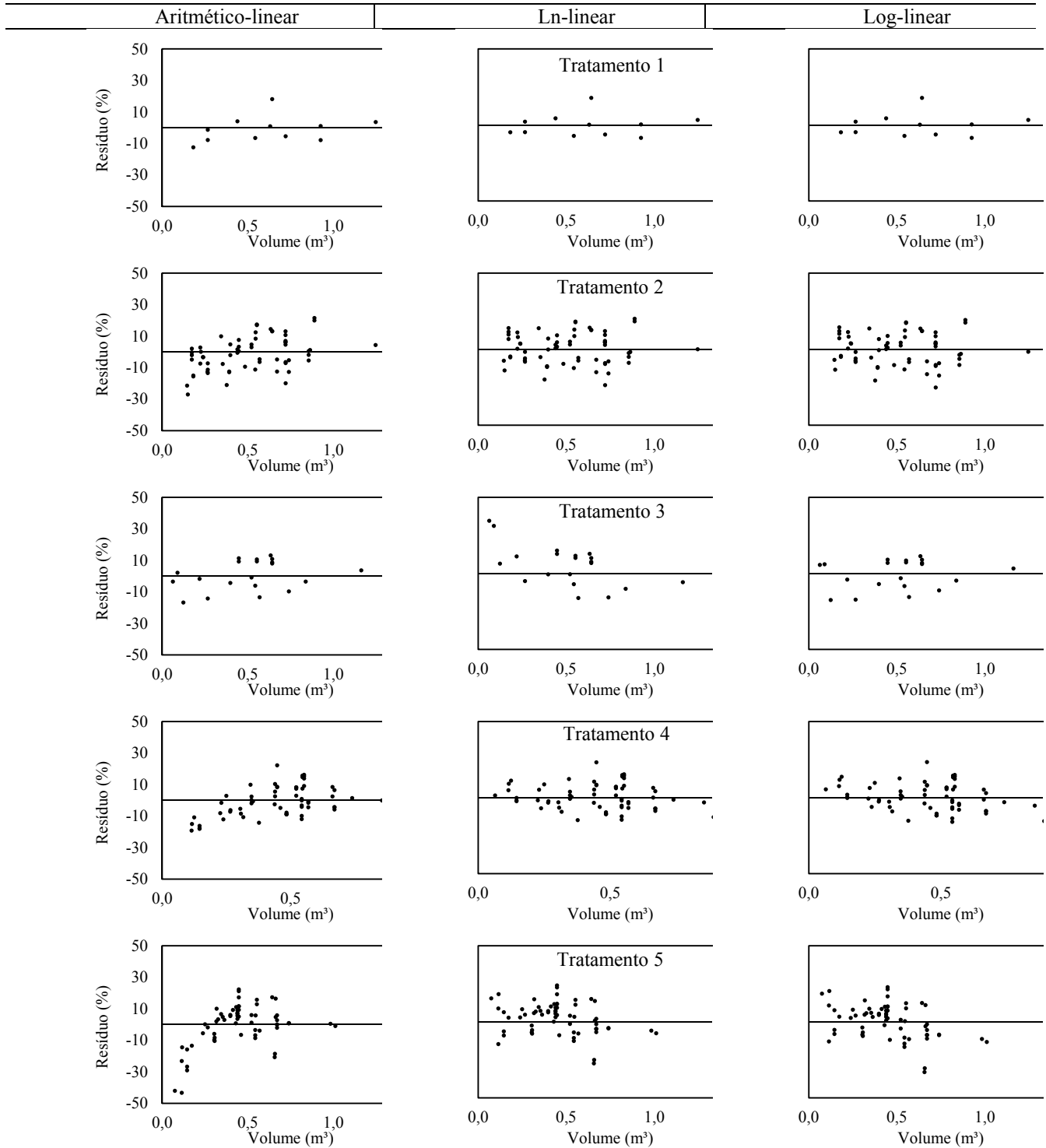


Figura 1. Dispersão de resíduos dos modelos aritmético-linear, ln-linear e log-linear, ajustados para estimativa de volume de fustes de pinus.  
 Figure 1. Residual scatterplots of arithmetic-linear, ln-linear and log-linear models, fitted to estimate volume of pine stems.

De acordo com a significância dos parâmetros  $\gamma$ , o teste de MWD indicou que a hipótese inicial  $H_0$  deve ser rejeitada para os tratamentos T4 e T5, isto é, a melhor forma funcional do modelo é a logaritimizada, seja na base 10 ou base exponencial ( $e$ ). Nos demais tratamentos, os parâmetros  $\gamma$  da variável  $Z = \ln(\hat{y}) - \hat{y}$  mostraram ser não significativos a 95% de probabilidade, portanto para esses tratamentos foi aceita a hipótese  $H_0$  de que o modelo original de Spurr é o adequado.

Embora as estatísticas de precisão  $s_{yx}$  e  $\bar{r}_{yx}$  sejam fortes parâmetros de qualidade de ajuste, a análise gráfica de resíduos deve ser considerada na escolha de modelos, pois ela funciona como indicador de tendenciosidades, sendo essa uma característica não desejável em modelos de regressão (DAVID et al., 2014a). Dessa forma, foram plotados os resíduos dos modelos ajustados às quinze situações apresentadas na Tabela 2. A Figura 1 apresenta esses resíduos em função da variável dependente observada, ou seja, o volume de fuste.

A interpretação dos resultados de dispersão dos resíduos (Figura 1) teve certa coerência com os resultados apresentados na Tabela 2, em que o teste MWD indicou que os modelos logaritimizados são os mais apropriados para os tratamentos T4 e T5. Conforme notado na Figura 1, para esses dois tratamentos foi observado que o modelo original (aritmético-linear) apresentou fortes tendenciosidades na estimativa de árvores de menor volume. A aplicação do logaritmo, seja na base  $e$  de Euler ou base 10, fez com que o modelo reduzisse consideravelmente tais tendências, alterando a configuração da dispersão dos resíduos.

Conforme a Figura 1, nos tratamentos T1, T2 e T3 o modelo original de Spurr não apresentou tendências em sub ou superestimar ao longo do eixo das abcissas, sendo esse resultado também condizente com o teste de MWD, em que indicou que para esses tratamentos, o modelo mais adequado é realmente o original de Spurr, visto que o mesmo foi não tendencioso.

Vale ressaltar que a transformação dos modelos em logaritmo não contribuiu para redução do erro e acréscimo do coeficiente de determinação. Inclusive nos tratamentos T4 e T5, em que o modelo original de Spurr foi rejeitado pelo teste de MWD mesmo ele sendo o modelo que apresentou o menor erro ( $s_{yx}\%$ ). Tal como visto na Figura 1, o modelo original de Spurr mostra ser tendencioso para ambos tratamentos (T4 e T5), portanto, em termos práticos, os modelos logaritimizados são mais adequados.

## CONCLUSÕES

A transformação em logaritmo da forma funcional de modelos para estimar volume de fustes pode não contribuir para a redução de erros, porém, pode ser um ótimo artifício para corrigir tendenciosidade de resíduos sem comprometer a acurácia dos modelos lineares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. C.; BARROS, P. L. C.; MONTEIRO, J. H. A.; ROCHA, B. R. P. Estimation of Above-ground Forest Biomass in Amazonia with Neural Networks and Remote Sensing. **IEEE Latin America Transactions**, v. 7, n. 1, p. 27-32, 2009
- BILA, J. M.; SANQUETTA, C. R.; MACHADO, S. A. Classificação de sítios com base em fatores edáficos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Prata-MG. **Floresta**, v. 42 n.3, p. 465-474, 2012.
- DAVID, H. C.; PÉLLICO NETTO, S.; MIRANDA, R. O. V.; EBLING, A. A.; ARAÚJO, E. J. G. Behavior of form factor models for pine boles using diameters at relative heights. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 9, p. 204-215, 2015.
- DAVID, H. C.; BEHLING, A.; PÉLLICO NETTO, S. Uma revisão das hipóteses do modelo clássico de regressão linear. In: **Atualidades em mensuração florestal**. 1ed. Curitiba, 2014a, v. 1, p. 393-397.
- DAVID, H. C.; MARINHESKI FILHO, A.; PELISSARI, A. L.; PÉLLICO NETTO, S.; ARAÚJO, E. J. G.; BAUM, L. Critérios de estratificação para o ajuste de funções de afilamento em fustes de pinus. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, p. 197-206, 2014b.
- GORGENS, E. B.; LEITE, H. G.; SANTOS, H. N.; GLERIANI, J. M. Estimação do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1141-1147, 2009.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5º ed., Porto Alegre: McGraw-Hill Bookman, 2011, 924p.
- MACHADO, S. A.; SILVA, L. C. R.; FIGURA, M. A.; TÊO, S. J.; NASCIMENTO, R. G. M. Comparison of methods for estimating heights from complete stem analysis data for *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, v. 20 n.1, p. 45-56, 2010.

- MIRANDA, R. O. V.; DAVID, H. C.; EBLING, A. A.; MÔRA, R.; FIORENTIN, L. D.; SOARES, I. D. Estratificação hipsométrica em classes de sítio e de altura total em plantios clonais de eucaliptos. **Advances in Forest Science**, v. 1, p. 113-119, 2014.
- MÔRA, R.; SILVA, G. F.; GONÇALVES, F. G.; SOARES, C. P. B.; CHICHORRO, J. F.; CURTO, R. A. Análise de diferentes formas de ajuste de funções de afilamento. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 102, p. 237-249, 2014.
- SILVA, M. L. M.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1133-1139, 2009.



**DETERMINAÇÃO DA TAXA DE CORTE SUSTENTÁVEL PARA *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) KUNTZE EM UM REMANESCENTE FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS – PR**

**DETERMINATION OF SUSTAINABLE CUT RATE FOR THE *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) KUNTZE IN A FOREST REMNANT IN THE INTERIOR OF THE MUNICIPALITY OF DOIS VIZINHOS-PR**

Mauricio Jose Gesser<sup>1</sup> Kemely Atanazio Victor Miguel Vieira Elisabete Vuaden Mauricio Romero Gorenstein  
Evaldo Muñoz Braz

**RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo determinar a taxa de corte sustentável para a *Araucaria angustifolia* em um remanescente florestal no município de Dois Vizinhos. O estudo foi realizado em um fragmento de aproximadamente 8,46 hectares, sendo realizado inventário pela amostragem em conglomerado tipo Cruz de Malta. As sub parcelas possuíam um tamanho de 20 metros por 40 metros. Em cada parcela foi realizada mensuração do CAP e altura de todas as árvores que possuíam CAP ≥ 15 centímetros. Foram avaliados os dados de incremento, sendo coletados duas amostras de tronco da árvore de maior CAP de cada subparcela com auxílio do trado de Pressler. Para estimar a altura em função do DAP para a araucária, a equação que melhor se ajustou foi a de Backman, representada por:  $h_i = e^{0,2661+1,06857 \ln(DAP)-0,09305 \cdot \ln^2(DAP)}$ . Esta equação apresentou boas estatísticas e boa distribuição dos resíduos. No inventário realizado foi encontrado um volume comercial de madeira disponível de 151,40 m<sup>3</sup> por hectare, totalizando um volume de 1280,92 m<sup>3</sup> nos 8,46 hectares. Houve uma grande variância na análise dos dados, não sendo recomendado este processo de amostragem de dados para pequenos povoamentos. O Incremento Periódico Anual do diâmetro dos últimos 5 anos foi de 0,54 cm, e o Incremento Periódico Anual Volumétrico em porcentagem foi de 1,44%, resultando em uma Intensidade de Corte de 30,11% em um Ciclo de Corte de 25 anos. A taxa de corte foi de 385,7 m<sup>3</sup> no ciclo de 25 anos.

**Palavras Chave:** Manejo Florestal, Análise de Crescimento, Dendrocronologia.

**ABSTRACT**

The present work aims to determine the cutting sustainable rate for the *Araucaria angustifolia* in a forest remnant in the municipality of two neighbors. The study was conducted in a fragment of approximately 8.46 hectares, being conducted by the inventory sampling in Malta cross type conglomerate. The sub plots had a size of 20 meters by 40 meters. In each plot was carried out measurement of the CAP and height of every tree that had CAP ≥ 15 cm. It was evaluated the increment data, being collected two specimens of the tree trunk of larger CAP of each subplot with the aid of the Auger to Pressler. To estimate the height according to the DAP for the Araucaria, the equation that best fit was Backman, represented by:  $h_i = e^{0,2661+1,06857 \ln(DAP)-0,09305 \cdot \ln^2(DAP)}$ . This equation has good stats and good distribution of waste. The inventory held was found a commercial volume of wood available from 151.40 m<sup>3</sup> per hectare, totaling a volume of 1280,92 m<sup>3</sup> in 8,46 hectares. There was a large variance in the analysis of the data, not being recommended this process data sampling for small settlements. The Periodic Annual Increment of the diameter of the last 5 years was 0.54 cm, and the Periodic Annual Increment in Volumetric percentage was 1.44%, resulting in an intensity of 30.11% cut in a cutting cycle of 25 years. The rate cut was 385.7 m<sup>3</sup> 25-year cycle.

**Keywords:** Forest Management, Growth Analysis, Dendrochronology.

**INTRODUÇÃO**

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) está inserida na área de domínio da Mata Atlântica, representando cerca de 169 mil Km<sup>2</sup> (MATTOS, 2007). Esta fitofisionomia é caracterizada pela elevada dominância de *Araucaria angustifolia* no dossel superior. Abaixo do dossel existe um grande número de espécies arbóreas, principalmente pertencentes às famílias Myrtaceae e Lauraceae, como a imbuia, o sassafrás e a canela-lageana, e também o cedro (HESS, 2010).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, CEP 85660-000, Dois Vizinhos (PR).  
E-mail: mauriciogesser@gmail.com

O manejo florestal sustentável é um conjunto de técnicas que visa a exploração das florestas sem que haja esgotamento dos seus recursos, garantindo a perpetuidade da disponibilidade desses recursos para as gerações futuras. Em um bom manejo, é necessário conhecer as características ecológicas da floresta, com o auxílio de inventários florestais, para que os sistemas possam ser mais bem desenhados (CONSELHO DE MANEJO FLORESTAL, 1996).

Para que o manejo florestal da araucária possa ser permitido no futuro, deverão ser realizados estudos técnicos-científicos que indiquem formas sustentáveis de se utilizar tais recursos, sem risco a biodiversidade, sendo necessária a definição do ciclo de corte e também o número de árvores por classe de diâmetro que evolui ao longo do tempo, importantes pontos a serem abordados no manejo florestal (HESS, 2012).

Ao se tratar da exploração de impacto reduzido, nos últimos anos, um ponto importante tem sido considerado: a compatibilização do ciclo de corte com o ritmo de crescimento das espécies “manejadas”. No manejo de florestas naturais, a taxa de extração anual raras vezes é fundamentada na associação de dados sobre a estrutura da floresta e no ritmo de crescimento das espécies, ou seja, os volumes determinados para exploração são arbitrários (BRAZ et al., 2012).

A questão do manejo tende a ser tratada de maneira simplificada, sob o ponto de vista da legislação, com o estabelecimento de taxas de corte fixas, independente da floresta manejada. Com isso, tem-se estimulado a formação de instrumentos burocráticos, em detrimento do uso das técnicas para se aprovar, monitorar ou avaliar planos de manejo florestal. Equivocadamente tem-se considerado que apenas baixas taxas de extração podem garantir a sustentabilidade da floresta, esquecendo-se que estas devem estar vinculadas, no mínimo, à estrutura das classes diamétrica e a disponibilidade das espécies que compõem essa taxa de corte (BRAZ et al., 2012).

Sendo assim, é muito importante conhecer a taxa de corte para a *Araucaria angustifolia*, definindo a quantidade de madeira que pode ser extraída de forma sustentável, para que esta espécie possa repor o volume durante o período estabelecido pelo ciclo de corte, garantindo a sustentabilidade de produção florestal, com isso gerar uma proposta para o correto manejo desta espécie.

## METODOLOGIA

### Localização da área de estudo

Os dados foram coletados em um remanescente florestal de Floresta Ombrófila Mista localizado no município de Dois Vizinhos, PR, na estação do inverno do ano de 2014. O município está localizado em uma região subtropical úmida, segundo a classificação de Köppen o clima é o Cfa (clima pluvial temperado, com temperatura do mês mais frio variando entre -3 °C e +18 °C, sem estação seca e com temperatura do mês mais quente superior a 22 °C) (MAAK, 1968).

O solo do município de Dois Vizinhos é predominantemente latossolo e nitossolo, caracterizando solos profundos, porosos e bem permeáveis (SANTOS et al. 2013).

### Amostragem

A coleta dos dados constituiu na implantação de parcelas temporárias em conglomerado, utilizando o “Cluster” Cruz de Malta. Cada subunidade possuía 20 metros de largura por 40 metros de comprimento, totalizando 800 m<sup>2</sup>. Foram amostradas todas as araucárias com CAP ≥ 15 cm, medindo o CAP e a altura total. Da árvore de maior CAP de cada parcela também foram coletadas duas amostras de tronco a uma altura de 0,3 metros do solo utilizando o trado de Pressler.

### Relação hipsométrica para a araucária

Para determinar a relação hipsométrica da araucária na área de estudo foram testados 8 modelos matemáticos, apresentados na Tabela 1. O teste de modelos foi realizado através do procedimento PROC REG, através do software estatístico SAS versão 9.1.

Foi levado em consideração os seguintes parâmetros estatísticos para a escolha do melhor modelo matemático: menor coeficiente de variação (CV%); maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ); menor erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ); maior valor de F calculado; a melhor distribuição dos resíduos no gráfico.

Tabela 1 - Modelos matemáticos a serem avaliados para ajustar a equação hipsométrica.

Table 1 - Mathematical models to be assessed to adjust the hypsometric equation.

Equação	Modelo	Autor
1	$h_i = \beta_0 + \beta_1(d_i)$	-
2	$\frac{1}{\sqrt{h_i}} = \beta_0 + \beta_1 + \left(\frac{1}{d_i}\right)$	-
3	$\sqrt{h_i} = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$	-
4	$\ln(h_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$	Stofells
5	$\ln(h_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{1}{d_i}\right)$	Curtis
6	$h_i = \beta_0 + \beta_1 d_i + \beta_2 d_i^2$	Trorey
7	$h_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i) + \beta_2 \ln^2(d_i)$	Backman Modificada
8	$h_i = \exp^{\beta_0 + \beta_1 \ln(d_i) + \beta_2 \ln^2(d_i)}$	Backman

Em que:  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ : são parâmetros dos modelos;  $\ln$ = logaritmo natural;  $h_i$ =altura total da i-ésima árvore;  $d_i$ =diâmetro à altura do peito da i-ésima árvore.

### Inventário florestal

Para se proceder os cálculos do inventário, inicialmente foi calculado o volume total de cada árvore, a partir das alturas observadas a campo multiplicado pela área da secção transversal. O volume foi corrigido utilizando-se o fator de forma 0,54, como cita Schneider (2010). O volume foi calculado a partir da seguinte equação:

$$V = g * h_c * f$$

em que: V= volume total; g = área da secção transversal;  $h_c$ = altura comercial; f = fator de forma.

Após o cálculo do volume de cada árvore, foi feito o somatório do volume das árvores de cada subunidade, e posteriormente com esses dados foram realizados os cálculos dos parâmetros estatísticos, sendo eles: média da população por subunidade ( $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M X_{ij}}$ ), média das subunidades por conglomerado ( $\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^M X_{ij}}{M}$ ), variância dentro dos conglomerados ( $s_d^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n(m-1)} = QM_{dentro}$ ), variância entre os conglomerados ( $s_e^2 = \frac{\sum_{i=1}^n M(\bar{x}_i - \bar{x})^2}{n-1} = QM_{entre}$ ), variância da população por subunidade ( $s_x^2 = \frac{1}{nM-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M (X_{ij} - \bar{x})^2$ ), variância total ( $s_x^2 = s_e^2 + s_d^2$ ), coeficiente de correlação intraconglomerados ( $r = \frac{s_e^2}{s_e^2 + s_d^2}$ ), variância da média ( $s_{\bar{x}}^2 = \left(\frac{N-n}{N}\right) * \frac{s_e^2}{n} + \frac{s_d^2}{nM}$ ), erro padrão ( $s_x = \sqrt{s_x^2}$ ), coeficiente de variação ( $CV = \frac{s_x}{\bar{x}}$ ), variância da media relativa ( $v_{\bar{x}}^2 = \frac{(cv)^2}{nM} [1 + r(m-1)]$ ), erro de amostragem absoluto ( $E_a = \pm t * s_x$ ), erro de amostragem relativo ( $E_r = \pm \frac{t * s_x}{\bar{x}} * 100$ ), intervalo de confiança para a média ( $IC = [\bar{x} - E_a \leq \bar{X} \leq \bar{x} + E_a]$ ), total estimado ( $\hat{X} = NM\bar{x}$ ), e intervalo de confiança para o total ( $IC = [\hat{X} - NMs_{\bar{x}} \leq X \leq \hat{X} + NMs_{\bar{x}}]$ ).

### Determinação do Incremento

As amostras de tronco coletadas foram previamente secas em condições ambientais, e posteriormente foram lixadas para melhor visualização e medição dos anéis de crescimento. A medição dos anéis de crescimento foi realizada com o auxílio do software Image-Pro Plus (IPWin32), sendo medido a largura dos últimos 5 anéis de crescimento.

Foi calculado o diâmetro sem casca de cada árvore verrumada subtraindo-se duas vezes a espessura de casca do DAP da respectiva árvore, e posteriormente foi calculado o diâmetro sem casca referente a 5 anos atrás (ano de 2009). Para determinar o Incremento Periódico Anual Diamétrico dos últimos 5 anos, foi realizado o cálculo da média aritmética de crescimento nos últimos 5 anos.

A determinação do Incremento Periódico Anual foi obtido através da seguinte equação:

$$IPAv\% = 100 * \left[ 1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \right] * \left[ \frac{h - h_i}{h} \right]$$

Em que: IPAv%= incremento periódico anual em volume;  $d_1$ = diâmetro da primeira medição;  $d_2$ = diâmetro da segunda medição; h = altura atual;  $h_i$  = altura na primeira medição.

Cabe ressaltar que os valores de altura atual e altura na primeira medição, foram obtidos a partir da equação de regressão selecionada, que estima a altura em função de cada DAP.

### Determinação da taxa de corte

Posterior o cálculo do incremento periódico anual em volume, foi calculada a intensidade de corte pela equação:

$$IC = \left\{ 1 - \left( \frac{1}{1.0i^{cc}} \right) \right\} * 100$$

Sendo: IC= Intensidade de corte, em percentual do volume; i= incremento periódico anual percentual em volume; cc= ciclo de corte em anos (será considerado um ciclo de corte de 25 anos);

A taxa de corte sustentável foi obtida pela equação:

$$TC = \left\{ Vr * \frac{IC}{100} \right\}$$

Onde: TC= Taxa de corte em volume para o ciclo de corte; Vr= volume comercial real de madeira disponível, em metros cúbicos obtido pelo inventário florestal;

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Relação hipsométrica

Na tabela 2 estão expostos os valores dos parâmetros estatísticos para as equações testadas que descrevem a relação entre DAP e altura para a *Araucaria angustifolia*.

Tabela 2 - Equações testadas para determinar a altura da *A. angustifolia* em função do DAP e seus respectivos parâmetros estatísticos

Table 2 - Equations tested to determine the height of *a. angustifolia* in function of DAP and its relevant statistical parameters

Equação	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	CV	S <sub>yx</sub>	F	β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	Soma das notas
$h_i = \beta_0 + \beta_1(d_i)$	0,7093 (8)	15,7486 (8)	2,69839 (8)	523,26 (5)	9,37593	0,21353		29
$\frac{1}{\sqrt{h_i}} = \beta_0 + \beta_1 + \left(\frac{1}{d_i}\right)$	0,7696 (7)	8,71261 (5)	0,02191 (1)	715,85 (4)	0,19769	1,30604		17
$\sqrt{h_i} = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$	0,8009 (3)	6,99442 (4)	0,28606 (5)	856,94 (1)	1,06039	0,88788		13
$\ln(h_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$	0,7917 (6)	5,50253 (2)	0,15353 (3)	814,52 (2)	1,20504	0,4646		13
$\ln(h_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{1}{d_i}\right)$	0,7917 (5)	5,50253 (3)	0,15353 (4)	814,52 (3)	1,20504	-0,4646		15
$h_i = \beta_0 + \beta_1 d_i + \beta_2 d_i^2$	0,8039 (1)	12,93519 (7)	2,21634 (6)	439,68 (6)	4,72834	0,52822	-0,00397	20
$h_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i) + \beta_2 \ln^2(d_i)$	0,7923 (4)	12,31124 (6)	2,28077 (7)	409,29 (8)	-7,84294	7,80076	-0,13597	25
$h_i = \exp^{\beta_0 + \beta_1 \ln(d_i) + \beta_2 \ln^2(d_i)}$	0,8038 (2)	5,34033 (1)	0,14901 (2)	439,44 (7)	0,2661	1,06857	-0,09305	12

Em que:  $h_i$ = altura total da i-ésima árvore;  $d_i$ =diâmetro a altura do peito da i-ésima árvore;  $\ln$  = logaritmo natural;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ : parâmetros dos modelos;

A equação que melhor teve resultados na avaliação do coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup><sub>aj</sub>), coeficiente de variação (CV), erro médio quadrático (S<sub>yx</sub>) e valor de F, foi a equação de Backman, notada por:

$$h_i = \exp^{0.2661 + 1.06857 \ln(DAP) - 0.09305 * \ln^2(DAP)}$$

Esta equação apresentou o segundo melhor coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup><sub>aj</sub>=0,80), o melhor coeficiente de variação (CV=5,34), o segundo melhor erro médio quadrático (S<sub>yx</sub>=0,14), porém o valor de F foi o segundo pior (439), mas na avaliação de todos parâmetros, esta equação foi a que melhor se comportou.

Na figura a seguir mostra a distribuição dos resíduos e da distribuição dos valores observados e dos valores estimados através da equação de Backman, sendo que esta equação não apresentou tendência em superestimar ou subestimar os dados analisados.

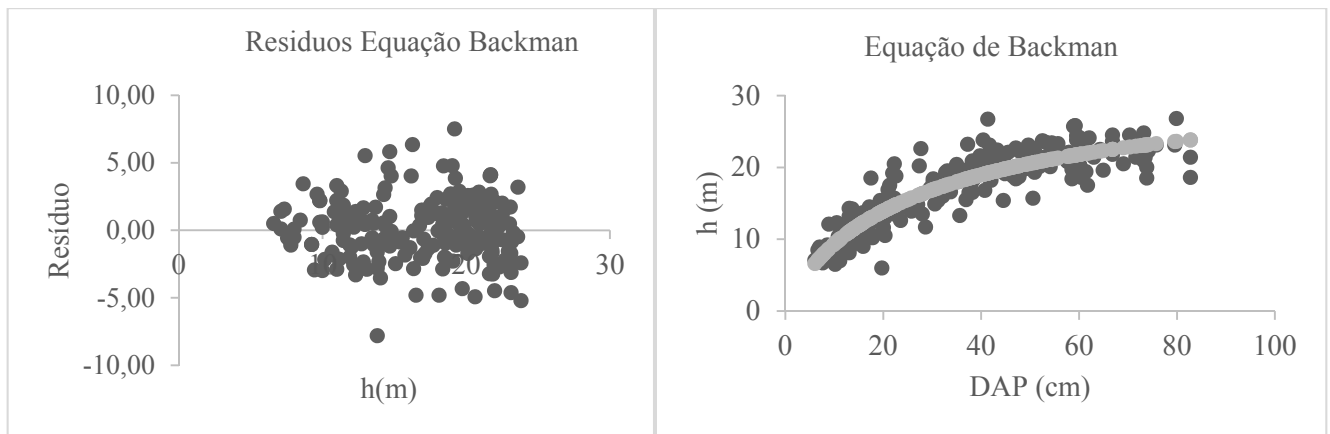


Figura 1 - A direita resíduos da Equação de Backman, a esquerda Distribuição dos valores observados e estimados para a equação de Backman.

Figure 1 - The right equation residues Backman, the left distribution of observed and estimated values for the Backman equation.

### Inventário florestal

A média de volume de madeira disponível em cada subunidade foi de 12,12 m<sup>3</sup>/0,08ha, totalizando um volume de 151,40 m<sup>3</sup> por hectare, e um volume total na população de 1280,92 m<sup>3</sup>

A população apresenta grande heterogeneidade, mostrado pelo coeficiente de correlação intraconglomerados que foi de 0,85, indicando que a variância entre os conglomerados é alta (131,38 (m<sup>3</sup>/0,08ha)<sup>2</sup>) e a variância dentro dos conglomerados é baixa (22,81 (m<sup>3</sup>/0,08ha)<sup>2</sup>).

A variância da população por subunidade apresentou valor de 45,67 (m<sup>3</sup>/0,08ha)<sup>2</sup>, e a variância total de 154,20 (m<sup>3</sup>/0,08ha)<sup>2</sup>. A variância da média foi de 113,60 (m<sup>3</sup>/0,08ha)<sup>2</sup>, e o erro padrão foi de 10,65 m<sup>3</sup>/0,08ha. Esses dados expressam a precisão do inventário realizado, há uma diferença de 10,65 m<sup>3</sup>/0,08ha entre o valor paramétrico da floresta e o valor estimado, apresentando um valor de coeficiente de variação de 0,87, ou seja, os valores observados variam em 87% em torno da média. O erro absoluto foi de 21,31 m<sup>3</sup>/0,08ha, e o erro relativo foi de 175.74 % demonstrando mais uma vez a grande heterogeneidade do fragmento.

### Determinação do incremento

O Incremento Periódico médio das araucárias analisadas para o período de 5 anos foi de 2,68 cm, e o Incremento Periódico Anual médio de 0,54 cm/ano, variando de 0,19 cm até 1,14 cm. Esses valores de incremento são semelhantes aos encontrados por Hess et. al (2010) em uma floresta de araucária no município de Lajes, SC, onde estes autores estudaram 40 indivíduos de araucária em um período de 10 anos, encontrando incremento periódico anual médio de 0,48 cm/ano variando de 0,07 cm até 0,85 cm.

O incremento periódico anual volumétrico médio encontrado foi de 1,44 %, variando de 0,09 % até 3,21 %. Braz et. al (2012) estudando taxas de corte sustentável para florestas tropicais encontraram valores de incremento percentual volumétrico para diferentes espécies que variam de 1,00 % até 3,9 %. Esse mesmo autor subdividiu essas espécies em três grupos, sendo o grupo 1 as espécies que tiveram incremento de 1,00 % a 1,98 %, representado por *Aspidosperma vargassi*, *Manilkara huberi*, *Guarea trichilioides*, *Carapa guianensis*, *Tabebuia* spp., *Andira* sp., e *Pouteria echinocarpa*. O incremento dessas espécies são semelhantes ao incremento da *Araucaria angustifolia*.

### Determinação da taxa de corte

O volume total encontrado no fragmento foi de 1697,2 m<sup>3</sup> (tabela 3) e a taxa de corte total foi de 511,1 m<sup>3</sup> a cada ciclo de 25 anos, ou equivalente a 45,59 m<sup>3</sup> por hectare em cada ciclo.

Tabela 3 -Taxa de corte para *Araucaria angustifolia* baseado em um ciclo de corte de 25 anos

Table 3 - Rate cut to *Araucaria angustifolia* based in a cutting cycle of 25 years

Espécie	IPAv%	CC	IC	VT	TC	TC/Ha
<i>Araucaria angustifolia</i>	1,44%	25	30,11%	1280,9 m <sup>3</sup>	385,7 m <sup>3</sup> /25 anos	45,59 m <sup>3</sup> /ha

Em que: IPAv%: Incremento Periódico Anual percentual em volume; CC: Ciclo de Corte; IC: Intensidade de Corte; VT: Volume Total Comercial de madeira disponível; TC: Taxa de Corte; TC/Ha: Taxa de Corte por Hectare.

Hess et al. (2010) encontraram valor de taxa de corte de 70,56 m<sup>3</sup> por hectare para árvores com diâmetro máximo de 35 cm, com intensidade de corte de 27,5 %. Já para diâmetro máximo de 40 cm, esse autor encontrou intensidade de corte de 19,4 %, com um volume de 49,75 m<sup>3</sup>/ha.

## CONCLUSÃO

O modelo matemático que melhor ajusta a correlação DAP altura para a *Araucaria angustifolia* na floresta estudada foi a equação de Backman, representada por:  $h_i = \exp^{0,2661+1,06857 \ln(DAP)-0,09305 \cdot \ln^2(DAP)}$ . Esta equação possui alto coeficiente de determinação ajustado, baixo coeficiente de variação, baixo erro padrão da estimativa, e boa distribuição dos resíduos, porém o valor de F é alto, mas este foi o modelo que melhor se comportou na avaliação dos parâmetros estatísticos.

Na avaliação do inventário para a araucária, houve grande variação dos dados, principalmente na variância entre os conglomerados, não sendo recomendado utilizar este tipo de amostragem em áreas pequenas, uma vez que essa metodologia é recomendada para povoamentos homogêneos em área total, mas que apresentam alta variabilidade dentro dos conglomerados.

O fragmento florestal possui um volume de madeira de araucária de 151,4 m<sup>3</sup>, totalizando 1280,9 m<sup>3</sup> nos 8,46 ha de floresta. O incremento periódico anual no período de 5 anos é de 0,54 cm, e o incremento periódico anual volumétrico em porcentagem é de 1,44 %, o que resulta em uma intensidade de corte de 30,11 % em um ciclo de 25 anos, com uma taxa de corte de 385,7 m<sup>3</sup> de madeira no fragmento, ou 45,59 m<sup>3</sup>/ha.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAZ, Evaldo Muñoz; SCHNEIDER, Paulo Renato; MATTOS, Patricia Póvoa; SELLE, Gerson Luiz; THAINES, Fabio; RIBAS, Luciano Arruda, VUADEN, Elisabete; **Taxa de Corte Sustentável para Manejo das Florestas Tropicais**. Ciência Florestal, Santa Maria, v.22, n.1, p.137-145, jan.-mar., 2012.
- CONSELHO DE MANEJO FLORESTAL. **Manejo Florestal Responsável: A Relação Entre os Aspectos Ambientais, Socioculturais e Econômicos**. Disponível em: < <http://www.florestascertificadas.org.br/sites/default/files/cartilha-manejoflorestalresponsavel.pdf> > Acesso em: 20 jan. 2014.
- HESS, André Felipe; **Manejo De Araucaria angustifolia pelo Quociente de Liocourt em Propriedade Rural no Município de Painel, SC**. Pesquisa florestal brasileira, Colombo, v. 32, n.70, p. 227-232, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/279/257>> Acesso em: 22 dez. 2013
- HESS, André Felipe; SCHNEIDER, Paulo Renato; **Crescimento Em Volume De Araucaria Angustifolia (Bertol.) Kuntze Em Três Regiões Do Rio Grande Do Sul, Brasil**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 107-122, jan.-mar., 2010. Disponível em: < <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1765/1032> > Acesso Em: 21 nov. 2013.
- MAACK, R. 1968. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba, PR.
- MATTOS, Patricia Póvoa; SANTOS, Andreia Taborda; OLIVEIRA, Yeda Maria Malheiros; ROSOT, Maria Augusta Doetzer. **Dendrocronologia de Espécies da Floresta Ombrófila Mista do Município de Candói, PR**. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n.54, p153-156, jan./jun. 2007. Disponível em: < <http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/141/101> > Acesso em: 12 nov. 2013.
- SANTOS, Marcielli Aparecida Borges; ANTONELLI, Pryscyla Vanessa; DEBASTIANI, Aline Bernarda; SOUZA, Mauricio; BOTELHO, Mosar Faria; **Análise da Potencialidade de Inundação da Microbacia do Rio Dois Vizinhos por Meio de Vetorização Automática e Manual Aliadas as Características Morfométricas**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1463.pdf> > Acesso em: 20 jan. 2014
- SAS. **The SAS System for Windows**. Copyright © 1999-2001 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1999.

**DINÂMICA DA TAXA DE INCREMENTO EM FUNÇÃO DO TEMPO (DE *Luehea divaricata* MART. E ZUCC., EM QUATRO NÍVEIS DE LUMINOSIDADE**

**DYNAMICS OF INCREASE RATES IN TIME FUNCTION OF *Luehea divaricata* MART. AND ZUCC. IN FOUR LEVELS OF LIGHT**

Aldeize da Silva Santos<sup>1</sup> César Augusto Guimarães Finger Luciane Almeri Tabaldi

**RESUMO**

Vulgarmente conhecido como Açoita-cavalo, *Luehea divaricata* Mart. e Zucc., pertencente a família Malvaceae, possui importância econômica na indústria de cosméticos, medicinal e movelaria. O objetivo deste trabalho foi verificar a taxa de incremento de *Luehea divaricata* Mart. e Zucc em função do tempo, sob diferentes níveis de sombreamento. As plantas foram submetidas a quatro níveis de luz, sombreamentos: 0% (pleno sol), 30%, 50% e 70%. Para produzir o efeito de níveis de luz, utilizou-se sombrites de cor preta. As variáveis coletadas e quantificadas foram: altura da planta, diâmetro do caule, massas secas de folha, caule, raiz, e o volume de raiz. Os dados foram coletados por cinco meses, considerando cada mês como um bloco, foram organizados em planilha e submetidos ao programa estatístico. E analisados pela análise de variância ao nível de 95% de confiança. Havendo diferença entre os blocos, e/ou entre os tratamentos, aplicou-se o teste de Tukey. Houve efeito do tempo no incremento em altura e diâmetro, com maiores médias nos blocos de setembro e outubro. Nas massas secas de folha e caule, houve diferença entre os tratamentos, com maior média a 70% e menor no 50%. As menores médias em massa e volume de raiz estiveram no 50%, e as maiores no pleno sol. Para produção de *L. divaricata* em viveiro, recomenda-se o tratamento com 70% de sombreamento.

**Palavras-chave:** Morfologia; Plantas; Crescimento.

**ABSTRACT**

Commonly known as horse-whips, *Luehea divaricata* Mart. and Zucc., belonging to the Malvaceae family, has economic importance in the cosmetics industry, medical and furniture making. The objective of this study was to verify the *Luehea divaricata* Mart increment rate. and Zucc a function of time under different levels of shading. The plants were subjected to four light levels, shading: 0% (full sun), 30%, 50% and 70%. To produce the effect of light levels, was used sombrites black. The collected and quantified variables were: plant height, stem diameter, dry masses of leaf, stem, root, and the root volume. Data were collected for five months, considering each month as a block, they were organized in spreadsheet and subjected to statistical program. And analyzed by analysis of variance at 95% confidence. No difference between the blocks, and / or between treatments, applied the Tukey test. It was no effect of time on the increase in height and diameter, with higher averages in packs of September and October. In dry masses of leaf and stem, there were differences between treatments, with the highest average at 70% and lowest in 50%. The lowest average mass and root volume were at 50% and higher in full sun. For the production of *L. divaricata* in nursery, it is recommended treatment with 70% shade.

**Keywords:** Morphology; Plant; Growth.

**INTRODUÇÃO**

Conhecer a dinâmica de crescimento de espécies florestais e quais ou como são suas interações com os fatores ambientais é importante para a elaboração de técnicas de manejo, produção de plantas, florestamento e reflorestamentos. Pois as variáveis climáticas e microclimáticas, influem diretamente na vida dos vegetais governando o condicionamento do seu desenvolvimento (ALMEIDA, 2007; SANTOS, 2005).

Segundo Andrade et al. (2010), o crescimento e o desenvolvimento das plantas levam em conta o fato de que em média 90% da matéria seca acumulada durante seu crescimento é oriunda das atividades de fotossíntese, a qual é influenciada diretamente pela disponibilidade da irradiação solar, sendo que as demais atividades estão relacionadas com absorção de nutrientes do solo. Assim, o estudo da luminosidade ou do grau de tolerância de espécies florestais ao sombreamento é fundamental para a avaliação do potencial de uso dessas espécies em programas de revegetação e de conservação.

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Email: aldeizesantos@yahoo.com.br

Regimes de radiação solar, temperatura e disponibilidade de água são os principais fatores que caracterizam a sazonalidade climática de regiões produtoras. Tais fatores associados à fertilidade do solo podem condicionar o crescimento e o desenvolvimento das plantas (SYVERTSEN; LLOYD, 1994).

Dentre as espécies de interesse florestal está a *Luehea divaricata* Martius et Zuccarini, vulgarmente conhecida como açoita-cavalo, pertence à família Malvaceae. Árvore caducifólia de aparência rústica, apresentando folhas simples alternas. Podendo atingir trinta metros de altura, apresentando copa densa de galhos e folhas rígidas. Inflorescências em panículas terminais, flores hermafroditas, pentâmeras. Fruto do tipo cápsula, oblongo, castanho, ferrugíneo, abrindo-se em cinco fendas, (BACKER; IRGAN, 2002).

A espécie, *L. divaricata* é uma planta pioneira de rápido crescimento que não pode faltar nos reflorestamentos de áreas degradadas de preservação permanente e na enriquecimento de áreas devastadas em regiões de encostas abruptas e margens de rios (LONGHI, 1995). Por ser considerada uma madeira de boa trabalhabilidade, esta é considerada uma das melhores para a fabricação de coronhas de armas de fogo e outras peças torneadas. Seus galhos, muito flexíveis eram usados como chicotes. As folhas de *Luehea* são comercializadas como fitoterápicos contra disenteria, leucorréia, reumatismo, blenorragia e tumores; a infusão das flores é usada contra bronquite e a raiz depurativa (TANAKA et al., 2005).

Além dos benefícios ambientais, *L. divaricata* Martius et Zuccarini, é bastante relevante para o setor da economia, medicinal, e madeireiro para recuperação, restauração e reposição florestal de áreas degradadas. Sendo assim, conhecer o comportamento desta espécie em resposta ao fator luz e às interações com as variações de climatologia ao longo de um dado tempo, é importante para a produção da espécie em casa de sombra. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a taxa de incremento de *Luehea divaricata* Mart. e Zucc em função do tempo, sob diferentes níveis de sombreamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma área experimental do Laboratório de Manejo Florestal, que consiste em uma casa de vegetação com níveis de sombreamentos localizados no campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

De acordo com a classificação Köppen (1931), o clima da região é do tipo Cfa, subtropical de clima temperado chuvoso, cuja temperatura média do mês mais quente é 24,8°C em Janeiro e a temperatura média do mês mais frio, em Julho, é 14,1°C. A precipitação média anual é de 1.769 mm.ano<sup>-1</sup> (MORENO, 1961).

Dados obtidos do Instituto Nacional de meteorologia, INMET (2015), da estação meteorológica situada no município de Santa Maria/RS, entre os meses de junho a novembro, mostraram que as maiores médias de temperaturas máximas estiveram nos meses de outubro e novembro e as menores nos meses de junho, julho e agosto, ocorrendo o mesmo para as médias em temperaturas mínimas, sendo que de junho a agosto houve baixa oscilação na temperatura mínima, com variação da média mensal de apenas 1°C, e de agosto a setembro, ocorreu a maior variação de temperatura mínima, dentro do período estudado. Na precipitação de junho a novembro, as menores médias foram registradas nos meses de agosto e novembro e as maiores nos meses de junho, julho setembro e outubro. A umidade relativa do ar foi maior em junho e menor em novembro. A menor insolação ocorreu em junho e a maior em novembro.

A espécie estudada, açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), foi obtida do viveiro florestal da Universidade de Ijuí no Rio Grande do Sul. Foram selecionadas mudas com as características: dois anos e dois meses de idades e com alturas homogêneas, cujas sementes foram coletadas da mesma árvore-matriz. Ao chegarem à casa de vegetação, estas foram regadas e posteriormente transplantadas para os recipientes de 20 L em cada tratamento.

O solo utilizado foi do tipo argissolo amarelo distrófico, horizonte A. As regas ocorreram duas vezes ao dia ou conforme a necessidade das plantas. Cada tratamento contou com sistema de irrigação, através de aspersores aéreos, a fim de completar o regime hídrico.

As plantas foram submetidas a quatro tratamentos, com diferentes níveis de sombreamentos: 0% (pleno sol), 30%, 50% e 70%. Para produzir o efeito de sombreamento ou níveis de luz, foi utilizado telas de polietileno de cor preta, conhecidas como sombrites. Distribuiu-se de forma aleatória quinze plantas por tratamento. Após a distribuição das plantas nos tratamentos, considerou-se o primeiro mês como de adaptação, onde nenhuma medida foi tomada durante esse período. Os dados foram tomados de junho, medida inicial, a novembro, medida final em 2014, durante as estações de inverno, primavera.

Foram avaliadas e quantificadas características como: altura da planta; diâmetro do caule; massa seca de folha, caule e raiz (MSF, MSC, MSR); e volume de raiz (VolR).

As alturas das plantas foram determinadas com auxílio de uma trena métrica graduada em centímetros e os diâmetros dos caules, determinados com o auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros, com medidas realizadas mensalmente. Foram demarcados, a partir de dois centímetros do solo, os caules de cada



planta, como referência para tomadas de medidas de altura e diâmetro. As medições de altura e diâmetro, estenderam-se por cinco meses a partir da medida inicial, que ocorreu após o período de adaptação de um mês, sendo que a primeira medida foi considerada como medida inicial, zero sendo realizada no segundo mês após a indução do experimento.

No quinto mes, foram coletadas cinco plantas de cada tratamento com alturas médias afim de se obter os parâmetros de biomassa tais como, MSF, MSC, MSR e VolR. As plantas foram levadas ao laboratório, para separação de folhas, caule e raiz, por planta, para a pesagem. Para determinação do VolR, as raízes foram lavadas em água corrente, onde cuidados foram tomados afim de que, nenhuma parte da raiz fosse perdida, em seguida colocadas em uma proveta com volume de água predeterminado, e pelo Princípio de Arquimedes (princípio do líquido deslocado) foi possível verificar o VolR, por meio da diferença entre o volume final (Vf) e o volume inicial (Vi), de água no recipiente  $VolR = Vf - Vi$ . Em seguida, foram postas para secagem em estufa a 65 °C para serem pesadas posteriormente.

Dentro do período de coleta de dados, consideramos cada mês, sendo um bloco, sendo afim de verificar o efeito do tempo na altura e diâmetro de cada planta nos seus respectivos tratamentos.

Os dados, organizados em uma planilha de Excel e submetidos ao programa estatístico Bio Estat 5.0 (AYRES et al., 2007), foram analisados pela análise de variância. O delineamento foi em bloco inteiramente casualizado ao nível de 95% de confiança. Quando verificada a diferença estatística entre os tratamentos e o efeito do tempo, aplicou-se o teste de Tukey.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tanto nos incrementos em altura (Figura 1-A, B) com valores de  $p = 0.1934$  e  $f = 1.7801$ , para o incremento em relação a medida inicial e  $p = 0.198$  e  $f = 1.7557$ , para o incremento mensal, e em diâmetro (Figura 2, A - B) com  $f = 3.0895$  e  $p = 0.0584$ , para o incremento mensal  $f = 1.2502$  e  $p = 0.3268$ , para o incremento em relação a medida inicial, quanto em número de folhas e brotos (Figura 3, A - B), não houve diferença entre os tratamentos.

Houve efeito do tempo nos incrementos em altura ( $p < 0.0001$ ). No incremento em relação a medida inicial, (Figura 1 - A) os meses de junho e julho foram iguais entre si e diferentes dos meses de setembro, outubro e novembro; agosto foi diferente dos meses de setembro e novembro; setembro diferenciou-se dos meses de junho, julho, agosto e outubro; outubro apresentou diferença com os meses de junho, julho, setembro e novembro. Para o incremento mensal (Figura 1 - B), o mês de outubro foi diferente apenas de junho; novembro foi diferente dos meses de junho, julho, agosto e setembro.

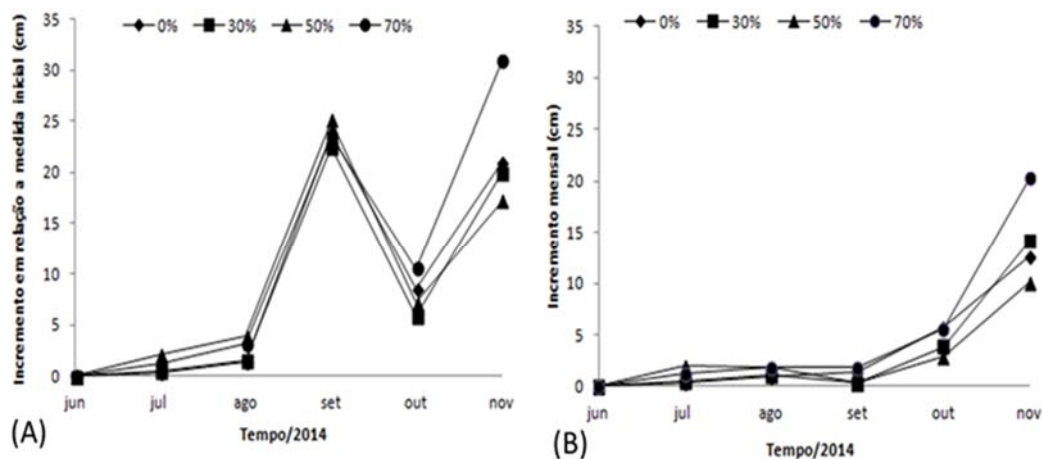


Figura 1- Incremento em relação a medida inicial (A) e incremento mensal em altura, em cada nível de sombreamento subdivididos no tempo.

Figure 1- Growth (A) and increment (B) in height, at each level shading subdivided in time.

No incrementos diamétricos em relação a medida inicial, detectou-se diferença entre os blocos com valores de  $p < 0.0001$  e  $f = 33.4747$ , entre os meses de junho com setembro, outubro e novembro; julho, com setembro e novembro; junho, agosto e outubro foram iguais entre si, porém diferentes dos meses de setembro e novembro; e no incremento mensal ( $p < 0.0001$  e  $f = 18.4842$ ), novembro foi diferente dos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro; e o mês de outubro diferente de junho e agosto (Figura 2, A - B).

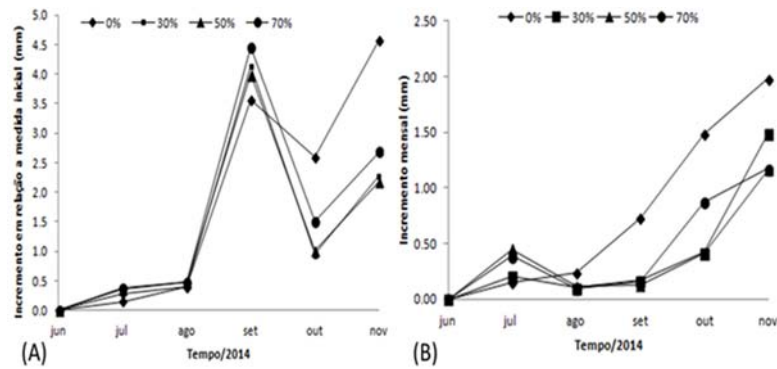


Figura 2- Incremento em relação a medida inicial (A) e incremento mensal em diâmetro, em cada nível de sombreamento, subdivididos no tempo.

Figure 2- Growth (A) and increment (B) in diameter at each level shading subdivided in time.

Houveram diferença entre os tratamentos nas MSF, MSC, MSR (Figura 3 - A) e VolR (Figura 3 - B). Na MSF ( $p = 0.0229$ ), o tratamento a pleno sol foi diferente de 50%, porém igual a 70%. A menor média em massa fresca e seca de folha esteve no tratamento a 50% de sombreamento e a maior nos tratamentos a pleno sol e o 70% de sombreamento. Para MSC, a diferença entre os níveis de sombreamento foi detectada a 50%, apresentando menor média com o de 70%, que apresentou o maior valor médio em massa seca. Tanto em MSR quanto no VolR a diferença esteve entre os tratamentos de pleno sol com o 50% de sombreamento. As maiores médias em massa e volume de raiz estiveram no pleno sol, e as menores a 50% de sombreamento.

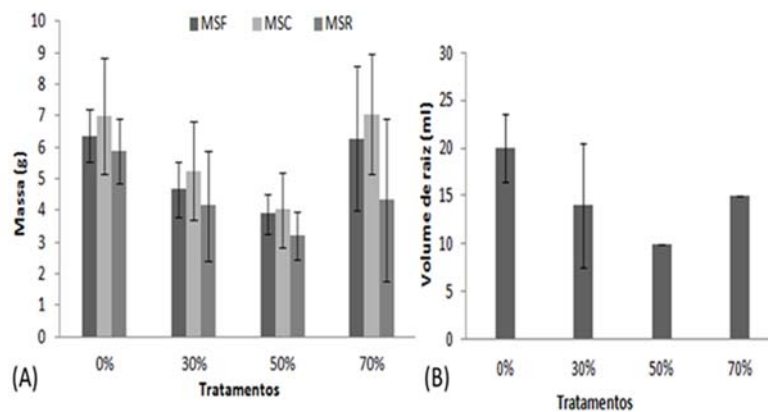


Figura 3- Massas secas de folhas, caule e raiz (A) e volume de raiz (B), em cada nível de sombreamento.

Figure 3- Mass of dried leaves, stems and roots (A) and volume root (B), each level shading.

O mês de setembro é o ponto onde começa haver um aumento das temperaturas máximas e mínimas, tendo maiores taxas de crescimento em altura e no diâmetro do caule. Foi ainda, a partir do mês de setembro que as plantas começaram a diferenciar-se nos blocos. Durante o inverno os blocos de junho, julho e agosto nos parâmetros de incremento com relação a medida inicial e incremento corrente mensal em altura e diâmetro, foram iguais, apresentando as menores taxas. Isso pode ser uma estratégia da planta em, adaptar-se às condições de clima para garantir sua sobrevivência.

As diferenças encontradas na massa secas da raiz e volume de raiz, com maiores valores médios no tratamento a pleno sol, pode indicar que as plantas em ambiente com alta luminosidade, translocam sua biomassa para diferentes órgãos da planta, bem como para a raiz, aumento o crescimento da mesma e sua eficiência na absorção de nutrientes e água para sobreviverem.

Nos resultados de pesquisa realizadas por Viella E Raveta (2000) e Campos E Uchida (2002), verificou-se que o sucesso na adaptação de uma espécie em diferentes condições de luminosidade, está relacionado com a eficiência com que os padrões de alocação de biomassa e comportamento fisiológico são ajustados. A plasticidade adaptativa das espécies às diferentes condições de radiação solar fotossinteticamente ativa depende do ajustamento de seu aparelho fotossintético, de modo a garantir maior eficiência na conversão da energia radiante em carboidrato, para sua sobrevivência e conseqüentemente para seu crescimento.

Castro e Alvarenga (2002) constataram que as espécies vegetais tendem a adaptar-se às condições do ambiente. Essa adaptação depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de tal forma que haja eficiência na

utilização e conversão da energia luminosa pelo vegetal; onde as respostas dessa adaptação serão refletidas no crescimento, de maneira geral, da planta.

## CONCLUSÃO

No inverno, *Luehea divaricata*, reduziu seu incremento para garantir sua sobrevivência. Para produção de *L. divaricata* em viveiro, recomenda-se o tratamento com 70% de sombreamento, para que tenham mais sucesso quando transplantadas para o campo. Neste nível de sombreamento é encontrado maiores valores em biomassa da parte aérea.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.M.Z.; SOARES, A.M.; DE CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; GAJEGO, E.B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.62-68, 2005.
- ANDRADE, R.; LIMA, A.; CAVALCANTE, S.; SANTOS, J.; SILVA, M.; LIMA, S.; PAIVA, R. **Caracterização da radiação solar acumulada no crescimento vegetativo do algodoeiro colorido BRS Rubi submetidas a diferentes lâminas de irrigação**. 2010.
- AYRES, M. et al. **Aplicações estatísticas nas áreas das ciências Bio – médicas**. Bio Estat 5. 0. Belém – PA. 2007.
- BACKES, P. & IRGANG, B. **Árvores do Sul: Guia de Identificação & Interesse Ecológico**. p.326. 2002.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T.: Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.37, n.3, p.281-288. 2002.
- CASTRO, A.H.F.; ALVARENGA, A.A. Influência do fotoperíodo no crescimento inicial de plantas de confrei (*Symphytum officinale* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 1, p. 77-86, 2002.
- INMET.: **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acessado em 15/03/2015.
- KÖPPEN, W.: **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica. 1931.
- LONGHI, R.A. **Livro das árvores; árvores e arvoretas do Sul**. 2.ed., Porto Alegre: L&PM, 1995.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- SANTOS, M. D. M. **Fotossíntese**. Unespe, Jaboticabal. 2005.
- SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. **Handbook of environmental physiology of fruit crops – subtropical and tropical crops**. Boca Raton: CRC Press., cap.4, p.65-100. 1994.
- TANAKA, J. C. A., SILVA, C. C., DIAS FILHO, B. P.. **Chemical constituents of *Luehea divaricata* Mart. (Tiliaceae)**. **Quím. Nova**, v.28, n.5, p.834-837, 2005.
- UCHIDA, T. & CAMPOS, M. A. A.: **Influência do sombreamento no crescimento de Mudas de CumarúT (*Dipterix odorata* (AUBL.) WILLD. – FABACEAE) Cultivadas em viveiro**. 2000.
- VILELA, A.E.; RAVETTA, D.A.: The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Propolis* L. Mimosaceae). **Journal of Arid Environmental**, London, v.44, n.4, p.415-423. 2000.



DINÂMICA DE CRESCIMENTO EM UM FRAGMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMONTANA NO OESTE DO PARANÁ

DINAMICA GROWTH IN A FOREST FRAGMENT SEMIDECIDUOUS SUBMONTANE IN PARANÁ WEST

Luciano Farinha Watzlawick<sup>1</sup> Vanessa Silva Moreira Filemom Manuel Mokochinski Suzamara Biz Luis Carlos Zerbielli Patrikk John Martins Qohelet José Ianiski Veres

RESUMO

Este trabalho teve por objetivos caracterizar um fragmento da Floresta Estacional Semidecidual submontana, quanto aos atributos ligados aos processos dinâmicos, como taxa de ingresso e mortalidade, evolução do número de indivíduos, espécies florísticas e da área basal por hectare. Para isso, foi instalada no ano de 2007, uma unidade amostral permanente de 0,5 hectares (ha), localizado no município de São José das Palmeiras, região oeste do Estado do Paraná. Em 2011, foram registrados os indivíduos mortos, remensurados os sobreviventes e mensurados e identificados os indivíduos recrutados (DAP > 5 cm). A área basal/hectare manteve-se praticamente a mesma, com queda de 0,30m<sup>2</sup>/ha, sendo influenciada pela alta taxa de mortalidade anual (5,98%) e pequena taxa de ingresso (3,32%). Devido à mortalidade, seis espécies deixaram de existir no levantamento, porém outras três espécies novas surgiram. O incremento médio anual (IMA) para todas as espécies foi de 0,20 cm, variando de 0,03 a 0,76 cm. As espécies *Chorisia speciosa* A.St.-Hil. e *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez obtiveram IMA de 0,86 cm e 0,32 cm respectivamente, elevando assim o IMA médio para as últimas classes de diâmetro.

**Palavras-chave:** incremento; mortalidade; ingresso

ABSTRACT

This study aimed to characterize a fragment of Semideciduous Submontane Forest according to its attributes related to dynamic processes such recruitment and mortality rates and growth. For that was established in 2007 a permanent sample plot of 0.5 hectares (ha), located in São José das Palmeiras, in western Paraná State. In 2011, the dead individuals were counted, remeasured the survivors and identified the recruitment. Basal area remained virtually the same, with a drop of 0.30 m<sup>2</sup> .ha<sup>-1</sup>, being influenced by the high annual mortality rate (5.98%) and small recruitment rate (3.32%). Due to mortality, six species no longer exist in the survey, but three other new species arose. The periodic annual increment (IPA) for all species was 0.20 cm, ranging from 0.03 to 0.76 cm. The species *Chorisia speciosa* A.St.-Hil. and *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez obtained IMA of 0.86 cm and 0.32 cm respectively, bringing the average for the latest IPA diameter classes higher.

**Keywords:** ingrowth; tree mortality; tree recruitment.

INTRODUÇÃO

A capacidade de regeneração, bem como o crescimento e a produtividade de uma vegetação secundária, dependem de vários fatores como: o solo, clima, relevo, nível de exploração, impacto gerado, idade, distância de outros fragmentos e banco de sementes. O manejo florestal vem ao encontro a esta realidade, com o intuito de conduzir a floresta em regime sustentável, garantindo que elas forneçam continuamente benefícios econômicos, ecológicos e sociais, mediante um planejamento para o aproveitamento dos recursos madeireiros e não-madeireiros disponíveis (REIS et al., 2000).

A formação Floresta Estacional é conhecida também como mata do interior ou ainda mata branca, que se deve ao seu aspecto fisionômico em época de estiagem, ocasionado pela queda das folhas de parte dos indivíduos. Esta tipologia florestal divide-se em duas, assim sendo, quando mais de 50% das árvores presentes no dossel perdem as folhas, esta é classificada como Estacional Decidual, e quando o número de indivíduos for inferior a este, variando de 20 a 50%, classifica-se como Floresta Estacional Semidecidual (FES) (LEITE, 1994).

Estas florestas, por desenvolverem-se na maioria das vezes em condições naturais, não perturbadas, os fatores determinantes de cada fisionomia estão relacionados principalmente à fertilidade dos solos, considerada

<sup>1</sup> Autor para correspondência.

Prof. Doutor Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Campus CEDETEG, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Vila Carli, CEP: 85040-080, Guarapuava – PR, Brasil.

E-mail: farinha@unicentro.br; luciano.watzlawick@pq.cnpq.br

alta sob as florestas estacionais (LUGO et al., 2006). Tais aspectos de fertilidade do solo, aliados ao grande potencial madeireiro de suas espécies, levaram a Floresta Estacional Semidecidual a ser reduzida a pequenos fragmentos, e em geral, muito alterada e em diferentes fases de sucessão (SANQUETTA, 2000).

Atualmente, poucos estudos têm se dirigido em torno dessas florestas secundárias. Fazendo-se necessárias informações sobre aspectos dinâmicos da floresta secundária, fundamentais para o manejo com base no rendimento sustentado (MUNIZ et al., 2007).

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar um fragmento da floresta estacional semidecidual, caracterizando-a quanto a sua estrutura diamétrica, bem como, as mudanças ocorridas nos processos dinâmicos de crescimento de algumas espécies. Este trabalho foi realizado de forma a analisar atributos estruturais e a dinâmica de crescimento de um fragmento da floresta estacional Semidecidual, durante um período de quatro anos.

As florestas secundárias são importantes fontes de recursos diversos como frutas, plantas medicinais, materiais de construção e madeiras de valor, mas principalmente, operam nos serviços ambientais como a manutenção das micro-bacias hidrográficas, garantindo o equilíbrio no ciclo da água, interferem no balanço dos níveis mundiais de emissão de carbono, garantem a manutenção da biodiversidade, entre outros.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um fragmento florestal localizado no município de São José das Palmeiras, região oeste do estado do Paraná (Figura 1). A área em questão está inserida na formação Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012). A altitude local é de 435 m, que a caracteriza como uma formação submontana.

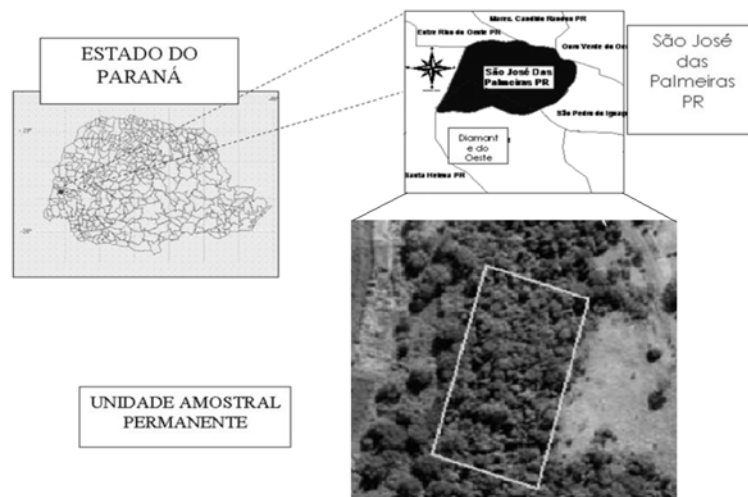


Figura 1 - Localização da unidade amostral em São João das Palmeiras – PR  
Figure 1 - Location of sample unit in São João das Palmeiras - PR

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é Subtropical Úmido Mesotérmico - Cfa, caracterizado com verões quentes, temperatura média superior a 22° C e invernos com geadas pouco frequentes, atingindo temperatura média inferior a 18° C (PARANÁ, 1994). A precipitação média anual varia de 1.600 mm a 1.800 mm (IAPAR, 1994).

Foram coletados os dados de diâmetro à altura do peito - DAP (cm) e altura (m) de todas as árvores com  $DAP \geq 5$  cm, procedentes de uma unidade amostral permanente, com área de 5.000 m<sup>2</sup>, subdivididas em 50 subunidades de 100 m<sup>2</sup>, que foram instaladas no ano de 2007, e remeidas no ano de 2011, totalizando um intervalo de 4 anos entre a primeira e a última avaliação. Todos os indivíduos que atingiram o limite de inclusão estipulado ( $DAP \geq 5$  cm) foram contabilizados como ingressos, recebendo plaquetas em ordem de numeração e identificação. As árvores mortas também foram contabilizadas. Com base nos dados de ingresso e mortalidade obteve-se as taxas percentuais para estes eventos. Em 2008 o remanescente avaliado passou por uma intervenção, sendo removidas algumas árvores para a quantificação de biomassa e carbono. A análise da dinâmica do crescimento em diâmetro foi realizada mediante as diferenças das medições nos 4 anos de monitoramento, resultando no incremento periódico anual (IPA). Os cálculos da dinâmica florestal foram efetuados com o auxílio dos *softwares* Mata Nativa e Excel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Distribuição Diamétrica

Na figura 2 é apresentado a evolução do número de árvores por hectare nas duas medições realizadas, por classes de diâmetro, com amplitude de 5 cm. Observa-se a redução no número de indivíduos nas duas primeiras classes na segunda medição e pouca diferença nas demais.

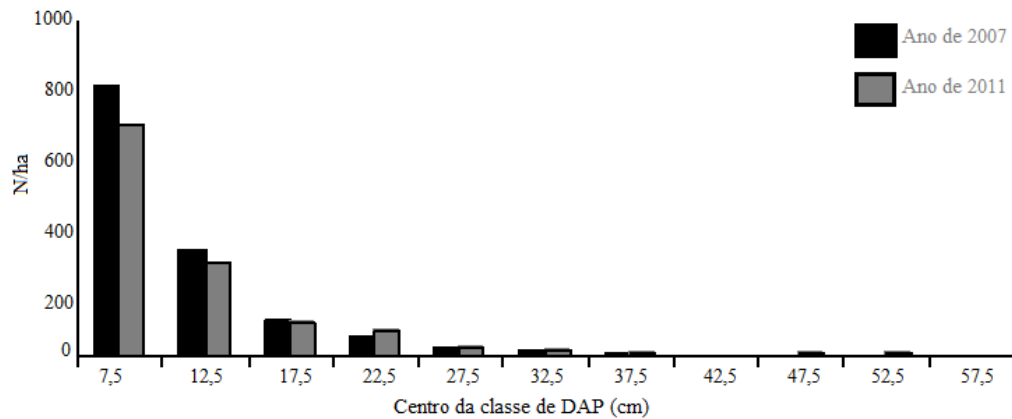


Figura 2 - Distribuição Diamétrica das espécies amostradas no fragmento da Floresta Estacional Semidecidual - PR, 2007 e 2011.

Figure 2 - Diameter distribution of the species sampled in the fragment of semideciduous forest - PR, 2007 and 2011.

A mortalidade observada nas primeiras classes diamétricas foi afetada pela intervenção efetuada na floresta em 2008. Do total de árvores mortas no período (338 ind.ha<sup>-1</sup>), cerca de 60% compunham a primeira classe, e desse total de indivíduos mortos na primeira classe (202 ind.ha<sup>-1</sup>) aproximadamente 17% foram removidos da floresta através da intervenção e não por processos naturais de mortalidade. Na segunda classe diamétrica este percentual de árvores afetadas pela intervenção foi ainda maior, igual a 24%.

Excetuando a intervenção efetuada à floresta no período de estudo, a tendência da mortalidade concentrar-se nas classes diamétricas iniciais também é largamente observada em outros estudos. Rossi (2007) e Figueiredo Filho et al. (2007) atribuem esta tendência ao fato de que as classes diamétricas inferiores apresentam maior densidade, que estimula o processo de competição por recursos entre as árvores, ocasionando maior mortalidade. A distribuição diamétrica apresentou forma decrescente (J invertido), como já é previsto para uma floresta nativa. Este modelo de distribuição indica que as populações que compõe a comunidade são estáveis e autoregenerativas, havendo um balanço entre a mortalidade e o recrutamento dos indivíduos (PEREIRA-SILVA, 2004).

Constatou-se que poucas árvores tinham o DAP superior a 27 cm. Atribuiu-se este fato ao histórico do remanescente florestal, que foi descaracterizado de sua estrutura original por práticas antropogênicas há mais de 20 anos, incluindo a extração seletiva de espécies, especialmente as de grande porte. Portanto, o período de 20 anos em que o fragmento permaneceu isolado não foi suficiente para promover o retorno de sua estrutura às prováveis condições originais, sendo poucos os indivíduos que avançam para as classes diamétricas superiores.

### Dinâmica da Floresta

#### Incremento Diamétrico

Podem-se observar na tabela 1, os incrementos médios anuais em diâmetro para todas as espécies e por classe de diâmetro, para o período de quatro anos. O incremento médio anual para todas as espécies foi de 0,20 cm, variando de 0,03 a 0,76 cm. As espécies que tiveram maior valor médio de incremento anual foram *Solanum sanctae-catharinae* com 0,76 cm e *Chorisia speciosa* com 0,59 cm.

O incremento periódico anual (IPA) por classe de diâmetro teve maior expressão nas últimas classes. Entre as classes 37,5 e 57,5 cm especificamente, foi onde ocorreram os maiores incrementos médios, chegando a 0,77 cm. As espécies *Chorisia speciosa* e *Nectandra megapotamica* apresentaram os maiores incrementos, iguais a 0,86 cm.ano<sup>-1</sup> e 0,32 cm.ano<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo estes incrementos observados nas classes superiores de diâmetro.

Tabela 1 - Incremento Periódico Anual (IPA) das espécies amostradas na Floresta Estacional Semidecidual, para o período de 4 anos.

Table 1 - Increase Annual Periodic Review (IPA) of the species sampled in semideciduous forest for the period of 4 years.

Nome Científico	Classes de Diâmetro (cm)										Média (cm.ano <sup>-1</sup> )	
	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	47,5	52,5	57,5		
<i>Aegiphyla sellowiana</i>	0,16											0,16
<i>Albizia cf niopoides</i>	0,12	0,30	0,56	0,49		0,57						0,25
<i>Alchornea triplinervia</i>	0,08	0,78										0,31
<i>Allophylus edulis</i>	0,21											0,21
<i>Aloysia virgata</i>	0,11	0,13	0,00	0,00								0,11
<i>Annona sp.</i>	0,09	0,58										0,21
<i>Annona rugulosa</i>	0,23											0,23
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	0,05	0,13										0,10
<i>Astronium graveolens</i>	0,38	0,14	0,48	0,42	0,24							0,31
<i>Ateleia glazioviana</i>	0,00	0,53			0,92							0,48
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	0,15	0,33	0,55	0,58								0,24
<i>Cabrelea canjerana</i>	0,14											0,14
<i>Calliandra foliolosa</i>	0,08											0,08
<i>Casearia decandra</i>	0,21	0,08										0,16
<i>Cecropia pachystachya</i>	0,00	0,00	0,00	0,00								0,00
<i>Cedrela fissilis</i>	0,00											0,00
<i>Chorisia speciosa</i>	0,51	0,57	0,00			0,00	0,86		1,23			0,59
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (	0,26	0,41	0,50									0,31
<i>Cordia ecalyculata</i>	0,22	0,16										0,21
<i>Cordia trichotoma.</i>	0,20	0,00	0,76	0,98								0,40
<i>Cupania vernalis</i>	0,00	0,18										0,09
<i>Dalbergia frutescens</i>	0,07	0,12	0,04									0,07
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	0,13	0,22	0,18									0,17
<i>Eugenia pyriformis</i>	0,12	0,34										0,16
<i>Eugenia sp.</i>	0,00											0,00
<i>Ficus sp.</i>	0,07	0,00	0,12	0,44				0,40				0,16
<i>Gleditschia amorphoides.</i>	0,00											0,00
<i>Guarea kunthiana</i>	0,16	0,34		0,62								0,20
<i>Gymnanthes concolor</i>	0,13											0,13
<i>Helicarpus americanus</i>	0,20	0,59	0,30	0,33	0,13							0,29
<i>Holocalyx balansae</i>	0,19											0,19
<i>Hovenia dulcis</i>		0,54										0,54
<i>Inga uruguensis</i>	0,39			0,42								0,40
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,10		0,00									0,07
<i>Machaerium paraguariense</i>	0,16	0,14	0,34	0,70	0,50	0,15				0,12		0,25
<i>Machaerium stipitatum</i>	0,10	0,15	0,14	0,28		0,00						0,13
<i>Manihot grahamii</i>	0,00	0,00										0,00
<i>Matayba elaeagnoides</i>		0,00										0,00
<i>Myrcia multiflora</i>	0,03											0,03
<i>Myrcianthes pungens</i>	0,23	0,46										0,31
<i>Myrocarpus frondosus</i>	0,12	0,62	1,19									0,18
<i>Nectandra megapotamica</i>	0,24	0,30	0,09	0,15	0,15	0,42	0,32		0,08			0,23
<i>Parapiptadenia rigida</i>	0,24	0,24	0,92	0,45	1,44							0,33
<i>Patagonula americana</i>	0,13											0,13
<i>Peltophorum dubium.</i>	0,00											0,00
<i>Pentapanax warmingiana</i> (		0,00	0,32									0,16
<i>Peschiera australis</i>	0,00											0,00
<i>Phytolacca dioica</i>	0,16									0,92		0,54
<i>Picramnia parvifolia</i>	0,21	0,58										0,22
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	0,00											0,00
<i>Piper amalago</i>	0,15											0,15
<i>Prunus brasiliensis</i>	0,89		0,00			0,00						0,30
<i>Psidium guajava</i>	0,06											0,06
<i>Psychotria sp.</i>	0,00											0,00
<i>Raulinoreitzia leptophlebia</i>	0,00											0,00
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	0,14											0,14
<i>Schefflera morototoni</i>	0,00											0,00
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,24	0,38										0,26
<i>Solanum sanctae-catharinae</i>	0,76											0,76
<i>Syagrus romanzoffiana</i>				0,04								0,04
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0,10		0,64		0,00							0,19
<i>Trichilia clausenii</i>	0,24											0,24
<i>Trichilia elegans</i>	0,07											0,07
<i>Zanthoxylum chiloperone</i>				0,31								0,31
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	0,00			1,03								0,52
<b>Média</b>	0,16	0,23	0,31	0,38	0,38	0,25	0,77	0,40	0,65	0,52		0,20



Schaaf (2001) estudando o crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista no Paraná constatou que os maiores incrementos diamétricos periódicos foram verificados nas classes diamétricas entre 50,0 - 60,0 cm e na classe 60,0 - 70,0 cm. Pizato (1999), também avaliando o crescimento na Floresta Ombrófila Mista observou taxas de incremento maiores nas classes superiores, acima de 45 cm. Pulz (1998), estudando uma Floresta Estacional Semidecidual em Minas Gerais entre 1987 e 1992, também verificou um maior incremento nas classes diamétricas próximas a 60 cm.

Considerando todas as espécies avaliadas o IPA médio para a floresta foi igual a 0,20 cm.ano<sup>-1</sup>. Vaccaro (2002) estudando o crescimento em Floresta Estacional Decidual no RS, constatou que a média obtida considerando todas as espécies foi de 0,10 cm.ano<sup>-1</sup> em área de floresta secundária. Figueiredo Filho et al., (2010) com base em estudos realizados na Floresta Ombrófila Mista relatam que o crescimento diamétrico da floresta é, em média, de 0,23 cm.ano<sup>-1</sup>.

### Evolução da Área Basal

A área basal da floresta na primeira avaliação foi de 18,86 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Na avaliação efetuada em 2011 o valor da área basal da floresta apresentou uma redução, ficando com 18,56 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Esta redução deve-se em parte às intervenções praticadas na floresta no ano de 2008, que proporcionaram o corte de 32 indivíduos concentrados nas duas primeiras classes diamétricas, ocasionando a redução de 0,36 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> na párea basal da floresta. O restante da redução deve-se também a mortalidade natural dos indivíduos no período, que atingiu 338 ind.ha<sup>-1</sup> ao longo dos 4 anos. A figura 3 representa o comportamento da área basal da floresta ao longo do período de estudo.

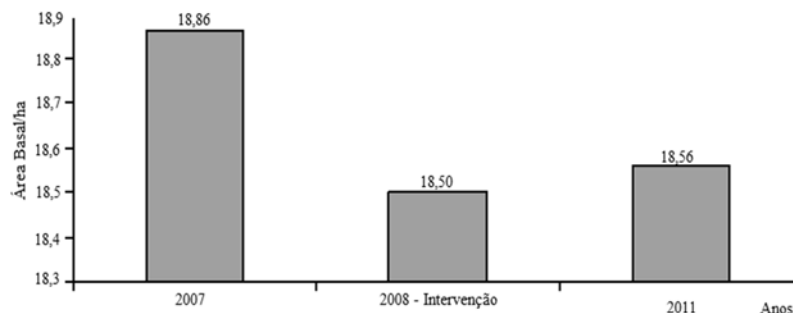


Figura 3 - Evolução da Área Basal por hectare para os anos de medição.

Figure 3 - Evolution of basal area by hectare for the years of measurement.

Prado Júnior et al., (2010), avaliando um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual em MG observaram uma área basal média para a floresta de 27 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, considerando diâmetro de inclusão de 5 cm.

## CONCLUSÃO

Seis espécies deixaram de existir nos registros do levantamento, sendo elas: *Cecropia pachystachya*, *Gleditschia amorphoides*, *Matayba elaeagnoides*, *Peltophorum dubium*, *Peschiera australis* e *Raulinoreitzia leptophlebia*, e três surgiram: *Cedrela fissilis*, *Pilocarpus pennatifolius* e *Schefflera morototoni*, sendo que esta instabilidade florística se deve ao fato de estar em pleno estágio de evolução;

A distribuição diamétrica apresentou curva decrescente nas duas medições, com valores inferiores para a última nas três primeiras classes;

A área basal do componente arbóreo apresentou pequena queda nos quatro anos de monitoramento, baixando de 18,86 para 18,56 m<sup>2</sup>/ha, que se deve a alta taxa média anual de mortalidade (5,98%), e baixa taxa de ingresso (3,32%), mas apresentou tendência em aumentar a sua capacidade de estoque, no momento permanece estável, característico de floresta em plena recuperação de distúrbio, neste caso antrópico;

Os indivíduos com maiores portes de DAP, principalmente entre as classes 37,5 e 57,5 cm, obtiveram os maiores incrementos médios, chegando a 0,77 cm, e tendo as espécies *Chorisia speciosa* A.St.-Hil. e *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez os IMA's de 0,86 cm e 0,32 cm respectivamente;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, v. 40 p. 763-776, 2010.  
IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná. 1994.  
IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 92p.

- LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil. Proposta de classificação.** 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.
- LUGO, A. E.; MEDINA, E.; TREJO-TORRES, J. C.; HELMER, E. 2006. **Botanical and ecological basis for the resilience of Antillean dry forests.** p. 359-382. In: Neotropical Savannas 167 and Seasonally Dry Forests: diversity, biogeography, and conservation/R. Toby Pennington and James A. Ratter (eds.). CRC Press.
- MUNIZ, A. L. V.; ESQUERDO, L. N.; RIBEIRO, M. S.; SILVA, M. F. F. DA; PINHEIRO, K. A. O.; ALVINO, F. O.; ARAÚJO, E. L. S. DE; JUNIOR, R. C. C. **Dinâmica de Floresta Secundária com e sem Tratamento Silvicultural para fins de Manejo no Nordeste Paraense** Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 2, n. 4, jan./jun. 2007.
- PARANÁ. IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas Básicas doParaná.** Londrina, 1994.
- PEREIRA-SILVA, E.F.L. **Alterações temporais na distribuição dos diâmetros de espécies arbóreas.** 2004. 120f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Unicamp, Campinas.
- PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR: 1995 a 1998.** Curitiba, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- PRADO JÚNIOR, J. A.; VALE, V. S.; OLIVEIRA, A.; GUSSON, A. E.; DIAS NETO, O. C.; LOPES, S. F.; SCHIAVINI, I. Estrutura da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual localizada na reserva legal da Fazenda Irara, Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 638-647, jul./ago. 2010.
- PULZ, F. A. **Estudo da dinâmica e a modelagem da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras-MG.** 1998. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- REIS, M. S. dos; FANTINI A. C.; NODARI, R. O.; GUERRA, M. P.; REIS, A.; .; **Sustained yield management of *Euterpe edulis* Martius (Palmae): A tropical palm tree from the Atlantic Tropical Forest.** Journal of Sustainable Forestry, v. 11, n. 3, p. 1-17, 2000
- RODRIGUES, A. L. **Dinâmica e correlações ambientais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR.** 2012. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati.
- ROIK, M. **Florística, dinâmica e modelagem do incremento diamétrico em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná.** 2012. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Irati, PR.
- ROSSI, L. M. B. **Processo de difusão para simulação da dinâmica de Floresta Natural.** Curitiba, 2007c. 168 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- SANQUETTA, C. R. Avaliação biométrica da dinâmica da regeneração natural em áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2000, Blumenau, SC. **Anais....** Sl.: s.n., 2000.
- SCHAAF, L. B.; **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná.** 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- STEPKA, T. F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista por meio de matriz de transição e razão de movimentação.** 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR.
- VACARO, S. **Crescimento de uma Floresta Estacional Decidual, em três estágios sucessionais, no município de Santa Tereza, RS, Brasil.** 157f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

**DINÂMICA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA EM BOA VENTURA DO SÃO ROQUE - PR**

**DYNAMICS OF AN ARAUCARIA FOREST REMAINING IN BOA VENTURA DO SÃO ROQUE - PR**

Patrikk John Martins<sup>1</sup> Luciano Farinha Watzlawick Suzamara Biz Filemom Mokochinski Luiz Carlos Zerbielli  
Vanessa Silva Moreira

**RESUMO**

Os processos dinâmicos do crescimento: ingresso, mortalidade e incremento foram estudados em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Boa Ventura do São Roque, Paraná, Brasil. Nos anos de 2007 e 2009, todas as árvores com DAP  $\geq 5$  cm foram identificadas, etiquetadas, localizadas e tiveram o DAP medido, sendo que no ano de 2009 os indivíduos que não haviam sido computados em 2007 foram considerados como ingressos e os não encontrados foram considerados como mortos. Em 2007 foram registrados 1298 indivíduos, de 25 famílias, 40 gêneros e 45 espécies, já para 2009, foram encontrados 1279 indivíduos, de 27 famílias, 41 gêneros e 47 espécies. A distribuição diamétrica da floresta, tanto em 2007 quanto em 2009, apresentou a forma de “J” invertido, entretanto, nota-se uma sensível diminuição no número de indivíduos na primeira classe, e conseqüentemente um aumento no número de indivíduos nas demais classes, denotando crescimento da floresta. A floresta apresentou mortalidade de 20 indivíduos.ha<sup>-1</sup> (0,41% ao ano) e ingressos de 86 indivíduos.ha<sup>-1</sup> (1,75% ao ano), de modo que a dinâmica se produz de forma gradativa, com um incremento médio anual de 0,328 cm.ano<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Floresta com Araucária; Crescimento; Dinâmica florestal.

**ABSTRACT**

The dynamics process of growth as recruitment, mortality and increment, were evaluated in a Araucaria Forest remaining in Boa Ventura do São Roque, Paraná State, Brazil. In 2007, all the trees with DBH  $\geq 5$  cm were identified, labeled, plotted, and got their BHD measured. In 2009, all the trees with DBH  $\geq 5$  were measured, the recruitments were counted and the missing trees were considered dead. In 2007, were counted 1298 plants, covering 25 families, 40 genera and 45 species. In 2009 were counted 1279 plants, of 27 families, 41 genera and 47 species. The diametric distribution of the forest even in 2007 and 2009 shown the inverted “J” curve tendency. Although, it is noticed a little decline in the tree’s number in the first diameter class, during the studied time. The following classes showed the number of trees increasing. The forest mortality rate was 20 plants.ha<sup>-1</sup> (0,41% per year), and the recruitment was 86 plants.ha<sup>-1</sup> (1,75% per year). The mean annual increment found for this forest was 0,328 cm.year<sup>-1</sup>.

**Key-words:** Araucaria forest; Forest Growth; Forest dynamic.

**INTRODUÇÃO**

A intensa exploração florestal ocorrida no passado, somada à abertura de novas áreas para cultivos agrícolas restringiu a vegetação do Estado do Paraná a áreas de topos de morros, encostas e áreas úmidas. Essas áreas sem aptidão agrícola são importantes remanescentes florestais, e tem a função de abrigar a fauna e flora existentes.

Desta forma, o estudo da vegetação é importante não só para a taxonomia vegetal e fitogeografia, mas também no âmbito da pesquisa aplicada e de gestão, principalmente, como subsídio à silvicultura, manejo de bacias hidrográficas, manejo de fauna, preservação de táxons, conservação do ambiente e interpretação do potencial da terra para uso agropecuário (LONGHI, 1997). Utilizando estas ferramentas de auxílio na intervenção das florestas pode-se gerar resultados que satisfaçam ambientalmente, economicamente e socialmente a comunidade que pretende trabalhar com produtos florestais.

Estudar a dinâmica de uma floresta é imprescindível para conhecer o comportamento da mesma nos diferentes estágios de sucessão, para que assim, seja feito um aproveitamento racional, garantindo a sobrevivência

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Doutorando do Programa Pós-graduação em Agronomia, Produção Vegetal da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), *Campus* CEDETEG, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Vila Carli, CEP: 85040-080, Guarapuava – PR, Brasil. Email: patrikk\_martins@yahoo.com.br

das florestas naturais. Para isso é necessária a aplicação de técnicas silviculturais adequadas, baseadas na ecologia de cada tipologia florestal. A aplicação de técnicas corretas de manejo florestal, assim como para o aproveitamento permanente das florestas, deve tomar com base o conhecimento sobre a sua composição e estrutura. Calegari et al. (2010) constataram que investigar a ecologia destes fragmentos florestais permite aplicar a gestão ambiental correta quanto ao manejo florestal.

Segundo Odum (1985), dinâmica é o processo ou são mudanças que ocorrem antes que a vegetação de um determinado local atinja uma relativa estabilidade em suas características fisiológicas, estruturais e florísticas. O autor afirma ainda que, em qualquer ecossistema, uma comunidade em evolução inicia pelas fases pioneiras e com o tempo vai sendo substituída pelas fases transitórias ou seres, até que atinja a estagnação no processo de sucessão, alcançando um equilíbrio dinâmico para as condições locais, denominado de clímax.

Para Husch et al. (1972), a estrutura de uma floresta consiste na distribuição das espécies e indivíduos, como resultado dos hábitos de crescimento e das condições ambientais onde se originou e se desenvolveu. Os autores ainda distinguem dois tipos básicos de estrutura em relação à idade dos indivíduos; estrutura equiânia e estrutura multiânia, sendo esta última, característica das florestas naturais, devido às várias idades e tamanhos.

Os processos dinâmicos (crescimento e produção, mortalidade e ingresso) de uma floresta são de grande importância, visto que o estudo destes parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura (MENDONÇA, 2003).

Verifica-se assim, a necessidade da realização de estudos que retratem a realidade da floresta, no que tange à estrutura, para que esta informação possa ser útil, juntamente com mais informações, na elaboração e planejamento de ações que objetivem a conservação ou mesmo a recuperação desta formação florestal, procurando no máximo retratar a sua diversidade. Desta forma, o estudo teve como objetivos avaliar e conhecer a dinâmica do fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, localizada no município de Boa Ventura do São Roque, estado do Paraná, nos anos de 2007 e 2009.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo está localizada no município Boa Ventura de São Roque – PR, nas coordenadas 24° 52' 08" S e 51° 37' 39" W, na Região Fitogeográfica chamada de Terceiro Planalto Paranaense. A vegetação local é a Floresta Ombrófila Mista Montana (IBGE, 2012). Conforme Embrapa (2006), os solos são classificados predominantemente como Latossolos e Neossolos e de acordo a classificação de Köppen-Geiger, o clima caracteriza-se como subtropical úmido mesotérmico-Cfb, sem estação seca definida e com verão temperado. No inverno a temperatura mínima média é superior a 4° C e a média máxima inferior a 19° C.

O fragmento onde a parcela permanente está inserida tem aproximadamente 5 hectares de floresta. O fragmento sofreu forte exploração florestal no passado, com a retirada das árvores de maior valor econômico e posteriormente foi explorada para pastoreio de bovinos sob a floresta remanescente, a cerca de 15 anos a área não é mais explorada de nenhuma forma. A área onde está localizada a parcela permanente é uma área com declividade acentuada podendo chegar a 45° em alguns locais na parcela permanente, com declividade média de 20°.

### Avaliação a campo

Para o desenvolvimento do estudo, inicialmente foi realizada a implantação de uma parcela permanente, com área de 5.000 m<sup>2</sup> (50 x 100 m), sub-divididas em 50 sub-unidades contíguas de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m). A parcela permanente foi demarcada em campo com a utilização de balizas e bússola.

Foram então medidas todas as árvores com DAP ≥ 5 cm, sendo as mesmas numeradas com etiquetas de metal a altura de 1,35 m do solo e alocadas em croqui através de coordenadas cartesianas (X,Y), para auxiliar na localização, e sempre que necessário, foi coletado material vegetativo para identificação das espécies e posterior herborização, conforme as recomendações de Fidalgo e Bononi (1984).

A identificação taxonômica foi realizada inicialmente em campo, com base nos aspectos dendrológicos das espécies, e em laboratório, posteriormente, por meio de literatura especializada.

Para a avaliação da dinâmica da vegetação foram avaliados o ingresso, a mortalidade e o crescimento (incremento periódico anual) para cada espécie, bem como para a vegetação.

O Ingresso corresponde às árvores que durante o período considerado atingiram o DAP ≥ 5 cm, calculado com a fórmula:

$$In\% = (N_{In} / N_i) * 100$$

Onde:

$In\%$  = percentual de árvores ingressas em relação ao número inicial de árvores;

$N_{In}$  = número de árvores ingressas na segunda ocasião;

$N_i$  = número de árvores vivas na primeira ocasião.

Mortalidade refere-se ao número de árvores que na primeira ocasião estavam vivas, mas que na segunda ocasião encontravam-se mortas, e foi calculado pela fórmula:

$$M\% = (N_m / N_i) * 100$$

Onde:

$M\%$  – percentual de árvores mortas em relação ao número inicial de árvores;

$N_m$  – número de árvores mortas na segunda ocasião;

$N_i$  – número de árvores vivas na primeira ocasião.

O Incremento Periódico Anual (IPA) expressa o crescimento anual de um indivíduo, e foi obtido pela fórmula:

$$IPA = \sum_{i=1}^n (\text{DAP na segunda ocasião} - \text{DAP na primeira ocasião}) / N$$

Onde:

IPA = incremento periódico anual em diâmetro;

DAP<sub>na segunda ocasião</sub> = diâmetro medido a 1,30 m de altura da íesima árvore viva na segunda ocasião;

DAP<sub>na primeira ocasião</sub> = diâmetro medido a 1,30 m de altura da íesima árvore viva na primeira ocasião;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ ;

$N$  = número total de anos monitorados.

Para realização dos cálculos dos processos dinâmicos (crescimento, mortalidade e ingresso), utilizou-se o software Mata Nativa 2.10 (CIENTEC, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição florística da Floresta Ombrófila Mista Montana estudada em 2007, foi composta por 25 famílias, 40 gêneros e 45 espécies arbóreas, sofrendo alterações com relação ao ano de 2009, quando houve um aumento, passando para 27 famílias, 41 gêneros e 47 espécies.

Os indivíduos amostrados foram distribuídos em nove classes de diâmetro, as quais estão representadas na Figura 1. Pode-se observar que nos dois períodos de avaliações a distribuição diamétrica apresentou o formato de “J” invertido, comportamento característico desta tipologia florestal (multiâneas). Para Longhi (1980) este comportamento é positivo para a garantia da sobrevivência do fragmento, pois conforme vai ocorrendo a morte dos indivíduos com maiores dimensões, as árvores que apresentaram menores diâmetros vão alcançando maiores DAP.

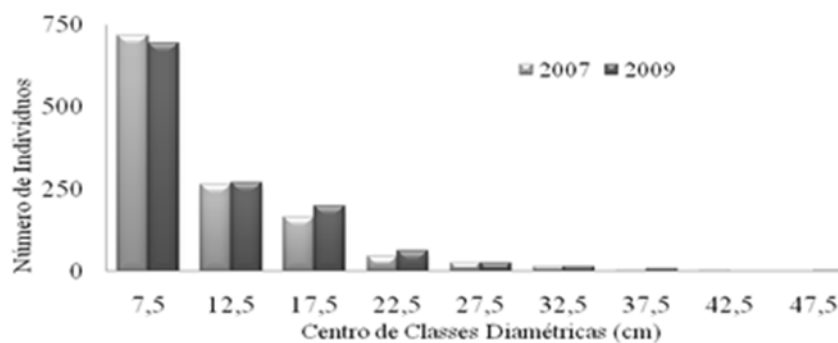


Figura 1 - Distribuição diamétrica, no período de monitoramento em 2007 e 2009, em Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Boa Ventura do São Roque – PR.

Figure 1 - Diametric distribution, monitoring period in 2007 and 2009 an araucaria forest remaining in Boa Ventura do São Roque– PR.

Pode-se destacar que não foi observada nenhuma ocorrência de indivíduos com DAP  $\geq 50$  cm, e isso se deve ao histórico da área de intensa exploração florestal ocorrida no passado. Entretanto, nota-se um grande número de indivíduos nas menores classes diamétricas, demonstrando que a floresta está se regenerando. Outro fator importante é a média dos diâmetros da floresta, em 2007 de 10,93 cm e 11,48 cm em 2009.

A Floresta apresentou uma distribuição diamétrica decrescente (em forma de J invertido), contudo, houve um aumento no número de indivíduos em todas as classes diamétricas exceto na menor classe, o que indica que ocorreu o desenvolvimento dos indivíduos das menores classes, que passaram a ocupar as classes diamétricas subsequentes.

Essa mesma distribuição em forma de “J” invertido, com maior concentração de indivíduos em classes de diâmetros menores e menos árvores nas classes maiores, também foi registrada por Schaaf et al. (2006), ao estudar um remanescente de Floresta Ombrófila Mista localizada no Município de São João do Triunfo-PR

No que se refere ao ingresso, temos durante o período de monitoramento (2007-2009) o registro do ingresso de 43 indivíduos (Tabela 1), ou seja, a taxa de ingresso igual a 1,7% e mortalidade de 10 indivíduos, resultando numa taxa de mortalidade de 0,4% ao ano.

Podemos perceber que a taxa de ingresso superou a taxa de mortalidade. Este fato foi constatado por, Figueiredo Filho et al. (2006) analisando os estudos que foram desenvolvidos na Floresta Ombrófila Mista nos últimos anos, constatou que em média a mortalidade está entre 1 e 2% e que o ingresso tem sido um pouco maior, com uma média de quase 3%.

Desse modo, na primeira ocasião de monitoramento tinha-se 1298 indivíduos, dos quais 62 foram subtraídos, pois encontravam-se mortos em pé, e não foram contabilizados para os cálculos da dinâmica da floresta, e somados aos 43 indivíduos ingressos em 2009 tem-se os 1279 indivíduos na segunda ocasião de monitoramento. Em relação aos indivíduos ingressos destaca-se a *Dicksonia sellowiana*, com seis indivíduos, não sendo um indivíduo arbóreo, possui peculiaridades, sendo difícil a mensuração precisa dos dados para os cálculos, sugerindo-se é o aprimoramento de metodologias para determinação dos índices fitossociológicos dessa espécie. Como espécie arbórea pode-se destacar a *Matayba elaeagnoides* com seis indivíduos ingressos.

Tabela 1 - Número de indivíduos ingressos nas diferentes classes diamétricas, em Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Boa Ventura do São Roque – PR.

Table 1 - Number of tickets individuals in different diameter classes, an araucaria forest remaining in Boa Ventura do São Roque – PR.

Nome Científico	Nome Vulgar	Centro de Classes									Total
		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	
<i>Dicksonia sellowiana</i>	xaxim s/ espinho	6									6
<i>Matayba elaeagnoides</i>	miguel pintado	6									6
<i>Luehea divaricata</i>	açoita cavalo	1									1
<i>Nectandra megapotamica</i>	canela imbuia	4		1							5
<i>Allophylus edulis</i>	vacum	3		2							5
<i>Cupania vernalis</i>	cuvatã		1								1
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	angico vermelho	4		1							5
<i>Cyathea sp.</i>	xaxim c/ espinho	1		1							2
<i>Cestrum sp.</i>	cestrum	1									1
<i>Annona sylvatica</i>	ariticum	1									1
<i>Phytolacca dioica</i>	imbú	1		1							2
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	guabiroba		1								1
<i>Bauhinia forficata</i>	pata de vaca	3		1							4
<i>Apuleia leiocarpa</i>	grápia	1									1
<i>Lamanonia ternata</i>	guarapere	1	1								2
Total		33	3	7							43

O incremento periódico anual entre 2007 e 2009, considerando indivíduos com  $DAP \geq 5$  cm, foi de 0,3  $cm \cdot ano^{-1}$ . Pode-se verificar na Tabela 2 que os maiores incrementos foram observados nas classes de 30 a 35 e 40 a 45 cm de diâmetro, correspondendo a 0,84 e 2,13  $cm \cdot ano^{-1}$ , respectivamente.

Verificou-se que o maior incremento ocorreu em classes com maiores diâmetros, Schaaf et al. (2006) explica que nem sempre a afirmação de que classes inferiores apresentaram maior incremento por possuírem mais árvores jovens, pois segundo ele, muitos indivíduos empregam seus recursos preferencialmente para manter na comunidade o detrimento da produção de material lenhoso, permanecendo assim por um longo período. Desta forma teremos árvores finas que possuem mais idade que as árvores mais grossas.

Constatou-se uma variabilidade acentuada nos incrementos por espécie, ocorreram desde incrementos médios nulos, sem sofrer nenhuma alteração no crescimento ao longo do estudo, as espécies, *Myrsine umbellata* e *Banara tomentosa* até um incremento periódico anual de 0,670  $cm \cdot ano^{-1}$ , encontrado para a espécie *Casearia decandra*, sendo este o maior incremento.

Tabela 2 - Incremento Periódico Anual (IPA) das espécies amostradas, em Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Boa Ventura do São Roque – PR.

Table 2 - Increase Annual Periodic Review (IPA) of the species, an araucaria forest remaining in Boa Ventura do São Roque – PR.

Nome Científico	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	IPA
<i>Casearia decandra</i>	0,670									0,670
<i>Clethrascabra</i>	0,175		1,050							0,613
<i>Phytolacca dioica</i>	0,285				2,065					0,588
<i>Cedrela fissilis</i>	0,286	0,018		1,005	1,260			2,565		0,572
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	0,285	0,609	0,868	0,783	0,830	0,890	0,748			0,557
<i>Nectandra megapotamica</i>	0,420	0,732	0,923							0,553
<i>Luehea divaricata</i>	0,280	1,083								0,509
<i>Machaerium stipitatum</i>	0,065	0,860								0,462
<i>Nectandra lanceolata</i>	0,051	0,563	0,763	1,035						0,448
<i>Eugenia pyriformis</i>	0,320	0,560								0,440
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,430									0,430
<i>Ocotea puberula</i>		0,298	0,169	0,338	0,363	0,836		1,685		0,419
<i>Cupania vernalis</i>	0,255	0,596	0,908							0,408
<i>Coutarea hexandra</i>	0,395									0,395
<i>Bauhinia forficata</i>	0,367									0,367
<i>Allophylus edulis</i>	0,309	0,518								0,339
<i>Vitex megapotamica</i>	0,200	0,493								0,298
<i>Sapium glandulosum</i>		0,160	0,400							0,280
<i>Matayba elaeagnoides</i>	0,131	0,386	0,537	0,567	0,845					0,264
<i>Syagrus romanzoffiana</i>					0,255					0,255
<i>Ilex brevicuspis</i>	0,092	0,658	1,400							0,254
<i>Inga sp.</i>	0,145	0,396	0,000							0,230
<i>Lonchocarpus cfcultratus</i>	0,183	0,442	0,670							0,225
<i>Prunus brasiliensis</i>	0,033	0,010			0,800					0,219
<i>Albizia polycephala</i>	0,172	0,800								0,196
<i>Strychnos brasiliensis</i>	0,187									0,187
<i>Machaerium paraguariense</i>	0,080	0,418	0,700							0,185
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	0,132	0,318	0,700							0,181
<i>Cestrum sp.</i>	0,174									0,174
<i>Cordyline dracaenoides</i>	0,125	0,217	0,000	0,000						0,164
<i>Cyathea sp.</i>	0,080	0,445	0,000							0,151
<i>Myrsine coriacea</i>	0,145									0,145
<i>Myrcia hatschbachii</i>	0,135									0,135
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	0,125									0,125
<i>Manihot grahamii</i>	0,121									0,121
<i>Annona rugulosa</i>	0,129	0,000								0,118
<i>Citronella paniculata</i>	0,080									0,080
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	0,079									0,079
<i>Annona sylvatica</i>	0,076									0,076
<i>Dicksonia sellowiana</i>		0,020	0,076	0,013						0,068
<i>Ilex theazans</i>	0,050									0,050
<i>Trema micrantha</i>	0,050									0,050
<i>Aegiphyla sellowiana</i>	0,045									0,045
<i>Myrsine umbellata</i>	0,000									0,000
<i>Banara tomentosa</i>	0,000									0,000
Média	0,219	0,471	0,435	0,452	0,566	0,840	0,748	2,125		0,328

## CONCLUSÃO

Pode se constatar pela curva de distribuição do número de árvores por classe, que o fragmento possui muitas árvores finas e poucos indivíduos com grandes dimensões. Contudo estas árvores estão apresentando incremento periódico anual, e este incremento encontra-se nas maiores classes, de 30 a 35 e 40 a 45 cm de diâmetro. Além disso, a taxa de ingresso foi superior a taxa de mortalidade, o que nos indica que a floresta encontra-se em evolução devido ao seu crescimento e número de ingressos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L.C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.871-880, mar. 2010.
- CIENTEC – Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda. **Software Mata Nativa 2: Sistema para análise fitossociológica e elaboração de inventários e planos de manejo de florestas nativas**. Viçosa, MG. 2006.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- FIDALGO, O.; BONONI, V. L. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo, Instituto de Botânica. (Manual n. 4). 1984.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição Diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Revista FLORESTA**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 763-776, 2010.
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. New York: The Ronald Press Co., 2 ed. 1972. 410p.
- IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em 30 de Maio de 2011.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. 271 p.
- LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze, no Sul do Brasil**. Curitiba, 1980. 198 p. Dissertação Mestrado em Ciências Florestais – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1980.
- LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo – RS**. Curitiba. 1997. 193p. Tese de Doutorado em Ciências Florestais – Universidade Federal do Paraná, 1997.
- MENDONÇA, A. C. A. **Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição**. 2003.92 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Tradução Interamericana, 1985. 434p.
- SCHAAF, L. B.; FILHO, A. F.; GALVÃO, F.; SANQUETA, C. R. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.



EFEITO DE CORTE SELETIVO PESADO NA SUCESSÃO E RIQUEZA FLORÍSTICA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO RS

EFFECT OF HEAVY SELECTIVE LOGGING ON FOREST SUCCESSION AND FLORISTIC RICHNESS OF AN ARAUCARIA FOREST IN RS

Anna Paula Lora Zimmermann<sup>1</sup> Régis Villanova Longhi

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o efeito de intervenções de manejo de alta intensidade na sucessão e riqueza florística de uma área experimental localizada na Fazenda Tupi, em Nova Prata, RS. Para isso, utilizou-se duas áreas de 0,5 hectares cada, sendo que em uma delas foi aplicado tratamento de redução de 60% da área basal por classe de DAP; e outra considerada testemunha (Sem intervenção de manejo). Os cortes foram realizados em 2002 a partir de um inventário pré-exploratório realizado no ano anterior. Os inventários de monitoramento foram realizados nos anos de 2006, 2010 e 2015 onde foram comparados quanto ao número de indivíduos nas áreas, riqueza de espécies e número de espécies por grupo ecológico. Os cortes seletivos proporcionaram o aumento da riqueza florística com o surgimento de novas espécies, enquanto que na área sem intervenção (Testemunha) houve diminuição do número de espécies no período analisado. Devido ao fato da floresta sem intervenção estar indo para um estágio mais avançado de desenvolvimento, observou-se diminuição das espécies pioneiras e aumento das climácicas, ao contrário da área que recebeu cortes seletivos pesados, com um acréscimo de espécies secundárias iniciais, devido, principalmente, a formação de condições favoráveis de luminosidade para o desenvolvimento destes grupos.

**Palavras-chave:** intervenções silviculturais; desbastes; manejo florestal.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effects of high-intensity management interventions in succession and floristic richness of an experimental area located in the Tupi Farm in Nova Prata, Brazil. For this, we used two areas of 0.5 hectares each, and in one of them was applied treatment 60% reduction in basal area per DBH class; and another considered witness (without management intervention). The cuts were made in 2002 from a pre-exploratory inventory carried out in the previous year. Monitoring inventories were performed in 2006, 2010 and 2015 which were compared to the number of individuals in the areas, species richness and number of species for ecological group. The selectives cuts provided an increase in species richness with the emergence of new species, while in the area with no intervention (control) there was a decrease in the number of species in the analyzed period. Because the forest without intervention be going to a more advanced stage of development, there was a decline of pioneer species and increased climax, unlike the area that received heavy selective logging, with an increase of early secondary species, mainly due, the formation favorable conditions of light for the development of these groups.

**Keywords:** silvicultural interventions; thinning; forest management.

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) ou Floresta com Araucária é o tipo fitogeográfico que caracteriza a fisionomia do planalto Sul Brasileiro, sendo a formação predominante da área em estudo. Conforme Teixeira e Coura Neto (1986), a FOM compreende as formações “Submontana”, “Montana” e “Alto-Montana”. A “Floresta Submontana” está associada a terrenos de até 400 metros de altitude, distribuída em fragmentos relictuais pela Depressão Central e o Planalto Sul-Riograndense.

Na FOM, a *Araucaria angustifolia* forma uma cobertura muito característica, por vezes contínua, dando a impressão de se tratar de uma formação uniestratificada. Além da presença dominante da *Araucaria angustifolia* no estrato superior, há também a presença de um denso sub-bosque, constituído, sobretudo, de lauráceas.

No estado do Rio Grande do Sul, a FOM ocorria em toda borda superior livre do planalto, iniciando-se no norte de Santa Maria e estendendo-se até o extremo ângulo nordeste; na aba superior de todos os vales profundos dos rios Caí, Taquari, das Antas e Pelotas; em grupos isolados ou em densas comunidades nos capões disseminados pelo planalto; em indivíduos solitários em pleno campo, e misturada com a “mata virgem” do Alto

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. CCR, UFSM, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). E-mail: zimmermann-a@hotmail.com

Uruguai, ao norte de Passo Fundo e Lagoa Vermelha (RAMBO, 1956).

A dinâmica e a sucessão florestal relacionam-se a distúrbios na floresta. Com os distúrbios e a consequente morte de árvores, pode ocorrer a formação de clareiras, que atuam favoravelmente na sobrevivência das árvores, pois aumentam a disponibilidade de nutrientes, luz e espaço necessário para o desenvolvimento das espécies, liberando-as da competição (WADSWORTH; ZWEEDE, 2006). Nesse caso, o próprio corte seletivo, ao diminuir a densidade da floresta, pode proporcionar aumento da sobrevivência das plantas remanescentes (SMITH, 1986).

O tamanho da clareira tem fundamental importância para sucessão da floresta, sendo responsável pela dinâmica das espécies e um importante fator na manutenção da alta diversidade das florestas tropicais (HARTSHORN, 1989 apud JARDIM et al., 2007). Pequenas clareiras, como aquelas formadas pela queda de um galho, normalmente não promovem as condições microclimáticas para o estabelecimento de espécies pioneiras. Nessas condições, as espécies de clímax acabam por preencher a clareira pelo crescimento lateral dos galhos. Por outro lado, se a clareira é grande, ela é primeiramente colonizada pelas espécies pioneiras (JARDIM et al., 2007). Portanto, o tamanho das clareiras deve ser levado em consideração quando se planeja a exploração florestal (SILVA, 1989); assim, quando a espécie desejável é tolerante à sombra, a exploração deve minimizar a formação de clareiras muito grandes, que favorecem o desenvolvimento de espécies heliófilas indesejáveis (JARDIM et al., 2007).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo principal avaliar o efeito de intervenções de manejo de alta intensidade na sucessão e riqueza florística da vegetação em uma área experimental da Floresta Ombrófila Mista, no município de Nova Prata, RS.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho desenvolveu-se na Fazenda Tupi, pertencente ao grupo Vipal, localizada no município de Nova Prata, RS. A área total da fazenda é de 962 hectares, sendo considerada um dos últimos remanescentes dessa dimensão da Floresta Ombrófila Mista na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfb1, com chuvas durante todos os meses do ano, e temperaturas média anual de 17,2°C (MORENO, 1961). O relevo é do tipo montanhoso com formação de vales estreitos com presença de solos ácidos do tipo Latossolo Vermelho distroférico típico (STRECK et al., 2002).

O tratamento aplicado nesta pesquisa constitui na redução da curva de distribuição de frequência em 60% do total da área basal, por classe de diâmetro à altura do peito (dap). O tratamento foi aplicado em uma área de 0,5 hectare sendo comparado a uma área de mesmo tamanho que não sofreu cortes, considerada como testemunha. Cada área é construída por 50 sub-unidades de 10 m x 10 m, marcadas nas extremidades por canos de PVC.

As intervenções de manejo foram realizadas em 2002 dada como preferência a extração de indivíduos defeituosos, mortos, danificados e de maior densidade absoluta. As árvores abatidas foram limpas quanto a cipós e lianas e tiveram sua queda direcionada para minimizar ao máximo o impacto sobre os indivíduos remanescentes.

Os dados foram obtidos em inventários florestais realizados em diferentes ocasiões:

Inventário pré-exploratório realizado no ano de 2001 por Borsoi (2004) e utilizado como base para o planejamento dos cortes a serem realizados;

1º Inventário de monitoramento realizado no ano de 2006 por Hack (2007) com a finalidade de avaliar a capacidade de recuperação da floresta após os cortes;

2º Inventário de monitoramento realizado por Longhi (2011), tendo a remediação ocorrida em 2010 (8 anos após os cortes seletivos);

3º Inventário de monitoramento realizado em fevereiro de 2015 sendo este utilizado no presente estudo com a finalidade de avaliar as mudanças ocorridas na dinâmica da floresta após 13 anos da aplicação das intervenções de manejo.

Nas três ocasiões, remediam-se as árvores com CAP (circunferência a altura do peito) maior ou igual a 31,4 cm ( $DAP \geq 10\text{cm}$ ) presentes nas parcelas, as quais já estavam identificadas e numeradas com etiqueta de alumínio. O ponto de medição do CAP foi considerado sempre o mesmo, identificado com uma faixa amarela pintada a 1,3 m de altura do fuste, com a finalidade de evitar erros de remediação.

De todas as árvores da parcela foram medidos CAP, altura comercial e total e posicionamento dentro da parcela através das coordenadas X e Y. As alturas foram mensuradas com Hipsômetro Vertex IV e o CAP foi medido com fita métrica. Os indivíduos que não estavam presentes no estoque, mas que atingiram o CAP mínimo de 31,4 cm no ano da remediação, foram ingressados, receberam uma etiqueta de alumínio com número sequencial e foram identificados botanicamente, tendo medidas todas as variáveis descritas anteriormente.

O efeito dos cortes foi analisado quanto às mudanças ocorridas no número de indivíduos, densidade de espécies, densidade de famílias e número de indivíduos por grupo ecológico entre as duas áreas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No inventário pré-exploratório, realizado antes da aplicação do tratamento, foram encontrados 391 indivíduos ( $782 \text{ ind.ha}^{-1}$ ) na área que não iria receber cortes e 256 ( $512 \text{ ind.ha}^{-1}$ ) na área que iria receber o tratamento de redução de 60% da área basal total por classe de DAP. Na área sem intervenção de manejo (Testemunha), o número de indivíduos apresentou decréscimo até o ano de 2010, quando foi constatado 354 indivíduos ( $708 \text{ ind.ha}^{-1}$ ) no local. No período de 2010 a 2015, pode-se observar um pequeno aumento, onde o número de indivíduos chegou a 371 indivíduos ( $742 \text{ ind.ha}^{-1}$ ) (Figura 1). Entretanto, este número ainda é menor do que o encontrado em 2002, demonstrando que a mortalidade foi superior ao recrutamento no período.

Já na área onde foram realizados os cortes seletivos, o número de indivíduos encontrava-se em torno de 60% do valor inicial antes de serem realizadas as intervenções de manejo. Já para o período de 2006 a 2015, observa-se um aumento gradual de indivíduos, dado pelo estímulo dos cortes na taxa de recrutamento das espécies. Em 2015 já é possível afirmar que a floresta está praticamente recuperada quanto ao número de indivíduos, uma vez que o total encontrado neste ano ( $502 \text{ ind.ha}^{-1}$ ) é praticamente igual à ocasião anterior aos cortes seletivos ( $512 \text{ ind.ha}^{-1}$ ). Jardim et al. (2007) também notaram aumento do número de indivíduos em uma área experimental onde foram abertas pequenas clareiras, oriundas da exploração florestal.

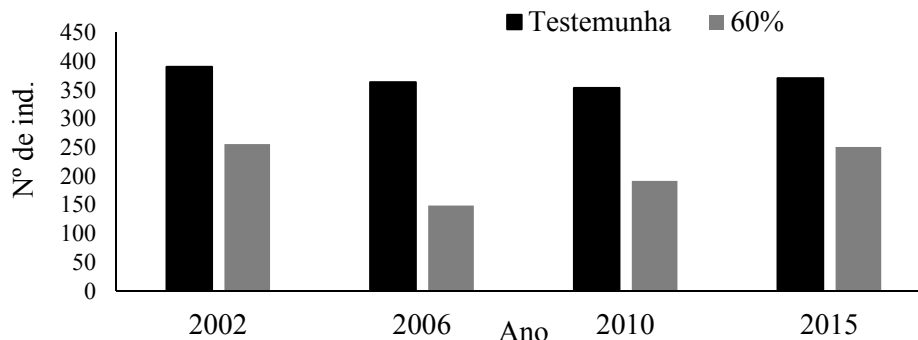


Figura 1 – Densidade absoluta encontrada nos inventários de monitoramento na área testemunha e área onde foram realizadas as intervenções de manejo.

Figure 1 – Absolute density found in monitoring inventories in the control area, and area where management interventions were performed.

Quanto ao número de espécies, é possível observar na Figura 2 que na área onde não foram realizados os cortes seletivos houve diminuição do número de espécies. Isto pode ser atribuído ao fato de que com o passar do tempo, o fechamento do dossel tenha sido prejudicial às espécies pioneiras de ciclo curto, que não conseguem desenvolver-se sem condições de sombra, fazendo com que estas não tenham conseguido atingir dimensão mínima para ingresso. De acordo com Whitmore (1989), espécies pioneiras tendem a apresentar maiores taxas de mortalidade, que tendem a diminuição à medida que a floresta evolui para o seu clímax.

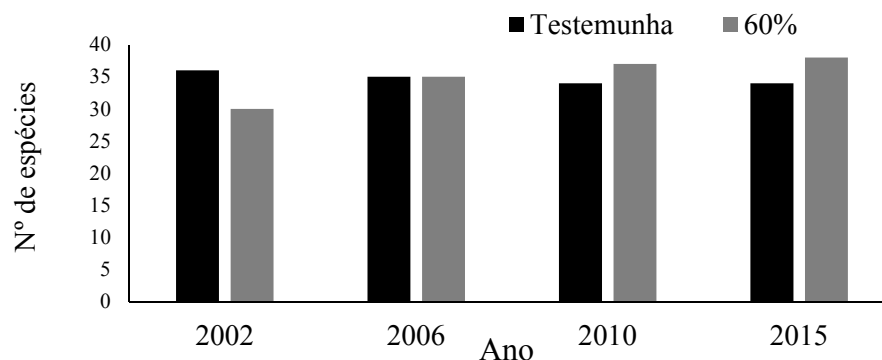


Figura 2 - Riqueza florística em área manejada e não manejada de fragmento da Floresta Ombrófila Mista, Nova Prata, RS, com o passar do tempo.

Figure 2 - Floristic richness in managed and unmanaged area fragment of Mixed Ombrophilous Forest, Nova Prata, RS, with the passage of time.

Já na área onde foram realizadas as intervenções de manejo, a riqueza florística aumentou crescentemente após a realização dos cortes. A retirada de indivíduos pontuais, acabam formando clareiras, propiciando o aparecimento de espécies chamadas pioneiras. Segundo Carvalho (1997), após a criação de uma clareira, as espécies pioneiras crescem rápido e vão formar o dossel, debaixo do qual estabelecem-se as mudas de espécies tolerantes a sombra. Quando as espécies intolerantes começam a morrer, o dossel começa a desfazer-se, e as tolerantes são liberadas e crescem como um segundo ciclo. O autor ressalta ainda que a sucessão ocorre quando um grupo de espécies tolerantes à sombra substitui um grupo de espécies intolerantes.

Em estudo do efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Oliveira et al. (2005) verificaram que, logo após a exploração, todos os tratamentos de manejo tiveram perdas no número médio de famílias, gêneros e espécies, em decorrência da eliminação pela extração madeireira. Todavia, essas perdas foram recuperadas nos anos posteriores pelo surgimento de novas espécies (ingresso) na comunidade.

Na Figura 3 é apresentada a dinâmica das duas áreas de estudo quanto as mudanças ocorridas nos grupos ecológicos após a aplicação do tratamento de manejo, com o passar do tempo. Na área sem intervenções, observa-se redução do número de espécies pioneiras, devido a estas espécies serem de ciclo curto e não tolerarem maiores condições de sombreamento. O mesmo ocorreu para as espécies do grupo das secundárias iniciais, as quais não receberam condições de abertura de dossel para seu desenvolvimento. As espécies secundárias tardias mantiveram seu número de indivíduos com o passar do tempo e as climáticas apresentaram aumento, demonstrando que estas conseguiram alcançar a máxima posição no dossel.

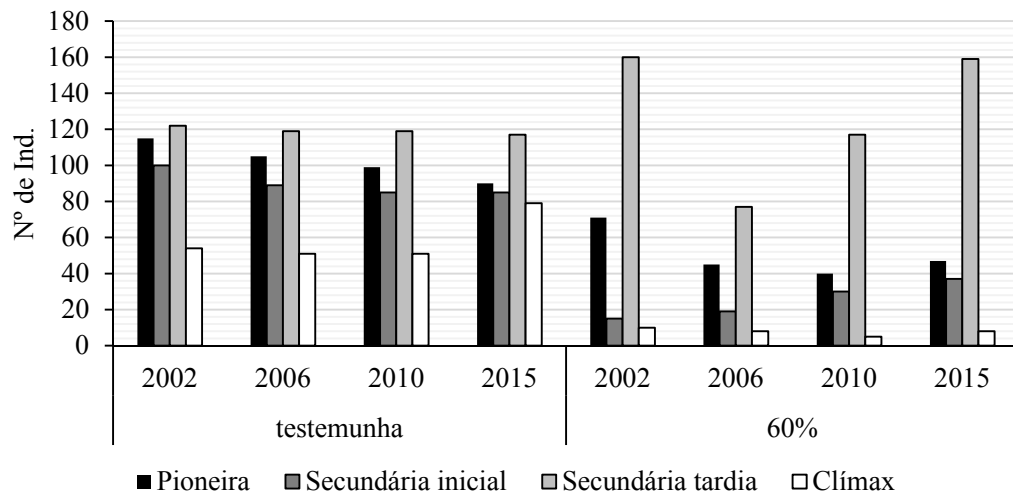


Figura 3 – Efeito das intervenções de manejo na composição dos grupos ecológicos na Floresta Ombrófila Mista de Nova Prata, RS, Brasil.

Figure 3 - Effect of management interventions in the composition of ecological groups in the Mixed Ombrophilous Forest in Nova Prata, RS, Brazil.

Na área onde foram realizados os cortes, não houve aumento de espécies pioneiras, como era esperado. Talvez pelo fato de que, segundo Jardim et al. (2007), pequenas clareiras, como aquelas formadas pela queda de um galho, normalmente não promovem as condições microclimáticas para o estabelecimento de espécies pioneiras. Nessas condições, as espécies de clímax acabam por preencher a clareira pelo crescimento lateral dos galhos. Por outro lado, se a clareira é grande, ela é primeiramente colonizada pelas espécies pioneiras.

O grupo das secundárias iniciais parece ter sido privilegiado pela abertura do dossel, o que já era esperado, uma vez que estas espécies se mantem na floresta com baixa taxa de crescimento, e, assim que as condições de luminosidade as favorecem, estas apresentam um pico de crescimento. As espécies secundárias tardias apresentaram redução no primeiro inventário de monitoramento e aumento a partir de 2010 e as clímax mantiveram seu número durante o período analisado.

## CONCLUSÕES

A área onde foi aplicada redução da área basal em 60% foi capaz de recuperar o número de indivíduos com DAP  $\geq 10,0$  cm no período de 13 anos. Além disso, quanto a riqueza florística nas áreas, observou-se redução no número de espécies na área testemunha e um aumento na área manejada, demonstrando que a abertura do dossel proporcionou o estabelecimento de novas espécies na área. Os cortes seletivos de alta intensidade também propiciaram aumento do número de indivíduos no grupo ecológico das secundárias iniciais, enquanto na área testemunha houve redução do grupo das pioneiras, devido, principalmente, a floresta estar indo em direção a um estágio de desenvolvimento mais avançado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORSOI, G. A. **Subsídios para o manejo de uma Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado de regeneração natural**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- CARVALHO, J. O. P. **Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal**. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL, 1., 1997, Curitiba. Tópicos em manejo florestal sustentável. Colombo: EMBRAPA-CNPq, 1997. p. 43-55. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 34).
- HACK, C. **Respostas da vegetação remanescente e da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista cinco anos após intervenções de manejo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- JARDIM, F. C. S.; SERRÃO, D. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 37, n. 1, p. 37-48, 2007.
- LONGHI, R. V. **Manejo experimental de uma floresta Ombrófila Mista secundária no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura – RS, 1961. 41p.
- OLIVEIRA, L. C. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136ha na Floresta Nacional do Tapajós**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Livraria Selbach, 1956. 456 p.
- SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302 p. Thesis (PhD) - University of Oxford, Oxford. 1989.
- SMITH, D. M. **The practice of silviculture**. 8. ed. New York: John Wiley, 1986. 527p.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2002. 107 p.
- TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B. **Vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza, seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico**. In: IBGE. Folhas Porto Alegre e Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: 1986, p. 541-632. (Levantamento de recursos naturais, 33).
- WADSWORTH, F. H.; ZWEEDE, J. C. Liberation: Acceptable production of tropical forest timber. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 233, n. 1, p. 45-51, 2006.
- WHITMORE, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forest tree. *Ecology*, Washington, v. 70, n. 3, p. 536-538, 1989.



**EFEITO DOS RESÍDUOS DA COLHEITA NO CRESCIMENTO DE *Eucalyptus saligna* NO SUL DO BRASIL**

**EFFECT OF HARVESTING RESIDUES ON THE GROWTH OF *Eucalyptus saligna* IN SOUTHERN BRAZIL**

Túlio Barroso Queiroz<sup>1</sup> Mauro Valdir Schumacher Rudi Witschoreck Catarine Barcellos Consensa Grasieli Dick  
Pierre André Bellé

**RESUMO**

Este estudo buscou identificar o efeito da presença ou ausência dos resíduos da colheita florestal sobre o crescimento de *Eucalyptus saligna*. O ensaio foi instalado em área experimental da Celulose Riograndense - CMPC, localizado no município de Barra do Ribeiro, no Rio Grande do Sul. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três blocos. Os tratamentos testados foram: remoção dos resíduos da colheita (T1) e permanência dos resíduos da colheita florestal (T2) na superfície do solo. As variáveis diâmetro e volume apresentaram efeito significativo sob a manutenção dos resíduos da colheita florestal. Ambas as condições apresentaram distribuição diamétrica normal, com menor crescimento para as árvores sem efeito dos resíduos da colheita.

**Palavras-chave:** impactos da colheita; inventário florestal; eucalipto

**ABSTRAT**

The study sought to identify the effect of presence or absence of the harvesting residues on the growth of *Eucalyptus saligna*. The test was installed in an experimental area of Celulose Rio Grandense - CMPC, located in the municipality of Barra do Ribeiro in the region Rio Grande do Sul. The experimental design used was random block with three blocks. The treatments tested were: residue removal (T1) and residue retention (T2) of forest harvest residues on the soil surface. The variables diameter and volume showed significant effect on the maintenance of crop forestry residues. Both conditions showed normal diameter distribution, with lower growth for the trees no effect of crop residues.

**Keywords:** harvesting impact; forest inventory; eucalypt

**INTRODUÇÃO**

Diante da demanda por energia renovável e as condições climáticas do Brasil associado ao rápido crescimento de espécies madeireiras de reflorestamento, a utilização da biomassa florestal na produção bioenergética tem crescido cada vez mais (PAULA et al., 2011). Neste contexto, modelos mais intensivos de exploração da área florestal têm proposto a utilização dos resíduos oriundos da colheita como fonte energética (SMAIL et al., 2008). Assim, parte ou até mesmo todo o resíduo florestal tem sido retirado da área para a produção de energia, deixando os solos expostos e desprotegidos (VANGUELOVA et al., 2010). Tal forma de manejo proporciona o desenvolvimento de um cenário desfavorável para a ciclagem de nutrientes e formação da matéria orgânica (SELLE, 2007; VITAL et al., 2004).

Apesar da disponibilização de nutrientes na forma de fertilizantes químicos ser uma alternativa eficiente para atingir maiores níveis de produtividade (JESUS et al., 2012), os resíduos obtidos na atividade de colheita também apresentam diferentes concentrações de nutrientes ao longo do ano, sendo influenciada significativamente pela temperatura do ar, pluviosidade (VIEIRA; SCHUMACHER, 2010), idade do povoamento, material genético, condições edafoclimáticas e principalmente pelo sistema de colheita (ROCHA et al., 2014).

A forma de preparo do solo afeta significativamente as características dendrométricas, com consequente reflexo no volume de madeira (GATTO et al., 2003). Assim, fundamenta-se a necessidade de realizar estudos referentes ao crescimento de espécies madeireiras potenciais, visando conhecer a influência do manejo dos resíduos da colheita florestal na produtividade de madeira.

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Eng. Ftal. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Laboratório de Ecologia Florestal, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900. E-mail: tulio-bq@hotmail.com

O presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito da presença ou ausência dos resíduos da colheita sobre o crescimento de *Eucalyptus saligna*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização do local

O experimento foi conduzido no Horto Florestal Barba Negra, pertencente à empresa Celulose Riograndense (CMPC), presente no município Barra do Ribeiro no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é do tipo o Cfa, subtropical úmido, com a precipitação e temperatura média anual na região de 1.320 mm e 19,3 °C (MATZENAUER et al., 2011).

### Solo

Após colheita do povoamento, o solo foi amostrado nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm. Essas amostras foram submetidas à análise para quantificação dos atributos químicos e físicos no Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O solo típico da região foi caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico espessarênico (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros Químicos do solo da área experimental, Barra do Ribeiro (RS).

Table 1 - Chemical parameters of soil in the experimental area, Barra do Ribeiro (RS).

Profundidade	pH	K	P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	AL+H	CTC <sub>efet</sub>	CTC <sub>pH7</sub>	S	B	Cu	Zn	V	m	Argila	MO
-----cm-----	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----%-----						
0 - 20	5,0	67,85	9,33	1,95	0,50	0,43	1,94	3,05	4,56	3,82	0,67	1,16	0,79	56,13	15,70	6	1,39
20 - 40	4,7	37,06	2,77	1,33	0,22	0,94	2,32	2,58	3,97	3,53	0,52	1,30	0,31	39,32	40,98	9	0,81

### Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 2 tratamentos e 3 blocos. Os tratamentos consistiram (T1) ausência e (T2) presença dos resíduos de colheita sobre a superfície do solo. Para o presente estudo, 12 parcelas foram distribuídas em uma área correspondente a 1 ha, sendo nove delas correspondentes ao tratamento T1 e três ao T2. Vale ressaltar que o número diferenciado das parcelas experimentais se deve a instalação posterior de outros tratamentos. Cada parcela experimental foi composta por 96 plantas, distribuídas em 8 linhas, no espaçamento 3,0 m x 3,0 m, implantadas em maio de 2014.

### Manejo do solo

Na área de estudo, encontrava-se em primeira rotação *Eucalyptus saligna* com 7 anos de idade, que foram removidos no ano de 2013 por corte raso mecanizado (Harvester). Toda área experimental foi submetidas a capina química (glifosato 4 kg ha<sup>-1</sup>) e aplicação de calcário dolomítico (2000 kg ha<sup>-1</sup>). Os resíduos foram removidos de forma mecanizada (Forwarder) e manual. O novo povoamento foi implantado em abril de 2014, com uma subsolagem a 45 cm de profundidade e aplicação de 200 Kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato na adubação de plantio. Após quatro meses foi realizada adubação de cobertura com 200 Kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 12-00-20 + 0,7% de boro, aplicado manualmente na projeção da copa.

### Análise dos dados

O crescimento das plantas, aos 7 meses de idade foi mensurado através do diâmetro à altura do peito (DAP), com uso de fita diamétrica e altura total (HT) por meio do hipsômetro Forestor Vvertex®. Em cada parcela foram avaliados 32 indivíduos centrais por parcela, desconsiderando linha dupla devido o efeito da bordadura. Estimou-se também o volume a partir da fórmula  $V = [(\pi \times \text{DAP}^2)/40.000] \times \text{HT} \times 0,55$  Onde: V = Volume total (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); DAP = diâmetro altura do peito (cm); HT = altura total(m) e 0,55 = fator de correção de fórmula (SHIMIZU et al., 1988).

As variáveis diâmetro e altura foram submetidas à análise de variância para verificação do efeito do manejo dos resíduos de colheita. Além disso, foi analisado a distribuição diamétrica nas parcelas com presença e ausência dos resíduos da colheita.

O diâmetro, a altura e o volume de madeira foram submetidos ao teste *t* ( $\alpha=0.05$ ) para verificar o efeito do manejo dos resíduos em cada uma das variáveis. Todos os dados foram analisados através do programa estatístico SAS/STAT® versão 9.3.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Gatto et al. (2003), a intensificação no preparo do solo apresenta uma tendência de aumento na sobrevivência, na circunferência e altura da árvore. No presente estudo nota-se que o manejo dos resíduos da colheita sobre a superfície do solo apresentou efeito significativo para as características altura e diâmetro de *Eucalyptus saligna* aos 7 meses de idade (Tabela 2). No entanto, para a característica altura, observou-se efeito não significativo para blocos, portanto, para a altura o uso de blocos não foi efetivo. Na Tabela 2 encontram-se os resultados da análise de variância para efeito das características DAP e altura em função dos blocos, tratamentos e sua interação com as duas condições de manejo dos resíduos da colheita.

Tabela 2 - Análise de variância para as variáveis: diâmetro (DAP) e altura (HT) sob o manejo dos resíduos da colheita.

Table 2 - Analysis of variance for variables: diameter (DBH) and total height (HT) on harvesting residues.

	FV	GL	SQ	QM	F <sub>calc</sub>	Prob.
DAP	Bloco	2	0.62169355	0.31084678	8.35	0.0003*
	Tratamento	1	0.14453776	0.14453776	3.88	0.0495*
	Tratamento*Bloco	2	0.67849261	0.33924631	9.12	0.0001*
HT	Bloco	2	0.11595579	0.11595579	1.39	0.2393 <sup>ns</sup>
	Tratamento	1	1.11113623	0.55556811	6.66	0.0014*
	Tratamento*Bloco	2	1.30090841	0.65045420	7.79	0.0005*

Em que: F.V. = fonte de variação; G.L. = graus de liberdade; S.Q. = soma de quadrados; Q.M. = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.> F = probabilidade de significância para o valor de F / \*Valores médios significativos; <sup>ns</sup> Valores médios não significativos à 5% de probabilidade

Assim como observado neste trabalho (Tabela 3), Dedecek et al. (2007), estudando o efeito da manutenção dos resíduos da colheita florestal sobre a superfície do solo, observaram que o crescimento em altura e DAP do eucalipto em segunda rotação foi favorecido, com pouca alteração para altura. Segundo Reiner et al. (2011) a ausência de diferença no crescimento em altura ocorre quando no desenvolvimento inicial não há competição entre as mudas. Neste estudo, comparando as medias volumétricas de madeira (m<sup>3</sup>) pelo teste *t* verifica-se maior volume de madeira nas áreas com presença dos resíduos de colheita (0,0040 m<sup>3</sup>), quando comparado às parcelas com ausência do material (0,0035 m<sup>3</sup>).

Tabela 3 - Estatística descritiva e teste de médias (teste *t*) para as características analisadas.

Table 3 - Descriptive statistical analysis and mean test (test *t*) for the characteristics analyzed.

	DAP <sub>médio</sub> cm	CV %	DAP <sub>min/max</sub> cm	HT <sub>média</sub> m	CV %	HT <sub>min/max</sub> m	V <sub>médio</sub> m <sup>3</sup>	Nº árvores
T1	0,91±0,1980 a	21,70	0,43/1,40	2,57±0,2968 a	11,53	1,66/3,20	0,0035 ±0,0023 a	96
T2	0,86±0,2028 b	23,62	0,38/1,26	2,52±0,2951 a	11,71	1,66/3,05	0,0040 ±0,0021 b	288

Em que Em que: T1= presença dos resíduos da colheita; T2= ausência dos resíduos da colheita; DAP= diâmetro a altura do peito; HT= altura total; CV=coeficiente de variação, V=volume médio. Em uma mesma coluna, letras comparam as médias entre os tratamentos, sendo que as médias com letras iguais não se diferem estatisticamente ao nível de probabilidade de 5% de erro.

Na Figura 1 é possível visualizar a distribuição diamétrica nas duas condições de manejo dos resíduos da colheita. Para ambas as situações é possível observar uma distribuição normal, com indivíduos concentrados na classe intermediária. No entanto, as parcelas com ausência de resíduos da colheita apresentaram menor crescimento em diâmetro. Conforme Botreal e Vieira (2005), a distribuição diamétrica consiste em um importante mecanismo para análise de organismos biológicos, uma vez que possuem tendência a simetria. De acordo com Maltamo et al. (2000), a variação nessa distribuição criam eventos naturais como formação de clareiras, mortalidade e regeneração.

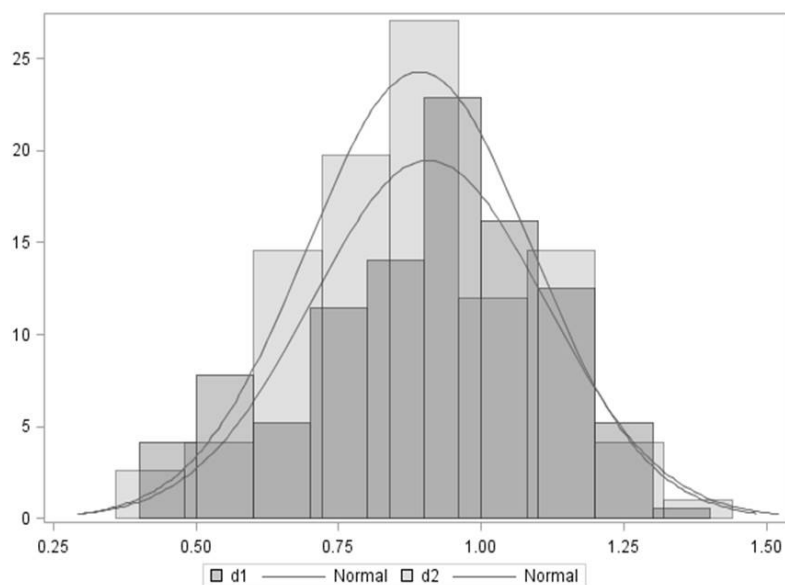


Figura 1 - Distribuição diamétrica para os indivíduos de *Eucalyptus saligna*, onde o eixo das ordenadas (Y) representa o número de indivíduos e o eixo das abscissas (X) representa as classes de diâmetro, com efeito da remoção (d1) e presença (d2) dos resíduos da colheita florestal

Figure 1 - Diameter distribution in *Eucalyptus saligna*, where the ordinate axis (Y) represents the number of individuals and the abscissa axis (X) represents the diameter classes, with effect the removal (d1) and retention (d2) of forest harvest residues on the soil surface

Esse comportamento pode ser explicado pela manutenção dos resíduos obtidos a partir da colheita florestal possibilitar melhorar o estado nutricional das árvores e a produtividade do sítio (BELLOTE; DEDECEK; SILVA, 2008). Além disso, a manutenção da camada de resíduos florestais sobre a superfície é responsável pela redução da compactação do solo causada pelo tráfego de veículos florestais (SILVA; DIAS JUNIOR; LEITE, 2007).

## CONCLUSÕES

A manutenção dos resíduos da colheita florestal sobre a superfície do solo apresentou efeito positivo significativo sobre o diâmetro, altura e volume do *Eucalyptus saligna*.

Recomenda-se estudos a longo prazo para identificar o efeito destes resíduos sobre o incremento dessas variáveis e a sustentabilidade do sistema de produção.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa ao Programa de Pós-graduação da UFSM. À empresa Celulose Riograndense – CMPC pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; SILVA, H. D. S. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.31-41. 2008
- BOTREL, M. C. G.; VIEIRA, F. A. Análise da distribuição diamétrica de procedências de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden cultivadas em lavras – MG. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.3, n.6, 2005.
- DEDECEK, R. A.; BELLOTE, A. F. J.; MENEGOL, O. Influence of residue management and soil tillage on second rotation *Eucalyptus* growth. **Scientia Forestalis**, n. 74, p. 09-17, 2007.
- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.27, n. 5, p.635-646, 2003.
- JESUS, G. L.; BARROS, N. F. SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; HENRIQUES, E. P.; LIMA, V. C.; FERNANDES,

- L. V.; SOARES, E. M. B. Doses e fontes de nitrogênio na produtividade e nas frações da matéria orgânica em solo da região do cerrado em Minas Gerais. **Revista Brasileira Ciência do solo**, 36:201-214, 2012.
- MALTAMO, M. et al. comparison of percentile based prediction methods and the diameter distribution of heterogeneous Scots pine stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, V.133, p.263-274, 2000.
- MATZENAUER, R.; RADIM, B.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático do Rio Grande do Sul**. Fepagro, Porto Alegre. 2011.
- PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. **Revista Cerne**, Lavras, v.17, n.2, p. 237-246, 2011.
- REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. **Revista Synergismus scyentifica** UTFPR, 06 (1), 2011.
- ROCHA, J. H. T.; GONÇALVES, J. L. M.; MARQUES, E. R. G.; BRANDANI, C. B. **Nutrição e sustentabilidade de plantações florestais. Bases para tomada de Decisões na silvicultura**. 3º encontro brasileiro de silvicultura. 2014
- SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.4, p. 29-39, 2007.
- SHIMIZU, J. Y.; ONUKI, M.; GOBBO CÉSAR, E. R. Crescimento de procedências de *E. saligna* SMITH ao longo dos anos em Guaíba, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, p.39-46, 1988.
- SILVA, A. R.; DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P. Camada de resíduos florestais de preconsolidação de dois latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42,0 n.1, p.89-93. 2007.
- SMALL, S.J., CLINTON, P.W., GREENFIELD, L.G. Postharvest organic matter removal effects on FH layer and mineral soil characteristics in four New Zealand *Pinus radiata* plantations. **Forest Ecology and Management**, 256, 558–563, 2008.
- VANGUELOVA, E., PITMAN, R., LUIRO, J., HELMISAARI, H.-S. Long term effects of whole tree harvesting on soil carbon an nutrient sustainability in the UK. **Biogeochemistry**, 101, 43–59, 2010.
- VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore**, Viçosa-Mg, v.34, n.1, p.85-94, 2010.
- VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.793-800, 2004.



**EFEITO E QUALIDADE DO PRIMEIRO DESBASTE MISTO DE POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* L. EM LAGES, SANTA CATARINA**

**EFFECT AND QUALITY OF FIRST MIXED THINNING OF *Pinus taeda* L. STANDS IN LAGES, SANTA CATARINA**

Luís Henrique Ferrari<sup>1</sup> Jean Alberto Sampietro Marcos Felipe Nicoletti Joniquel César Viganó Nilton Sérgio Novack Júnior

**RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito e a qualidade da operação de primeiro desbaste mecanizado em povoamentos de *Pinus taeda* L.. O estudo foi realizado em áreas de primeiro desbaste do tipo misto por baixo, pelo método mecanizado, aos doze anos de idade em Lages/SC, no qual foram instaladas unidades amostrais de 300 m<sup>2</sup> sendo efetuados inventários pré e pós-desbaste, analisando variáveis dendrométricas, qualitativas, e a efetividade do desbaste através do cálculo do índice de Hart-Becking. Foram avaliados também altura e volume remanescentes nos tocos provenientes do desbaste efetuado. No desbaste foram retirados cerca de 983 indivíduos por hectare, principalmente das classes diamétricas inferiores, sendo considerado segundo o índice Hart-Becking um desbaste ineficiente, resultando em uma competição ainda existente entre os indivíduos. Alguns indivíduos de baixa qualidade foram detectados ainda após o desbaste, havendo também uma grande proporção de árvores danificadas pelas máquinas de colheita florestal. Houve um grande número de tocos encontrados acima dos padrões estabelecidos pela empresa, sendo assim, o padrão de qualidade da operação pode melhorar.

**Palavras-chave:** Hart-Becking, altura de toco, perdas econômicas.

**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the effect and quality of first thinning mechanized operation in *Pinus taeda* L.. The study was conducted in areas of first thinning of mixed type for down, the mechanized method, at twelve years of age in Lages / SC, in which they were installed sampling units of 300 m<sup>2</sup> being made pre and post-thinning inventories, analyzing dendrometric variables, qualitative, and the effectiveness of thinning by calculating the Hart-Becking index. They were assessed too high and remaining volume in blocked shots made from the thinning. The roughing were removed about 983 trees per hectare, especially the lower diameter classes, considered according to Hart Becking-thinning index inefficient, resulting in an even competition existing between individuals. Some low quality individuals were still detected after thinning, also having a high proportion of damaged trees by forest harvesting machines. There was a lot of butts found above the standards set by the company, therefore, the pattern of the operation quality can improve.

**Keywords:** Hart-Becking, high stump, economic losses.

**INTRODUÇÃO**

As espécies de *Pinus* introduzidas no Brasil são provenientes, principalmente, dos Estados Unidos, embora inicialmente fossem oriundas da Europa. Elas ocorrem naturalmente na América do Norte, na América Central, no norte da Europa e na Ásia (LIMA et al., 1988). Na região sul, a maioria absoluta dos povoamentos são do gênero *Pinus*, as quais tem diversas finalidades, produzindo madeira para laminação, serraria, celulose, e também para geração de energia.

No manejo florestal, a operação silvicultural de desbaste, é considerada de suma importância devido a diminuição da competição entre as árvores, através da eliminação de árvores dominadas, bifurcadas ou tortas. Dobner et al. (2012), em seu estudo com manejo de *Pinus taeda*, relata que indivíduos de maiores diâmetros quando intensamente e precocemente liberados da concorrência, possuem um potencial de crescimento diamétrico 50% superior quando comparados com povoamentos totalmente estocados. A disponibilização de espaço resulta também em rendimentos financeiros superiores aos povoamentos não desbastados, sendo que o valor médio do metro cúbico durante todo o ciclo de produção é até 63% superior.

Mesmo sendo uma operação essencial, esta também é muito onerosa, a qual pode acarretar em custos, danos e perdas de incremento das árvores remanescentes quando este é efetuado de forma mecanizada, explicado

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Graduando em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil. E-mail: luishf.efl@gmail.com

pelas altas dimensões e manobras das máquinas de derrubada e extração. Na operação de primeiro desbaste em grandes áreas normalmente se opta pelo desbaste sistemático, o qual é executado com o corte e extração de toda a madeira de uma linha de árvores em intervalos de linhas pré-determinados, sendo desta maneira mais econômico e viável, uma vez que há possibilidade de se ter uma razoável produtividade da operação, reduzindo os custos de produção. Porém, algumas empresas adotam o mesmo associando ao desbaste seletivo que visa à retirada de árvores tortas, defeituosas, bifurcadas ou suprimidas, buscando o direcionamento do potencial produtivo, para que ao final da rotação obtenham-se indivíduos de maior valor comercial.

O controle de qualidade não deve estar voltado apenas para o produto final obtido, mas também para todo o processo que envolve a atividade florestal. Deve-se procurar reduzir os custos e garantir a qualidade de cada etapa desse processo, para que se obtenha um produto final com qualidade e a custo competitivo (REZENDE, et al., 2000). Atualmente, algumas empresas florestais já identificaram oportunidades de melhoria no processo produtivo e estão implantando sistemas de gestão da qualidade na indústria, bem como nas atividades desenvolvidas no campo (TRINDADE, 1993).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito e a qualidade da operação de primeiro desbaste mecanizado em povoamentos de *Pinus taeda* L. pelo método misto (sistemático e seletivo) por baixo, visando servir como base para a implantação de um programa de qualidade das atividades com viabilidade técnica e econômica da operação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado nas áreas da Fazenda Espigão, em Lages, Região Serrana do Estado de Santa Catarina. A região é classificada segundo Köppen como clima Cfb, temperado constantemente úmido, com verão, sem estação seca. A temperatura média anual varia de 13,8 a 15,8 °C. A precipitação pluviométrica total anual pode variar de 1.360 a 1.600 mm e a umidade relativa do ar varia de 80 a 83%, sendo nas áreas estudadas o relevo plano à ondulado.

Os plantios florestais eram compostos por *Pinus taeda* L. com doze anos de idade, densidade de cerca de 2000 árvores por hectare, com uma altura média de 14,8 m, e DAP médio de 19,8 cm, tendo a madeira como principal objetivo a produção de madeira para serraria e processo.

### Caracterização do sistema de colheita avaliado

Nas áreas foi efetuado desbaste do povoamento em sistema de colheita de toras curtas (*cut-to-length*), sendo cortadas e derrubadas árvores sistematicamente uma a cada seis linhas de plantio e seletivamente árvores suprimidas, tortuosas e bifurcadas, sendo as árvores derrubadas, processadas, extraída e carregada de forma mecanizada.

O módulo operacional de colheita era composto por um *harvester*, máquina base da marca *John deere*, modelo 160 DCL acoplado a um cabeçote da marca *Waratah*, modelo H270 E, o qual realizava, primeiramente, limpeza da área próxima das árvores, procedendo com a busca e derrubada destas e o processamento das árvores em toras dos determinados sortimentos. Em seguida, era empregado um *Forwarder*, marca *Ponsse*, modelo *Buffalo king*, o qual realizava a extração das árvores em forma de “baldeio” do interior até a margem do talhão.

### Análises dos efeitos do desbaste e da qualidade da operação

Para analisar o efeito do desbaste sobre o povoamento, primeiramente, foi realizado inventário antes (pré-desbaste) e após o desbaste (pós-desbaste), sendo estabelecidas 7 parcelas experimentais com área de 300 m<sup>2</sup> (20 x 15 m) atendendo um erro amostral máximo de 5%, conforme inventário piloto. Nas mesmas foram coletados dados de diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total ( $h_t$ ) de 20% das árvores de cada parcela.

Posteriormente foi calculado a frequência de indivíduos por classe de DAP, o número de árvores por hectare (N), a área basal (G) e volume por indivíduo ( $v_i$ ) e por hectare (V) para ambas as condições, pré e pós-desbaste.

Adicionalmente foi calculado o índice de espaçamento relativo, para então, verificar e comparar qual seria a densidade ideal que o povoamento deveria possuir após o desbaste, visando, portanto, a possibilidade de máximo crescimento potencial estimado pelo método.

O cálculo do índice de espaçamento relativo (S%) é realizado pelas seguintes equações (SCHNEIDER, 2006):

$$EM = \sqrt{10000/N} \quad (\text{Equação 1})$$

$$S\% = \left(\frac{EM}{h_0}\right) * 100 \quad (\text{Equação 2});$$

$$EMD = S'\% \cdot h_0 / 100 \quad (\text{Equação 3});$$

$$Np = 10000 / \left\{ EMD^2 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \right\} \quad (\text{Equação 4});$$

Onde: EM = espaçamento médio do povoamento; N = número de árvores do povoamento; S%: Índice de Hart-Becking; EMD = espaçamento médio desejado para o povoamento; S'% = Índice de Hart-Becking livre de competição (21%); h<sub>0</sub> = altura dominante de Weise.

Além disso, nas mesmas parcelas, foram avaliados o estado das árvores remanescentes pós-desbaste, sendo consideradas árvores fora do padrão, árvores que apresentaram bifurcação, tortuosidade ou danificadas. E por fim, ainda foi efetuada a avaliação a madeira remanescente nos tocos das árvores cortadas, ou seja, o volume de madeira que ficou no campo, acima da altura de corte especificada como padrão, sendo adotado como padrão de altura de toco ideal, 10,0 cm acima do nível do solo e, ao final calculada a perda de receita por hectare supondo o preço atual de mercado da madeira de primeira tora nestas condições com destino a serraria de R\$ 69,00 por m<sup>3</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para as condições pré e pós-desbaste podem ser observados na Tabela 1. Comparando-se os dados das condições, verifica-se uma redução média de 983 árvores do número de árvores por hectare. Em relação ao DAP médio do povoamento, houve incremento na ordem de 2,7 cm, porém para a altura média não houve diferença entre as condições pré e pós-desbastes. Quanto à área basal (G), houve uma redução de 23,7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, explicado pela retirada de um grande número de árvores no desbaste, resultado que também pode ser observado para o volume médio em hectares.

Tabela 1 - Valores médios do número de árvores por hectare (N), diâmetro médio quadrático (d<sub>g</sub>), diâmetro dominante (d<sub>dom</sub>), diâmetro à altura do peito (DAP), altura dominante (h<sub>0</sub>), altura total (h<sub>t</sub>), fator de forma, área basal (G) e volume por hectare (V) para a condição pré-desbaste e pós-desbaste de povoamentos de *Pinus taeda*.  
Table 1 - Mean values of number of trees per hectare (N), quadratic mean diameter (d<sub>g</sub>), dominant diameter (d<sub>dom</sub>), diameter at breast height (DAP), dominant height (h<sub>0</sub>), total height (h<sub>t</sub>), factor form, basal area (G), and volume per hectare (V) for after thinning condition of *Pinus taeda* stands.

Parâmetros dendrométricos	Pré	Pós
N (árvores ha <sup>-1</sup> )	1905	922
d <sub>g</sub> (cm)	20,1	22,5
d <sub>dom</sub> (cm)	29,1	28,6
DAP (cm)	19,5	22,2
h <sub>0</sub> (m)	17,5	16,1
h <sub>t</sub> (m)	14,7	14,7
Fator de forma	0,46	0,46
G (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	60,3	36,6
V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	428,6	232,1

Pode-se observar um número de árvores por hectare relativamente alto para a idade do povoamento, bem como uma área basal elevada que comprova redução de incremento do povoamento por competição. Com base nesses parâmetros ficou claro a necessidade da realização de desbaste, uma vez que o povoamento já está sofrendo redução de incremento por competição há alguns anos. Observa-se então que houve a retirada de aproximadamente 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> resultando em um volume remanescente médio de 232,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Também com o desbaste houve redução da área basal por hectare de 60 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> para 36,6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, alguns autores afirmam que a área basal que mantém o povoamento livre de competição é na faixa de 25 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, tornando o desbaste ineficiente se considerado o método de área basal.

Quando se tem um número excessivo de indivíduos por área ocorre uma redução do crescimento em área basal, sendo esta justificada pela possível redução da taxa fotossintética. Desta forma, o desbaste vem a diminuir essa competição, gerando um aumento do incremento em área basal e concentrando a produtividade nos indivíduos de melhor qualidade comercial (SCHNEIDER, 2006).

Para o cálculo do método Hart-Becking, obteve-se o índice de espaçamento relativo desejado (S%) sendo este expresso na Tabela 2 observando que para a condição pré-desbaste o valor de S% era inferior a 16%, caracterizando severa competição entre os indivíduos do povoamento, com redução do potencial de crescimento através do incremento corrente anual do povoamento estudado.

Tabela 2 - Valores médios para índice de Hart-Becking (S%), espaçamento médio (EM), altura dominante ( $h_0$ ), número de árvores a permanecerem por hectare e número de árvores efetivo por hectare para a condição de pré-desbaste de povoamentos de *Pinus taeda*.

Table 2 - Mean values for Hart-Becking index (S%), average spacing (EM), dominant height ( $h_0$ ), number of remaining trees per hectare and effective number of trees per hectare for before thinning condition of *Pinus taeda* stands.

Condição	EM	$h_0$	S%	N permanecer	Pd %
Pré-desbaste	2,3	17,5	13,1429	843	66,6

Sendo assim, verifica-se que para a competição ser estabilizada no povoamento devem ser extraídas 1062 árvores por hectare, assim permanecendo após o desbaste 843 indivíduos em cada hectare. Dessa forma, pode-se inferir que o peso de desbaste aplicado foi inferior ao recomendado pelo método na condição pré-desbaste, pois pelo método Hart-Becking a instrução seria permanecerem 843 indivíduos por hectare, sendo que permaneceram 922 árvores, o que demonstra um desbaste ineficiente.

Na Figura 1, observa-se que após o desbaste predominantemente, foram cortados e extraídos os indivíduos das classes de menor diâmetro, ocasionando aumento relativo de indivíduos nas classes com maior DAP, na qual a grande maioria dos indivíduos remanescentes apresentam área basal acima da média do povoamento, resultando em um acréscimo na média diamétrica do povoamento.

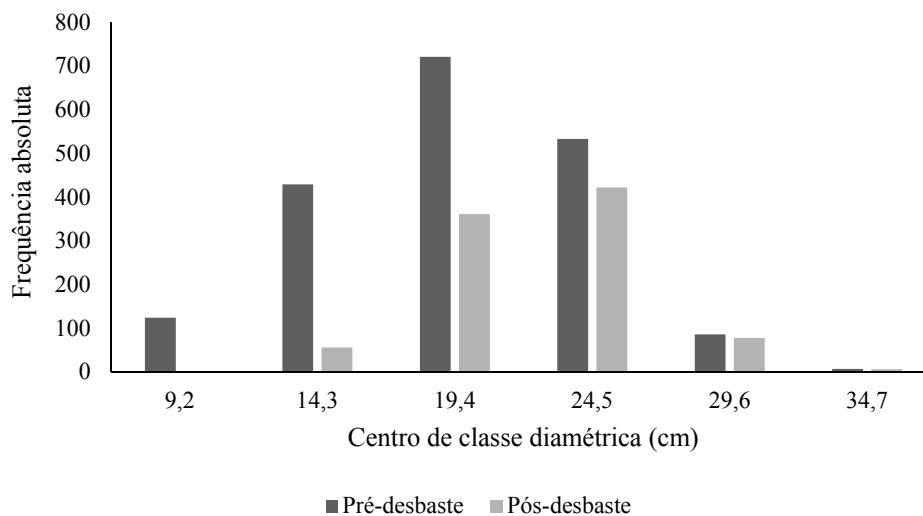


Figura 1 - Histograma de frequência das classes diamétricas pré e pós-desbaste.

Figure 1 - Histogram diameter classes frequency before and after thinning.

É possível observar uma grande quantidade de árvores bifurcadas antes do desbaste, o que reduz consideravelmente o aproveitamento da madeira para toras, além de dificultar as operações de colheita. Na Figura 2 é possível visualizar os resultados quanto as características qualitativas do povoamento antes e depois da intervenção do desbaste.



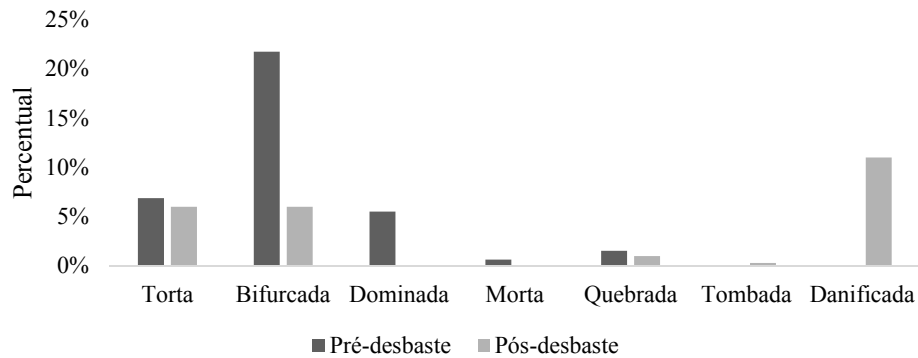


Figura 2 - Levantamento qualitativo do povoamento pré e pós-desbaste demonstrando o percentual de árvores tortas, bifurcadas, dominadas, mortas e quebradas.

Figure 2 - Qualitative survey of the stand before and after thinning showing the percentage of crooked trees, forked, dominated, dead, broken, topped and damaged.

No povoamento existia uma grande proporção de árvores de baixa qualidade, dando ênfase aos indivíduos bifurcados, que representavam 22% do total de árvores de toda a área plantada, sendo estes indivíduos podendo serem retirados no desbaste para eliminar árvores de baixa qualidade e dar preferência a árvores com boas características qualitativas e quantitativas.

Analisando a qualidade das árvores remanescentes, observou-se que após o desbaste, houve um decréscimo na quantidade de árvores defeituosas no povoamento, no qual as bifurcadas diminuíram a sua frequência em 16%. Algumas características indesejadas como árvores dominadas e mortas desapareceram em sua totalidade após efetuado o desbaste, porém foram acrescentadas características qualitativas como árvores tombadas e danificadas ao levantamento.

As características de indivíduos tombados e danificados são resultados da colheita florestal ser efetuada de maneira mecanizada, e através de maquinário de grande porte, se tratando de um primeiro desbaste, são em pequenos espaços que estas máquinas trabalham, sendo que em certos momentos, os movimentos e manobras das máquinas ocasionam os danos as árvores remanescentes e até o tombamento de alguns indivíduos. Os danos ocasionados refletem em uma perda de incremento do indivíduo. Desta forma, a característica de indivíduos danificados além de representar a maior proporção no levantamento qualitativo, resulta em futuras perdas econômicas.

Em relação à altura dos tocos das árvores retiradas no desbaste, observa-se que 45 dos tocos ficaram dentro do limite de altura estabelecido de 10 cm, sendo que a grande maioria obtiveram valores superiores a este limite (Figura 3).

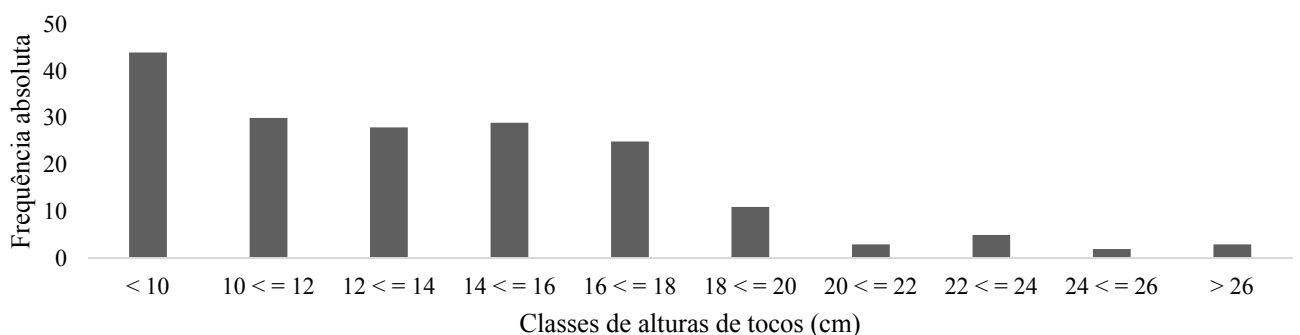


Figura 3 - Histograma de frequência das diferentes classes de altura de tocos.

Figure 3 - Histogram frequency of different classes stumps height.

A ocorrência de certa proporção de tocos acima dos padrões pode ser explicadas por motivos de danos que podem ser ocasionados no contato da sabre da máquina com pedras ou solo em locais com declividade acentuada onde o corte tende a ser mais alto.

Sendo assim, esta ocorrência de tocos acima dos padrões de qualidade desejados nas empresas acarreta em dificuldades no replantio, além da perda de madeira e, assim em uma perda econômica, diminuindo as receitas. Esta perda é ocasionada na tora de maior valor econômico (primeira tora) onde se encontra a madeira de melhor qualidade (livre de nós), e com os maiores diâmetros.

Em geral houve uma perda média de madeira nos tocos de 0,1514 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, acarretando em uma perda econômica de R\$ 13,63 ha<sup>-1</sup> considerando um preço de mercado da madeira de R\$ 90,00 a cada m<sup>3</sup> (Tabela 3).

Tabela 3 - Madeira remanescente nos tocos fora do padrão de qualidade e perdas de receita após desbaste misto em povoamentos de *Pinus taeda*.

Table 3 - Remaining in wood stumps outside the standard of quality and revenue losses after mixed thinning in stands of loblolly pine.

Parcelas	V médio	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>
1	0,0054	0,1794	R\$ 16,15
2	0,0054	0,1793	R\$ 16,14
3	0,0043	0,1445	R\$ 13,00
4	0,0038	0,1278	R\$ 11,50
5	0,0049	0,1621	R\$ 14,59
6	0,0035	0,1154	R\$ 10,39
<b>Média</b>	0,0045	0,1514	R\$ 13,63

Foelkel (2014) estudando os posteriores problemas de tocos em povoamentos de Eucaliptos chegou a resultados que quando deixamos cerca de 5 a 10 cm de altura de toco, perdemos entre 0,4 a 0,7% do volume útil e comercial do tronco. Quando esse toco fica alto demais, acima de 15 cm de altura, chega-se a perder até 1,5 a 2% do volume do tronco comercial da árvore.

## CONCLUSÃO

Com a realização do desbaste houve a retirada de indivíduos das menores classes diamétricas e de baixa qualidade, priorizando o crescimento dos indivíduos de porte superior, diminuindo área basal e assim a competição entre as árvores. Mesmo com a retirada de indivíduos de baixa qualidade, a proporção destas árvores inferiores continuou semelhante, pois houveram danos as árvores remanescentes no momento da colheita mecanizada da área. O peso do desbaste foi inferior ao recomendado pelo índice Hart-Becking, sendo considerado um desbaste ineficiente.

Houve uma grande proporção de tocos acima do padrão recomendado, que acarretará em dificuldades em posteriores desbastes, corte raso e silvicultura do local, sendo assim, sugere-se a melhoria contínua do sistema de colheita florestal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DOBNER JR, M.; HIGA, A. R.; TOMAZELO FILHO, M. Manejo de povoamento de *Pinus taeda* L. e de *Eucalyptus dunni* MADEIN para usos múltiplos de madeira. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais**. Curitiba, 2012.
- FOELKEL, C. O Problema dos Tocos Residuais das Florestas Plantadas de Eucaliptos. *Eucalyptus Newsletter*, nº 45, 2014. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/artigos>. Acesso em 30/jul/2015.
- LIMA, A.F.; JARÁ, E. R. P.; ALFONSO, V. A. Madeira como matéria-prima para fabricação de pasta celulósica. In: PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L.O. *Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica*. 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. p.129-167.
- REZENDE, J. L. P.; JACOVINE, L. A. G.; LEITE, H. G.; TRINDADE, C. Avaliação da qualidade na colheita florestal semimecanizada. *Scientia forestalis*. n.57, p. 13-26, jun. 2000.
- SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2006. 348 p.
- TRINDADE, C. **Desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para a atividade florestal**. 1993. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

EFICIÊNCIA DE UMA EQUAÇÃO GENÉRICA NA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE *Hymenaea courbaril* L. NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS

EVALUATION OF A GENERAL EQUATION IN THE ESTIMATE OF VOLUMETRIC *Hymenaea courbaril* L. IN THE TAPAJOS NATIONAL FOREST

Lizandra Elizeário dos Santos Andrea Araujo da Silva Brenda Letícia Rodrigues<sup>1</sup> Karla Maiara Almada Gomes  
Talita Godinho Bezerra Renato Bezerra da Silva Ribeiro João Ricardo Vasconcellos Gama

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de uma equação genérica utilizada para estimar a produção volumétrica de *Hymenaea courbaril* L. na Floresta Nacional do Tapajós. Os dados foram provenientes do inventário florestal 100% e romaneio de toras, ambos da Unidade de Produção Anual (UPA) nº 9, dividida em 1.000 ha no km 67 e 600 ha próximo ao km 83, ambas ao longo da rodovia BR 163. A análise envolveu duas situações, considerando a altura comercial estimada no inventário e a soma de toras de uma árvore. O processamento e análise dos dados foram realizado nos programas Excel 2013 e Bioestat 5.0. Entre as médias dos volumes observado e estimado I com altura do inventário (situação I) no km 67, houve diferença significativa com  $p=0,0023$ , entretanto, não ocorreu diferença significativa para os volumes na área do km 83, com  $p=0,6493$ . Já entre o volume estimado I e volume estimado II com a soma do comprimento das toras (situação II) no km 67, houve diferença com  $p=0,0049$ , já no km 83 não ocorreu diferença ( $p=0,1749$ ), segundo teste t pareado a 5% de probabilidade de erro. Esses resultados estão atrelados a necessidade de se ter equações específicas para áreas distintas, espécies ou grupos de espécies, além do erro existente na estimativa das alturas no inventário florestal, variável utilizada na elaboração de equações volumétricas.

**Palavras-chave:** Mensuração Florestal; Floresta Nativa; Jatobá; Amazônia

ABSTRACT

The objective was to evaluate the efficiency of a generic equation used to estimate the volumetric production *Hymenaea courbaril* L. in the Tapajos National Forest. The data came from the forest inventory 100% and packing of logs, both of Annual Production Unit (UPA) Number 9, divided into 1,000 ha at 67 km and 600 ha near the km 83, both along the BR 163 highway. The analysis involved two situations, considering the commercial height estimated in the inventory and the sum of logs of a tree. The processing and analysis were performed in Excel 2013 and Bioestat 5.0. Between the means of observed and estimated volumes I with inventory height (situation I) at km 67, there was a significant difference with  $p=0.0023$ , however, no significant difference to the volumes in the 83 km area, with  $p=0.6493$ . Among the estimated volume estimated volume I and II with the sum of the length of the logs (situation II) in 67 km, there was difference,  $p=0.0049$ , since the 83 km there was no difference ( $p=0.1749$ ), according paired t test at 5% probability of error. These results are linked to the need to have specific equations for different areas, species or groups of species in addition to the existing error in estimating heights in the forestry inventory, variable used in the preparation of volumetric equations.

**Keywords:** Forest Mensuration; Native Forest; Jatobá; Amazon

INTRODUÇÃO

O manejo florestal é composto de técnicas que visam o melhor aproveitamento do recurso madeireiro e não madeireiro. É também uma forma de minimizar o desmatamento na Amazônia, pois leva em consideração a produção florestal embasada nas diretrizes propostas pela IN nº05/2006, Resolução CONAMA 406/2009, dentre outras. Nas diretrizes do manejo, quando se trata da quantificação da produção, as equações volumétricas têm papel importante na estimativa de volume de uma determinada área florestal. A elaboração de uma equação volumétrica, a qual é obtida por meio de ajustes de modelos volumétricos presentes na literatura, e é considerada atualmente a maneira mais eficiente para quantificar o volume de madeira presente na floresta (BARROS E SILVA JUNIOR, 2009).

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Acadêmica de Engenharia Florestal, bolsista de Iniciação Científica PIBIC/FAPESPA, Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Santarém, Email: brenடைලီတီအိယာရိုဒရီဂွေး@gmail.com

O volume é uma das variáveis mais importantes para se estimar o potencial de um indivíduo e da floresta em si. Para essa estimativa existem variados métodos, sendo que os métodos matemáticos de Huber, Smalian e Newton são os mais utilizados para a sua determinação (MOURA, 1994 *apud* LOETSCH et al., 1973). Dentre esses, a equação de Smalian é a mais empregada, em razão da sua praticidade em campo quando comparada as duas outras metodologias (FRANCEZ et al., 2010).

No primeiro ano de exploração de uma área florestal, no Plano Operacional Anual (POA) não é obrigatória a apresentação de uma equação volumétrica, sendo comum a estimativa do volume utilizando o fator de forma 0,7, proposto por Heinsdijk e Bastos (1963), que realiza a correção da conicidade, e considera a área transversal, altura do peito e altura do fuste das árvores. Porém, esta maneira de cálculo para as florestas nativas tem sido pouco eficiente, devido à dificuldade da obtenção precisa da altura das árvores e a própria forma do fuste, o que provoca até 10% de erros para mais ou para menos nas estimativas volumétricas (THAINES et al., 2010).

Para minimização destes erros na estimativa de volume, como o obtido pelo método do fator 0,7, foi proposto no artigo 10 da resolução CONAMA 406/2009, a utilização de equação volumétrica específica para cada Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), a partir do segundo ano de exploração (BRASIL, 2009), possibilitando assim maior controle sobre a produção nas áreas de manejo a serem exploradas. O uso de equação tem como base dados da área de manejo, garantindo uma estimativa mais eficaz e precisa.

Na floresta Amazônica há uma grande diversidade de espécies, cada uma com suas particularidades, tornando este bioma complexo e heterogêneo. Se tratando da elaboração de equações de volume, o ideal seria as específicas para espécies ou para grupos de espécies com características semelhantes, visando aumentar a precisão na estimativa volumétrica, e conseqüentemente a produção madeireira (SOARES et al., 2011). Porém, geralmente adota-se somente uma equação volumétrica para todas as espécies, também chamada de equação genérica e que nem sempre fornece boa precisão.

A Floresta Nacional do Tapajós (FNT) é uma importante Unidade de Conservação de uso sustentável criada desde 1974 na Amazônia e por 4 anos consecutivos tem sido uma das dez unidades com mais pesquisa científica no Brasil (ICMBio, 2015). Contudo, além da sua importância em pesquisas, desde 2005 parte da floresta é manejada de forma sustentável por comunidades que vivem na própria Unidade. Estas comunidades são organizadas em uma cooperativa chamada Cooperativa Mista da Flona do Tapajós (COOMFLONA). A cooperativa desenvolve o manejo florestal conforme a legislação vigente e atualmente faz parte de um grupo seletivo de empreendimentos com certificação florestal FSC pela excelência em manejo florestal comunitário na região oeste do Pará.

Dentre as espécies presentes na FNT, e com grande comercialização pela COOMFLONA, destaca-se o jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), pertencente a família Fabaceae – Caesalpinioideae, é uma árvore que alcança geralmente 30 a 45m de altura, tem casca lisa de coloração externa cinza ou castanho acinzentada, as folhas são pecioladas, bifoliadas e com disposição alterna; os folíolos são subsésseis, com disposição oposta e formato oblongo lanceolado e falciforme, as flores são hermafroditas e dispostas em panículas terminais, o fruto é uma vagem indeiscente, com tamanho de 8 a 15cm de comprimento (MELO e MENDES, 2005). Muito utilizada para construção civil, confecção de instrumentos musicais, laminados, fabricação de verniz, do fruto faz-se farinha e doces, e a casca é utilizada na medicina popular (MELO e MENDES, 2005). Esta espécie está na lista das 10 espécies mais comercializadas pela COOMFLONA, além de ser uma das que apresenta maior volumetria na área (ANDRADE et al., 2015).

Diante desse contexto, o objetivo do presente estudo é avaliar a eficiência da equação genérica utilizada para estimar a produção volumétrica de *Hymenaea courbaril* L. na Floresta Nacional do Tapajós.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado na Floresta Nacional do Tapajós (Flona Tapajós), especificamente na Área de Manejo Florestal da Cooperativa Mista da Flona do Tapajós (COOMFLONA). A base operacional da COOMFLONA fica no km 83 da BR-163, Belterra, Pará.

O clima da região é classificação por Köppen do tipo Am, com índice pluviométrico superior a 2.300 mm por ano e temperatura média de 22 e 25°C. Nos meses de dezembro a maio há uma maior ocorrência de chuvas e de julho a agosto uma queda pluviométrica brusca, caracterizando-se um período seco onde a precipitação mensal é inferior a 60 mm (INMET, 2015).

A vegetação predominante é a de Floresta Ombrófila Densa, com árvores de grande porte variando de 25 a 40 m de altura (PINHO et al., 2009). Nessa região, há predominância de Latossolo Amarelo Distrófico, caracterizados por diferentes texturas, geralmente profundo, ácido, friável e revestido por florestas densas (ESPÍRITO-SANTO et al., 2005).

### Coleta, análise e processamento dos dados

Os dados foram provenientes do inventário florestal 100% e romaneio de toras, ambos da Unidade de Produção Anual (UPA) nº 9, que foi explorado em 2014. A área total da UPA foi de aproximadamente 1.600 ha, divididos em 1.000 ha ao longo do Km 67 e 600 ha próximo ao km 83, ambas ao longo da rodovia BR-163 (Figura 1).

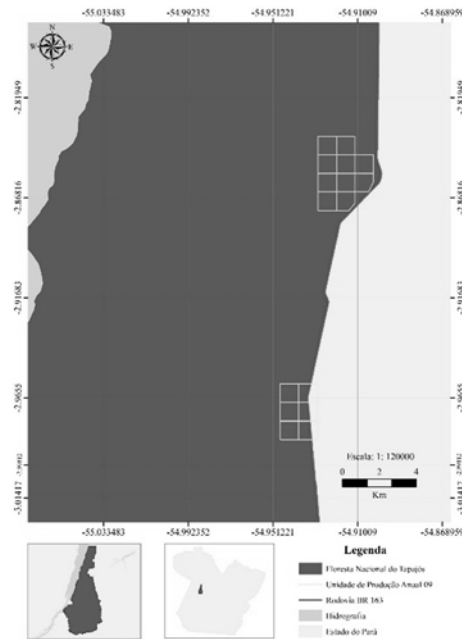


Figura 1. Localização Unidade de Produção Anual 09 na Floresta Nacional do Tapajós.

Figure 1. Localization of Annual Production Unit number 9 in the Tapajós National Forest.

Para a estimativa volumétrica da UPA foi utilizada a seguinte equação genérica:  $Vc/c = 8,9525703778108 + 1,88437411839699 * \ln(DAP) + 0,807002832127167 * \ln(Hc)$ , sendo que:  $Vc/c$  = Volume com casca, em  $m^3$ ;  $DAP$  = Diâmetro a altura do peito, em cm; e  $Hc$  = Altura comercial, em m.

Ao todo foram 25 espécies comerciais selecionadas para a exploração e o jatobá foi uma das que tiveram maior volume solicitado (7.197,46  $m^3$ ). Desta forma, utilizou-se a espécie para avaliar se a equação genérica conseguiu ser eficiente na estimativa volumétrica.

As árvores de jatobá exploradas foram divididas em dois estratos considerando as áreas do km 67 e km 83. Em cada estrato foi comparado o volume estimado com o volume obtido no romaneio utilizando o teste t pareado a 5% de probabilidade. Esta primeira análise foi considerada como situação I e visou avaliar a eficiência da equação genérica no volume efetivo de jatobá.

Na ocorrência de diferença estatística, as variáveis dendrométricas que são diretamente ligadas a determinação do volume, sendo o  $DAP$  e altura comercial foram avaliadas. Sendo que a atenção principal foi voltada para altura, pois é uma variável de difícil medição no manejo de florestas nativas, sendo uma medida estimada no inventário 100%.

Com base nisso foi utilizado a soma do comprimento de toras por árvore de jatobá obtida no romaneio e a mesma considerada a “altura comercial” efetiva. Esta parte da análise foi considerada como situação II e visou a comparação com a altura do inventário para avaliar possíveis diferenças e o efeito direto na estimativa do volume. Nesta hipótese, a “altura comercial” do romaneio foi utilizada na equação genérica para averiguar uma possível melhora no volume de jatobá. Para isso, os resultados foram comparados pelo teste t pareado a 5% de probabilidade.

Além da avaliação sobre a altura comercial, os volumes obtidos nas áreas do km 67 e km 83 foram também verificados na perspectiva de haver alguma diferença estatística já que são áreas de produção distantes a 16 km. Novamente foi utilizado a estatística do teste t pareado a 5% de probabilidade.

Para o processamento, tabulação e elaboração de gráficos foi utilizado o software Excel 2013 e o Biostat 5.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise estatística realizada pelo teste t pareado, verificou-se a ocorrência de diferença entre as médias dos volumes observado e estimado I (situação I) com  $p=0,0023$ , entretanto, não ocorreu diferença significativa para os volumes na área do km 83, com  $p=0,6493$  (Tabela 1). Isso ocorreu provavelmente, devido a equação genérica não ter captado a variabilidade das variáveis dendrométricas dos indivíduos de jatobá no km 67

Tabela 1 - Médias dos volumes observados e estimados I (situação I), na área do km 67 e 83, na FLONA Tapajós  
Table 1 - Average of the observed and estimated volumes (situation I), in the areas of km 67 and 83, Tapajós National Forest

CCDAP	km 67		km 83	
	V <sub>observado</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>estimado I</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>observado</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>estimado I</sub> (m <sup>3</sup> )
75	7,4985	5,9634	6,0295	6,2941
85	8,9716	7,4225	7,5177	8,0891
95	10,6489	9,1141	10,0135	10,2033
105	12,4761	11,0472	12,3923	12,3018
115	14,2099	12,9209	14,4385	14,0186
125	17,6623	14,9873	17,5921	16,7783
135	21,4451	17,1517	21,4423	19,9162
≥145	24,8795	19,8165	17,8269	21,8952
Média	13,1784*	11,2825*	10,4278 <sup>ns</sup>	10,6156 <sup>ns</sup>

CCDAP - Centro de Classe de DAP, em cm.

\* Significância pelo Teste T a 5% de probabilidade de erro.

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste T a 5% de probabilidade de erro.

Observou-se que na área do km 67 os volumes foram subestimados (Figura 2), visto que os dados estão mais concentrados nos valores positivos da distribuição gráfica dos resíduos. Neste aspecto a altura comercial do inventário pode ter influenciado já que verificou erro médio na estimativa da mesma em torno de 3 metros, tanto a mais, quanto a menos.

Couto e Bastos (1987) relatam que uma equação volumétrica que envolve as variáveis altura e DAP da árvore, sendo estas suficientes para estimar o volume em sítios diferentes. No entanto, resultados encontrados neste trabalho e de Miranda et al. (2014) mostram a necessidade de se ajustar equações para diferentes espécies, idade, sítios, entre outros.

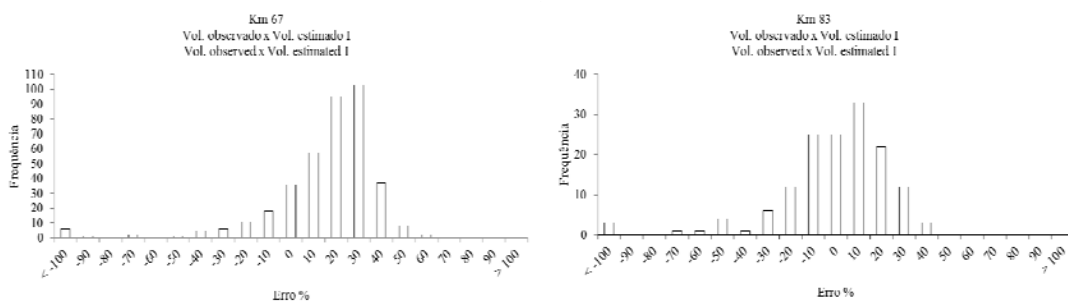


Figura 2. Distribuição gráfica dos resíduos na situação I para *Hymenaea courbaril*, na Floresta Nacional do Tapajós.

Figure 2. Graphical distribution of errors about situation I in the Tapajós National Forest.

A utilização de modelos de dupla entrada, utilizando como variáveis independentes altura e DAP, fornecem equações genéricas mais eficazes. Contudo, a inclusão da altura propicia possíveis erros na obtenção em campo, por se tratar de uma estimativa subjetiva (BARROS et al., 2009). Isso ocorre pelas dificuldades na utilização de aparelhos que mensurem altura de indivíduos em de floresta nativa, onde costuma-se estimar a altura visualmente. Poucos metros de altura comercial estimados de maneira errônea apresentam mudanças significativas nas estimativas de volume de madeira (GIMENEZ et al., 2015).

Para a relação entre volume estimado I e estimado II, observou-se que no km 67 permaneceu a diferença significativa nas médias volumétricas ( $p= 0,0049$ ), por classe de DAP, todavia, no km 83 não ocorreu diferença nessa variável ( $p= 0,1749$ ), de acordo com o teste t pareado, ao nível de probabilidade de 5%. Indicando que a

substituição na equação da altura estimada no inventário pelo soma do comprimento das toras (altura comercial) foi mais eficiente para os indivíduos do Km 83, reafirmando a necessidade de se fazer equações específicas para as áreas.

Tabela 2 - Médias dos volumes estimado I e estimado II (situação II), na área do km 67 e 83, na FLONA Tapajós  
Table 2 - Average of the estimated I and estimated II volumes (situation II), in the areas of km 67 and 83, in the Tapajós National Forest

CCDAP	km 67		km 83	
	V <sub>estimado I</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>estimado II</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>estimado I</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>estimado II</sub> (m <sup>3</sup> )
75	5,9634	6,7926	6,2941	5,7313
85	7,4225	8,0056	8,0891	7,5842
95	9,1141	10,0872	10,2033	9,6752
105	11,0472	11,7576	12,3018	11,8008
115	12,9209	14,1675	14,0186	13,2726
125	14,9873	16,2281	16,7783	17,1209
135	17,1517	19,4703	19,9162	20,7779
≥145	19,8165	23,3285	21,8952	20,9330
Média Geral	11,2825*	12,3667*	13,6871 <sup>ns</sup>	13,3620 <sup>ns</sup>

CCDAP - Centro de Classe de DAP, em cm.

\* Significância pelo Teste T a 5% de probabilidade de erro.

<sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste T a 5% de probabilidade de erro.

Na representação gráfica dos resíduos da relação entre volume estimado I e estimado II, observa-se que ocorreu subestimativa no volume do jatobá no km 67, porém no km 83 os indivíduos estiveram mais distribuídos em torno do ponto central.

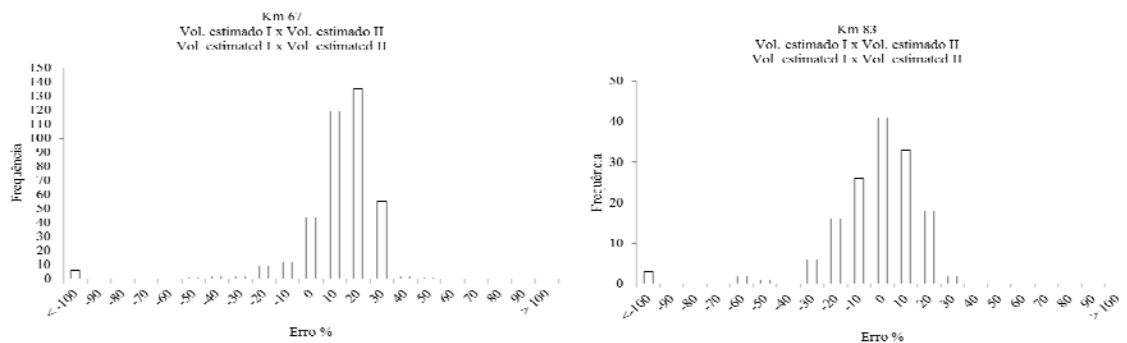


Figura 2. Distribuição gráfica dos resíduos na situação II para *Hymenaea coubaril*, Floresta Nacional do Tapajós.  
Figure 2. Graphical Distribution of errors about situation II, Tapajós National Forest.

A escolha de uma equação volumétrica é fator crucial para a produção madeireira, portanto é necessário tomar cuidados com a sub ou superavaliação da produção, por meio de erros na estimativa do volume (COUTO e BASTOS, 1987). Miranda et al. (2014) afirmaram que o uso de uma equação específica aumenta a sensibilidade e a precisão das estimativas volumétricas, em trabalho realizado no Mato Grosso.

## CONCLUSÕES

A equação genérica não foi efetiva na estimativa volumétrica de *Hymenaea coubaril* nas áreas de abrangência da Unidade de Produção Anual avaliada;

A estimativa da altura comercial no inventário 100% teve influência direta na subestimativa de volume de jatobá, sendo recomendado treinamento com a equipe responsável por esta atividade;

Recomenda-se o uso de equações específicas para as áreas de manejo distantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, D.F.; GAMA, J.R.V.; MELO, L.O.; RUSCHE, A.R. Inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 1, p. 109-115, 2015.
- BARROS, P.L.C.; SILVA JÚNIOR, A.T. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapu Oeste do Estado do Pará, Amazônia Oriental. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 51, p.115-126, 2009.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº05, de 11/12/2006**. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. Brasília, 2006, 14 p.
- BRASIL. **Resolução nº 406, de 02/02/2009**. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável-PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. Brasília, 2009, 5p.
- COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de Eucalyptus no estado de São Paulo. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, n.37, p.33-34, 1987.
- ESPIRITO-SANTO, F.D.B.; SHIMABUKURO, Y.E.; OLIVEIRA, L.E.; ARAGÃO, C.; MACHADO, E.L.M. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 155-173, 2005.
- FRANCEZ, L.M.B.; SOUZA, D.V.; TAKEHANA, C.L.I. BARROS, P.L.C. **Manual para Análise de Inventário Florestal e Equação de Volume em Projetos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS**. Belém: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, 2010. 66p.
- GIMENEZ, B.O.; DANIELLI, F.E.; OLIVEIRA, C.K.A.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Equações volumétricas para espécies comerciais madeireiras no sul do estado de Roraima. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 291-301, 2015.
- HEINSDIJK, D.; BASTOS, A. M. Inventários florestais na Amazônia. **Boletim do Serviço Florestal**, n. 6, p. 1-100, 1963.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **A Floresta Nacional do Tapajós**. Disponível em: < <http://www.icmbio.gov.br/flonatapajos/>>. Acesso em 09 de Jun. de 2015.
- MELO, M.G.G.; MENDES, A.M.S. Jatobá: *Hymenaea coubaril* L. **Informativo técnico Rede de sementes da Amazônia**. Manaus, n. 2, p. 1-2, 2005.
- MIRANDA, D.L.C.; PARO, B.A.V.; COSTA, G.R. Estimativa do volume em árvores de *Hymenaea coubaril* L. e *Trattinnickia burserifolia* Mart. No norte de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 04, p. 219-223, 2014.
- MOURA, J.B. Estudo da Forma do Fuste e Comparação de Métodos de Estimativa Volumétrica de Espécies Florestais da Amazônia Brasileira. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – **Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 1994.
- PINHO, G.S.C.; FIEDLER, N.C.; GUIMARÃES, P.P.; SILVA, G.F.; SANTOS, J. Análise de custos e rendimentos de diferentes métodos de corte de cipós para produção de madeira na floresta nacional do Tapajós. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 555-560, 2009.
- SOARES, C.P.B.; MARTINS, F.B.; LEITE JUNIOR, H.U.; SILVA, G.F.; FIGUEIREDO, L.T.M. Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1039-1051, 2011.
- THAINES, F.; BRAZ, E.M.; MATTOS, P.P.; THAINES, A.A.R. Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 283-289. 2010.



**EFICIÊNCIA DO MÉTODO DOS DOIS DIÂMETROS PARA A ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE *Mimosa scabrella* Benth.**

**EFFICIENCY OF METHOD OF TWO DIAMETERS FOR ESTIMATE VOLUMETRIC OF *Mimosa scabrella* Benth.**

Vinicius Costa Cysneiros<sup>1</sup> Ana Paula Marques Martins Luciane Naimeke Schmidt Yuri Accioly Sebastião do Amaral Machado

**RESUMO**

Este estudo teve como objetivo testar a eficiência do método dos dois diâmetros para a estimativa do volume de fuste e de lenha para *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga). Os dados empregados foram coletados em bracingais localizados na porção norte da Região Metropolitana de Curitiba. Obteve-se os volumes rigorosos dos fustes e galhos de 55 árvores por meio do método de deslocamento de água (xilômetro). Utilizando como variáveis independentes combinações de pares de diâmetros tomados a diferentes alturas, testou-se a porção do tronco cujo volume é mais altamente correlacionado com os volumes do fuste e da lenha, partir do ajuste de equações volumétricas. Os critérios estatísticos empregados para escolha do melhor ajuste foram o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{xy\%}$ ) e a análise gráfica dos resíduos. Empregando uma amostra independente, a validação do melhor modelo para ambas as estimativas foi realizado baseando-se nas estatísticas do teste de Qui-quadrado ( $X^2$ ) e no  $S_{xy\%}$ . O desempenho destas equações foi comparado com o volume estimado pela equação de Schumacher & Hall ajustada para a região, tanto para a estimativa do volume de fuste quanto de lenha. Neste caso, os critérios estatísticos para a determinação do melhor ajuste foram o  $R^2_{aj}$ , o índice de ajuste de Schlaegel (IA), o  $S_{xy\%}$  e a análise gráfica dos resíduos. Os resultados indicaram que a porção do tronco que apresentou maior correlação com o volume real do fuste foi de 1,3 a 1,8 m, e de 0,3 a 1,3 m com o volume real de lenha. A equação de Schumacher & Hall ajustada se mostrou superior ao método de dois diâmetros para estimar o volume total do fuste. Para a estimativa do volume total de lenha, ambas se apresentaram eficientes, e, portanto, recomendadas para tal ajuste.

**ABSTRACT**

This study had as objective tests the efficiency of the method of the two diameters for the estimate of the shaft volume and of firewood for Delicate scabrella Benth. (bracatinga). The employed data were collected in located bracingais in the north portion of the Metropolitan Area of Curitiba. It was obtained the rigorous volumes of the shafts and branches of 55 trees through the method of displacement of water (xilômetro). Using as variables independent combinations of pairs of diameters taken to different heights, the portion of the trunk was tested whose volume is more highly correlated with the volumes of the shaft and of the firewood, to leave of the adjustment of equations volumétricas. Were the employed statistical criteria for choice of the best adjustment the coefficient of correlation of Pearson ( $r$ ), the adjusted determination coefficient ( $R^2_{aj}$ ), the standard mistake of the estimate in percentage ( $S_{xy\%}$ ) and the graphic analysis of the residues. Using an independent sample, the validation of the best model for both estimates was accomplished basing on the statistics of the test of Qui-square ( $X^2$ ) and in  $S_{xy\%}$ . The acting of these equations was compared with the dear volume by Schumacher's equation & Hall adjusted for the area, so much for the estimate of the shaft volume as of firewood. In this case, were the statistical criteria for the determination of the best adjustment it?  $R^2_{aj}$ , o index of adjustment of Schlaegel (IA), o  $S_{xy\%}$  and the graphic analysis of the residues. The results indicated that the portion of the trunk that presented larger correlation with the real volume of the shaft was from 1,3 to 1,8 m, and from 0,3 to 1,3 m with the real volume of firewood. Schumacher's equation & Hall adjusted if it showed superior to the method of two diameters to esteem the total volume of the shaft. For the estimate of the total volume of firewood, both they came efficient, and, therefore, recommended for such an adjustment.

**INTRODUÇÃO**

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.  
Email: vccysneiros.florestal@gmail.com

A *Mimosa scabrella* Benth é uma espécie pioneira, vulgarmente conhecida por bracatinga ou amendola, de distribuição generalizada nas montanhas e planaltos dos estados da região Sul do Brasil. Nas condições de vegetação primária sua ocorrência é descontínua, tornando-se, porém, abundante nas áreas onde a vegetação primária foi devastada, submetida às queimas e com iluminação abundante. Nestes casos, a espécie forma associações puras dispersas por vastas áreas do planalto sulino, denominadas de bracatingais.

O uso principal de sua madeira nos arredores de Curitiba é como lenha, entretanto, a espécie é bastante versátil, podendo ser utilizada para a produção de madeira serrada, celulose, painéis e como facilitadora para recuperação de ambientes degradados (CARVALHO, 2002). A madeira de bracatinga tem também potencial para utilização em movelaria, atendendo público de classe média e alta, devido ao desenho e qualidade da madeira (ZAMARIAM, 2008). Outra vantagem mencionável é a sua curta rotação e rusticidade, significando pouca exigência de tratamentos silviculturais. Ocupa uma superfície de aproximadamente 50000 hectares na região metropolitana de Curitiba. A sua substituição por plantios de pinus e eucalipto tem levado a redução da área ocupada dessa espécie. Cerca de 2500 produtores estão envolvidos na exploração da bracatinga (DOSSA, 2004).

Devido à importância socioeconômica da espécie na região, fica evidente a necessidade de estudos que visem a praticidade para a estimativa volumétrica da bracatinga. Neste contexto, o método dos dois diâmetros é uma opção, pois esta técnica, apresentada por Silva e Borders (1993), procura avaliar qual porção do tronco possui volume com maior correlação com o volume total ou comercial de uma árvore. Para maior praticidade do método, os diâmetros que definem a porção a ser considerada não devem ser tomados abaixo da altura de corte usada e a alturas não atingíveis pelo operador.

Franco (1996) testou esta metodologia para *Eucalyptus camaldulensis* e verificou que o método propiciava estimativas confiáveis do volume total e comercial, com e sem casca, sendo também considerado de fácil trabalho. Desta forma, o objetivo deste estudo foi identificar qual a porção do tronco de *Mimosa scabrella* Benth. Possui maior correlação com o volume do fuste e da lenha, bem como comparar a eficiência do método dos dois diâmetros com o modelo volumétrico de Schumacher & Hall ajustado para essa espécie por Machado et al. (2008).

## MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada está localizada na porção norte da Região Metropolitana de Curitiba, abrangendo sete municípios. As indústrias de processamento de cal e calcário instaladas na região têm na lenha de bracatinga sua principal fonte de energia. A região está inserida no domínio da Floresta Ombrófila Mista, com remanescentes já muito alterados, onde os bracatingais ocupam boa parte das propriedades, principalmente em terrenos mais declivosos (MACHADO et al., 2008).

O clima da região é o Cfb, segundo classificação de Köppen, sendo subtropical úmido mesotérmico com média do mês mais quente inferior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca definida, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, verão brando e geadas severas e frequentes. A temperatura e a precipitação média anual são de aproximadamente 17°C e 1500 mm respectivamente (IAPAR, 2015).

Foram utilizadas 55 árvores de diferentes bracatingais da região, com intuito de abranger toda a amplitude de diâmetro, idade, sítio e forma. As árvores foram derrubadas, e tomados os diâmetros a diferentes alturas, com posterior obtenção do volume rigoroso do fuste e galhos através do xilômetro. Foram utilizadas 45 árvores para a realização do ajuste e uma amostra independente de 10 árvores para posterior validação das estimativas do modelo selecionado.

O método dos dois diâmetros consiste principalmente em verificar qual torete compreendido entre dois diâmetros quaisquer apresenta volume mais altamente correlacionado com o volume do fuste e da lenha. No presente trabalho foram utilizados e calculados os volumes compreendidos entre os pares de diâmetros medidos nas seguintes alturas: 0,3 a 1,3 m; 0,5 a 1,3 m; 0,7 a 1,3 m; 1 a 1,3 m e entre 1,3 a 1,8 m. Deve-se observar que o volume de toretes qualquer que seja o seu comprimento, apresenta relação linear com o volume do fuste ou com o volume da lenha. Assim foi ajustado o modelo linear simples (1).

$$v = \beta_0 + \beta_1 * (d_1^2 + d_2^2) \quad (1)$$

Em que:

$v$ : representa o volume total da árvore;

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : os parâmetros a serem estimados;

$d_1$  e  $d_2$ : são os diâmetros medidos.

Os diâmetros a 0,30 m, 0,50 m, 0,70 m, 1,00 m, 1,30 m e 1,80 m de altura, foram testados em pares como variáveis independentes no modelo (1) para verificar que ou quais os pares de diâmetro  $d_1$  e  $d_2$  proporcionaram o melhor ajuste e precisão.

### Seleção do melhor modelo

Foi aplicado o teste de correlação de Pearson ( $r$ ) para determinar a porção do tronco cujo volume é mais altamente correlacionado com os volumes de fuste e de lenha.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (2)$$

Em que:

$x_i$ : representa o volume da tora compreendido entre os dois diâmetros tomados;

$\bar{x}$ : representa a média do volume das toras;

$y_i$ : representa o volume de fuste ou de lenha da árvore, e;

$\bar{y}$ : representa a média dos volumes de fustes ou de lenha das 45 árvores.

Para auxiliar a identificar o par de diâmetros mais adequado, foram utilizados como critérios de seleção dos melhores ajustes o erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{xy\%}$ ) (3), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) (4) e a análise gráfica dos resíduos. As expressões dos critérios são:

$$S_{xy\%} = (S_{xy}/\bar{y}) * 100 \quad (3)$$

$$R^2_{aj} = 1 - \{(1 - R^2)[(n - 1)/(n - p - 1)]\} \quad (4)$$

Em que:

$S_{xy}$ : é o erro padrão da estimativa;

$S_{xy\%}$ : é o erro padrão da estimativa em porcentagem;

$\bar{y}$ : é a média aritmética da variável dependente;

$R^2_{aj}$ : coeficiente de determinação ajustado;

$n$ : número de observações da amostra;

$p$ : número de coeficientes;

Para a escolha da equação, procedeu-se a um ordenamento dos 5 pares de diâmetros testados, onde foi atribuída nota 1 à equação que apresentou melhor ajuste quanto ao  $S_{xy\%}$ , nota 2 àquela que se apresentou em segundo lugar e assim sucessivamente, sendo adotado o mesmo procedimento em relação ao coeficiente de determinação e de correlação de Pearson para volume de fuste e de lenha. Posteriormente foi realizada a soma desta pontuação e a equação que recebeu o menor valor foi considerada mais eficiente. Realizado o ordenamento procedeu-se a análise gráfica dos resíduos da equação que recebeu a menor pontuação, sendo na ausência de tendências recomendado como o mais adequado para uso.

### Validação do modelo

A partir de uma amostra independente de 10 árvores de todas as classes de diâmetro retirada do banco de dados, procedeu-se a validação do modelo obtido pelo método dos dois diâmetros através da comparação do erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{xy\%}$ ) e o teste Qui-quadrado ( $X^2$ ) (5).

$$X^2 = \sum[(y_i + \hat{y}_i)/y_i]^2 \quad (5)$$

Em que:  $\hat{y}_i$ : é o volume estimado pela equação;

$y_i$ : é o volume observado.

Para a validação do modelo através do erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{xy\%}$ ), é necessário que o  $S_{xy\%}$  da amostra independente seja menor que o  $S_{xy\%}$  do ajuste dos modelos. Já para o teste Qui-quadrado, é preciso que  $X^2_{calculado} < X^2_{tabelado}$ .

### Comparações dos métodos de obtenção do volume individual

As estimativas do volume de fuste e de lenha para *Mimosa scabrella* Benth, obtidas a partir das equações desenvolvidas por Machado et al. (2008) (6), foram comparadas com os valores estimados pelo do método dos dois diâmetros, empregando-se para isto as estatísticas do  $R^2_{aj}$ ,  $S_{xy\%}$ , Índice de ajuste de Schlaegel ( $IA$ ) (7) e posterior análise gráfica dos resíduos.

$$\ln v_{fuste} = -9,18886 + 2,03387 \ln d + 0,703566 \ln h_f \quad (6)$$

$$\ln v_{lenha} = -9,79086 + 2,16699 \ln d + 0,752152 \ln h_t \quad (6)$$

Em que:

$d$ : representa o diâmetro a 1,30 m do solo;

$h_f$ : representa a altura do fuste;

$h_t$ : representa a altura total da árvore.

$$IA = 1 - [\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2 / \sum(y_i - \bar{y})^2] \quad (7)$$

Em que:

$\bar{y}$ : é a média aritmética da variável dependente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Ajuste e seleção do modelo

Os parâmetros estatísticos de avaliação e os coeficientes estimados para cada uma das equações testadas estão apresentados na Tabela 1. Verificou-se que o volume do torete delimitado pelo dap e o diâmetro tomado a 1,8 m de altura apresentou maior correlação com o volume total do fuste. Quanto ao volume de lenha, o torete de maior correlação foi entre o diâmetro tomado a 0,3 m de altura e o dap. A dispersão gráfica dos resíduos para as equações que apresentaram melhor performance no ajuste pode ser observada na Figura 1. Nota-se ausência de grandes tendências e de problemas com heterocedasticidade da variância na distribuição dos resíduos ao longo da linha estimativa.

Tabela 1 - Valores dos coeficientes ( $\beta_0, \beta_1$ ), coeficiente de correlação (R), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão da estimativa ( $S_{xy}\%$ ) calculados para cada modelo.

Table 1 - Value of the coefficients ( $\beta_0, \beta_1$ ), correlation coefficient (R), adjusted determination coefficient ( $R^2_{aj}$ ) and root mean square error ( $S_{xy}\%$ ) done make calculations for each model.

Porção do Tronco	Volume do Fuste						Volume de Lenha					
	R	$R^2_{aj}$	$S_{xy}\%$	$\beta_0$	$\beta_1$	Ranking	R	$R^2_{aj}$	$S_{xy}\%$	$\beta_0$	$\beta_1$	Ranking
0,3 - 1,3	0,920	0,844	29,53	7,3754	0,2098	3	0,969	0,937	19,51	-7,4754	0,3169	1
0,5 - 1,3	0,925	0,852	28,69	2,1948	0,2317	2	0,967	0,934	19,93	-13,9779	0,3478	2
0,7 - 1,3	0,915	0,833	30,49	2,9685	0,2382	4	0,958	0,916	22,58	-13,0671	0,3579	4
1,0 - 1,3	0,912	0,828	30,96	2,6218	0,2465	5	0,955	0,909	23,46	-13,4704	0,3702	5
1,3 - 1,8	0,930	0,861	27,82	-1,7117	0,2698	1	0,967	0,934	20,04	-18,7084	0,4027	3

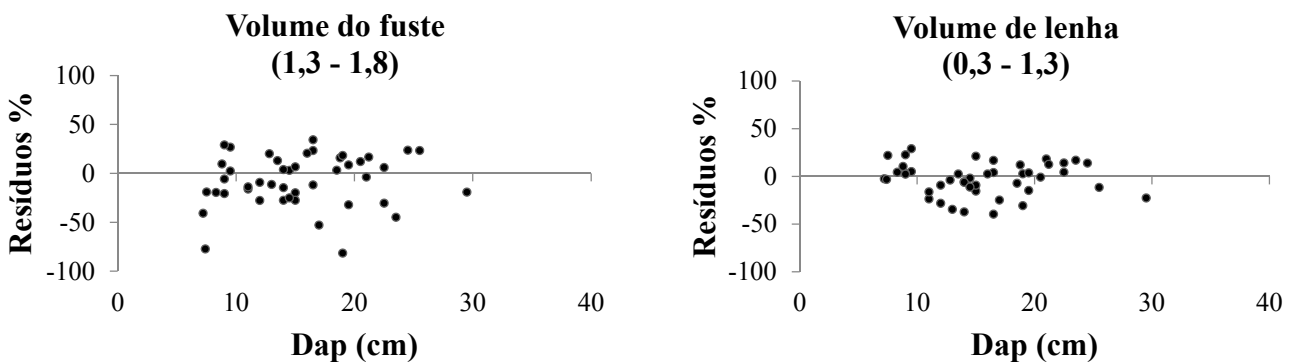


Figura 1 - Gráfico de dispersão dos resíduos em função do dap (cm) para os modelos de melhor ajuste na estimativa de volume de lenha e fuste.

Figure 1 - Graph of dispersion of the residues in function of the dap (cm) for the models of better adjustment in the estimate of firewood volume and shaft.

Franco et al. (1997) estudando o método dos dois diâmetros para estimar o volume de um povoamento de *Eucalyptus camaldulensis*, constataram que, medidas tomadas ao nível do DAP e a 3 metros de altura, foram as mais eficientes. Já os estudos de Thiersch et al. 2006, empregando dados de dois clones, híbridos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, verificaram que o segundo diâmetro tomado a 7 metros para o clone 1, e a 8 metros para o clone 2, propiciaram o menor desvio entre o volume estimado e o real.

### Validação do melhor modelo

Confrontando os valores de  $X^2$  calculado com os valores tabelados, observou-se que as equações selecionadas no presente estudo não foram validadas por este teste, rejeitando portanto a hipótese nula ( $H_0$ ) e evidenciando diferença estatística entre os valores observados e estimados. Scolforo (2006) questiona o uso deste teste e cita que o mesmo pode apresentar tendenciosidade quando existe um reduzido número de observações por classe.

Quanto ao erro padrão da estimativa todos os modelos selecionados foram validados. O modelo ajustado para a estimativa do volume do fuste utilizando a porção 1,3 a 1,8 m teve uma leve redução no  $S_{xy\%}$  de 0,65%, já o modelo utilizado para estimativa de lenha empregando a porção de 0,3 a 1,3 m, apresentou uma queda de 0,45% do erro padrão.

### Comparação dos métodos de obtenção do volume individual

Foram comparadas as estimativas obtidas a partir do método dos dois diâmetros para fuste e para lenha com a equação de Schumacher & Hall, ajustados por Machado et al. (2008), para avaliar a eficiência da utilização do método. Os resultados obtidos para as duas metodologias estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação entre os métodos de estimativa de volume de fuste e de lenha para *Mimosa scabrella* Benth

Table 2 - Comparison among the methods of estimate of shaft volume and of firewood for *Mimosa scabrella* Benth

Método	Volume do Fuste			Volume de Lenha		
	$S_{xy\%}$	$R^2_{aj}$	IA	$S_{xy\%}$	$R^2_{aj}$	IA
Schumacher & Hall	13,67	0,9637	0,9654	18,85	0,9370	0,9399
Dois Diâmetros	27,16	0,8578	0,8643	19,05	0,9372	0,9386

Em que:  $S_{xy\%}$ : erro padrão da estimativa;  $R^2_{aj}$ : coeficiente de determinação ajustado; IA: índice de ajuste de Schlaegel.

O modelo de Schumacher & Hall se apresentou mais eficiente para estimar tanto o volume do fuste quanto o volume da lenha para bracatinga, apresentando estatísticas de ajuste superiores, além de boa distribuição dos resíduos (Figura 2).

Para fuste, a superioridade da equação volumétrica é mais acentuada, pois o erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{xy\%}$ ) se apresentou muito menor (13,67%) em relação ao obtido pelo método dos dois diâmetros (27,16%), além do índice de ajuste de Schlaegel (IA) mais próximo de 1 (0,9654). Para o volume da lenha, os resultados obtidos para as estatísticas de comparação entre os modelos mostram que as duas metodologias são semelhantes, no entanto erro padrão da estimativa ( $S_{xy\%}$ ) e o índice de ajuste de Schlaegel (IA) do modelo de Schumacher & Hall foram levemente superiores ao método dos dois diâmetros. Tal resultado indica que para a estimativa do volume de lenha, ambos os métodos são eficientes.

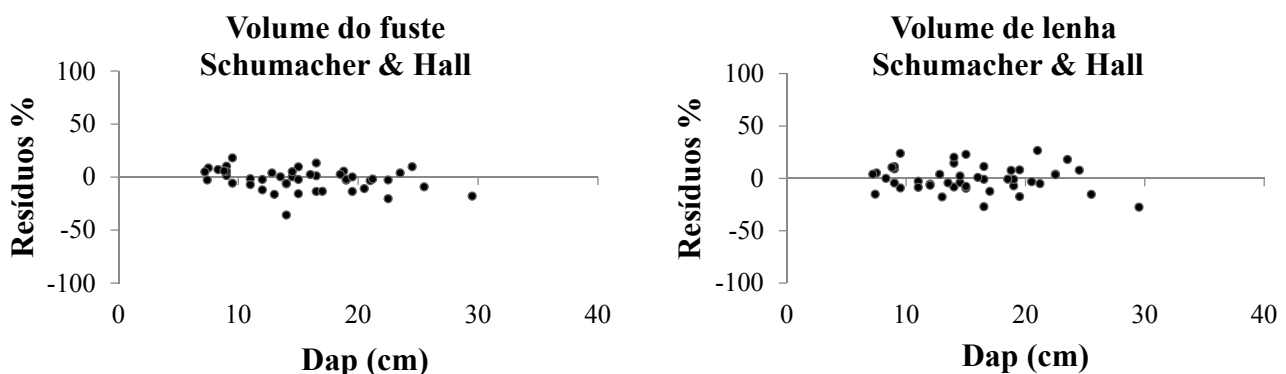


Figura 2 - Gráfico de dispersão dos resíduos em função do dap (cm) para os modelos de melhor ajuste na estimativa de volume de lenha e fuste

Figure 2 - Graph of dispersion of the residues in function of the dap (cm) for the models of better adjustment in the estimate of firewood volume and shaft

Franco et al. (1997) afirmam que o método dos dois diâmetros é de fácil trabalhabilidade, porém, menos eficiente que as técnicas que se baseiam nas variáveis diâmetro e altura, como o modelo de Schumacher & Hall.

## CONCLUSÃO

A porção do tronco que apresentou maior correlação com o volume real do fuste foi de 1,3 a 1,8 m, gerando maior precisão das estimativas e as melhores estatísticas de ajuste. Para a estimativa do volume de lenha, a porção de 0,3 a 1,3 m apresentou desempenho superior nos resultados.

Comparando o método dos dois diâmetros com a equação volumétrica de Schumacher & Hall ajustada, ficou evidente a maior eficiência dessa para a estimativa do volume total do fuste. Quanto ao volume total de lenha, os dois métodos apresentaram boa precisão nas estimativas, sendo ambos recomendados para tal ajuste.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, P. E. R. **Bracatinga**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 12 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 59).
- DOSSA, D. Cenário sócio-econômico da produção de bracatinga. In: OFICINA SOBRE BRACATINGA NO VALE DA RIBEIRA, 1, 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2004. p. 5-12.
- FRANCO, E. J. **Estudo dos métodos estimativos de volume, biomassa e níveis de produtividade para *Eucalyptus camaldulensis***. 1996. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- FRANCO, E. J.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. Eficiência dos métodos para estimativa volumétrica de *Eucalyptus camaldulensis*. **Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 82-116, 1997.
- IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**: Classificação Climática. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 23 jun. 2015.
- MACHADO, S. A.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; TEO, S. L.; STOLLE, L.; URBANO, E. Modelagem volumétrica para bracatinga (*Mimosa scabrella*) em povoamentos da Região Metropolitana de Curitiba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 17-29, 2008.
- SILVA, J. A. A.; BORDERS, B. E. A tree volume equation based on two lower stem diameters for loblolly Pine in the southeastern United States. **Southern Journal of applied forestry**, v. 17, n. 4, p. 160-162, 1993.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: Modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.
- THIERSCH, C. R.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MAESTRI, R.; DEHON, G. Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 167-181, 2006.
- ZAMARIAM, E. H. C. **Características técnicas, estéticas e mercadológicas da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) na fabricação de móveis**. 2008. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

EQUAÇÕES DE VOLUME PARA *Ocotea sp.* AUBL. NO NORTE MATO-GROSSENSE

VOLUME EQUATIONS FOR *Ocotea sp.* AUBL. IN NORTH OF MATO GROSSO

Gabriel Valadares Caldeira<sup>1</sup> Fernanda M. D. Mamoré Rolf da Silva Pedro Millikan Rômulo Mora Cyro Matheus  
C. Favalessa Ronaldo Drescher

RESUMO

Popularmente conhecidas como Canela, o gênero *Ocotea* têm grande importância no setor madeireiro da região amazônica, principalmente a mato-grossense. A utilização de modelos estatísticos na estimativa de volume constitui uma ferramenta fundamental para redução de tempo e custos no manejo florestal. O presente estudo teve como objetivo aplicar e selecionar modelo de volume total e comercial para *Ocotea sp.*, a partir de dados de um inventário florestal na região Norte Mato-grossense. Os modelos foram ajustados através da análise de regressão e as estatísticas de avaliação utilizadas foram: o erro padrão de estimativa; coeficiente de determinação ajustado; e análise gráfica dos resíduos. O modelo de Meyer foi o que apresentou melhores ajustes e pode ser utilizado na estimativa do volume total dos indivíduos e também, para o volume comercial de toras para *Ocotea sp.*

**Palavras-chave:** Canela, manejo, volumetria.

ABSTRACT

Popularly known as Canela, the genre *Ocotea* have great importance in the timber industry in the Amazon region, especially Mato Grosso. The use of statistical models in the volume estimate is a fundamental tool to reduce time and costs in forest management. This study aimed to apply and select model of total and commercial volume for *Ocotea sp.*, Using data from a forest inventory in Northern Mato Grosso region. Models were adjusted by regression analysis and evaluation of statistics used. They were: standard error estimate; adjusted coefficient of determination; and graphical analysis of waste. The model of Meyer presented the best settings and can be used to estimate the total volume of individuals and also for the commercial volume of logs for *Ocotea sp.*

**Keywords:** Cinnamon, management, volumetric.

INTRODUÇÃO

O gênero *Ocotea* possui, aproximadamente, 350 espécies distribuída na América Tropical e subtropical, ocorrendo desde o México até a Argentina (QUINET, 2008). É o maior gênero de Lauraceae no Neotrópico. No Brasil, o gênero *Ocotea* está representada por cerca de 170 espécies (ROHWER, 1993; QUINET et al., 2012). Werff (1991) cita que o gênero *Ocotea* é amplo e serve como um abrigo para espécies que não podem ser acomodadas em outros gêneros.

Segundo Lorenzi (2009) a Canela possui tronco ereto e cilíndrico, podendo chegar até 90 cm de diâmetro, e atingir 17 m de altura, sua madeira é moderadamente pesada, bastante durável e muito indicada para utilização na construção civil e moveleira. Seus frutos são muito procurados por pássaros, tem potencial para ser empregada na arborização e no paisagismo, bem como para reflorestamentos e recuperação de áreas degradadas.

Em Mato Grosso, foram registrados 4 gêneros de *Ocotea* no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães e se destacou por ser um dos gêneros que apresenta um dos maiores números de espécies na região (PINTO; OLIVEIRA FILHO, 1999).

Um estudo de fitossociologia realizado por Kunz et al. (2010) em uma área de floresta estacional perenifólia na bacia do rio Pacas, nordeste de Mato Grosso, a espécie *Ocotea leucoxylon* apresentou a maior área basal (4,40 m<sup>2</sup>/ha), como também maior Densidade relativa (6,42), Dominância relativa (14,76) e Valor de importância (27,38).

Segundo Ribeiro et al. (2014) uma boa estimativa da volumetria de espécies comerciais é importante para a empresa florestal fazer uma correta avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo de suas florestas, como também é fundamental para o planejamento de colheita das empresas que executam ações de manejo florestal. Atualmente, com o avanço nas discussões florestais, como o novo código florestal, as equações

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Graduando em Engenharia Florestal, FENF, UFMT, Cuiabá, MT, Brasil.

E-mails: gabriel\_caldeira\_@hotmail.com

de volume de madeira tornaram-se uma ferramenta obrigatória para a estimativa do estoque de madeira dos planos de manejo.

Alguns autores têm estudado, desenvolvido e selecionado modelos volumétricos para diferentes regiões da Amazônia, dentre eles citamos: Fernandes et al. (1983); Silva e Araújo (1984); Higuchi e Ramm (1985); Rolim et al. (2006); Barros e Silva Junior (2009); Colpini et al. (2009); Thaines et al. (2010). Nesses estudos, todos os autores mostram a eficiência dos modelos volumétricos e indicam a necessidade de novos estudos para as espécies amazônicas. Mostram ainda ser insuficiente as pesquisas pela quantidade de espécies com potencial madeireiro presentes na Amazônia.

Assim sendo, o presente trabalho teve por objetivo aplicar e selecionar modelo de volume total e comercial para *Ocotea sp.* nos municípios de Sinop e Porto dos Gaúchos em Mato Grosso.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado nos Municípios de Sinop e Porto dos Gaúchos, região Norte do Estado de Mato Grosso. O inventário foi realizado nos anos de 1981 e 1982, onde foram mensuradas árvores de várias espécies ao longo da Rodovia MT 220. Dentre todas as espécies inventariadas, foram selecionadas 23 indivíduos do gênero *Ocotea sp.* para este estudo.

Segundo a classificação de Köppen o clima da região é Tropical Aw, com estação seca de inverno, com precipitação aproximada de 2.500 mm, que estão concentrados durante o verão. Os solos predominantes da região, são Latossolos Vermelho e Vermelho-amarelo, ambos distróficos, de origem Aluvial. (ALVARES et al., 2013; EMBRAPA, 2006)

Para a cubagem das 23 árvores, foi utilizado o método de Smalian, Tomando as medidas das circunferências com casca a 0,5 e 1,3 m, e posteriormente, à cada 2 m até a altura total. Para estimar os volumes, foram utilizadas as 15 equações de volume mais citadas nos artigos científicos, sendo estas descritas na Tabela 1.

Tabela 4 - Modelos volumétricos selecionados via revisão bibliográfica.

Table 1 - Selected volumetric models via literature review.

Nº	Modelos Volumétricos	Autor
1	$v = \beta_0 + \beta_1 * (d * h) + \varepsilon$	
2	$v = \beta_0 + \beta_1 * (d * h) + \beta_2 * (1/h) + \varepsilon$	
3	$v = \beta_0 + \beta_1 * (d * h) + \beta_2 * (1/h) + \beta_3 * (d * h)^2 + \varepsilon$	
4	$v = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2 + \beta_3 * (d * h) + \beta_4 * (d^2 * h) + \beta_5 * h + \varepsilon$	Meyer
5	$v = \beta_0 + \beta_1 * d^2 + \beta_2 * (d^2 * h) + \beta_3 * (d * h^2) + \beta_4 * h^2 + \varepsilon$	Naslund
6	$v = \beta_0 + \beta_1 * d^2 + \beta_2 * (d^2 * h) + \beta_3 * h + \varepsilon$	Stoate
7	$v = \beta_0 + \beta_1 * d + \varepsilon$	Berkhout
8	$v = \beta_0 + \beta_1 * (d^2 * h) + \varepsilon$	Spurr
9	$v = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2 + \varepsilon$	Hohenald-Krenn
10	$v = \beta_0 + \beta_1 * d^2 + \varepsilon$	Kopezky-Gehrhardt
11	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(1/d^2 * h) + \varepsilon$	
12	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \beta_2 * \ln(d)^2 + \beta_3 * \ln(h) + \beta_4 * \ln(h)^2 + \varepsilon$	Prodan
13	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \beta_2 * \ln(h) + \varepsilon$	Schumacher-Hall
14	$\ln(v) = \beta_0 + b_1 * \ln(d^2 * h) + \varepsilon$	Spurr 2
15	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \varepsilon$	Husch

em que:  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $h$  = altura total (m);  $d$  = diâmetro com casca a 1,30 m do solo (cm);  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ , e  $\beta_5$  = coeficientes do modelo ;  $\varepsilon$  = erro aleatório.

Para avaliar e selecionar os modelos mais acurados foram utilizados o coeficiente de determinação ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão de estimativa em porcentagem ( $Syx\%$ ) através das equações abaixo descritas e a análise gráfica dos resíduos.

$$R^2_{aj} = 1 - \left( \frac{SQRes}{SQt} \right) \cdot \left( \frac{n-1}{n-p} \right)$$



$$Syx(\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}} \cdot 100$$

Onde:  $y_i$  = valor observado da variável;  $\hat{y}_i$  = valor estimado da variável;  $n$  = número de dados observados;  $p$  = número de coeficientes do modelo; SQres = soma de quadrados dos resíduos; SQt = soma de quadrados total.

O Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) expressa a quantidade da variação total explicada pela regressão. Como o Coeficiente de Determinação cresce à medida que se inclui uma nova variável ao modelo matemático, foi utilizado, como critério, o Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2$  Aj.) para o número de coeficientes de cada equação, já o erro padrão da estimativa em porcentagem ( $Syx\%$ ) informa o erro médio ocasionado pelo uso do modelo (SOARES et al., 2011; THOMAS et al., 2006).

Para corrigir a discrepância logarítmica dos modelos que utilizam o Logaritmo Natural, as variáveis dependentes foram submetidas à correção pelo Índice de Meyer (IM), sendo:

$$IM = e^{(0,5 \times ((Syx)^2)}$$

Onde:

e: constante de Euler (2,718281828...);

Syx: erro padrão de estimativa.

O critério de escolha do modelo mais acurado foi o que possuiu o menor erro padrão de estimativa ( $Syx\%$ ) e o maior coeficiente de determinação ( $R^2$  aj.), e os gráficos de distribuição dos resíduos que apresentem erros próximos ao eixo das abcissas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2, estão apresentados os valores dos coeficientes ( $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  e  $\beta_5$ ),  $R^2$  aj.,  $Syx\%$ , F calculado, F tabelado para volume total.

Tabela 2 - Coeficientes e estatísticas de precisão das estimativas de volume total para *Ocotea* sp.

Table 2 - Coefficients and statistics of precision of total volume estimates for *Ocotea* sp.

Nº	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$Syx\%$	$R^2$ aj.	F calc.	F tab.
1	-0,6697	0,0028	-	-	-	-	26,0	0,89	178,67	9,72
2	1,7968	0,2829	-17,1668	-	-	-	24,3	0,90	104,19	2,65
3	0,8228	0,1795	-3,5921	6,3741	-	-	22,4	0,92	83,80	3,87
4	-0,6429	0,0203	0,0003	0,1418	1,9997	0,0253	5,7	0,99	834,11	1,07
5	0,0947	0,0003	0,00002	0,00001	-0,0006	-	14,1	0,97	166,62	5,87
6	0,1168	0,0006	0,00006	-0,00178	-	-	14,0	0,97	222,73	5,60
7	-1,7255	0,0872	-	-	-	-	27,1	0,88	163,25	2,27
8	0,0919	0,00004	-	-	-	-	153,8	0,96	550,91	1,49
9	0,7480	-0,0524	0,0017	-	-	-	21,2	0,93	140,74	1,65
10	-0,2028	0,0011	-	-	-	-	21,7	0,92	266,99	2,04
11	-4,7208	-1,1680	-	-	-	-	24,8	0,77	75,73	2,08
12	-8,6316	0,0000	0,9963	0,0000	0,2801	-	14,2	0,97	494	3,89
13	-8,6315	1,9926	0,5601	-	-	-	1	1	494,74	3,89
14	-9,0305	0,9076	-	-	-	-	15,7	0,96	747,06	6,73
15	-7,7362	2,2081	-	-	-	-	21,3	0,93	525,88	2,39

Para o volume total, na análise de variância, utilizando-se um nível de probabilidade de 95%, os valores de F calculado apresentaram-se superiores aos de F tabelado para todos os modelos, mostrando que estes são significativos.

Os modelos ao estimar o volume total apresentaram valores de  $Syx\%$  que variaram entre 5,7% até 153%. Os modelos que apresentaram os menores percentuais do erro padrão das estimativas foram, 5, 7,6 e 10. Quanto ao  $R^2$  aj., todos os modelos apresentaram bom ajuste, acima de 0,85.

Levando em consideração, os critérios de escolha para os modelos mais eficientes, em ordem de importância:  $Syx\%$  e  $R^2$  aj. Podemos separar quatro modelos para que sejam analisados quanto a distribuição gráfica dos resíduos (Figura 1).

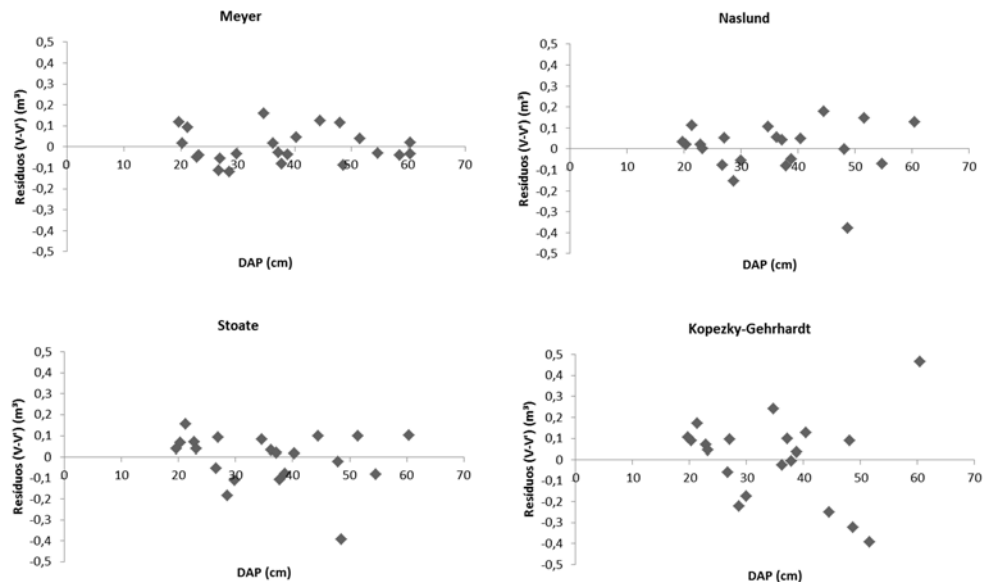


Figura 6 - Gráfico de distribuição dos resíduos entre volume real e volume estimado em m<sup>3</sup> em função do diâmetro no ajuste dos modelos 5, 6, 7 e 10 para volume total

Figure 1 - Distribution graph of residues between real volume and estimated volume at m<sup>3</sup> according on the diameter to adjust the equations 5, 6, 7 and 10 to total volume

Conforme foi observado, os quatro modelos que tiveram estatísticas mais acuradas, porém, no critério de desempate, o modelo de Meyer foi o que teve a melhor distribuição dos resíduos, seguido do modelo de Naslund que apresentou alguma super e subestimativa para indivíduos com diâmetro maior que 45 cm, ainda assim, estas super e subestimativas foram menores que as os demais modelos.

Moura (1994) ao estimar o volume total para maçaranduba na Floresta Nacional do Tapajós, também considerou que o modelo de Meyer foi o que melhor se ajustou nas estimativas de volume. A disposição dos resíduos ocorreu de forma homogênea ao longo da variação de diâmetro, não havendo tendência de sub ou superestimativa para diâmetros maiores ou menores.

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros estatísticos  $R^2_{aj}$ ,  $Syx\%$ , os coeficientes ( $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  e  $\beta_5$ ) e a somatória dos resíduos para as estimativas de volume comercial. Os mesmos critérios sobre os menores erros e maior coeficiente padrão ajustados foram adotados para separar os modelos mais representativos do volume comercial da tora.

Tabela 3 - Coeficientes e parâmetros estatísticos para volume comercial de *Ocotea* Aubl.

Table 3 - Coefficients and statistical parameters for commercial volume to *Ocotea* Aubl.

Nº	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$Syx\%$	$R^2_{aj}$	$F_{calc}$	$F_{tab}$
1	-0,4350	0,0039	-	-	-	-	26,9	0,89	174,15	1,23
2	-2,3777	0,0053	12,8670	-	-	-	16,1	0,96	263,44	4,28
3	-2,1427	0,0047	12,0128	0,0000	-	-	16,3	0,96	171,70	6,11
4	1,2301	-0,0526	0,0008	0,0051	-0,0003	-0,1259	8,5	0,99	386,62	7,04
5	0,2167	0,0007	-0,0021	0,0002	-0,0060	-	7,6	0,99	609,17	6,09
6	0,1770	0,0004	0,0002	-0,0066	-	-	7,8	0,99	774,34	4,94
7	-1,3672	0,0691	-	-	-	-	32,4	0,84	114,33	5,92
8	0,4491	-0,0334	0,0013	-	-	-	28,7	0,87	76,04	4,49
9	0,0653	0,0001	-	-	-	-	9,7	0,99	1495,42	5,29
10	-0,1564	0,0009	-	-	-	-	28,5	0,87	153,62	4,00
11	-8,5129	-0,8882	-	-	-	-	11,8	0,98	1028,69	2,52
12	-8,5687	0,0000	0,9764	0,0000	0,3210	-	10,6	0,98	800,61	5,30
13	-8,1383	2,2516	-	-	-	-	10,1	0,99	331,05	2,46
14	-8,5129	0,8882	-	-	-	-	28,2	0,88	800,61	8,16
15	0,0653	0,0001	-	-	-	-	11,8	0,98	1495,43	5,29

Para o volume comercial, na análise de variância, utilizando-se um nível de probabilidade de 95%, os valores de F calculado apresentaram-se superiores aos de F tabelado para todos os modelos, mostrando que estes são significativos, assim como para volume total.

Foram selecionadas as quatro melhores equações para a análise gráfica da distribuição dos resíduos, sendo as equações 5,6,11 e 13 selecionadas.

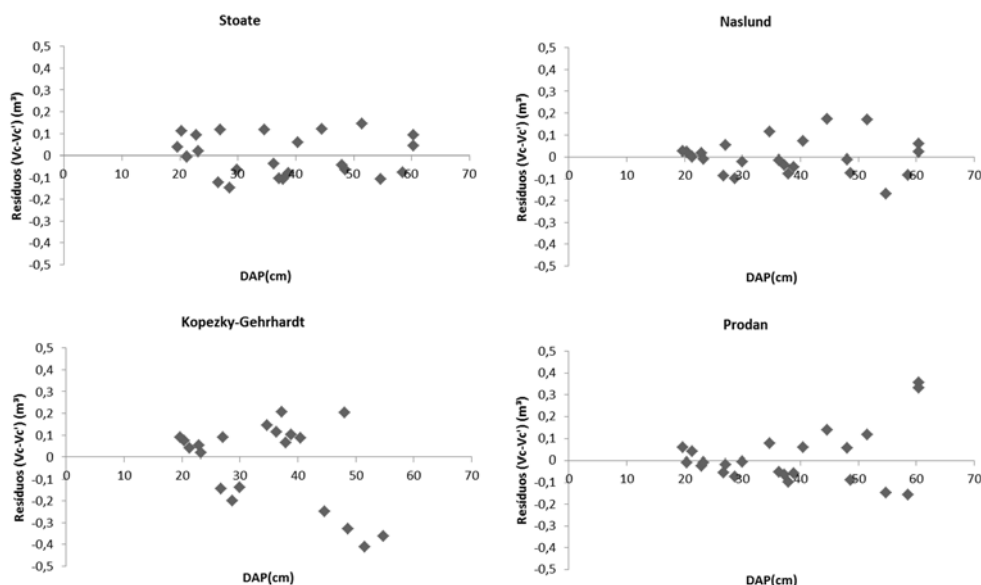


Figura 7 - Gráfico de distribuição dos resíduos entre volume real ( $V_c$ ) e volume estimado ( $V_c'$ ) do ajuste dos modelos 5, 6, 7 e 12 para volume comercial.

Figure 2 - Distribution graph of residues between real volume ( $V_c$ ) and estimated volume ( $V_c'$ ) adjustment of the models 5, 6, 7 and 12 to commercial volume.

Para as estimativas de volume comercial, na análise gráfica dos resíduos é possível observar que dos modelos mais acurados, os de Kopecky e Prodan, apresentaram superestimativas para indivíduos com dap acima de 45 cm, diferentemente, dos modelos de Stoate e Naslund, que tiveram a distribuição de resíduos mais homogênea, sem tendências de super ou subestimativas.

## CONCLUSÃO

Estabelecidos os critérios de seleção, podemos concluir para o volume total, que o modelo descrito por Meyer teve um ótimo ajuste, com baixo percentual de erro, 5,7%, e 0,99 de ajuste, podendo ser empregado na estimativa do volume das *Ocotea sp. Aubl.*

Por outro lado, para estimativas do volume comercial, o modelo 6, escrito por Naslund, teve o menor erro padrão das estimativas (7,6%), e o maior  $R^2_{aj}$ . (0,99). Porém, os respectivos valores obtidos na equação de Meyer 8,5% e 0,99, também são bons. O que se torna mais interessante, possibilitando o uso do mesmo modelo para descrever o volume total e o volume comercial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G.. Köppen climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), p.711-728, 2013.
- BARROS, P. L. C. de; SILVA JÚNIOR, A. T. da. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapu, oeste do Estado do Pará, Amazônia Oriental. *Ciências Agrárias*, Belém, n. 51, p. 115-126, 2009.
- COLPINI, C.; TRAVAGIN, D. P.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. e. Determinação do volume, fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 39, n. 1. p. 97-104, 2009. DOI: 10.1590/S0044-5967200900100010
- EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/download/ata10.pdf>>

- FERNANDES, N. P.; JARDIM, F. C.; HIGUCHI, N. Tabelas de volume para a floresta de terra firme da estação experimental de silvicultura tropical. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 13, n. 3-4, p. 537-545, 1983.
- HIGUCHI, N.; RAMM, W. Developing bole wood volume equations for a group of tree species of central Amazon (Brazil). **The Commonwealth Forestry Review**, v. 64, n. 1, p. 33-41, 1995.
- KUNZ, Sustanis Horn et al. Fitossociologia de uma área de floresta estacional perenifólia na fazenda Amoreiras, Querência, MT. **Revista Árvore, Viçosa**, v. 34, n. 4, p. 713-721, 2010.
- PINTO, J. R. R.; OLIVEIRA FILHO, A. T. DE. Perfil florístico e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. 1999.
- QUINET, A.; BAITELLO, J.B.; MORAES, P.L.R. Lauraceae *In*: Forzza, R.C. *et al.* (eds.). Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB008440>>. Acesso em 04 Jun 2012.
- QUINET, Alexandre. Uma nova espécie de *Ocotea* (Lauraceae) para o estado do Espírito Santo, Brasil. **Rodriguésia**, p. 339-342, 2008.
- RIBEIRO, R B. da S.; GAMA, J. R. V.; MELO, L. de O.. Seccionamento para cubagem e escolha de equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. vol.20, n.4, pp. 605-612. **CERNE** . 2014.
- ROHWER, J.G. Prodrum einer monographie der gattung *Ocotea* Aubl.(Lauraceae), sensu lato. Mitteilungen aus dem Institut für Allgemeine Botanik Hamburg 20: 1-278.. 1986.
- ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Taipé-Aquirí, Serra dos Carajás. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 1, p. 106-114, 2006. DOI: 10.1590/S0044-59672006000100013
- SILVA, J. N. M.; ARAUJO, S. M. Equação de volume para árvores de pequeno diâmetro na Floresta Nacional do Tapajós. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 8/9, p.16-25, 1984.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2011. 272 p.
- THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para a estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 283-289, 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.64.283
- THOMAS, C.; ANDRADE, C.M.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.J. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.319-327, 2006.
- WERFF, H.. A key to the genera of Lauraceae in the new world. Ann. Missouri Bot.Gard. 78: 377-387. 1991.

ESTIMATIVA DO DIÂMETRO DE COPA PARA *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze EM POVOAMENTOS IMPLANTADOS EM SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.

EQUATIONS FOR CROWN DIAMETER ESTIMATIVE FOR *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze IN IMPLANTED STANDS IN SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.

Magda Lea Bolzan Zanon<sup>1</sup> César Augusto Guimarães Finger Darlei Soares Maria Cristina Bueno Coelho Roraí Perreira Martins Neto

RESUMO

Este estudo foi realizado na Floresta Nacional de São Francisco de Paula - RS, e teve como objetivo testar equações para estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro a 1,30 m do solo, para a espécie *Araucaria angustifolia*. Foram amostrados 671 indivíduos, cujos diâmetros e quatro raios de copa seguindo as direções norte, sul, leste e oeste foram mensurados. O diâmetro de copa foi determinado multiplicando-se o raio de copa médio por dois. Oito modelos foram testados e avaliados quanto às estatísticas de ajustes, precisão e análise de resíduos. O diâmetro de copa em função do DAP expressos pelos modelos linear simples  $DC = 0,43096 + 0,17862DAP$  e modelo logaritimizado  $\ln DC = -1,19457 + 0,86774 \cdot \ln DAP$  alcançaram bons ajustes. Os coeficientes de determinação ajustados foram 0,7001 e 0,6597 respectivamente, e maior precisão com erro padrão da estimativa em porcentagem de 16,39 % e 15,12% ambos apresentaram boa distribuição gráfica de resíduos.

**Palavras-chave:** modelos matemáticos; floresta de araucária; diâmetro de copa.

ABSTRACT

This study was realized in the São Francisco de Paula National Forest - RS, and it was aimed to test equations to estimate the crown diameter in function of the diameter measured at 1.30 m from the soil, for the *Araucaria angustifolia* species. 671 individuals were sampled, whose diameters and four crown rays following the directions north, south, east and west were measured. The crown diameter was determined by multiplying the mean crown radius by 2. Eight models were tested and evaluated regarding the statistical adjustments, precision, and residual analysis. The crown diameters in function of the DAP expressed by the simple linear model  $DC = 0.43096 + 0.17862 DAP$  and logarithmized model  $\ln DC = -1.19457 + 0.86774 \cdot \ln DAP$  achieved good adjustments. The determination coefficients adjusted were 0.7001 and 0.6597, respectively. With a bigger precision and with standard error of the estimate of 16.39 % and 15.12% both presented a good graphic distribution of the residuals.

**Keywords:** mathematical models; araucaria forest; crown diameter.

INTRODUÇÃO

A distribuição espacial de um povoamento florestal assume papel importante na obtenção do grau de ocupação das árvores, o qual permite identificar espaços entre as mesmas demonstrando o nível de concorrência e competição entre os indivíduos da floresta, sendo definido através da obtenção da área de projeção horizontal de copa sobre o solo, podendo esta ser obtida por métodos diretos e indiretos.

Em povoamentos implantados ou florestas nativas, a partir da medição da variável raio de copa é possível obter o raio médio de copa, e conseqüentemente determinar a área de projeção horizontal de copa das árvores sobre o solo. O diâmetro da copa, na maioria dos casos é decorrente de um cálculo a partir de medições de raios em relação à projeção de copa da árvore sobre o solo (norte, sul, leste, oeste), e sua precisão é resposta da quantidade de raios mensurados, resultando em uma medida mais próxima à verdadeira. No entanto deve ser considerado o trabalho adicional na mediação de um número maior de raios (Nutto et al, 2001).

De acordo com Costa et. al (2013) em estudos realizados para a espécie com relação ao número de raios utilizados para determinar a área de copa da araucária, os resultados mostraram não haver diferença significativa entre as médias de área de projeção da copa quando medido oito e quatro raios em copas regulares, no entanto havia uma superestimava da área quando calculada com quatro e dois raios em copas irregulares.

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Dra., Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386, Km 40. CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS). E-mail: magdazanon@ufsm.br.

Nos trabalhos desenvolvidos por (Röhle, 1986 e Spiecker, 1983 apud NUTTO, 2001), são apontados os problemas relativos ao levantamento de dados da morfometria de copas das árvores, em que o equilíbrio entre gasto de tempo o custo e a precisão das medições são primordiais nesse processo. Ainda segundo os autores o método usado para a medição do raio de copa deve ser o de ângulos fixos, que resulta em uma velocidade maior nas medições, porém a precisão é menor.

Com a demanda por informações rápidas e confiáveis e tendo em vista que a mensuração do raio de copa requer muito tempo, o diâmetro a altura do peito (DAP) tomado a 1,30 m em relação ao solo, é a variável independente mais utilizada nas equações matemáticas em que se deseja estimar o raio de copa.

Estudos descrevem a utilização do diâmetro a altura do peito (DAP) em modelos de regressão para estimar o diâmetro de copa, e apontam que há existência de uma alta correlação entre essas variáveis (FOLI et al, 2003; LOCKHART et al, 2005; COSTA et al, 2014), mostrando a praticidade em usar uma variável de fácil medição para estudos do comportamento da floresta.

A consolidação do método a partir do diâmetro de copa para fins de monitoramento como fonte de informações a respeito ocupação espacial das copas, identificando o nível de concorrência das árvores, tem importância significativa em estudos da dinâmica das florestas. Sendo relevante a inserção do método nos levantamentos qualitativos e quantitativos dos inventários florestais realizados no Brasil, executando a obtenção da área de projeção de copa das árvores ou adequação com variáveis de fácil medição como o DAP.

Diante do apresentado o presente estudo teve como objetivo testar equações matemáticas para estimar o diâmetro de copa em povoamentos implantados, através da utilização do diâmetro a altura do peito (DAP), descrevendo a relação entre as variáveis.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização e localização da área de estudo

O estudo foi realizado na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, localizada no Rincão dos Kröeff, no município de São Francisco de Paula (RS), distante 27 km da sede do município. Situa-se a 930 m acima do nível do mar. A Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP) apresenta uma área total de 1.606,69 hectares, sendo 56,1 % de florestas nativas, 29,7 % de florestas plantadas, e o restante de áreas não estocadas (IBAMA, 2000).

Segundo Backes e Irgang (2002), a temperatura média anual é de 14,5 °C, a média das máximas do mês mais quente é de 20 °C e a do mês mais frio de 5,7 °C; a máxima absoluta é de 34 °C e a mínima absoluta de -6,5 °C. Temperaturas negativas podem ocorrer durante os meses de abril a novembro.

O clima da área de estudo, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “Cfb”, mesotérmico médio (MORENO, 1961). Esse clima domina as cotas altimétricas entre 1.000 e 1.100 m no nordeste do Rio Grande do Sul.

A área plantada com *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze se estende em 321,3 hectares representando 20,0 % da área de floresta plantada.

### Coleta de dados

Para o estudo, foi amostrado um de 671 indivíduos distribuídos em cinco talhões de acordo com o Plano de Manejo da Floresta Nacional (IBAMA, 1989). Para cada um dos indivíduos foi mensurada a circunferência à altura do peito (CAP) e quatro raios de projeção de copa na direção dos pontos cardeais: norte (N), sul (S), leste (L) e oeste (O).

A CAP foi obtida com o auxílio de uma fita métrica e o DAP pela divisão desta por  $\pi$ . Os raios de copa a partir do eixo central da árvore ao nível do DAP com o auxílio do hipsômetro Vertex IV. O diâmetro de copa (DC) foi determinado multiplicando-se por dois a média aritmética dos raios de copa.

Para descrever a relação entre o DC em função do DAP foram testados oito modelos matemáticos apresentados na Tabela 1.

As análises foram processadas no Sistema de Análise Estatística - SAS V. 9.1 (SAS Institute Inc., 2004). Os modelos matemáticos foram avaliados segundo o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão da estimativa percentual (Syx%), o valor de F e a análise gráfica de resíduos. As equações não logaritmizadas foram corrigidas pelo Índice de Meyer, sendo realizado também o recálculo do erro padrão da estimativa para unidades aritméticas.

Tabela 1 - Modelos testados para estimativas do DC em função do DAP para *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze.

Table 1 - Models tested for the estimate of the DC in function of the DAP for the *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze.

Equação	Modelo matemático
1	$\ln DC = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP$
2	$DC = b_0 + b_1 \cdot DAP$
3	$DC = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP$
4	$DC = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP^2$
5	$\frac{1}{dc} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{DAP}$
6	$DC = b_0 + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot \ln DAP^2$
7	$DC = b_0 + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot DAP^2$
8	$\ln DC = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP + b_2 \cdot \ln DAP^2$

Sendo: DC: diâmetro de copa; DAP = diâmetro a 1,30 m do solo;  $b_0, b_1, b_2, b_3$  = coeficientes das equações; ln= logaritmo neperiano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise das variáveis mensuradas obteve-se os parâmetros biométricos e estatísticos (Tabela 2) para os indivíduos levantados no povoamento.

Tabela 2 - Parâmetros biométricos e estatísticos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntz.

Table 2 - Biometric and statistics parameters of *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze.

Parâmetros biométricos e estatísticos	DAP (cm)	DC (m)
Mínimo	14,3	2,2
Máximo	68,9	15,5
Média	37,1	7,05
Coeficiente de Variação	26,4	29,9

Sendo: DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; DC = diâmetro da copa.

Pode-se observar que há grande variação entre DAP's e DC mínimos e máximos. Este fato deve-se basicamente ao manejo efetuado nas áreas, pois alguns indivíduos selecionados na amostra estavam presentes em talhões com dois desbastes e outros indivíduos em talhões com quatro desbastes.

As estatísticas de avaliação dos modelos utilizados para estimar o DC em função do DAP são apresentadas na Tabela 3.

A ponderação dos escores estatísticos conduziu à seleção dos modelos de números 1, 2, 8 como melhores, apresentando um  $R^2_{Aj}$  de 0,6591, 0,7002 e 0,7145 e  $S_{xy}\%$  de 15,12%, 16,39% e 15,09% para os respectivos modelos. Porém a análise gráfica dos resíduos descartou o modelo de número 8, devido à maior dispersão.

A análise gráfica dos resíduos dos modelos testados está apresentada na Figura 1. O modelo 1 (logaritimizado) apresentou distribuição homogênea, com 71,50% dos indivíduos (480) com erros entre  $\pm 1,1$  m, sendo as superestimativas e subestimativas máximas podendo chegar até  $\pm 5,5$  m para a estimativa do diâmetro de copa. Quando a mesma análise foi realizada para o modelo 2 (linear simples), verificou-se que 72,4% dos indivíduos (486) estavam distribuídos entre  $\pm 1,1$  m, sendo que os valores superestimados e subestimados ficavam em torno de  $\pm 5,2$  m. Essa mesma percentagem foi encontrada para o modelo 8 porém a dispersão dos resíduos foi levemente superior aos outros dois modelos anteriormente descritos. Desta forma o modelo logaritimizado e o linear simples podem ser utilizados para estimar o DC em função do DAP.

Tabela 3 - Modelos ajustados e seus parâmetros estatísticos para estimativa do DC para *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze.

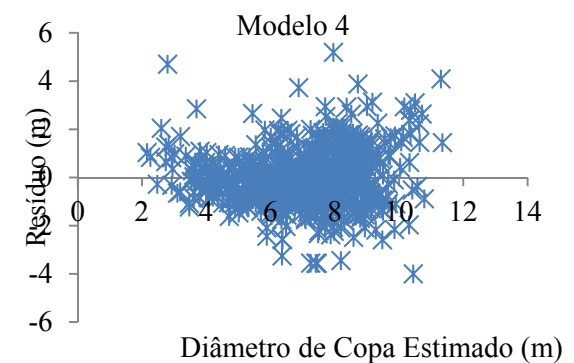
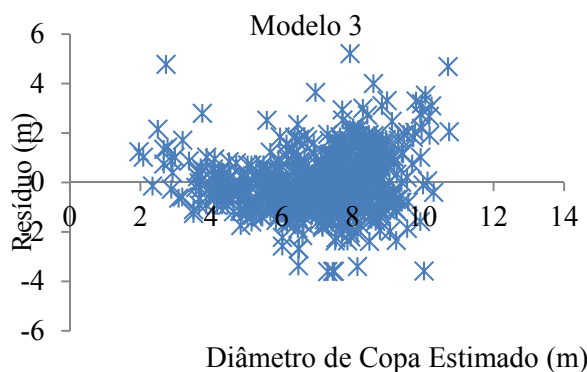
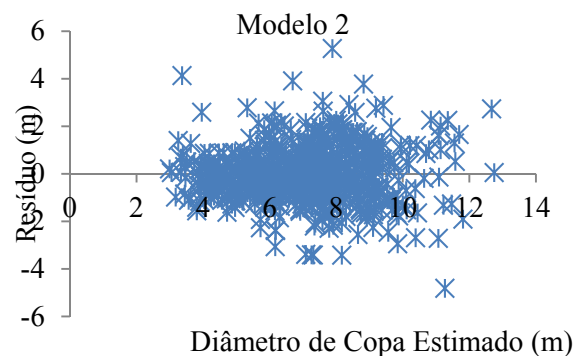
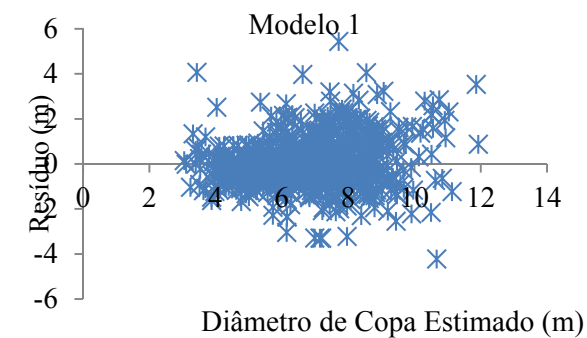
Table 3 - Models adjusted ant their statistical parameters to estimative of the DC for the *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze.

Equação	Modelo matemático	R <sup>2</sup> <sub>Aj.</sub>	S <sub>yx</sub> %	F.
1	$\ln DC = -1,19457 + 0,86774 \cdot \ln DAP$	0,6597	15,12	1301,85
2	$DC = 0,43096 + 0,17862DAP$	0,7002	16,39	1568,04
3	$DC = -12,93405 + 5,59420 \ln DAP$	0,6236	18,36	1112,70
4	$DC = -3,85027 + 0,84827 \cdot \ln DAP^2$	0,6664	17,29	1341,41
5	$\frac{1}{dc} = 0,08696 + 2,36572 \cdot \frac{1}{DAP}$	0,3219	29,43	319,49
6	$DC = 2,77998 + 0,26806 \cdot DAP - 0,44075 \cdot \ln DAP^2$	0,7041	16,28	799,30
7	$DC = 1,13899 + 0,13791 \cdot DAP + 0,0005442 \cdot DAP^2$	0,7010	16,37	787,67
8	$\ln DC = 2,87351 - 1,55778 \cdot \ln DAP + 0,35771 \cdot \ln DAP^2$	0,7145	15,09	840,81

Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados por Costa et. al (2014) para mesma espécie. Os autores determinaram que o diâmetro de copa em função do DAP expresso pelo modelo linear simples foi o que apresentou melhores ajustes com R<sup>2</sup><sub>Aj</sub>= 0,839 e S<sub>xy</sub>% = 15,6%.

Sanqueta et. al (2014) para estudos de acácia-negra testou cinco diferentes modelos (lineares e logarítmicos) e determinou que o modelo Ln (DC)=B<sub>0</sub> + B<sub>1</sub> ln (DAP) apesar de apresentar tendência nas estimativas, foi o que apresentou melhores resultados com erros inferiores a 1 m quando analisado o gráfico de resíduos.

De acordo com Dawkins (1963) a relação entre DC e DAP deve ser uma linha linear com coeficientes angulares positivos, indicando que o DC é maior à medida que aumenta o DAP. Os resultados aqui encontrados comprovam este fato, porém não há somente uma relação linear entre DC e DAP também há uma relação logarítmica.





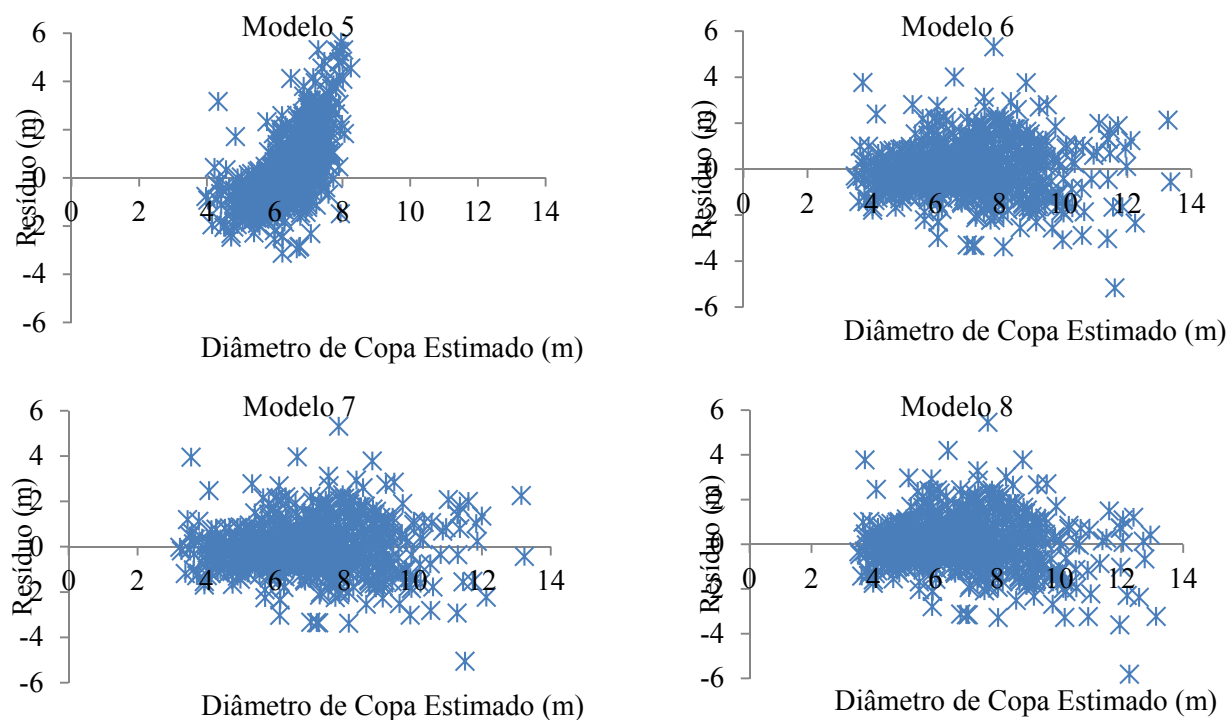


Figura 1 - Gráfico dos resíduos para os modelos ajustados para diâmetro de copa (DC) em função do DAP, para *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze. São Francisco de Paula, RS.

Figure 1 - Residuals graphic of the adjusted models for crown diameter as function of the DBH, for *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze. São Francisco de Paula, RS.

## CONCLUSÕES

Após análise dos resultados foi possível concluir que:

Os modelos logaritmizado  $\ln DC = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP$  e linear simples  $DC = b_0 + b_1 \cdot DAP$  são apropriados para o uso em estimativa do diâmetro da copa (DC) para a espécie, pois apresentam boa precisão e erros baixos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul: guia de identificação e reconhecimento ecológico**. Porto Alegre: Ed. Pallotti, 2002. 325 p.
- COSTA, E. A. et al. Relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Lages, SC. **In: VIII Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais**, p. 696 – 700, 2014. Recife. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/VIIISIMPOSFLORESTA/250-607-1-DR.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; CUNHA, T. A. DA. Influência da posição social e do número de raios na estimativa da área de copa em araucária. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 429 - 438, jul. / set. 2013.
- DAWKINS HC. Crown diameters: Their relationship to bole diameter in tropical trees. **Commonwealth Forest Review**, v. 42, n.4, p. 318-333, 1963.
- FOLI, E.G. et al. Modelling growing space requirements for some tropical forest tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 173, n.1-3, p. 79 - 88, 2003.
- IBAMA. **Plano de Manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula – RS**. Santa Maria, 1989. 215 p.
- IBAMA. **Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS**. Brasília: 2000. 6 p. (Folder).
- LOCKHART, B.R. et al. Crown radius and diameter at breast height relationships for six bottomland hardwood species. **Journal of the Arkansas Academy of Science**, v. 59, p. 110 - 115, 2005. Disponível em: <[http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja\\_lockhart009.pdf](http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_lockhart009.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 9 - 25, 2001. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1651/937>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

SANQUETA, R. C. Equações para estimativa de diâmetro de copa de acácia-negra. **Floresta e Ambiente** [online], v.21, n.2, p. 192-205, 2014.

SAS Institute. **The SAS System for Windows**. Cary: SAS Institute, 2004.

ESTIMATIVA DE VOLUME DE EUCALIPTO EMPREGANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

ESTIMATED EUCALYPTUS VOLUME USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Robson Borges de Lima<sup>1</sup> Nayara Natacha de Jesus Pereira André Ricardo dos Santos Pereira Cinthia Pereira de Oliveira Diego Armando Silva da Silva Ouorou Ganni Mariel Guera Célio Gregorio Vasconcelos Jossefa Carla Samara Campelo de Sousa Márcio Assis Cordeiro Daniel Henrique Breda Binoti

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar a empregabilidade de Redes Neurais Artificiais para estimativa de volume com casca de arvores de eucalipto cultivados em área de cerrado no estado do Amapá. Foram utilizados dados volumétricos proveniente de cubagem de 218 árvores. Foram treinadas 100 RNAs do tipo *Multilayer Perceptron* de forma supervisionada, empregando o algoritmo da retropropagação do erro e selecionadas as cinco melhores redes de acordo com as estatísticas de coeficiente de correlação e raiz quadrática do erro médio. Para efeito de treinamento da rede, adotou-se o parâmetro de taxa de aprendizado de 0,1, uma vez que valores superiores a estes não permitiram convergência do processo na superfície do erro médio quadrático. Como resultado, todas as redes apresentaram resultados estatisticamente semelhantes aos dados observados apresentando apenas uma camada intermediária com diferentes quantidades de neurônios. Diferentemente das técnicas tradicionais de modelagem volumétrica, as redes são capazes de garantir estimativas confiáveis para diferentes variáveis biométricas, mesmo adicionando uma ou mais variáveis categóricas no processo de treinamento. A rede 4 com estrutura 2 - 7 - 1 foi a que apresentou as melhores estatísticas de ajuste, sendo destacada na figura como a que comporta o melhor desempenho da estimativa volumétrica, semelhante aos dados reais. Assim, recomenda-se para este estudo a rede 4 com camada intermediária contendo sete neurônios para processamento de diâmetro e altura.

**Palavras-chave:** manejo florestal; backpropagation; regra delta.

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the employability of Artificial Neural Networks for volume estimation with bark eucalyptus trees grown in cerrado in the state of Amapá. Volumetric data from scaling of 218 trees were used. 100 RNAs type Multilayer Perceptron in a supervised manner were trained using the backpropagation algorithm error and selected the top five networks in accordance with the correlation coefficient statistics and the quadratic mean error root. To train the network end, it adopted the learning rate parameter of 0.1, since amounts great er than this would not allow the convergence process on the surface of the root mean square error. As a result, all networks showed similar results to the observed data showing only an intermediate layer with different amounts of neurons. Unlike traditional techniques of volumetric modeling, networks are able to guarantee reliable estimates for different biometric variables, even adding one or more categorical variables in the training process. The network 4 with structure 2 - 7 - 1 was the one that presented the best fit statistics, are high lighted in the figure as comprising the best performance of volumetric estimate, similar to actual data. Thus, it is recommended for this study the network 4 with intermediate layer with seven neurons for processing diameter and height.

**Keywords:** forest management; backpropagation; delta rule.

INTRODUÇÃO

Estimativas de volume com casca de árvores individuais têm sido obtidas principalmente por meio de equações clássicas como a de Schumacher e Hall (1933). Entretanto, atualmente o emprego de redes neurais artificiais em relações biométricas para inventários de florestas de eucalipto no Brasil têm crescido de forma acelerada por ser bastante precisa e flexível, destacando sua importância como ferramenta metodológica para relações dendrométricas e otimização da produção.

Entende-se como Redes Neurais Artificiais (RNAs) sistemas massivos e paralelos, compostos por unidades de processamento simples que computam determinadas funções matemáticas (BRAGA et al., 2000; HAYKIN, 2001).

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro (a) Florestal. MSc. Discente de Doutorado em Ciências Florestais - Universidade Federal Rural de Pernambuco. E-mail: rbl\_florestal@yahoo.com.br

No manejo florestal, esta ferramenta tem garantido estimativas confiáveis para variáveis de difícil mensuração, justificando o emprego das mesmas pelas empresas do setor. Em alguns países da Europa, o uso de redes neurais para estimativa de volume tem se tornado uma operação rotineira (DIAMANTOPOULOU, 2006; DIAMANTOPOULOU e MILIOS, 2010; ÖZÇELIK et al., 2010). Em relação à volumetria de árvores individuais de eucalipto em diferentes regiões do Brasil, esta ferramenta é fartamente documentada apresentando resultados promissores (GORGENS et al., 2009; SILVA et al., 2009; SOARES et al., 2012; CAMPOS e LEITE, 2013; BINOTI et al., 2014; GORGENS et al., 2014; BINOTI et al., 2015).

No Amapá, estudos sobre estimativas de volume com casca de árvore individual de eucalipto com redes neurais ainda são insipientes e escassos (CORDEIRO et al., 2015), embora o emprego da modelagem clássica tenha apresentado resultados satisfatórios. Nestes termos, a empregabilidade desta ferramenta para estimativas de volume pode representar uma nova metodologia para os inventários de florestais comerciais no Estado e servir de base para outros segmentos do setor, tais como para as florestas naturais, reduzindo custos e aumentando a confiabilidade na estimativas de produção.

Nesse sentido, este trabalho foi realizado com o intuito de verificar a empregabilidade de Redes Neurais Artificiais para estimativa de volume com casca de árvores de eucalipto cultivados em área de cerrado no estado do Amapá.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Dados

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de cubagens de 218 árvores de um plantio comercial de eucalipto localizado no Amapá. O volume real com casca das árvores individuais foi obtido a partir da metodologia de Smalian utilizando as variáveis diâmetro com casca a 1,30 m do solo (dap) (cm) e altura total (m). Na tabela 1, os dados gerais das variáveis estão discriminados de forma aleatória para treinamento e generalização das redes neurais artificiais, sendo computadas algumas estatísticas descritivas.

TABELA 1. Análise descritiva das variáveis para aplicação das RNAs.

TABLE 1: Descriptive analysis of the variables for the application of ANNs.

Dados	Variável	Mínimo	Médio	Máximo	EPM
Treinamento	Dap (cm)	4,00	13,03	23,70	0,3988
	Ht (m)	7,00	18,86	26,20	0,3613
	Vol (m <sup>3</sup> )	0,03	0,33	0,94	0,0189
Generalização	Dap (cm)	4,60	12,85	23,00	0,4363
	Ht (m)	6,30	19,16	26,70	0,4458
	Vol (m <sup>3</sup> )	0,03	0,34	1,07	0,0217
Gerais	Dap (cm)	4,00	12,95	23,70	0,2939
	Ht (m)	6,30	19,00	26,70	0,2813
	Vol (m <sup>3</sup> )	0,03	0,33	1,07	0,0142

### Análise dos dados

Foram treinadas 100 RNAs do tipo *Multilayer Perceptron* (Multicamadas) de forma supervisionada, empregando o algoritmo da retropropagação do erro (*Backpropagation*), a regra de aprendizado é conhecida como Regra Delta – LMS (minimização do erro médio quadrático), na qual ajusta os pesos das conexões entre os neurônios da rede de acordo com o erro e tem por objetivo encontrar um conjunto de pesos e polarizações que reduzam a função erro (HAYKIN, 2001).

Nesta etapa, foram selecionadas aleatoriamente, respostas obtidas pelo treinamento das redes para a validação cruzada, comprovando assim a precisão das estimativas no processo de ajuste dos pesos. O algoritmo *Backpropagation* para o treinamento das redes foi descrito pelos seguintes passos (HAYKIN, 2001; VALENÇA, 2005; VALENÇA, 2011; PANDORFI et al., 2011): i) Iniciar os pesos, polarizações e demais parâmetros de treinamento; ii) Apresentar à rede um padrão de entrada do conjunto de treinamento composto de entradas e saídas; iii) Calcular o erro para os neurônios da camada de saída ( $e_k$ ), subtraindo a saída desejada da saída calculada (processamento interno da rede); iv) Calcular o ajuste nos pesos da camada da saída ( $\Delta w_i^0$ ) por meio do seguinte modelo:

$$\Delta w_i^0(k+1) = -\frac{\partial e_k^2}{\partial w_i^0(k+1)} = \eta \cdot (y_k - \hat{y}_k) \cdot p(\text{net}^0(k)) \cdot (w_i^0(k), O_i^1(k))$$

Em que:  $p$  = função contínua derivável, sigmóide logística;  $\eta$  = taxa de aprendizagem;  $\text{net}$  = estado de ativação (funções de ativação); e  $O_i^1$  = entrada.

v) Retropropagar o erro para as camadas escondidas. Como existe uma saída desejada para os neurônios das camadas escondidas, calculou-se o erro a partir do erro dos neurônios pertencentes à camada de saída e das conexões que os interligam. Obteve-se a seguinte equação para calcular o ajuste dos pesos para a primeira camada escondida mais próxima à saída.

$$\Delta w_{j,i}^1(k+1) = -\frac{\partial e_k^2}{\partial w_{j,i}^1(k+1)} = \eta \cdot (y_k - \hat{y}_k) \cdot p(\text{net}^0) \cdot \frac{\partial a}{\partial O_i^1(k)} \cdot (w_i^0(k), O_i^1(k)) \cdot p(\text{net}^0) \cdot \frac{\partial a}{\partial O_i^1(k)} \cdot (w_i^1(k), x_i^1(k))$$

vi) calcular o erro acumulado da rede. Nessa etapa, verificou-se se o erro total sobre todos os padrões de entrada pode ser considerado desprezível, isto é, abaixo de um limiar de aceitação. Nesse caso, o algoritmo deve parar, caso contrário, volta-se ao passo 2.

Görgens et al. (2009) descrevem três etapas necessárias para se obter uma rede pronta para ser usada, i) construção da rede, ii) treinamento e iii) validação (generalização). A topologia da arquitetura da rede *Backpropagation* foi formada por uma camada de entrada, uma escondida (oculta) de neurônios não-lineares e outra de saída de neurônios com função de transferência sigmoide logística. Os parâmetros de treinamento foram taxa de aprendizagem ( $\eta$ ) de 0,1 e termo *momentum* de parada da rede 0,005. O *software* utilizado neste trabalho foi o Statistica 8 (STATISOFT, 2012). Na Figura 1, têm-se de forma ilustrativa a arquitetura das RNAs para o treinamento.

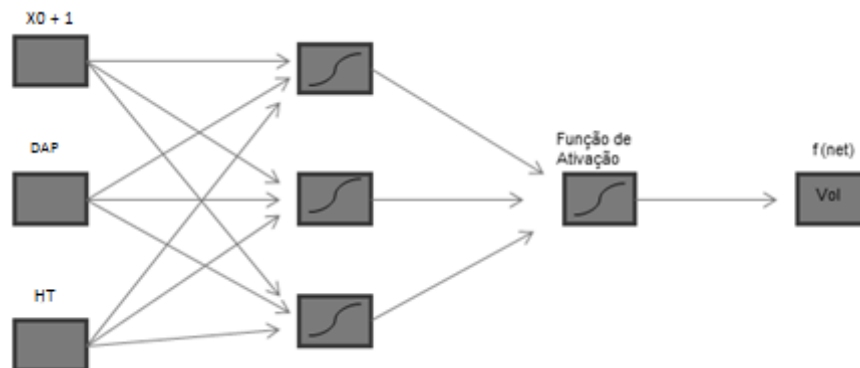


Figura 1: Esquema com os neurônios de entrada e o neurônio de saída.

Figure 1: Schematic with the input neurons and the output neuron.

As cinco melhores redes foram selecionadas no treinamento para posterior generalização para as estimativas de volume de acordo com os melhores valores de coeficiente de correlação ( $r_{yy}$ ) e menores valores de raiz quadrática do erro médio (*RMSE*). Gráficos do volume estimado em função do observado foram elaborados visando identificar possíveis discrepâncias ou tendências nas estimativas de volume (SILVA et al., 2009; BINOTI et al., 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para efeito de treinamento da rede, adotou-se o parâmetro de taxa de aprendizado de 0,1, uma vez que valores superiores a estes não permitiram convergência do processo na superfície do erro médio quadrático. O parâmetro taxa de aprendizado teve grande influência durante o processo de treinamento da rede neural. Taxas menores tornaram o aprendizado da rede muito lento, ao passo que uma taxa de aprendizado muito alta provocou oscilações no treinamento e impediu a convergência do processo de aprendizado, tornando-se recomendáveis valores de 0,1 a 1,0. A seleção dos parâmetros de treinamento do algoritmo é um processo que demanda grande esforço, pois pequenas diferenças nesses parâmetros levaram a grandes alterações, tanto no tempo de treinamento como na generalização (HAYKIN, 2001; PANDORFI et al., 2011).

Todas as redes apresentaram resultados estatisticamente semelhantes aos dados observados apresentando apenas uma camada intermediária com diferentes quantidades de neurônios. Nas redes 2 e 3, notam-se camadas intermediárias com nove neurônios cada e as redes 4 e 5 com sete, resultando em uma ligeira melhoria nos valores de coeficiente de correlação e raiz quadrática do erro médio quando comparadas com a rede 1, que apresentou apenas 4 neurônios na camada intermediária (Tabela 2). Neste caso, pode-se considerar que as estimativas obtidas são mais confiáveis com redes que apresentam maior quantidade de neurônios na camada intermediária, de fato pela melhor capacidade de processamento e aprendizagem dos dados, resultando tanto no treinamento quanto na generalização e menores taxas de erro.

Tabela 2 - Arquitetura e estatísticas de treinamento e generalização das RNAs

Table 2 - Architecture and training statistics and generalization of ANNs

RNAs	Arquitetura	Treinamento		Generalização	
		$r_{Y \hat{Y}}$	RMSE%	$r_{Y \hat{Y}}$	RMSE%
1	MLP 2-4-1	0,9786	10,5569	0,9712	14,1099
2	MLP 2-9-1	0,9810	9,6376	0,9710	13,4971
3	MLP 2-9-1	0,9814	9,3790	0,9715	13,0901
4	MLP 2-7-1	0,9818	9,0328	0,9722	13,0271
5	MLP 2-7-1	0,9807	9,6144	0,9702	13,2232

No entanto, na pesquisa de Binoti et al. (2014), resultados satisfatórios foram encontrados com redes que apresentaram apenas um neurônio na camada oculta, mostrando que redes de estruturas complexas não são necessárias para a estimação do volume de árvores. Neste caso, uma possível explicação para isto seja a variabilidade dos dados dendrométricos e de local que podem influenciar na seleção da melhor estruturada rede na fase de treinamento.

As redes neurais com mais de uma camada (*Multilayer Perceptron*) são majoritariamente indicadas como ferramenta de análise devido à sua elevada capacidade de reconhecimento de padrões (VALENÇA, 2011; GÖRGENS et al., 2014).

A obtenção da arquitetura adequada da rede neural depende de inúmeras tentativas, a fim de gerar resultados satisfatórios, uma vez que esse processo é aleatório, ou seja, o número de neurônios por camadas não se baseia em nenhum critério, apenas em tentativa (SILVA et al., 2009).

Cabe ainda destacar que, a boa representatividade das redes MLP em reportar valores precisos em relação à aproximação de funções, se deve, além do algoritmo *Backpropagation*, à função de ativação que, no caso é a não linear Sigmóide Logística, visto que esta função utiliza como argumento o produto escalar de entrada (Diâmetro x Peso sináptico e Altura x Peso sináptico) e pode aproximar qualquer função contínua arbitrária (VALENÇA, 2005; GÖRGENS et al., 2009; BINOTI et al., 2011; BINOTI et al., 2012; BINOTI et al., 2014).

Diferentemente das técnicas tradicionais de modelagem volumétrica, as redes são capazes de garantir estimativas confiáveis para diferentes variáveis biométricas, mesmo adicionando uma ou mais variáveis categóricas no processo de treinamento.

Na figura 2, têm-se os gráficos de dispersão observado *versus* estimado para as 5 redes e o gráfico de distribuição dos volumes observados e estimados diante da distribuição real dos dados selecionado para apenas a rede 4, que apresentou melhores estimativas segundo às estatísticas de ajuste.

De maneira geral as redes reportaram um comportamento semelhante quanto à dispersão residual, evidenciando boas estimativas. Entretanto, as redes 1 e 2 evidenciaram uma ligeira subestimativa para classes volumétricas iniciais e somente alguns pontos isolados em que houve pequena tendência a subestimar valores altos ou superestimar valores baixos para volumes maiores, não descredenciando, porém na qualidade das estimativas. Com base nos resultados, a rede 4 foi a que apresentou as melhores estatísticas de ajuste, sendo destacada na figura como a que comporta o melhor desempenho da estimativa volumétrica, semelhante aos dados reais.



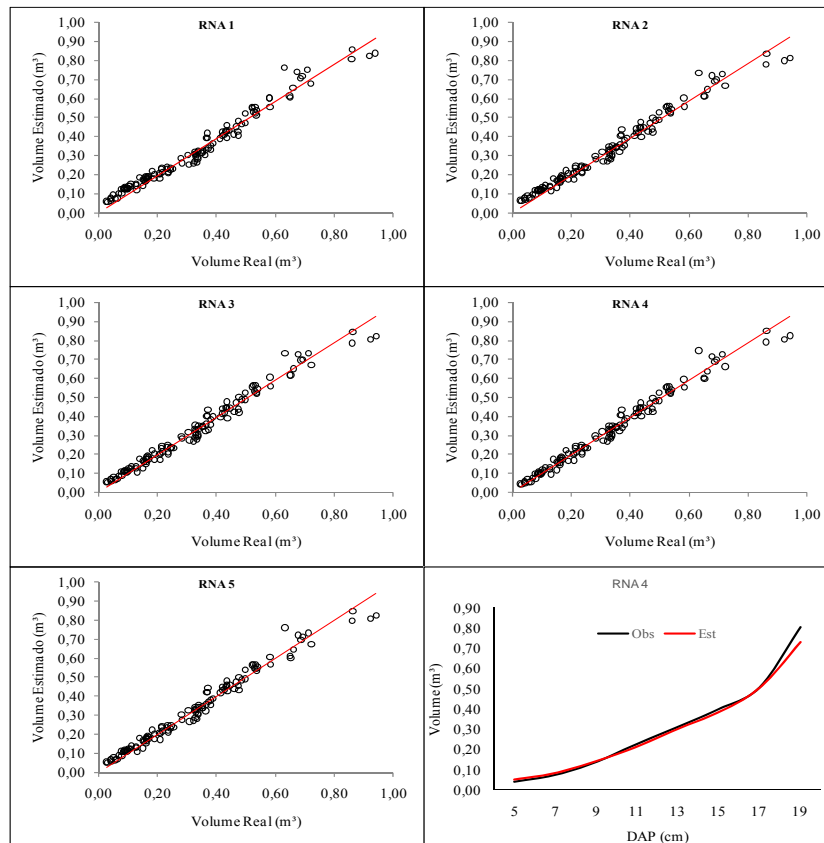


Figura 2 - Análise gráfica do volume observado *versus* o volume obtido pelas RNAs na estimativa do volume  
 Figure 2 - Graphic observed volume *versus* the volume analysis obtained by estimating the volume ANNs by.

Na figura 3, têm-se a estrutura final da rede 4 com a ligação entre as camadas de neurônios e os pesos sinápticos obtidos a partir do treinamento e generalização. As redes apresentaram bons resultados para a estimativa de volumes de árvores individuais, em uma base de dados contendo diferentes locais e espécies. A arquitetura está diretamente relacionada com o poder de aprendizado da rede (GÖRGENS et al., 2014).

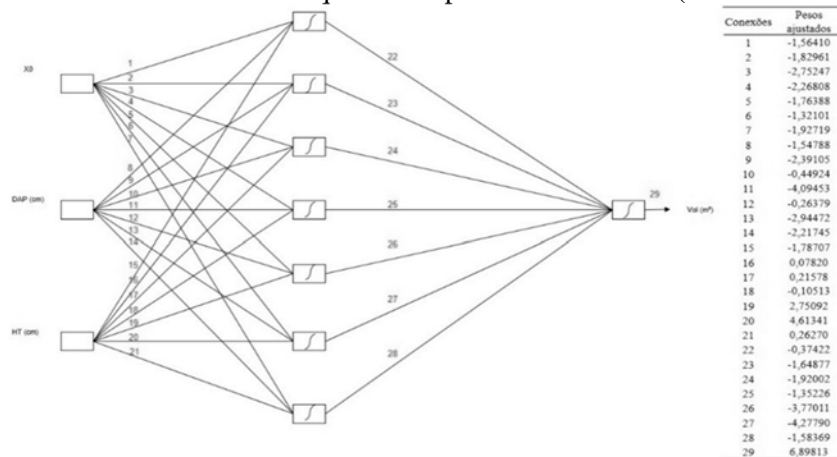


Figura 3: Arquitetura da RNA 4 e valores das conexões para estimativa de volume de eucalipto.  
 Figure 3: ANN 4 Architecture and values of the connections to estimate eucalyptus volume.

Os pares de entradas e saídas possibilitaram evolução do aprendizado por meio da comparação entre a saída desejada e a real (PANDORFI et al., 2011). Experiências anteriores também apontaram bom desempenho de redes neurais com o intuito de modelar matematicamente o volume de árvores individuais e outras variáveis em inventário de Eucalipto no Brasil (BINOTI et al., 2009; BINOTI et al., 2014).

As redes neurais oferecem uma série de vantagens, incluindo a capacidade de detectar implicitamente relações não-lineares complexas entre as variáveis de entrada e saída, o que é muito útil na modelagem de volume da árvore. Em pesquisas sobre a comparação de RNAs com modelos volumétricos, as redes do tipo *Multilayer Perceptron* e a equação de Schumacher e Hall (log), os resultados mostraram-se próximos, porém a MLP

apresentou resultados mais satisfatórios principalmente pela capacidade de aprendizagem e generalização (BINOTI et al., 2009; OZÇELIK et al., 2010; SOARES et al., 2012).

## CONCLUSÃO

A estimativa de volume de fuste com casca para árvores individuais de Eucalipto pode ser feita por meio de Redes Neurais Artificiais, recomendando-se para este estudo a rede 4 com camada intermediária contendo sete neurônios para processamento de diâmetro e altura.

## REFERÊNCIAS

- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. da S.; LEITE, H. G. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. **Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.)**, Pelotas, v. 05, n. 01, p. 58-67, maio de 2014.
- BINOTI, M. L. M. da S.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1133-1139, 2009.
- BINOTI, M. L. M. da S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; FERREIRA, M. Z.; RODE, R.; SILVA, A. A. L. redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.283-288, 2014.
- BINOTI, M. L. M. da S.; LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M. Prognose em nível de povoamento de clones de eucalipto empregando redes neurais artificiais. **Cerne**, v. 21 n. 1, p. 97-105, 2015.
- BRAGA, A. P.; LUDERMIR, T. B.; CARVALHO, A. P. de L. F. **Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro, 2000.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2013. 543p.
- CORDEIRO, M. A.; PEREIRA, A. R. S. BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. DA S.; LEITE, H. G. Aplicação de redes neurais artificiais para quantificação volumétrica de árvores de eucalipto no estado do Amapá. **Revista de Biologia e Biências da Terra**, volume 15 - número 1, p.48-58 - 1º semestre 2015.
- DIAMANTOPOULOU, M. J.; MILIOS, E. Modelling total volume of dominant pine trees in reforestations via multivariate analysis and artificial neural network models. **Biosystems engineering**, v. 105, n. 3, p. 306–315, mar. 2010.
- DIAMANTOPOULOU, M. J. Tree-Bole Volume Estimation on Standing Pine Trees Using Cascade Correlation Artificial Neural Network Models. **Agricultural Engineering International: The CIGR E Journal**, VIII, 2006.
- GÖRGENS, E. B.; LEITE, H. G.; SANTOS, H. N.; GLERIANI, J. M. Estimação do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais. **Revista Árvore**, v.33, n.6, p. 1141-1147, 2009.
- GÖRGENS, E. B.; LEITE, H. G.; GLERIANI, J. M.; SOARES, C. P. B.; CEOLIN, A. Influência da arquitetura na estimativa de volume de árvores individuais por meio de redes neurais artificiais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.289-295, 2014 .
- HAYKIN, S. **Redes Neurais: princípios e prática**. Porto Alegre, 2001. 900 p.
- ÖZÇELIK, R.; DIAMANTOPOULOU, M. J.; BROOKS, J. R.; JR., H. V. W. Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 3, p. 742–753, 2010.
- PANDORFI, N.; SILVA, I. J. O.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T.; GUISELINI, C. Uso de redes neurais artificiais para predição de índices zootécnicos nas fases de gestação e maternidade na suinocultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.676-681, 2011.
- SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933
- SILVA, M. L. M.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, n.6, p.1133-1139, 2009.
- SOARES, F. A. A. M. N.; FLÔRES, E. L.; CABACINHA, C. D.; CARRIJO, G. A.; VEIGA, A. C. P. Recursive diameter prediction for calculating merchantable volume of Eucalyptus clones without previous knowledge of total tree height using artificial neural networks. **Applied Soft Computing**, 12 (2012) 2030–2039.
- STATSOFT. **STATISTICA** (data analysis software system), version 8. StatSoft, Inc., 2012.
- VALENÇA, M. **Aplicando redes neurais: um guia completo**. Olinda-PE: Livro Rápido, 2005. 284p.
- VALENÇA, M. **Fundamentos das redes neurais: Exemplos em Java**. 2ª. Edição, Revisado e ampliado. Olinda-PE: Livro Rápido, 2011. 386p.



ESTIMATIVA DO PERCENTUAL DE COPA DE *Araucaria angustifolia* NO PLANALTO CATARINENSE POR REDES NEURAS ARTIFICIAIS

ESTIMATE OF CROWN OF PERCENTAGE OF *Araucaria angustifolia* IN PLATEAU CATARINENSE BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Táscilla Magalhães Loiola<sup>1</sup> Aline Bernarda Debastiani André Felipe Hess Isadora de Arruda Souza  
Lucas Dalmolin Ciarnoschi Myrcia Minatti

RESUMO

Conhecer as características da copa de uma espécie florestal permite inferir sobre a vitalidade, estabilidade e produtividade de cada indivíduo. No entanto, quantificar a dimensão das copas em povoamentos nativos demanda muito tempo quando comparado com variáveis de fácil mensuração. Por isso, esta pesquisa tem como objetivo avaliar as variáveis com maior contribuição relativa e sua eficácia na modelagem de uma Rede Neural Artificial (RNA) para estimar o percentual de copa. Foram utilizados dados de 258 indivíduos de *Araucária angustifolia* localizado no Planalto Catarinense, onde 50% destes foram destinados ao treinamento, 25% para validação cruzada e os outros 25% para teste da RNA. A RNA utilizada foi a *Multilayer Perceptron* (MLP) com uma camada oculta. Para camada de entrada da RNA foram utilizadas as variáveis DAP, altura de inserção de copa, raio de copa médio e altura total compondo o primeiro tratamento; sendo os tratamentos seguintes constituídos pelas variáveis mais importantes, determinada pela equação de Garson. A altura de inserção de copa e a altura total resultaram em R<sup>2</sup> de 0,999, podendo-se ignorar o raio de copa médio e o DAP para a modelagem, pois estes não foram eficazes. O uso da RNA se mostrou viável para estimar o percentual de copa.

**Palavras-chave:** *Multilayer perceptron*; Inteligência artificial; Morfometria; Floresta Ombrófila Mista.

ABSTRACT

Knowing the crown features of a forest species allows inferences about the vitality, stability and productivity of each individual, however, quantify the size of crown in native stands very time consuming when compared to easily measured variables. Therefore, this study aims to evaluate the variables with greater relative contribution and its effectiveness in modeling an Artificial Neural Network (ANN) to estimate the percentage of crown. Datas of 258 individuals of *Araucaria angustifolia* were used located in Santa Catarina plateau, where 50% of these were allocated to training, 25% for cross-validation and the other 25% to the RNA test. The RNA used was the *Multilayer Perceptron* (MLP) with hidden layer. For the input layer RNA was used the DBH, crown insertion height, crown radius and total height composing the first treatment, the following treatments being constituted by the most important variables, determined by the equation Garson. The crown insertion height and the total height resulted in R<sup>2</sup> of 0.999, being able to ignore the average crown radius and the DAP for modeling, because they were not effective. The use of RNA proved feasible to estimate the percentage of crown.

**Keywords:** *Multilayer Perceptron*; Artificial intelligence; Morphometry; Mixed rain forest.

INTRODUÇÃO

Diversos índices obtidos através de dados de dimensão de copa e do tronco, descrevem a capacidade de crescimento e produção das árvores e das florestas. As relações entre as variáveis morfométricas e dendrométricas são eficazes nos estudos sobre competição, sustentando futuras intervenções silviculturais, assim caracterizando a importância da determinação da dimensão da copa para fins de manejo florestal (PADOIN; FINGER, 2010).

Burger (1939) e Assmann (1961) foram os precursores em estudos sobre formas, dimensões e relações morfométricas das árvores. Os estudos destes aspectos e suas relações com variáveis de fácil obtenção, ainda são poucos no Brasil. Destacam-se os trabalhos de Durlo e Denardi (1998), Spathelf et al. (2000), Durlo (2001), Nutto (2001), Nutto et al. (2001), Durlo et al. (2004) e Padoin e Finger (2010). No entanto, quantificar as dimensões das copas requer muito tempo quando comparado com a aquisição de variáveis de fácil mensuração, como o diâmetro a altura do peito. (SCHNEIDER; FINGER, 2000).

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. E-mail: tascillaloiola@gmail.com.

As redes neurais artificiais (RNA) consistem em modelos computacionais que simulam a estrutura e o funcionamento do cérebro humano (BINOTI, 2010). Estas redes são compostas por unidades simples de processamento, denominados neurônios artificiais, interligadas entre si com ponderações que podem ser ajustadas, formando um sistema dinâmico para execução de uma dada tarefa (COELHO et al., 2007), gerando saídas (*outputs*) com dados de entrada (*inputs*). As redes podem apresentar desempenho superior aos modelos convencionais de regressão, como observado no trabalho de Gorgens et al. (2009) na modelagem de volume para *Eucalyptus* spp. e *Tectona grandis*. As arquiteturas mais utilizadas integram as redes de base radial (*Radial Basis Function* ou RBF) e as de múltiplas camadas (*Multilayer perceptron* ou MLP). As MLPs, constroem estimadores globais e são recomendadas para resolução de problemas mais complexos (BRAGA et al., 2007).

A aplicação das técnicas de RNA em conjunto com as variáveis de fácil obtenção pode ser uma alternativa viável para a estimação das características da copa, facilitando o acesso a essa informação, tendo em vista que em alguns casos, principalmente em áreas de difícil acesso e com o dossel muito fechado, a mensuração dessas variáveis se torna complexa.

Assim, o objetivo do presente estudo é observar a eficiência da RNA em estimar o percentual de copa, bem como determinar as variáveis com maior contribuição relativa em um povoamento natural de *Araucaria angustifolia* no Planalto Catarinense.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Características do sítio de amostragem e obtenção das variáveis

As áreas que compõem este estudo estão localizadas no Planalto Sul Catarinense, nos municípios de Paineira, São Joaquim e Urupema. Esta região caracteriza-se pelo clima Cfb, temperado, segundo a classificação de Köppen, apresentando invernos com temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C com ocorrência de geada e verões frescos; com temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C, não apresentando estação seca definida. A temperatura média anual da região é de 15,5°C e a precipitação média anual é de 1.400 mm (EPAGRI, 2002).

Na região a vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Mista, popularmente conhecida como Floresta de Araucária, com uma composição florística dominada pelos gêneros *Drymis*, *Araucaria* e *Podocarpus*. O estudo é referente a áreas onde identifica-se a formação Floresta Ombrófila Mista Auto-montana, pois compreende altitudes superiores a 1000 m (IBGE, 2012).

Os locais amostrados tratam-se de remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, onde foram consideradas 258 araucárias abrangendo diferentes classes de diâmetro, as quais foram inicialmente identificadas e numeradas para posterior mensuração das seguintes variáveis: diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (h), altura de inserção de copa (hic) e quatro raios de copa tomados nas direções norte, sul, leste e oeste para obter o raio médio de copa (rc). Com as informações obtidas a campo foram calculados os índices morfométricos, como a porcentagem de copa (pc%) que se dá a partir da razão entre o comprimento de copa e altura total da copa.

### Processamento e avaliação da simulação da porcentagem de copa

Foi realizada a correlação linear de Pearson como análise exploratória dos dados, tendo como objetivo identificar as variáveis-chaves que influenciam a porcentagem de copa. O conjunto de dados mensurados nas 258 árvores foi subdividido em três sub-conjuntos, sendo um para treinamento composto pelos dados de 129 árvores, 64 árvores para validação cruzada do treinamento e o restante para avaliação do teste, sendo que após o modelo estar treinado e validado, foi aplicado o aprendizado para a estimativa do percentual de copa para as 258 árvores.

A RNA utilizada foi do tipo *Multi-layer Perceptron* (MLP), aplicada no *software* MATLAB 2014a com a neural network *toolbox*. O algoritmo de treinamento foi o de retropropagação de Levenber-Marquardt, função de ativação tangente sigmoidal e taxa de aprendizado fixado em 0,01. Testaram-se dez inicializações aleatórias dos pesos sinápticos. Os vetores de entrada foram normalizados a fim de melhorar a convergência (FU, 1994).

A arquitetura da RNA foi constituída de três camadas, tendo a camada de entrada, uma única camada oculta e a camada de saída. O número de neurônios na camada de entrada foi igual ao número de vetores de entrada. Para a camada oculta o número de neurônios variou em amplitude de 5 em torno do número de neurônios satisfatórios (HEATH, 2010), e a camada oculta foi constituída de um único neurônio correspondendo a porcentagem de copa.

O primeiro tratamento foi composto de todas as variáveis mensuradas em campo (DAP, hic, h, RC<sub>médio</sub>), realizado o treinamento, validação e teste, foi utilizado o peso do melhor resultado para a análise da contribuição relativa, determinando dessa forma o vetor com menor contribuição, o qual foi excluído do próximo tratamento. Este processo teve sequência até restar apenas um vetor, dado como o mais importante para a RNA na modelagem.

A análise da contribuição relativa consiste em ponderar as variações dos valores absolutos dos pesos entre os vetores da camada de entrada e da camada de saída, buscando determinar a relevância relativa de cada vetor utilizado na camada de entrada (GARSON, 1991). A eficácia da modelagem foi medida sobre os resíduos da porcentagem de copa simulada em relação à porcentagem de copa mensurada. Os índices utilizados foram o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE) e % de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz de correlação linear (Tabela 1) entre as variáveis mensuradas no povoamento de *Araucaria angustifolia* apresentou correlações negativas e positivas significativas (-0,75 a 0,84) o que serve de indicador do nível de dependência das mesmas.

Tabela 1- Correlação linear de Pearson entre as variáveis mensuradas.

Table 1 - Pearson linear correlation between the measured variables.

	DAP	h	hic	rc	pc%
DAP	1,00				
h	0,53	1,00			
hic	0,50	0,84	1,00		
rc	0,59	0,35	0,40	1,00	
pc%	-0,23	-0,29	-0,75	-0,29	1,00

Sendo: DAP: diâmetro a altura do peito; h: altura total; hic: altura de inserção de copa; rc: raio de copa; pc%: percentual de copa.

A correlação entre a altura de inserção de copa e o percentual de copa é forte e negativa (-0,75), indicando que na medida em que aumenta a altura de inserção de copa decresce a porcentagem de copa. O mesmo comportamento é observado para o DAP, ou seja, aumenta o DAP e decresce o percentual de copa, e da mesma forma para a altura total e para o raio de copa. Árvores com mais idade tendem a ter menores valores de pc%, e conseqüentemente há uma redução nas taxas fotossintéticas como também nas taxas de incremento. De acordo com Santos et al. (2012), a copa é composta por vários elementos, caracterizando-se como responsável pelos processos de crescimento e produção de uma árvore. Assim, os parâmetros como o diâmetro e percentual de copa estão fortemente correlacionados com esses processos.

Durlo (2001) constatou que a altura de inserção de copa, o diâmetro e a porcentagem de copa aumentam à medida que as árvores crescem. Para Durlo e Denardi (1998) a porcentagem de copa é além de um indicativo de concorrência, indicador da vitalidade das árvores.

A maior correlação do DAP é com o raio de copa (0,59), seguido da altura total (0,53). A correlação linear mais significativa é observada entre a altura total e altura de inserção de copa (0,84). A eficácia da RNA na estimativa do percentual de copa foi avaliada sobre 4 tratamentos, variando-se a composição dos conjuntos de vetores (Tabela 2). O primeiro tratamento consistiu na utilização de todos os vetores, os tratamentos seguintes incluíram os vetores com maior contribuição relativa.

Tabela 2 – Índices de eficácia da simulação da porcentagem de copa pela RNA para o sub-conjunto de treinamento e teste para cada um dos tratamentos.

Table 2 - Effectiveness index of simulation percentage of crown by RNA for the subset of training and testing for each of the treatments.

N	Tratamento: conjunto de vetores de entrada	Número de neurônios entrada/intermediária /saída	Treinamento da MLP		Teste	
			$R^2$	RMSE	$R^2$	RMSE
1	DAP, hic, h, rc	4/4/1	0,999	0,322	0,999*	0,174
2	hic, h, rc	3/6/1	0,999	0,288	0,999*	0,186
3	hic, h	2/4/1	0,999	0,297	0,999*	0,168
4	Hic	1/9/1	0,645	9,229	0,748*	9,153

\* p-valor (0,005)

Sendo: DAP: diâmetro à altura do peito; hic: altura de inserção de copa; rc: raio de copa médio.

Mais de 100 treinamentos foram realizados para cada tratamento, variando-se o número de neurônios na camada oculta e os valores aleatórios de pesos sinápticos. A RNA obteve no treinamento  $R^2$  superior a 0,645, já para a fase de teste o  $R^2$  foi superior a 0,748 para a estimativa do percentual de copa.

Dos vetores utilizados para compor a camada de entrada da RNA (tratamento 1) o vetor correspondendo ao DAP foi o que apresentou menor contribuição relativa (Figura 1), não sendo utilizado para a composição do tratamento 2. Com o treinamento da combinação 2, o vetor de menor contribuição para o aprendizado da RNA foi o raio de copa médio (Figura 1), sendo retirado para a composição do tratamento 3. O vetor com maior contribuição para a modelagem foi a altura de inserção de copa que sozinho alcançou  $R^2$  de 0,748 na fase de teste, seu desempenho pode ser justificado pela forte correlação negativa entre estas variáveis.

O tratamento 1, 2 e 3 obteve tanto para a fase de treinamento, quanto de teste  $R^2$  de 0,999, indicando que não é necessária a mensuração de todas estas variáveis, sendo possível estimar a porcentagem de copa com a mesma precisão utilizando apenas a altura total e a altura de inserção de copa.

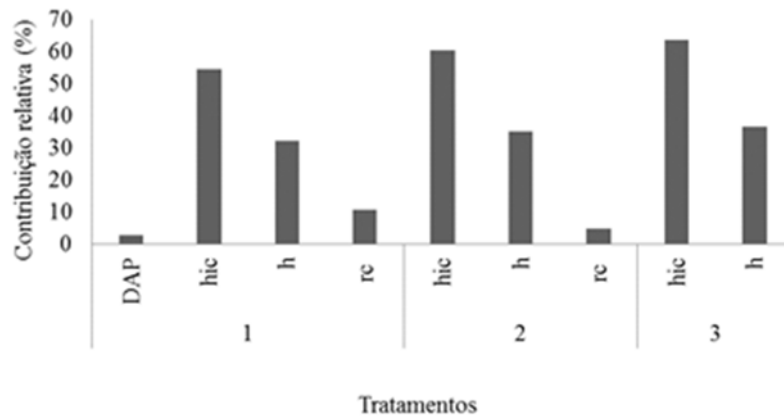


Figura 1 – Análise da contribuição relativa de cada vetor para cada um dos tratamentos.  
Figure 1 - Analysis of the relative contribution of each vector for each of the treatments.

A hic apresentou destaque em sua contribuição relativa em todos os tratamentos, sendo superior a 50%, seguido da altura total com contribuição acima de 30%. O DAP foi a variável que menos contribuiu com a estimativa da porcentagem de copa, seguido do raio de copa médio. Este comportamento é justificado por estas variáveis apresentarem menor correlação linear com a porcentagem de copa.

Na Figura 2 é possível observar os resíduos entre a porcentagem de copa mensurada e a estimada pela RNA.

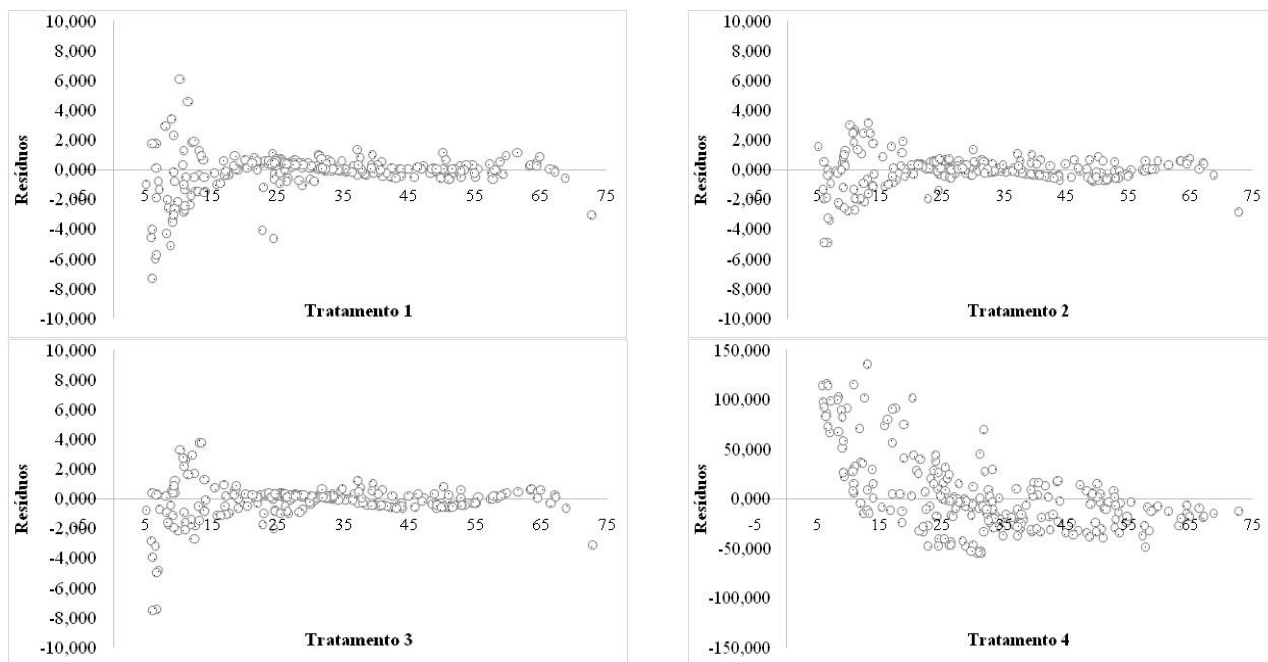


Figura 2 – Análise de resíduos (erro %) para os 4 tratamentos.  
Figure 2 - Waste Analysis (% error) for 4 treatments.

O comportamento dos resíduos nos tratamentos 1, 2 e 3 é semelhante, entretanto, no tratamento 2 os resíduos são mais próximos de 0 e os resíduos do tratamento 3 apresentam uma média menor. O tratamento 4 apesar de apresentar um  $R^2$  de 0,748, os resíduos apresentam valores altos, coerentes com o RMSE de 9,153. Desta forma, o conjunto de vetores utilizado no tratamento 3 mostrou-se o mais eficiente na estimativa do percentual de copa, tendo como variáveis de entrada a altura de inserção de copa e altura total, e assim confirmando a viabilidade do uso da RNA para essa finalidade.

Através dos resultados obtidos é possível afirmar que, com o auxílio da RNA, assumindo-se como variáveis de entrada somente os valores de  $h_{ic}$  e  $h$ , consegue-se estimar o percentual de copa da araucária na região de estudo, no intuito de facilitar a aquisição de dados que possam contribuir para o entendimento da dinâmica da espécie e das florestas, bem como fomentar o emprego de técnicas adequadas de manejo florestal.

## CONCLUSÕES

A utilização da rede neural artificial para estimar a porcentagem de copa da araucária no Planalto Catarinense mostrou-se viável e eficiente. As variáveis que mais contribuíram para a modelagem foram altura de inserção de copa e altura total. O DAP e o raio de copa médio não demonstraram uma contribuição significativa com a modelagem, podendo-se ignorá-los neste caso.

Há uma forte relação entre a altura total, altura de inserção de copa e raio de copa médio com a porcentagem de copa nos povoamentos. Dessa forma, apenas com a mensuração da altura de inserção de copa e altura total das árvores é possível realizar estimativas precisas sobre o percentual de copa de araucária no Planalto Catarinense.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSMAN, E. **Waldertargskunde**. München: Bayr. Landw, 1961. 490 p.
- BINOTI, M. L. M. S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- BRAGA, A. P. et al. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 226 p.
- BURGER, H. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. **Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen**, Wesen, v.21, p.147-176, 1939.
- COELHO, L. S. et al. Previsão não-linear dos preços de troncos de eucalipto baseada em uma abordagem neuroevolutiva. **Gestão & Produção**, v. 14, n. 1, p. 139-154, 2007.
- DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89, dez. 2004.
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabraela canjerana* (Well.) Mart. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.141-149, 2001.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabraela canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p.55-66, 1998.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. 2002.
- FU, L. **Neural networks in computer intelligence**. New York: McGraw-Hill, 1994.
- GARSON, G. D. Interpreting neural-network connection weights. **Artif. Intell. Expert** 6, p. 47-51, 1991.
- GORGENS, E. B. et al. Estimativa do volume de árvores utilizando redes neurais artificiais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1141-1147, 2009.
- HEATH, G. E. **Training, testing and validating data set in Neural Network**. 2010. Disponível em: [http://www.mathworks.com/matlabcentral/newsreader/view\\_thread/295781#917734](http://www.mathworks.com/matlabcentral/newsreader/view_thread/295781#917734). Acesso em: 04 de jul. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**, 2012. 2v.
- NUTTO, L. et al. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 42, p. 110-122, jan./jun. 2001.
- NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.2, p.9-25, dez. 2001.
- PADOIN, V.; FINGER, G. A. C. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 95-105, 2010.

SANTOS, N. C. M., BERG, V. E., TEODORO, S. G., COELHO, O. A. G., FONTES, L. A. M. Comportamento da copa e relações alométricas de três espécies arbóreas em corredores e bordas florestais. **Revista brasileira de Biociências**, v. 10, p. 322-326, 2012.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, 2000. 195 p.

SPATHELF, P.; NUTTO, L.; SELING, I. Condução do crescimento em diâmetro de *Eucalyptus grandis* com base em árvores individuais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, **Anais...** 2000.

ESTIMATIVA DO PERFIL DO FUSTE E DO VOLUME TOTAL PARA *Pinus oocarpa* SCHIEDE

STEM PROFILE AND TOTAL VOLUME ESTIMATION FOR *Pinus oocarpa* SCHIEDE

Isis Melo Dias<sup>1</sup> Sebastião do Amaral Machado Edilson Urbano

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar métodos de estimativa de diâmetros ao longo do fuste e de volume total com casca de indivíduos de *Pinus oocarpa* Schiede. Os dados foram obtidos em plantios de *Pinus oocarpa* com sete anos de idade, coletados no município de Agudos, São Paulo. A estimativa de di foi realizada por meio das funções de afilamento de Kozak et al. (1969) modificada, Schöepfer (1966) e Hradetzky (1976). Os volumes rigorosos dos fustes foram obtidos por meio do método de Smalian e a estimativa do volume total foi realizada através do ajuste do modelo volumétrico de Schumacher e Hall (1933), bem como das funções de afilamento utilizadas na estimativa de di. Os critérios estatísticos empregados para escolha do melhor ajuste foram o Coeficiente de Determinação Ajustado, o Índice de Ajuste de Schlaegel e o Erro Padrão da Estimativa, além da análise gráfica dos resíduos. Os resultados indicaram que o modelo de Hradetzky foi o mais adequado para a descrição do perfil do fuste. A equação de Schumacher e Hall ajustada mostrou-se superior às funções de afilamento, apresentando os melhores resultados para estimar o volume total do fuste.

**Palavras-chave:** Afilamento, volume, sortimento.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate methods for estimating diameters along the stem and total volume outside bark of *Pinus oocarpa* Schiede trees. Data were obtained from a seven years old *Pinus oocarpa* plantations, located in Agudos, São Paulo. The estimation of diameters was done using the taper functions: Kozak et al. (1969) modified, Schöepfer (1966) and Hradetzky (1976). The observed volumes of the stems were obtained by the Smalian method and the estimate of the total volume was done by adjusting the volumetric model of Schumacher and Hall (1933) and the taper functions used to diameters estimate. Statistical criteria used to choose the best fit were the Adjusted Determination Coefficient, Schlaegel Adjustment Index, Standard Error of Estimate and the graphic analysis of residuals. The results indicated that the Hradetzky model was the most appropriate to describe the stem profile. The equation from Schumacher and Hall set was superior to taper functions, with the best results to estimate the total volume of the stem.

**Keywords:** Taper, volume, assortment.

INTRODUÇÃO

As florestas plantadas apresentam grande importância para o setor madeireiro, uma vez que são a principal fonte de suprimento de madeira das cadeias produtivas de relevantes segmentos industriais. Segundo Husch et al. (1982), o volume tem sido, e continuará a ser, a medida mais utilizada para quantificar madeira. O volume de árvore tem sido estimado com certa facilidade e acuracidade, empregando-se equações de volume (FIGUEIREDO FILHO et al., 1993). Segundo Machado et al. (2008), na área florestal, as relações entre as variáveis dependentes e independentes das equações de volume são obtidas através da análise de regressão.

De acordo com Silva et al. (2011), em virtude das variações na forma do tronco, que podem sofrer influência de fatores genéticos, ambientais e dos tratamentos silviculturais, o cálculo de volume de uma árvore é feito a partir do somatório dos volumes de pequenas partes da mesma, visando diminuir os erros provenientes da alteração da forma. O afilamento do fuste das árvores é definido pelo decréscimo natural do diâmetro desde a base da árvore até o topo e possui influência direta no volume de madeira, conhecimento que é fundamental para o inventário florestal e para o sortimento de produtos madeireiros (MIGUEL, 2009).

Segundo Ahrens e Holbert (1981), uma função de afilamento é uma descrição matemática do perfil longitudinal de um tronco, o seu volume pode ser obtido por integração dessa função e assim, em termos geométricos, o tronco é tratado como um sólido de revolução. Esses autores citam ainda que, uma vez definido um modelo matemático para forma, torna-se possível determinar o volume de madeira entre quaisquer pontos ao

<sup>1</sup> Autor para correspondência.

Engenheira Florestal, mestranda em Engenharia Florestal - UFPR. E-mail: isis.md@hotmail.com

longo do tronco e, assim, a natureza do algoritmo viabiliza a obtenção das estimativas de volumes necessárias à multiplicidade de usos da madeira.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar métodos de estimativa de diâmetros ao longo do fuste e métodos de estimativa de volume total com casca de indivíduos de *Pinus oocarpa* Schiede por meio de funções de afilamento e equação de volume.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização e localização da área de estudo

Os dados foram obtidos em plantios de *Pinus oocarpa* localizados na região sudoeste do estado de São Paulo, no município de Agudos. De acordo com Golfari et al. (1978), esta região apresenta periodicidade de chuvas, invernos secos com deficiência hídrica, precipitação anual entre 1100 e 1400 mm, geadas pouco frequentes e temperatura média entre 16 e 19°C. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, submontano ou subtropical moderado úmido, sendo caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente. A altitude é de aproximadamente 900 metros.

### Coleta e processamento dos dados

Foram amostradas 100 árvores de um plantio com sete anos de idade, sem desbaste. Utilizando o método de Smalian os diâmetros com casca foram mensurados ao longo dos fustes com intervalos fixos até um diâmetro mínimo de 3,0 cm, sobrando a ponta que teve comprimentos variáveis. Foram também medidos os diâmetros à altura do peito (DAP), bem como a altura total (h).

### Estimativa de diâmetro ao longo do fuste

Foram testadas três funções de afilamento, quais sejam: Kozak et al. (1969) modificada (Polinômio de Segundo Grau), Schöepfer (1966) (Polinômio de Quinto Grau) e Hradetzky (1976) (Polinômio de Potências Fracionárias), os quais são apresentados nas fórmulas 1, 2 e 3, respectivamente.

$$\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h_t}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^2$$

$$\frac{d_i}{dap} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h_t}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^3 + b_4 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^4 + b_5 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^5$$

$$\frac{d_i}{dap} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{p1} + b_2 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{p2} + b_3 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{p3} + \dots + b_n \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{pn}$$

Onde:  $d_i$  - diâmetro na altura  $i$  (cm);  $DAP$  - diâmetro a 1,30 m do solo (cm);  $h_i$  - altura  $i$  (m);  $h_t$  - altura total (m);  $b_i$  - coeficientes do modelo;  $pn$  - potência selecionada para o modelo.

A determinação dos coeficientes das equações dos polinômios de Segundo e Quinto Grau foi realizada por meio de regressão linear utilizando software Microsoft Excel 2010. Já para o ajuste do modelo de Hradetzky, os coeficientes e as potências foram obtidas a partir do procedimento "Stepwise", o qual testou a significância dos coeficientes para as potências do grau 0,005 ao 25. O procedimento foi realizado utilizando o Software SAS 9.0 (*Statistical Analysis System*).

### Estimativa de volume total

Os volumes individuais com casca das 100 árvores cubadas foram obtidos pelo método de Smalian, o qual é apresentado na fórmula 4.

$$v = \sum \frac{g_i + g_{i+1}}{2} * l + \frac{gn * lp}{3}$$

Onde:  $v$  - volume total da árvore;  $g$  - área transversal na base do torete;  $l$  - comprimento do torete;  $lp$  comprimento da ponta.



Para a estimativa do volume total foi utilizado o modelo proposto por Schumacher e Hall (1933), como mostra a fórmula 5.

$$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \ln h$$

Onde:  $v$  – volume total estimado;  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  – coeficientes do modelo;  $d$  – diâmetro à altura do peito (DAP);  $h$  – altura total e  $\ln$  – logaritmo neperiano.

O volume total estimado por meio das funções de afilamento foi determinado utilizando as funções supracitadas para a estimativa dos diâmetros ao longo do fuste. As funções de afilamento estimam di/DAP e, desse modo, os volumes foram obtidos a partir da integração das funções.

### Análises estatísticas

A qualidade do ajuste das funções de afilamento para a estimativa dos diâmetros ao longo do fuste dos indivíduos de *P. oocarpa* foi avaliada através do Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Erro Padrão da Estimativa em porcentagem ( $S_{xy\%}$ ) e da análise gráfica dos resíduos. As estimativas do volume total com casca estimadas por meio da equação de volume e das funções de afilamento foram comparadas com os valores obtidos pela equação de Smalian. De acordo com Machado et al. (2008), o  $R^2_{aj}$  não pode ser recomendado para comparação de modelos com variáveis dependentes diferentes, sendo necessário, portanto, um reajuste, utilizando uma estatística semelhante ao Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) chamada de Índice de Schlaegel. Ressalta-se que, no caso de equações não transformadas, o IA assume o mesmo valor do  $R^2_{aj}$ . Além do IA, foi avaliado o Erro Padrão da Estimativa em porcentagem ( $S_{xy\%}$ ), e a análise gráfica do comportamento dos resíduos. As fórmulas são apresentadas abaixo:

$$S_{xy\%} = \frac{S_{xy}}{\bar{y}} * 100$$

$$R^2_{aj} = 1 - \left[ (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p-1} \right]$$

$$IA = 1 - \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$$

Onde:  $S_{xy}$ : é o erro padrão da estimativa;  $S_{xy\%}$ : é o erro padrão da estimativa em porcentagem;  $\bar{y}$ : é a média aritmética da variável dependente;  $R^2_{aj}$ : coeficiente de determinação ajustado;  $R^2$ : coeficiente de determinação múltipla;  $n$ : número de observações da amostra;  $p$ : número de coeficientes;  $\hat{y}_i$  – valor estimado da variável dependente;  $\bar{y}$  – média aritmética da variável dependente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o modelo de Hradezky, foi realizada a seleção das potências por meio do software SAS 9.0, utilizando o procedimento “Stepwise”. As potências selecionadas para o conjunto dos dados analisados foram: 0,02; 3 e 10. As estatísticas de ajuste e os coeficientes estimados para cada um dos modelos testados estão apresentados na Tabela 1.

Considerando a estimativa de di, todos os modelos proporcionaram ajustes satisfatórios de acordo com o  $R^2_{aj}$ , para os quais os valores variaram de 0,91 a 0,97. No entanto, quando avaliado o  $S_{yx}$ , o modelo de Kozak modificado proporcionou o maior erro (19,2%). Os modelos de Schöepfer e Hradetzky apresentaram estatísticas semelhantes, porém o Polinômio de Potências Fracionárias proporcionou o menor erro, sendo o mais indicado para a estimativa de diâmetros ao longo do fuste para a base de dados.

A dispersão gráfica dos resíduos para as equações avaliadas pode ser observada na Figura 1.

Corroborando com as estatísticas supracitadas, observa-se que o modelo de Kozak modificado não apresentou uma distribuição satisfatória em toda a estimativa, havendo tendenciosidade em subestimar os diâmetros na medida em que a relação hi/HT foi maior. Os modelos de Schöepfer e Hradetzky apresentaram uma distribuição de resíduos semelhante. Verifica-se que, para ambos, houve heterocedasticidade da variância, com

maiores erros na medida em que a relação  $hi/HT$  foi maior. Entretanto o modelo de Hradetzky acarretou na menor ocorrência de outliers, sendo ligeiramente mais adequado que o modelo de Schöpfer para a estimativa de di.

Tabela 1 - Coeficientes e estatísticas de ajuste e precisão para as variáveis diâmetro e volume total  
Table 1 - Coefficients and fit and precision statistics for the diameter and total volume

Modelo	Coeficientes	Diâmetro		Volume total		
		R <sup>2</sup> aj	Syx%	IA*	Syx%	
Kozak et al. (1969) modificado	b1	-3,5916	0,91	19,2	0,96	12,7
	b2	1,9597				
Schöpfer (1966)	b0	1,4567	0,97	9,2	0,94	15,0
	b1	-6,7948				
	b2	29,4301				
	b3	-63,0819				
	b4	61,0596				
Hradetzky (1976)	b5	-22,0710				
	b0	9,0953	0,97	9,1	0,96	12,5
	b1	-8,4758				
	b2	-0,6685				
	b3	0,0496				
Schumacher-Hall (1933)	b0	-9,7908	-	-	0,97	11,1
	b1	1,7453				
	b2	1,1162				

Legenda: R<sup>2</sup>aj – Coeficiente de Determinação Ajustado; IA – Índice de ajuste de Schlaegel; Syx – Erro Padrão da Estimativa; \* IA = R<sup>2</sup>aj para as equações não transformadas

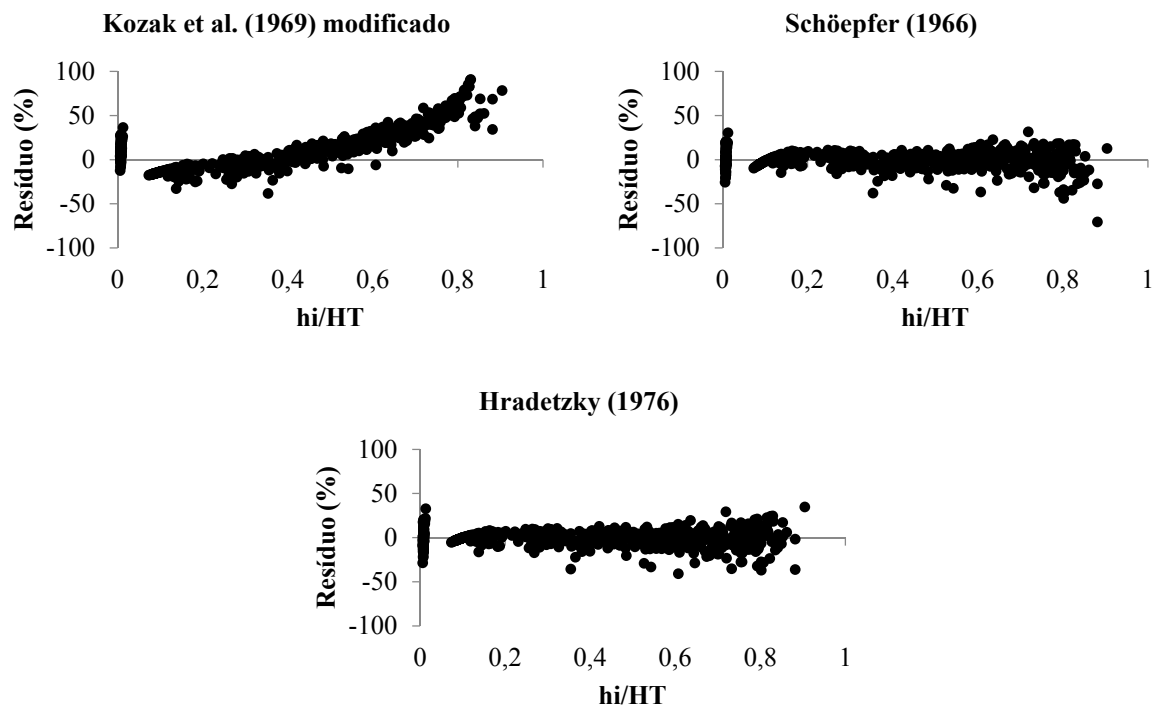


Figura 1 - Dispersão dos resíduos de diâmetro ao longo do fuste em função de  $hi/HT$ (cm)  
Figure 1 - Residual dispersion of diameter along the stem in  $hi$  function /  $HT$  (cm)

Fischer et al. (2001) destacam a utilização do modelo de Hradetzky para descrever o perfil do fuste de *Pinus taeda* na região nordeste do Paraná por ter apresentado estimativas mais acuradas para o conjunto de dados.

Para Silva et al. (2011) esse modelo apresentou os melhores resultados para estimar o diâmetro ao longo do fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Ainda, de acordo do Téo et al. (2013), o Polinômio de Potências Fracionárias apresentou o melhor desempenho para estimar o diâmetro com e sem casca ao longo do fuste das árvores para *Pinus elliottii* em diferentes idades. Einfeld et al. (2008), citam que o mix de potências fracionárias e inteiras do modelo de Hradetzky representou todas as porções de indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

No tocante a estimativa do volume total com casca dos indivíduos, nota-se que todos os modelos proporcionaram ajustes satisfatórios de acordo com o IA, sendo que este variou entre 0,94 e 0,97. Para o modelo volumétrico de Schumacher e Hall, verificou-se que as variáveis independentes dos modelos, DAP e altura, explicam 97% da variabilidade do volume total com casca dos indivíduos de *P. oocarpa*. Além de proporcionar o maior Índice de ajuste de Schlaegel, o modelo volumétrico de Schumacher-Hall proporcionou o menor erro padrão da estimativa (11,1%), quando comparado com as funções de afilamento.

As equações de volume foram especificamente desenvolvidas para a estimativa do volume total de árvores, enquanto que as funções de afilamento, por sua vez, são utilizadas para melhor representar o perfil do fuste e, através da integração da função, obter-se o volume total de árvores. De acordo com Einfeld et al. (2008), a maior parte dos estudos dedicados às funções de afilamento trata do ajuste de diâmetros ao longo do fuste e do volume como se uma mesma função estimasse com a mesma acurácia as duas variáveis, entretanto, um modelo que estime diâmetros satisfatoriamente não fornece, necessariamente, estimativas confiáveis de volume.

Ao avaliar apenas as funções de afilamento, verifica-se que o modelo de Hradetzky apresentou-se mais adequado, no entanto, ainda inferior ao modelo de Schumacher-Hall. A superioridade do Polinômio de Potências Fracionárias de Hradetzky em detrimento das demais funções de afilamento pode ser explicada pelo fato de que as potências do polinômio são determinadas com base nos dados do ajuste, por meio do procedimento Stepwise. Esse procedimento seleciona o conjunto de variáveis independentes que produz a melhor regressão, levando em consideração os valores mais elevados da estatística F (MIGUEL, 2009).

A dispersão gráfica dos resíduos para as equações avaliadas pode ser observada na Figura 2.

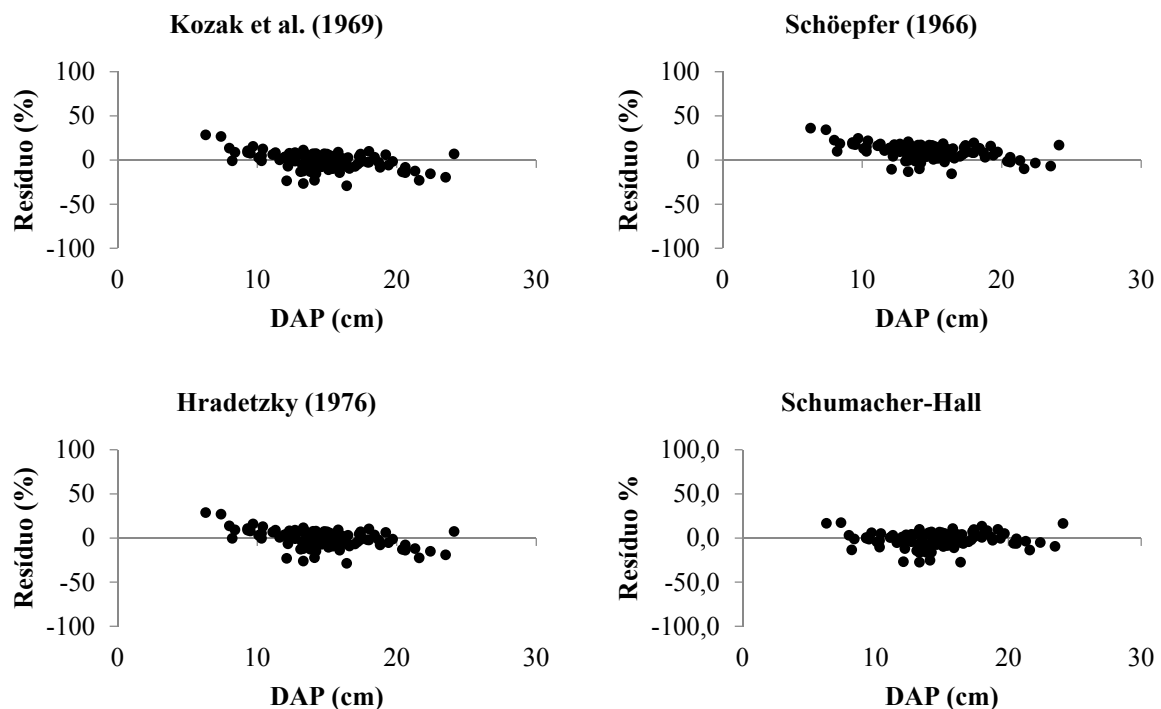


Figura 2 - Dispersão dos resíduos de volume total com casca em função do DAP (cm)

Figure 2 - Dispersion of the total volume versus DBH outside bark (cm)

Verifica-se que as funções de afilamento apresentaram tendenciosidade em subestimar os volumes, sobretudo nas menores classes DAP. A equação de volume de Schumacher e Hall, por sua vez, não apresentou tendenciosidade ou heterocedasticidade ao longo da linha estimativa, corroborando com os resultados das estatísticas de ajuste.

## CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que o modelo de Hradetzky foi o mais adequado para a descrição do perfil do fuste, acarretando em maior Coeficiente de Determinação Ajustado e menor Erro Padrão da Estimativa. Considerando o volume total com casca, a equação de Schumacher e Hall ajustada mostrou-se superior às funções de afilamento, apresentando os melhores resultados para os indivíduos de *Pinus oocarpa*, gerando maior precisão das estimativas e as melhores estatísticas de ajuste.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, S.; HOLBERT, D. Uma função para forma de tronco e volume de *Pinus taeda* L. In: **Boletim de Pesquisa Florestal**, unidade regional de pesquisa florestal Centro-Sul, EMBRAPA, v. 3, p. 37 - 68, 1981 do tronco de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 167-188, 2001.
- EISFELD, R. L.; VIGOLO, D. Z.; SANQUETTA, C. R.; MELLO, A. A. Modelo de Hradetzky aplicado à estimativa do volume total para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 51-66, jan./abr, 2008.
- Exatidão dos modelos polinomiais não segmentados e das razões entre volumes para representar o perfil FIGUEIREDO FILHO, A; C.G.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. Conversão de equações de volume em equações de forma compatíveis para *Pinus elliotti*. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado: anais**. São Paulo: SBS; [S.I.]: SBEF, 1993. V. 2, p.501-503.
- FISCHER, F.; SCOLFORO, J. R. S.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MELLO, J. M.; MAESTRI, R. **Forestalis**, v. 39, n. 91, p. 367 - 376, 2011
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p.
- HRADEZKY, J. **Analysis und interpretation statistisher abränger keiten (Biometrische Beiträge zu aktuellen forschungs projekten)**. Baden - Württemberg Mitteilungen der FVA, Helf 76, 1976. 146 p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 1982.
- KOZAK, A.; MUNRO, D. P.; SMITH, J. H. G. **Taper functions and their application in forest inventory**. Forest Chronicle, Toronto, v. 45, n. 4, p. 278 - 283, 1969.
- MACHADO, S. A.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; TÊO, S. J.; STOLLE, L.; URBANO, E. Modelagem volumétrica para bracatinga (*Mimosa scabrella*) em bracatingais nativos. **Pesquisa Florestal Brasileira** (Online), v. 56, p. 17-27, 2008.
- MIGUEL, E.P. **Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (S. T. EBlake) na região norte do Estado de Goiás**. 2009. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba PR.
- SCHOEPFER, W. **Automatisierung des massen, sorten und wertberechnung stenender waldbestände schriftenreihe Bad**. Koblenz: Wurt-Forstl, 1966.
- SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.
- SILVA, F. da; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. Equações de afilamento para descrever o TÊO, S. J.; MARCON, A.; EHLERS, T.; BIANCHI, J. C.; PELOSO, A.; NAVA, P. R.; COSTA, R. H. Modelos de afilamento para *Pinus elliottii* em diferentes idades, na região de Caçador, SC. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 439-452, 2013.
- volume total do fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro. **Scientia**

**ESTIMATIVA DO VOLUME E DENSIDADE DE ÁRVORES EM POVOAMENTOS DE *Eucalyptus grandis* A PARTIR DE DADOS ESPECTRAIS**

**ESTIMATE OF VOLUME AND TREE DENSITY IN STANDS OF *Eucalyptus grandis* FROM SPECTRAL DATA**

Luis F. F. Costa<sup>1</sup> Elisiane Alba Eliziane P. Mello Emanuel A. Silva Juliana Tramontina Rudiney S. Pereira

**RESUMO**

O presente estudo visa a avaliação das imagens Landsat 8 na obtenção de estimativas confiáveis do volume e densidade populacional de plantios de *E. grandis*. Portanto, utilizaram-se 21 unidades amostrais de povoamentos de 18 anos, coletando os parâmetros dendrométricos: Diâmetro a Altura do Peito (DAP), altura total e densidade de árvores. Posteriormente, foi extraída a reflectância de superfície das bandas e índices de vegetação dos dados orbitais, sendo estudada a sua relação com as variáveis florestais, ajustando equações de estimativas por meio da seleção *forward*. Para os plantios com 18 anos, a equação ajustada explicou 87% da variabilidade do volume com as variáveis SAVI e NDVI presentes no modelo. Já a densidade populacional foi explicada pelos índices SR e DVI ( $R^2=0,56$ ). As propriedades espectrais das imagens apresentaram sensibilidade às variáveis dendrométricas, permitindo seu acompanhamento, justificando a aplicabilidade deste método.

**Palavras-chave:** Reflectância espectral; modelagem; volume de madeira.

**ABSTRACT**

This study aims at evaluate Landsat 8 images in obtaining of reliable estimates of the volume and tree density in plantations *E. grandis*. Therefore, was used 42 sampling unities of stands with 18 years, collecting the dendrometric parameters: Diameter at Breast Height, total height and tree density. Thereafter, was extracted the surface reflectance of the bands and vegetation indexes in the orbitals data, being studied their relationship with the forest variables, adjusting equation of estimates through of the method forward. For plantations with 18 years, adjusting equation explained 87% of the volume variability with the variables SAVI and NDVI present in the model. Already the population density was explained by indexes SR and DVI ( $R^2= 0.56$ ). The spectral properties of the images demonstrated sensitivity to variables dendrometric, allowing its monitoring accurately, justifying the applicability of this method.

**Keywords:** Spectral reflectance; modeling; wood volume.

**INTRODUÇÃO**

A crescente demanda por produtos florestais faz com que o setor produtivo busque tecnologias que proporcionem maiores informações sobre as características dos povoamentos, uma vez que, estas áreas demandam de monitoramento periódico para que se tenha um produto de qualidade. Deste modo, o sensoriamento remoto por meio das imagens orbitais e suas aplicações fornecem informações detalhadas sobre a estrutura e produtividade da vegetação, reduzindo os custos de mensuração das características a campo e maximizando a produtividade.

O conhecimento das variáveis dendrométricas de uma floresta é de extrema importância para nortear ações e intervenções apropriadas em um povoamento florestal, subsidiando as técnicas de manejo e o planejamento da exploração. Os dados coletados a campo permitem a sistematização das informações sobre os povoamentos, por meio de banco de dados geográficos, o qual permite a realização de mapas temáticos sobre o manejo, desbaste, corte raso, entre outros (Canavesi et al., 2010). A interação entre o sensoriamento remoto e informações de campo se estabelecem como ferramenta primordial, uma vez que as áreas florestadas ocupam grandes extensões, dificultando o acesso em muitas delas.

As propriedades biofísicas da vegetação como estimativas de volume estocado, abundância, biomassa e distribuição na área de estudo são alguns dos parâmetros ambientais passíveis de serem detectados remotamente (Tucker, 1986). Estas estimativas são geralmente obtidas por modelos empíricos, ao utilizar valores de reflectância e dados medidos a campo. Parâmetros como o volume de madeira estocado são introduzidos como variáveis dependentes e podem ser preditos ou estimados utilizando dados contidos em imagens geradas por um sensor, os quais entram no modelo como variáveis independentes (Franklin, 2001).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Santa Maria, Brasil.

E-mail: flenikcosta@gmail.com

De encontro a isto, a série Landsat desde 1972 vem fornecendo imagens gratuitas de média resolução espacial e temporal, ancorando estudos relacionadas ao ambiente atmosférico nos diversos setores de pesquisa. Com o intuito de dar continuidade a este programa, em 2013 passou a operar o satélite Landsat 8. Porém, não é conhecido os alcances e limitações do uso destas imagens na obtenção de estimativas confiáveis de variáveis dendrométricas em plantios comerciais, uma vez que, esta tecnologia reduz os custos das atividades, especialmente em áreas extensas. Diante do exposto, este estudo visa a avaliação das propriedades espectrais das imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI, na obtenção de estimativas de volume e densidade de plantas em povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* com 18 anos de idade.

## MATERIAL E MÉTODOS

A imagem Landsat8/OLI foi adquirida para cobrir uma área de estudo de aproximadamente 120 hectares correspondente a plantios comerciais *Eucalyptus grandis*, o qual está localizado entre as coordenadas (32°41'36"S; 52°32'27"O) e (32°32'33"S; 52°23'04"O) ocupando uma faixa da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, ao sul do município de Rio Grande (Figura 1).

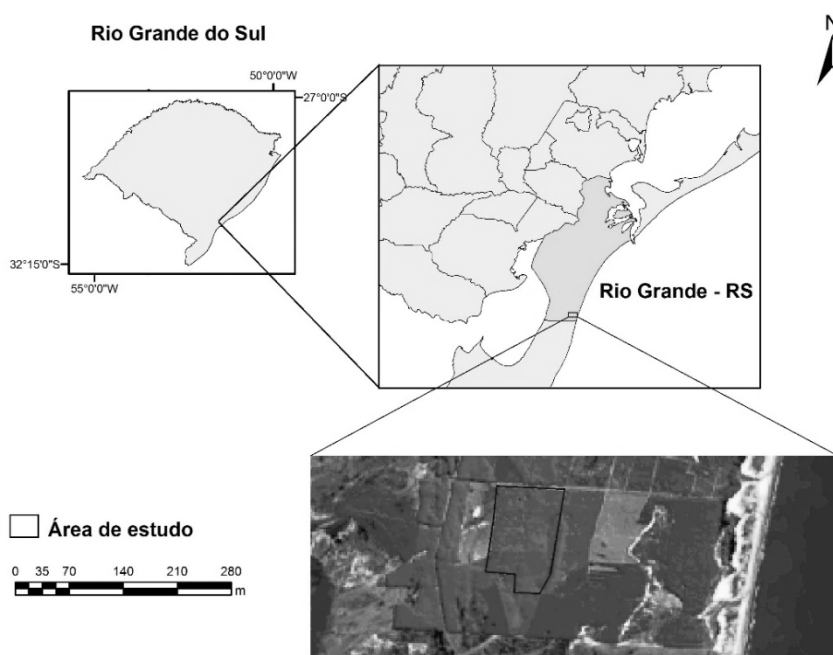


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Figure 1. Location map of study area.

Segundo classificação de Köppen o clima é Cfa1 com temperatura média anual de 16,5 °C a 18,0 °C. A precipitação média anual varia de 1 186 a 1 423 mm. Os solos tiveram origem de sedimentos quaternários do tipo Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 1990). Para Cunha et al. (1996) os solos da região apresentam características predominantemente arenosas, mal drenados e compoendo um relevo plano em toda a extensão, elevando-se apenas alguns metros do nível do mar.

O inventário florestal foi sistemático com alocação de uma unidade amostral (UA) a cada 5 hectares, utilizando GPS Garmim Etrex Legend® para a localização das mesmas, sob o sistema de coordenadas UTM datum SIRGAS-2000, cuja precisão foi menor que 10 m, sendo a coordenada tomada no centro da UA. Foram levantados dados das variáveis dendrométricas como Diâmetro à Altura do Peito (DAP), altura total e densidade dos indivíduos englobados pela UA, e posteriormente, obtido a variável volume de madeira (m<sup>3</sup>/ha).

Foram tomadas amostras em povoamentos de *Eucalyptus grandis* com 18 anos, totalizando 21 amostras, com dimensões de 21m x 30m. Os dados digitais foram obtidos a partir de imagem Landsat 8 (órbita-ponto 221/083) datada em 30 de agosto de 2013, data próxima à coleta das informações a campo. O pré-processamento das imagens originais iniciou pela conversão dos valores de nível digital em valores de reflectância superfície (Equação 1).

$$\rho = \frac{M_p * ND + A_p}{\text{Cos}(\text{Zen})} \quad (1)$$

Onde:  $\rho$  = refletância planetária;  $M_p$  = fator multiplicativo da banda específica;  $A_p$  = fator aditivo da banda específica;  $Q_{cal}$  = valores de pixel (DN);  $Zen$  = Ângulo zenital solar ( $=90^\circ$  - elevação solar).

Em estudos referentes a vegetação, utiliza-se de bandas transformadas e índices de vegetação com o intuito de obter relações com as propriedades biofísicas situadas no campo, por vezes, em difícil acesso (Jensen, 2009). Desse modo, após a correção radiométrica pelo método DOS, foram gerados os índices de vegetação: *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Simple Ratio* (SR), *Difference Vegetation Index* (DVI) e *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Os dados espectrais utilizados no estudo entraram no modelo como variáveis independentes, enquanto que o volume de madeira estocado ( $m^3/ha^{-1}$ ) e a densidade populacional ( $n/ha$ ) como variáveis dependentes.

### Análises estatísticas

O valor médio apresentado pelo *pixel* dentro de uma janela 1x1 (similar ao tamanho da UA) foi extraído a partir das bandas espectrais e índices de vegetação. Para este conjunto de dados, foram realizados o teste de Grubbs, a fim de detectar a presença de *outliers* entre as informações amostradas. A análise de regressão foi aplicada aos dados selecionados na análise de correlação com o volume.

Por meio da estimativa *Forward* foram selecionados os conjuntos de dados que mais contribuíram ao modelo proposto, já que este permite examinar a contribuição de cada variável independente para o modelo de regressão (Hair et al., 2006). Os modelos foram avaliados com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) e coeficiente de variação (CV). O grau de ajuste dos modelos selecionados para cada idade foi demonstrado por meio de gráficos de resíduos. A análise estatística foi desenvolvida no *Software R*, testando a homogeneidade de variância pelo teste de Bartlett, a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk e a independência pelo teste de Dubian Watson.

O mapeamento do volume e densidade de plantas foi realizado baseando-se nos parâmetros obtidos do modelo que melhor se ajustou aos dados no processo de modelagem. Assim, foram definidas 8 classes de volume (<200; 200 – 300; 300- 400; 400 – 500; 500 – 600; 600 – 700; 700 – 800; >800) e densidade (<600; 600 – 800; 800 – 1000; 1000 – 1200; 1200 – 1400; 1400 – 1600; 1600 – 1800; >1800).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise preliminar, não foi detectado a presença de *outliers* entre os dados amostrados a campo. No teste de condicionantes, os dados não apresentaram correlação em série e heterogeneidade de variância, seguindo a normalidade dos resíduos. As variáveis independentes foram testadas para a modelagem do volume de madeira e densidade de árvores por meio da regressão linear múltipla, em que o método *Forward* selecionou as variáveis espectrais que mais contribuíram ao modelo. A Tabela 1, demonstra as melhores combinações de variáveis, sendo estas avaliadas de acordo com os parâmetros estatísticos.

Tabela 1 - Modelos de regressão resultantes do método de seleção *Forward* para estimativas das variáveis.  
Table 1 - Regression models resulting from forward selection method for estimating of the variables.

Modelo de regressão	$F_{cal}$	$R^2_{aj}$	$S_{yx}$	$C_v$ (%)
Volume de madeira				
$V = -12919 + 8890(SAVI) + 8229(NDVI)$	57,17**	0,84	109,2	20,38
$V = -9739,4 + 14350,5(SAVI) - 429,3(B5)$	51,38**	0,82	114,3	21,33
Densidade populacional				
$N = -2615 + 209,5(SR) + 3283,5(DVI)$	11,60**	0,56	222,3	21,50
$N = -2349,3 + 263,0(SR)$	22,45**	0,52	221,5	21,42

\*\* Significância ao nível de confiança de 99%; V= Volume ( $m^3/ha^{-1}$ ); N= Densidade populacional (ha);  $R^2_{aj}$ = Coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$ = Erro padrão da estimativa;  $C_v$ = Coeficiente de variação.

Ao avaliar os escores estatísticos, observou-se que a combinação linear dos índices SAVI e NDVI melhor explicam o volume ( $R^2 = 0,84$ ), quando comparado com os demais índices de vegetação e bandas originais. Essas variáveis também foram selecionadas por outros autores ao estimar propriedades biofísicas utilizando diferentes sensores (Xavier, 1998; Goergen, 2014).

Esses resultados explicam-se em decorrências do índice SAVI considerar os efeitos do solo na resposta da vegetação, tornando-se assim, mais sensível as variações de exposição do solo, ocasionando melhor correlação com parâmetros biofísicos da vegetação, quando essa apresentar espaços vazios no dossel. Entretanto, o NDVI

está relacionado com o vigor vegetativo das plantas, sendo a relação da diferença da banda do vermelho com a do infravermelho próximo, assim quando associado a outras variáveis espectrais apresentam dados precisos para os povoamentos de *E. grandis* nas condições específicas da área de estudo.

Os parâmetros obtidos neste estudo foram superiores aos encontrados por meios indiretos desenvolvidos por diversos autores apresentando valores  $R^2=0,43$  quando relacionado o volume de uma floresta nativa com dados Landsat 5/TM por Mohammdi et al. (2010), e analisando povoamentos florestais em diferentes relevos Canavesi et al. (2010) obtiveram  $R^2$  entre 0,58 a 0,70. Os produtos IKONOS apresentaram  $R^2=0,34$  a 0,69 em estudos desenvolvidos por Thenkabail et al., (2003), resultados similares foram obtidos por Hall et al. (2006) utilizando dados do satélite Landsat 7/ETM+ ( $R^2=0,69$ )

A densidade populacional apresentou fraca correlação com a reflectância das variáveis orbitais. Entretanto, as melhores respostas foram obtidas por modelos que apresentam como variáveis independentes os índices de vegetação SR e DVI, explicando 56% da variabilidade dos dados a campo. Mohammdi et al. (2010) ao relacionar essa variável dendrométrica com dados de satélite, obtiveram como variáveis explicativas a banda do infravermelho próximo e do infravermelho médio, as quais explicaram 73,4 % da variabilidade dos dados testados. Franklin (1986) descreve que a medida que a cobertura florestal aproxima-se de 100% o sinal do sensor sofre efeito de saturação, visto que os parâmetros biofísicos continuam aumentando com o envelhecimento do povoamento, porém a resposta espectral recebida pelo sensor não é afetada, uma vez que é mais sensível ao grau de fechamento das copas.

A partir da distribuição dos resíduos é possível detectar que os maiores desvios estão associados a volumes superiores a 400m<sup>3</sup>/ha (Figura 2). Percebe-se que os desvios das estimativas de volume até 200m<sup>3</sup>/ha foram considerados baixos, evidenciando a interferência da idade no aumento da precisão das informações geradas pelo método. A modelagem da densidade populacional para os povoamentos comerciais da área de estudo, demonstrou que os menores resíduos situam-se em baixas densidades de até 800 ind/ha<sup>-1</sup>. No entanto, os desvios mais significativos estão associados a densidades superiores que 1000 n/ha<sup>-1</sup>.

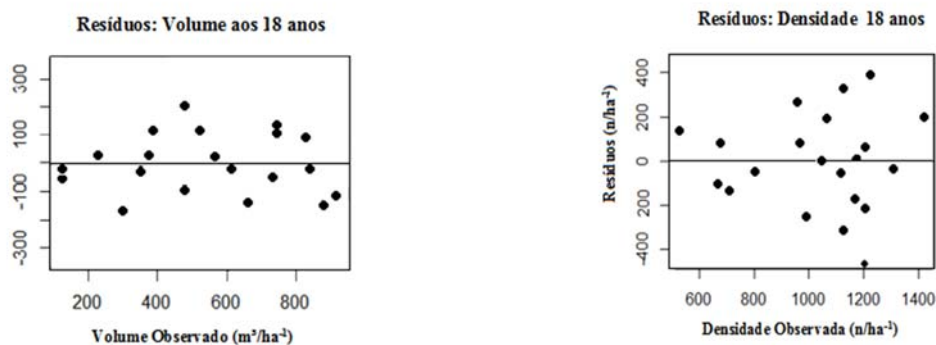


Figura 2 - Gráfico de resíduos dos modelos selecionados para estimativas de volume e densidade.  
Figure 2 - Residues graph of selected models for volume estimates and density.

O mapeamento das variáveis volume florestal e densidade foi baseado nos modelos selecionados na análise de regressão. As áreas com maior volume ou densidade estimada são reconhecidas pelas regiões mais escuras, enquanto as claras representam lacunas ou regiões de menor valor dentro dos povoamentos (Figura 3).

Os Plantios apresentam predominância de volumes inferiores a 200 m<sup>3</sup>/ha-1 englobando 26,53% da área amostrada. Apenas 17,3% da área apresenta volume superior a 800 m<sup>3</sup>/ha-1. O número de indivíduos por sua vez, é composto especialmente por densidades superiores a 1800 n/ha -1, a qual representa 25,79 % da área (Tabela 2).

O baixo volume encontrado nesses povoamentos, justifica-se pela área de estudo situar em sítios de baixa qualidade, com formação quartzarênica apresentando altas taxas de lixiviação dos nutrientes, o que retardou o seu desenvolvimento, e conseqüentemente a formação de estrutura de copa fechada. Salienta-se ainda, que esses povoamentos comerciais não foram submetidos a nenhum tipo de método silvicultural para melhoria das qualidades do produto final.

A Figura 4 demonstra o cruzamento dos planos de informações volume florestal e densidade de plantas para os povoamentos de 18 anos. Ao longo de nove classes de qualidade, esse plantio caracteriza-se por apresentar volume baixo associado a baixa densidade, abrangendo 39,57% da área total. Na sequência destaca-se com 29,69% a classe correspondente ao volume alto e média densidade.



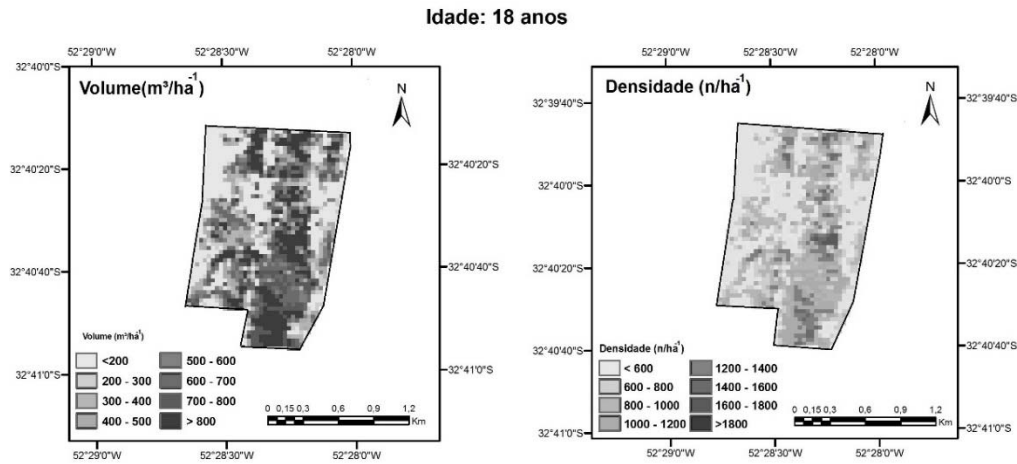


Figura 3 - Mapeamento do volume e densidade de plantas nas classes pré-definidas.  
 Figure 3 - Mapping the volume and density the plants in the predefined class.

Tabela 2 - Quantificação da área ocupada em cada classe nas estimativas de volume e densidade de árvores.  
 Table 2 - Quantification of the occupied area in each class in the volume estimates and density of trees.

Classes de Volume (m³/ha <sup>-1</sup> )	% da área 18 anos		Densidade (n/ha <sup>-1</sup> )	% da área 18 anos
< 200	26,53		< 600	12,05
200 - 300	4,97		600 - 800	17,37
300 - 400	8,07		800 - 1000	18,71
400 - 500	9,53		1000 - 1200	15,85
500 - 600	10,58		1200 - 1400	7,66
600 - 700	12,51		1400 - 1600	1,93
700 - 800	10,52		1600 - 1800	0,64
> 800	17,30		> 1800	25,79
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Observa-se que, os menores volumes estão localizados a oeste e leste dos talhões, explicando-se em decorrência das condições edáficas da área, uma vez que essas regiões consistem em sítios de menor qualidade, devido a maior concentração de areia próximo as bordas do talhão. No entanto, os maiores volumes estão associados, especialmente nas porções sul, centro e norte.

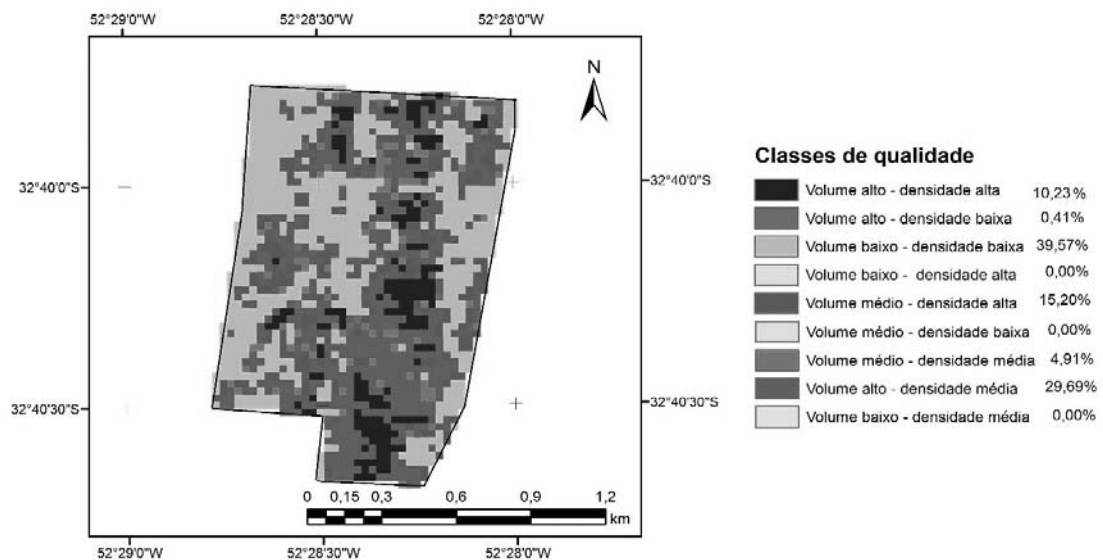


Figura 4 - Cruzamento do volume e densidade baseados nos valores estimados pelo modelo de regressão.  
 Figure 4 - Crossing volume and density based on the values estimated by the regression model.

## CONCLUSÕES

As propriedades espectrais das imagens do satélite Landsat 8 são sensíveis a detecção das características da cobertura florestal, permitindo o seu acompanhamento de forma precisa. Os índices de vegetação apresentaram correlação com variáveis a campo, explicando grande parte da variabilidade dos dados. Para povoamentos de *E. grandis* foram observadas fortes correlações do volume com os índices de vegetação SAVI e NDVI, desse modo a equação linear resultou um  $R^2$  de 0,84. A densidade de plantas, apresentou resultados inferiores ao do volume, respondendo a 56% da variabilidade dos dados. A aplicabilidade deste método na estimativa do volume para a área de estudo utilizando Landsat 8, foi comprovada baseado na análise das condicionantes, no erro padrão da estimativa, no coeficiente de determinação e na relação significativa ao nível de confiança de 99% apresentada por este método indireto.

Diante do exposto, conclui-se que esses dados orbitais podem ser utilizados na obtenção de informações sobre a estrutura da floresta, possibilitando diversas aplicações, vindo a contribuir na alocação de amostras de inventários florestais piloto, reduzindo os custos envolvidos na atividade. Apresenta utilidade também no acompanhamento espacial da vegetação ao longo do seu ciclo de vida, programando o manejo da área como a prática de desbaste, corte seletivo, alocação de estradas de extração no interior de talhões de forma a causar menor perda de matéria-prima. No entanto, cabe salientar que os resultados da estimativa destas variáveis estão associados as características da área de estudo, as quais interferem no padrão de crescimento da vegetação. Assim, pode ocorrer mudanças ao estudar um único povoamento, se o mesmo não apresentar homogeneidade em relação ao relevo, sitio, iluminação, manejo florestal, dentre outros.

## REFERÊNCIAS

- CANAVESI, V.; PONZONI, F. J.; VALERIANO, M. M. Estimativa de volume de madeira em Plantios de *Eucalyptus* spp. utilizando dados hiperespectrais e dados topográficos. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.539-549, 2010.
- CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J.; SEVERO, C. R. S. Estudos dos solos do município de Rio Grande. 1996, Pelotas. Rio Grande do Sul: Livro técnico; 1996.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1990. 431p.
- FRANKLIN, J. Thematic mapper analysis of coniferous forest structure and composition. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 10, p. 1287-1301, 1986.
- FRANKLIN, S. E. **Remote sensing for sustainable forest management**. Boca Raton: Lewis, 2001. 407p.
- GOERGEN, L. C. G. Uso da reflectância de imagens Landsat 5/TM na identificação de plantios de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus urograndis* e sua correlação com o volume de madeira. 2014. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.
- MOHAMMADI, J. et al. Modeling forest stand volume and density using Landsat ETM+ data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 31, n.11, p. 2959-2975, 2010.
- THENKABAIL, P. S. et al. Detecting floristic structure and pattern across topographic and moisture gradients in a mixed species Central African forest using IKONOS and Landsat-7 ETM+ images. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 4, p.255-270, 2003.
- TUCKER, C. J. Red and Photographic Infrared linear Combinations for monitoring Vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.8, p. 127-150, 1986.
- XAVIER, A. C et al. Estimativa de IAF de plantações de eucaliptos a partir de dados TM/Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 9., 1998, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. p. 1585-1596.

ESTRUTURA DE UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. APÓS SEGUNDO DESBASTE MECANIZADO

STRUCTURE OF *Pinus taeda* L. STAND AFTER SECOND MECHANIZED THINNING

Franciny Lieny Souza<sup>1</sup> Jean Alberto Sampietro Daiane Alves de Vargas Marcos Felipe Nicoletti

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a estrutura de um povoamento de *Pinus taeda* L. após segundo desbaste misto realizado de forma mecanizada. O estudo foi realizado em áreas de uma empresa em Otacílio Costa, SC, onde o povoamento já havia sido submetido a um primeiro desbaste aos 11 anos de idade, sendo o segundo desbaste efetuado aos 16 anos de idade. Na operação de desbaste, o sistema de colheita utilizado foi o de toras curtas, sendo o corte realizado por um *Harvester* e a extração pelo *Forwarder*. Foram instaladas 12 parcelas de 560 m<sup>2</sup> nas quais realizaram-se inventários antes e após o desbaste, sendo analisadas variáveis dendrométricas e a efetividade do peso de desbaste pelo método de Hart-Becking (S%). Também foram avaliados o estado das árvores remanescentes e a altura das bifurcações. Na operação foram desbastados cerca de 49 % dos indivíduos, principalmente da classe diamétrica inferior (6,87 à 18,06 cm). Desta forma, o diâmetro à altura do peito e volume individual médios foram superiores na condição pós desbaste e S% de 20,47, indicando que o desbaste foi realizado com êxito. Ainda, aproximadamente 7 % dos indivíduos estavam em não conformidade, e as alturas das árvores que apresentavam bifurcações não comprometeram a retirada das primeiras toras com qualidade. Portanto, o padrão de qualidade dessa operação está de acordo com o desejado.

**Palavras-chave:** manejo florestal; corte mecanizado; qualidade de povoamento remanescente.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the structure of a *Pinus taeda* L. stand second after cutting out mixed mechanized. The study was conducted in areas of a company in Costa Otacílio, SC, where the population had been subjected to a first thinning at 11 years old, the second thinning performed at 16 years of age. In the roughing operation, the harvesting system used was of short logs, the section being performed by a harvester and the forwarder extraction. 12 were installed 560 m<sup>2</sup> plots which were held in inventory before and after scraping dendrometric variables being analyzed and the effectiveness of thinning by weight Becking-Hart method (S%). They also evaluated the status of the remaining trees and the height of the forks. In the operation were trimmed about 49% of individuals, particularly of lower diameter class (6.87 to 18.06 cm), thus resulting in a diameter at breast height, individual volume average higher in post thinning condition and S% of 20.47, indicating that thinning was performed successfully. Still, about 7% of patients were in non-compliance, and the heights of the trees that had bifurcations not undertake the removal of the first quality logs. Therefore, the quality standard is that operation in accordance with desired.

**Keywords:** forest management; mechanized cutting; remaining settlement of quality.

INTRODUÇÃO

A utilização de espécies do gênero *Pinus* para suprir a falta de madeiras nativas é tradicionalmente empregada pelos setores moveleiro e da construção civil, sendo bastante intensa na região Sul, onde destacam-se *Pinus ellioti* var. *ellioti* e *Pinus taeda* L. (PEREIRA; TOMASELLI, 2004). A demanda por matéria prima de qualidade para o abastecimento da indústria da madeira está cada vez mais em ascensão. Sem oferta adequada, esta situação provoca uma valorização expressiva das florestas bem manejadas, as quais podem gerar lucros altos ao final de sua rotação (PADOIN, 2007). Entre os fatores que influem na produção qualitativa e quantitativa de madeira dos povoamentos florestais estão aqueles relacionados ao sítio, tratos silviculturais e, principalmente, à densidade da população (ELESBÃO; SCHNEIDER, 2011).

Dentre os tratos silviculturais englobados no manejo florestal destaca-se o desbaste (colheita parcial do povoamento), sendo que a realização do mesmo em florestas visa o aumento do espaço de crescimento das árvores remanescentes. Segundo Fishwick (1976), a área basal é um dos parâmetros mais úteis no controle do desbaste e

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal na Empresa Florestal Gateados Ltda, Mestranda em Engenharia Florestal na Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. E-mail: francinylieny@hotmail.com

na descrição de um povoamento, pois se relaciona matematicamente ao diâmetro a altura do peito médio (DAP) e ao número de árvores por hectare (N/ha), os quais são importantes fatores no manejo e simples de serem medidos acuradamente.

A eliminação de árvores defeituosas causa elevação na produção de árvores bem formadas e melhoramento na qualidade do tronco (ASSMANN 1970 apud PADOIN, 2007), o que, certamente, se traduz no aumento de seu valor comercial e, conseqüentemente, da renda do produtor ao final do ciclo (FINGER; SCHNEIDER, 1999). A partir do exposto e considerando que a colheita é a etapa do processo produtivo florestal que mais onera o custo total de produção de madeira no Brasil, nota-se que a implantação de um programa de qualidade na atividade passa a ter importância significativa, podendo-se conseguir retornos consideráveis em termos de melhoria de processo, redução dos custos e atendimento ao cliente (MACHADO, 2008). Os desbastes podem ter sua qualidade comprometida, em função da altura excessiva dos tocos e ainda pela permanência de indivíduos defeituosos e suprimidos.

Desta forma, considera-se que as operações de desbaste muitas vezes apresentam diversas limitações por fatores de ordem técnica e econômica, acarretando em altos custos operacionais e diminuição na taxa de retorno. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a estrutura de um povoamento de *Pinus taeda* L. após segundo desbaste misto realizado de forma mecanizada, visando servir de base para o monitoramento da qualidade das operações de desbaste.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em áreas de uma empresa na cidade de Otacílio Costa, região serrana de Santa Catarina. O clima da região segundo Köppen é caracterizado Cfb, mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca e geadas severas frequentes. A temperatura média anual varia de 13,8 a 15,8 ° C. A precipitação pluviométrica total anual pode variar de 1.360 a 1.600 mm e a umidade relativa do ar varia de 80 a 83% (FORMENTO et al., 2004; SANTA CATARINA, 2014).

Os plantios florestais são compostos por *Pinus taeda* L., com 16 anos de idade, os quais já haviam sido submetidos à um primeiro desbaste aos 11 anos de idade, apresentando, dessa forma, uma de densidade média de 969 árvores por hectare. O objetivo final da produção será laminação e serraria, com rotação estimada de 24 anos.

### Caracterização da operação de desbaste

Nas áreas foram efetuadas operações de desbaste misto (sistemático seguido de seletivo) por baixo, em sistema de colheita de toras curtas, onde um Harvester fazia a derrubada, desgalhamento e traçamento das árvores, e o Forwarder realizava o baldeio das toras do interior do talhão até a beira da estrada para o carregamento. Na operação eram cortadas e extraídas sistematicamente árvores a cada cinco linhas de plantio, e seletivamente árvores suprimidas, tortuosas ou bifurcadas.

### Avaliação da estrutura do povoamento

Nas áreas desbastadas, foi realizado inventário pré-desbaste e pós-desbaste do povoamento, sendo estabelecidas 12 parcelas com área de 560 m<sup>2</sup> (28 x 20 m), atendendo um erro amostral máximo de 10%, conforme inventário piloto. Nas mesmas, foram coletados dados de diâmetro à altura do peito (DAP) e altura de 20% das árvores de cada parcela e 5 árvores dominantes.

Posteriormente foi calculada a frequência de indivíduos por classe de DAP, o número de árvores por hectare (N), a área basal (G) e volume por indivíduo (vi) e por hectare (V) para ambas as condições, pré e pós-desbaste.

Adicionalmente foi calculado o índice de espaçamento relativo, para então, verificar e comparar qual seria a densidade ideal que o povoamento deveria possuir após o desbaste, visando, portanto, a possibilidade de máximo crescimento potencial estimado pelo método. Conforme Schneider (2006), o cálculo do índice de espaçamento relativo (S%) é realizado pelas seguintes equações:

$$EM = \sqrt{10000/N} \quad (\text{Equação 1})$$

$$S\% = \left(\frac{EM}{ho}\right) * 100 \quad (\text{Equação 2});$$

$$EMD = S'\% . ho / 100 \quad (\text{Equação 3});$$

$$Np = 10000 / \left\{ EMD^2 \cdot \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right\} \text{ (Equação 4);}$$

Em que: EM = espaçamento médio do povoamento; N = número de árvores do povoamento; S%: Índice de Hart-Becking; EMD = espaçamento médio desejado para o povoamento; S'% = Índice de Hart-Becking livre de competição (21%); h<sub>o</sub> = altura dominante de Weise.

Como descreve o autor, povoamentos de *Pinus ssp* com S% igual a 21, possuem máximo potencial de incremento corrente anual (ICA), pois não estão em competição. Já povoamentos com 18%, estão indicando desbaste e povoamentos com 16%, estão em severa competição, com perda de pelo menos um quarto do ICA potencial. Além disso, também foi avaliado o estado das árvores remanescentes pós-desbaste, sendo consideradas árvores fora do padrão, árvores que apresentaram bifurcação e tortuosidade, ou que apresentavam algum dano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos inventários para as condições pré e pós-desbaste podem ser observados na Tabela 1. Após a retirada de 49 % das árvores do povoamento, houve um aumento de 11,73 % no DAP total do povoamento, porém, uma redução de 36,66 % da área basal por hectare e de 36,11 % do volume, o que já era esperado, pois o objetivo deste tipo de desbaste (por baixo) é a retirada de indivíduos de diâmetro menor e árvores bifurcadas ou tortuosas.

Tabela 1 - Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do número de árvores por hectare, diâmetro à altura do peito (DAP), altura (h), área basal (G) e volume por hectare (Vol.) para condição pré-desbaste e pós-desbaste para povoamentos de pinus de 16 anos de idade.

Table 1 - Average values ( $\pm$  standard deviation) number of trees per hectare, diameter at breast height (DBH), height (h), basal area (G) and volume per hectare (vol.) for pre-thinning condition and post-thinned pine stands of 16 years.

Variável	Condição		
	Pré-desbaste	Pós-desbaste	Diferença (%)
Árv. (árv ha <sup>-1</sup> )	969 ( $\pm$ 133)	497 ( $\pm$ 96)	-49
DAP (cm)	26,19 ( $\pm$ 0,95)	29,26 ( $\pm$ 1,03)	11,73
Altura (h)	21,99 ( $\pm$ 0,43)	21,68 ( $\pm$ 0,34)	-1,42
G (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	53,93 ( $\pm$ 8,53)	34,16 ( $\pm$ 6,64)	-36,66
Vol.ind (m <sup>3</sup> )	0,6084 ( $\pm$ 0,05)	0,7558 ( $\pm$ 0,06)	24,22
Vol. (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	589,67 ( $\pm$ 98,64)	376,74 ( $\pm$ 75,12)	-36,11

Segundo Schneider (2006), quando se tem um número excessivo de indivíduos por área, acontece uma redução do crescimento em área basal com o aumento do número de indivíduos, sendo esta justificada pela possível redução da taxa fotossintética devido à competição por água e nutrientes. Desta forma o desbaste vem a diminuir essa competição, gerando um aumento do incremento em volume e concentrando a produtividade em indivíduos considerados de melhor qualidade comercial, ainda que o rendimento total ao final do ciclo seja menor.

Elesbão (2008) ao estudar a execução de um e dois desbastes em *Pinus taeda* com 17 anos de idade, sendo o primeiro realizado quando o povoamento atingiu 45 m<sup>2</sup>/ha reduzindo-o para 28 m<sup>2</sup>/ha e o segundo com redução variável da área basal, relata que a produção total aumenta à medida que o número de desbastes diminui, ou seja, povoamentos sem desbaste apresentam maior volume total por área. Essa diminuição da produção volumétrica é previsível em curto prazo para desbastes pesados, considerando que com o tempo os povoamentos desbastados tendem a recuperar a área basal desbastada.

Calculando o índice de espaçamento relativo desejado (S%) pelo método de Hart-Becking (Tabela 2), pode-se observar que para a condição pré-desbaste, o valor de S% era inferior a 14%, o que de acordo com Fishwick (1975), caracteriza em severa competição entre os indivíduos do povoamento, podendo haver comprometimento do potencial crescimento, caso não houvesse uma intervenção.

Tabela 2 - Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) para índice de Hart-Becking (S%), espaçamento médio (EM), altura dominante (h<sub>0</sub>), número de árvores a permanecerem por hectare e número de árvores efetivo por hectare para as condições pré e pós-desbaste para povoamentos de pinus de 16 anos de idade.

Table 2 - Average values ( $\pm$  standard deviation) for Hart-Becking index (S%), average spacing (MS), dominant height (h0), number of trees to remain per hectare and number of affected trees per hectare for conditions pre- and post-thinning pine stands of 16 years.

Condição	EM	h0	S%	Nº árv/ha a permanecer	Nº árv/ há efetivo
Pré-desbaste	3,23 ( $\pm$ 0,20)	23,16 ( $\pm$ 0,55)	13,52 ( $\pm$ 1,37)	458,26 ( $\pm$ 53,30)	968,75 ( $\pm$ 133,22)
Pós-desbaste	4,53 ( $\pm$ 0,45)	21,62 ( $\pm$ 0,60)	20,47 ( $\pm$ 2,76)	533,92 ( $\pm$ 64,61)	497,02 ( $\pm$ 96,96)

Fishwick (1975) cita que para uma produção do incremento máximo em área basal em povoamentos de *Pinus sp.*, o S% é cerca de 21 %. Desta forma constata-se que deveria haver um desbaste de cerca de 510 árvores por hectare, restando aproximadamente 458 indivíduos por hectare, devendo, portanto, ser retirado quase 52,70 % do total de indivíduos por hectare.

Verifica-se que após o desbaste foi retirado cerca de 472 árvores por hectare, remanescendo aproximadamente 497 árvores por hectare. Dessa forma, pode-se inferir que o peso de desbaste aplicado foi inferior ao recomendado pelo método na condição pré-desbaste, o qual recomenda retirar aproximadamente 510 árvores por hectare. Porém, observa-se para a condição pós-desbaste que mesmo tendo sido feita e retirada inferior de indivíduos, o S% se aproximou de 21%, o que demonstra um peso de desbaste satisfatório e que teoricamente permite manter um maior incremento no povoamento, já que o mesmo ficou em torno de 12 %.

Na Figura 1 pode-se observar o número de árvores encontrado para a condição anterior ao segundo desbaste, que foi de 968,75 árvores por hectare, sendo que 52,02% dos indivíduos ocorreram nas classes intermediárias de diâmetro, o que representa 504 árvores (21,79 à 29,26 cm de diâmetro). Para a condição posterior ao segundo desbaste, verificou-se que predominantemente foi feita a retirada dos indivíduos de menor diâmetro (< 18 cm), ocasionando aumento relativo de indivíduos nas classes com maior DAP.

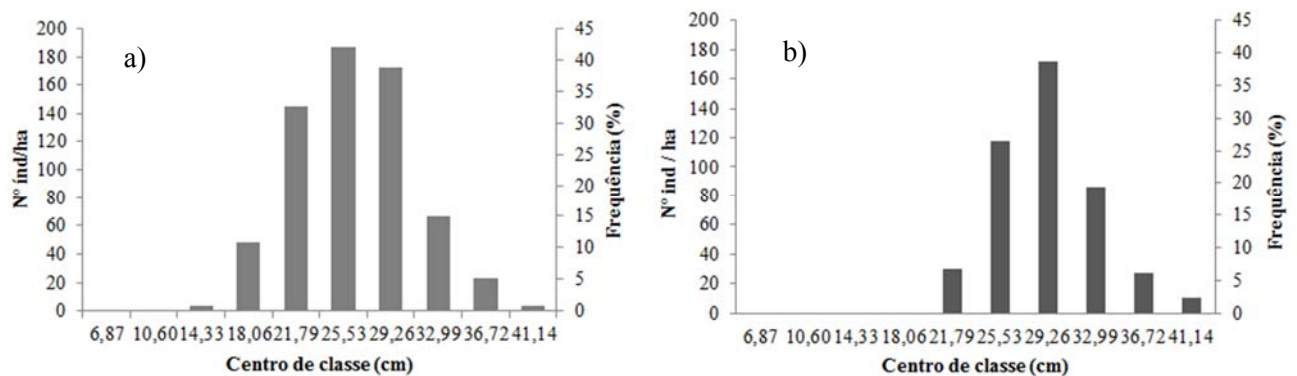


Figura 1 - Histograma de frequência e densidade absoluta de indivíduos por centro de classe de diâmetro para condição pré-desbaste (a) e pós-desbaste (b).

Figure 1 - Histogram frequency and absolute density of individuals diameter class center for pre-roughing conditions (a) and after roughing (b).

Esse resultado demonstra que houve êxito na seletividade de indivíduos a serem retirados na operação de desbaste em função do DAP, uma vez que um dos objetivos da operação é retirar indivíduos de classes inferiores (suprimidos), beneficiando, por meio da redução da competição, o crescimento de indivíduos de estratos superiores.

### Qualidade de árvores remanescentes

Como o objetivo da empresa é a obtenção de toras grossas para venda, também foram retirados os indivíduos mortos, tortuosos, e com bifurcações no tronco, garantindo a qualidade do produto final. Analisando a qualidade das árvores remanescentes, observou-se que antes do desbaste, 8% das árvores eram bifurcadas e 3% apresentavam tortuosidade (Figura 2). Após o desbaste, 6,84 % das árvores apresentavam tortuosidade ou bifurcação, o que representa em torno de 410 árvores por hectare que podem ser consideradas defeituosas.

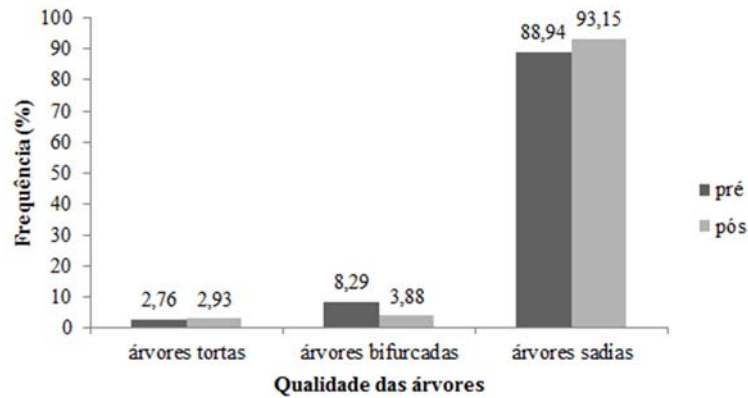


Figura 2 - Porcentagem de árvores sadias, bifurcadas ou tortas nas condições pré e pós-desbaste para povoamentos de pinus de 16 anos.

Figure 2 - Percentage of healthy trees, forked or pies in the pre- and post-thinning condition for 16 years pine stands.

A Figura 3 demonstra a frequência em que as bifurcações ocorreram em cada classe de altura. Pode-se observar que houve a retirada dos indivíduos com a bifurcação na parte mais inferior do tronco, deixando os indivíduos em que a altura da bifurcação era mais alta, o que não afeta a retirada das toras de maior diâmetro.

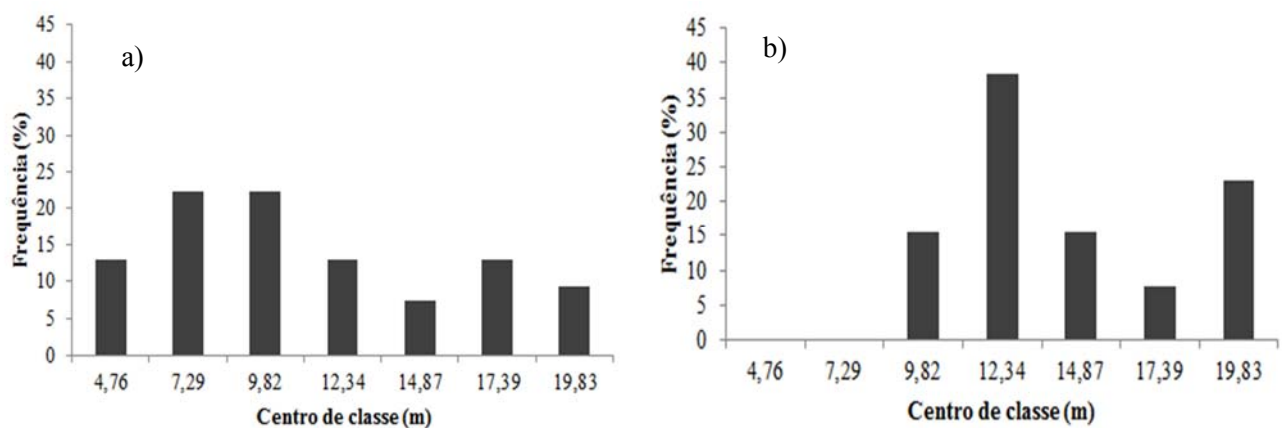


Figura 3 - Histograma da frequência das alturas de bifurcação por centro de classe na condição pré-desbaste (a) e pós-desbaste (b) para povoamentos de pinus de 16 anos de idade.

Figure 3 - Histogram of frequency of fork heights by class center in pre-thinning condition (a) and post-thinning (b) to pine stands of 16 years.

## CONCLUSÕES

Com o desbaste do tipo misto houve redução na densidade de indivíduos de menor porte por hectare, refletindo em um aumento no DAP médio e volume individual médio e, diminuição na área basal e volume por hectare. Dessa forma, há o favorecimento do crescimento de indivíduos de porte superior, em função da diminuição da competição por recursos naturais.

O espaçamento relativo (S%) pós-desbaste de 20,47% pode ser categorizado como bom, pois se aproximou do recomendado pelo índice de Hart-Becking. A permanência de alguns indivíduos tortuosos ou bifurcados é considerada admissível, visto que pretende-se realizar mais um desbaste na área, o que não comprometerá a qualidade das primeiras toras.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E. J. P. et al. Relações dendrométricas em fragmentos de povoamentos de *Pinus* em Minas Gerais. **Pesquisa Florestal Brasileira**. 2012.
- ASSMANN, E. Waldertragskunde. **Muenchen: BLV Verlagsgesellschaft**, 1961. 435p. Zur theorie der Grundflaechenhaltung. FW. Cbl, 1968.
- BARROS, D. A. de; MACHADO, S. do A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes ramentos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 2002.
- CALDEIRA, S. F.; OLIVEIRA D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazônica**, Manaus, 2008.
- CARNEIRO, J. G., **Princípios de desramas e desbastes florestais**. Campos Goyatacazes, RJ: O Coordenados, 2012.
- ELESBÃO, L. E. G. **Crescimento e produção de *Pinus taeda* L. na região dos campos de cima da serra, Rio Grande do Sul**. Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS, 2008.
- ELESBÃO, L. E.; SCHNEIDER, P. R. Produção do *Pinus taeda* L. em povoamento desbastado na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 2011.
- FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Determinação do peso do desbaste para florestas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, com base no índice de espaçamento relativo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 1999.
- FISHWICK, R. W. **Uso do percentual de espaçamento relativo de Hart- Becking para o controle dos desbastes**. Brasília, Prodepef-IBDF, 1975.
- FORMENTO S.; SCHORN, L. A.; RAMOS, R. A. B. Dinâmica estrutural arbórea de uma Floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul, SC. **Cerne**, Lavras, v.10, n.2, p 196-212, 2004.
- GLUFKE, C.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Crescimento de *Pinus elliottii* Engelm sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria.
- HART-BECKING, J. **Einige Gesichtspunkte fur die Durchfuhrung von vergleichenden Durchforstungsversuchen in Gleichaltrigen Bestanden**, In: CONGRESS OF IUFRO, 1953.
- HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation**. London: Faber and Faber, 1959.
- IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Dados e fatores**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/web/pt/dados-fatos/>>. Acesso em 26/07/2015.
- PADOIN, V. **Diretrizes para desbaste em *Pinus taeda* L. em função da altura dominante**. Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS, 2007.
- PEREIRA, J. C. D.; TOMASELLI, I. **A influência do desbaste na qualidade da madeira de *Pinus elliotti* Engelm. var. *elliotti***. Colombo, 2004.
- REVISTA DA MADEIRA. **Desbaste**. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira>> Acesso em: 26/07/2015.
- SANTA CATARINA. **Governo de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br>>. Acesso em: 27/07/2015.
- SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2006.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Determinação de regimes de desbaste para povoamentos de *Pinus elliottii* e. do planalto ocidental no estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 1999.
- SILVESTRE, R. et al. Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages-SC. **Nativa**, Sinop, 2014.



**ESTRUTURA HORIZONTAL E VOLUMETRIA DE UMA ESPÉCIE DO GÊNERO *Pouteria* sp. NA FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ-FLOTA/AP**

**HORIZONTAL STRUCTURE AND VOLUMETRIC OF A SPECIES OF THE GENUS *Pouteria* sp IN FOREST STATE OF AMAPÁ-FLOTA /AP**

Samuel Nahon da Costa<sup>1</sup> Robson Borges de Lima Fernando Galvão Rabelo Michelle Vasconcelos Cordeiro

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a estrutura horizontal e volumetria de uma espécie do gênero *Pouteria* sp. visando contribuir para o manejo adequado da espécie na área de estudo. O estudo foi realizado no módulo IV da Floresta Estadual do Amapá, situado entre os municípios de Oiapoque e Calçoene. A vegetação é constituída predominantemente por floresta ombrófila densa de terra firme. O método de amostragem empregado foi de área fixa, na qual foram locadas, de forma sistemática, duas parcelas permanentes de 100 m x 100 m (2 ha), dispostas 3 km equidistante uma da outra. Nas parcelas foram mensurados os indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP)  $\geq 30$  cm a 1,30 m do solo, e suas alturas correspondentes. Foram encontrados 38 indivíduos, sendo a sua estrutura diamétrica dividida em 6 classes com intervalo de 12 cm. A distribuição diamétrica seguiu o padrão comum das florestas tropicais. Os indivíduos do gênero *Pouteria* sp. apresentaram o comportamento de distribuição espacial agregado. Esse resultado subsidia o planejamento ordenado, garantindo a exploração das árvores com aptidão ao manejo. A distribuição volumétrica mostrou um crescimento gradativo conforme as classes de diâmetros aumentam. O último centro de classe ( $>65,14$  cm) apresentou o maior volume, correspondendo a 9,60 m<sup>3</sup>, de um total de 4,8 m<sup>3</sup>/ha, representando aproximadamente 41 % do volume total. Conclui-se que os indivíduos da espécie *Pouteria* sp. apresentam uma alternativa viável em termos econômicos para produção de madeira, em razão de revelar classes diamétricas aptas para corte seletivo.

**Palavras-chave:** distribuição diamétrica; manejo florestal; distribuição espacial, potencial volumétrico.

**ABSTRACT**

The objective of this study was to characterize the horizontal structure and volumetric of a species of the genus *Pouteria* sp. to contribute to the proper management of the species in the study area. The study conducted in the fourth module of the Amapá State Forest, located between the towns of Oiapoque and Calçoene. The vegetation consists mainly of tropical rain forest land. The sampling method used was fixed area in which were located systematically, two permanent plots of 100 mx 100 m (2 ha) arranged 3 km equidistant from each other. In the plots were measured individuals with circumference at breast height (CAP)  $\geq 30$  cm to 1.30 m above the ground, and their corresponding heights. 38 individuals were found, and its diameter structure divided into 6 classes with 12 cm intervals. The diameter distribution followed the common pattern of tropical forests. Individuals genre *Pouteria* sp. They presented the aggregated spatial distribution behavior. This result subsidizes planning ordained, ensuring the exploitation of trees with fitness to management. The volumetric distribution showed a gradual growth as classes diameters increase. The last center class ( $> 65.14$  cm) showed the highest volume, corresponding to 9.60 m<sup>3</sup> of a total of 4.8 m<sup>3</sup> / h, representing about 41% of the total volume. We conclude that individuals of the species *Pouteria* sp. They have a viable alternative in economic terms for timber production, due to reveal diameter classes suitable for selective logging.

**Keywords:** diametric distribution; forest management; spatial distribution; volumetric potential.

**INTRODUÇÃO**

A maioria das florestas tropicais nativas da Amazônia tem sido explorada de forma não sustentável, sem aplicação dos critérios de sustentabilidade do manejo florestal, o que caracteriza perda da cobertura florestal e da diversidade de espécies, antes mesmo que se tenha o conhecimento dessa riqueza natural (SOUZA et al., 2006). No tocante as problemáticas supracitadas fazem-se necessários estudos com o fim de mitigar a exploração irracional e predatória nos ecossistemas naturais. Diante disso, trabalhos que visem obter parâmetros essenciais para subsidiar tomadas de decisões mais adequadas para o manejo florestal dos ecossistemas florestais no Bioma amazônico são imprescindíveis.

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Acadêmico de Engenharia Florestal, Bolsistas PROBICT/UEAP, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Amapá. Email: samuel.engflorestal@gmail.com

O estado do Amapá é composto de diversos ecossistemas, dentre estes está à floresta ombrófila densa de terra firme, cuja característica é sua heterogeneidade florística com dominância de espécies agregadas em algumas formações e aleatórias em outras, e sua extensão na Amazônia brasileira é de aproximadamente 65% (OLIVEIRA et al., 2008).

Esse gênero contém espécies de importância madeireira e ecológica significativa. Amata (2015) ressalta que as algumas das espécies são utilizadas na construção civil pesada. Recomendadas para a produção de estacas, esteios, cruzetas, dormentes, postes, móveis e mobiliário de jardim. Além disso, é considerado importante em plantios para recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente, pois apresenta características ornamentais úteis para arborização e produz muitos frutos anualmente, que servem de alimento para as espécies da fauna (LORENZI, 1992).

Nesse contexto, o conhecimento relativo a estrutura do povoamento desse gênero é de suma importância para satisfazer um manejo adequado. Nesse caso, análises da estrutura horizontal e volumetria auxiliam no fornecimento de parâmetros adequados, com o propósito de auxiliar na relação produção/sustentabilidade. Trabalhos como os de Santos et al., (2014); Santos et al., (2013); e Souza et al. (2011), foram realizados no estado do Amapá com o objetivo de elucidar metodologias adequadas para o manejo de espécies nativas, levando em consideração a distribuição diamétrica, volumetria e distribuição espacial.

Diante disso, a distribuição diamétrica surge como um potente indicador da estrutura florestal, pois permite distinguir diferentes tipos florestais e fornece base para identificar a intensidade da regeneração natural para a espécie e para a floresta como um todo (SCOLFORO, 2006)

Além das informações da distribuição diamétrica, o conhecimento dos padrões de distribuição espacial das árvores em nível de povoamento é importante, a qual parte do princípio de que as árvores na natureza, respondem a algum tipo de distribuição que se enquadra como aleatório (ao acaso), regular (uniforme) ou agregado (SILVA et al. 2004).

O volume é a variável mais utilizada no diagnóstico do potencial madeireiro, sendo por isso uma variável de grande importância. Além de ser uma variável de uso corrente no manejo florestal, é também a mais utilizada na comercialização e na indústria (CUNHA, 2004). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a estrutura horizontal e volumetria do gênero *Pouteria sp.* na Floresta Estadual do Amapá, servindo de subsídio para o manejo florestal.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado no módulo IV da Floresta Estadual do Amapá na região denominada de Cassiporé, situado entre os municípios de Oiapoque e Calçoene, próximo a BR 156. O clima da região é classificado como Amw', segundo Koppen, apresentando uma estação chuvosa de novembro a junho e uma estação seca de julho a outubro (IEPA, 2008). A vegetação é constituída predominantemente por floresta ombrófila densa de terra firme, seu dossel está entre 30 e 35 m de altura, possuindo espécies emergentes que podem atingir até 45 m de altura

A precipitação acumulada durante o ano no município de Oiapoque é de aproximadamente 3.233 mm, sendo o mês de setembro o período menos chuvoso e o mês de maio o período mais chuvoso. Para o município de Calçoene a precipitação acumulada durante o ano é de aproximadamente 3.086 mm, sendo o mês de setembro o período menos chuvoso e o mês de maio o período mais chuvoso. A temperatura apresenta uma baixa amplitude térmica, de  $24,8 \pm 0,15$  °C no mês mais frio a  $26,9 \pm 0,10$  °C no mês mais quente. (GOMES SOBRINHA e SOTTA, 2011).

### Método de amostragem

O método de amostragem empregado foi de área fixa, na qual foram locadas, de forma sistemática, duas parcelas permanentes de 100 m x 100 m (2 ha), dispostas 3 km equidistante uma da outra. Cada parcela individual foi subdividida em 100 parcelas de 10 x 10 m. Nas parcelas foram amostradas os indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP)  $\geq 30$  cm a 1,30 m do solo, a qual foi convertida em diâmetros à altura do peito (DAP). Também, foram mensuradas às alturas: total (Ht) e comercial (Hc) de toda a população de *Pouteria sp.* com auxílio de hipsômetro (TRUPULSE 360°).

### Análise dos dados

#### Distribuição diamétrica e espacial

Para analisar a distribuição diamétrica foi plotado histograma das frequências observadas do conjunto de dados de diâmetro. O cálculo da amplitude e quantidade das classes diamétricas seguiu a metodologia de Sturges

adaptado por Spiegel (2006) :  $IC = A/K$ , em que A é a amplitude expressa por:  $A = (D_{max} - D_{mín})$  e K número de classes, sendo  $K = 1 + 3,33 \log(n)$ , em que (n) é o número de indivíduos amostrados

Os padrões dos indivíduos de uma espécie em uma comunidade podem ser, segundo Matteucci e Colma (1982), aleatório, agrupado ou regular. Logo, este índice foi calculado para a espécie lenhosa em questão, por meio da aplicação do método do Índice de Morisita (BARROS e MACHADO, 1980):

$$Id = \frac{ni * (ni - 1)}{n - (n - 1)} * N$$

Em que: (ni) = N° de indivíduos na i-ésima amostra; (N) = N° total de unidades amostrais; e (n) = N° total de indivíduos em todas as amostras.

Na interpretação do método, quando o índice de Morisita for igual a 1, a dispersão é aleatória; se a distribuição for perfeitamente uniforme, o valor do índice será zero; e se o valor obtido for maior que 1 a distribuição será agregada. E no caso de valores próximos a 1, se analisará a significância para verificar se tal valor não diferem estatisticamente de (1), na qual será avaliado por meio do teste do Qui – Quadrado a 5% de probabilidade, e (n-1) grau de liberdade, conforme equação:

$$x^2 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^S x^2}{N} - N$$

Onde: X2: valor do qui-quadrado; N, n, S e X2 já foram definidos anteriormente.

Neste método, para a interpretação do valor de qui-quadrado terá que ser adotada a seguinte análise, conforme Bentes-Gama et al. (2002): a espécie apresentará um padrão de distribuição espacial aleatória quando o valor calculado for menor que o valor tabelado, isto é, o Id não difere significativamente de 1; entretanto, a espécie apresentará um padrão de distribuição agregado quando o valor calculado do qui- quadrado for maior que o valor tabelado e se a espécie apresentar um  $Id > 1$  ou  $Id < 1$ .

### Volumetria

A análise da volumetria foi realizada com o volume dos indivíduos ( $m^3/ha$ ) por centro de classe de diâmetro e para o cálculo do volume utilizou-se a expressão:

$$V = g * Hc * F$$

Onde: V= volume; g= área basimétrica; Hc= altura comercial da árvore; F= fator de forma (0,7).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Distribuição diamétrica

Nas parcelas amostradas foram encontrados no total 38 indivíduos do gênero *Pouteria sp.*, onde foram geradas 6 classes diamétricas com amplitude de 12 cm. O resultado da estatística descritiva reporta para uma população em diferentes estágios sucessionais, pois houve uma variação nos dados da variável DAP, cujo diâmetro mínimo e máximo foram 5,09 cm e 81,17 cm respectivamente, sendo a média entorno de 21,68 cm, com desvio padrão de 8,33 cm, e coeficiente de variação correspondente a 38,42

De acordo com a (Figura 1), observou-se que o primeiro centro de classe (11 cm) apresentou 23 indivíduos, correspondendo a 60% da comunidade amostrada, posteriormente há um decréscimo do número de indivíduos nas classes seguintes. Essa forma de distribuição de indivíduos por classe de diâmetro, na qual decresce de uma classe diamétrica para outra superior é característica de florestas tropicais que mantêm um expressivo número de indivíduos nas duas primeiras classes de tamanho, entre 10 e 30 cm (GAMA et al., 2002; SANTOS e JARDIM, 2006).

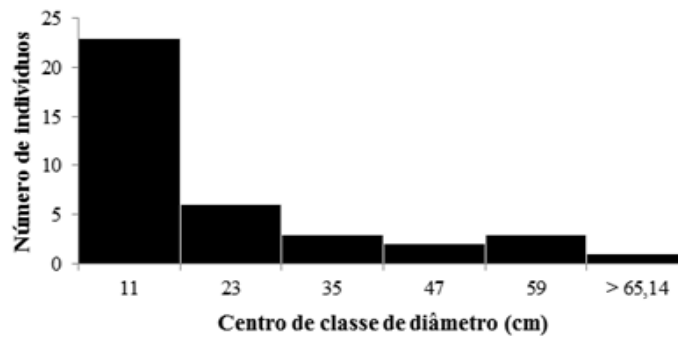


Figura 1: Distribuição diamétrica dos indivíduos do gênero *Pouteria sp.* no módulo IV da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA – AP)

Figure 1: Distribution diametric of the genre *Pouteria sp* individuals in IV module of the State Forest of Amapá (FLOTA - AP)

Observando a figura a cima, percebe-se que os indivíduos apresentam um padrão típico de florestas inequiâneas com uma distribuição do tipo “J” invertido, ou seja, apresentam maiores números de indivíduos nas primeiras classes, indicando que os mesmos seguem uma regeneração continuada. Bartoszecki *et al* (2004) e Costa (2006), estudando a distribuição diamétrica de espécies nativas encontraram resultados semelhantes, com maior concentração das árvores na classe diamétrica iniciais.

### Distribuição espacial

O índice de dispersão de Morisita . foi de  $I_d = 1,71$ , onde o valor do Qui-quadrado calculado ( $X_c^2=225,16$ ) foi maior que o valor tabelado ( $X_t^2= 52,19$ ), denotando uma distribuição agregada. Nas florestas tropicais, a alta ocorrência de indivíduos jovens próximo dos adultos é comum, porém, varia em intensidade entre espécies (FORGET *et al.*, 1999).

Arruda e Daniel (2007) comentam a importância econômica e logística desse padrão, uma vez que se houver necessidade de reposição ou enriquecimento da área com espécies desse gênero, o planejamento e a execução das atividades serão menos dispendiosas e mais simples, pois implicaria em uma regularidade no plantio das mudas. O contrário se daria com as espécies de padrão aleatório.

Segundo, Kanieski *et al* (2009), o padrão agregado demonstra que os indivíduos ocorrem nos mesmos locais dentro da área de estudo, seguindo as características específicas de exigência para a sua distribuição nos sítios. Oliveira (2000) complementa que esse padrão pode ser resultante da heterogeneidade ambiental, onde ocorrem microambientes favoráveis ao estabelecimento das espécies, ao padrão de dispersão das sementes e da perspectiva de sobrevivência das plântulas.

Os resultados demonstram que a espécie é indicada para o manejo, uma vez que o padrão espacial sugere uma exploração planeja em virtude dos indivíduos estarem bem próximos, diminuindo o tempo e custo com mão, já que não apresentará necessidade de percorrer sitio em busca de maior quantidade de indivíduos. Além disso, tal resultado permitir realizar demarcação de arvores matrizes, visando a coleta de semente para produção de mudas contribuindo para programas de conservação e reflorestamento.

### Volumetria

A área basal encontrada foi de  $1,17 \text{ m}^2/\text{ha}$  sendo a volumetria total da espécie de  $11,61 \text{ m}^3/\text{ha}$ . De acordo com distribuição volumétrica, percebe-se que há um acréscimo gradativo do volume conforme as classes de diâmetro aumentam (figura 2).

Vale ressaltar que mesmo os primeiros centros de classes sendo detentores dos maiores números de indivíduos, os mesmos não apresentaram uma volumetria elevada. Isso se explica em virtude da altura dos indivíduos que compreende esses centros de classes (11,12 e 35 cm) não ser muito significativa, com uma média de 6,8 metros, enquanto as três restantes (47, 59 e >65,14) possuem uma média de 14,36 metros. Souza *et al.*, (2011) comenta que nos estudos volumétricos é notório que a altura e o centro de classe são de suma importância, sendo esse um possível fator explicativo para o baixo potencial volumétrico nas primeiras classes. Queiroz (2005) reitera que a altura constitui fator importante para a estimativa do potencial madeireiro da vegetação, pois, associado ao diâmetro permite prever o potencial de volume de biomassa arbórea que a floresta poderá proporcionar.

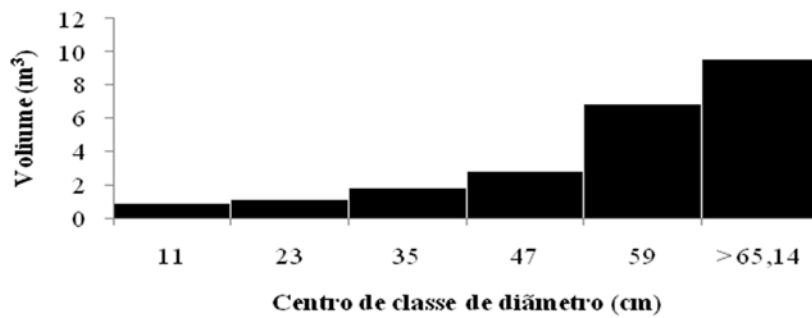


Figura 2 :Distribuição volumétrica de indivíduos do gênero *Pouteria* sp no módulo IV da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA - AP).

Figure 2: Volumetric distribution of the genre *Pouteria* sp individuals in IV module of State Forest of Amapá (FLOTA - AP).

O último centro de classe (> 65,14 cm) apresentou o maior volume, correspondendo a 9,60 m<sup>3</sup>, de um total de 4,8 m<sup>3</sup> /ha, representando aproximadamente 41 % do volume total. Esse resultado corrobora com os de Santos, et al., (2014) que estudando o estrutura horizontal da espécie *Pouteria* sp. Aubl. em floresta ombrófila densa no estado do Amapá, encontrou maior volumetria nos indivíduos com DAP acima de 70 cm correspondendo a 6,78 m<sup>3</sup>/ha.

Diante do exposto, percebe-se que os indivíduos da espécie *Pouteria* sp. apresentam uma alternativa viável em termos econômicos para produção de madeira, pois o volume (m<sup>3</sup>) da classe 5 e 6, mesmo tendo pouco indivíduo na área de estudo, são o mais indicados em manejo florestal com finalidade para produção madeireira.

## CONCLUSÕES

O padrão de distribuição diamétrica em forma de “J” invertido demonstra uma estabilidade na regeneração natural para a população da espécie estudada.

O volume obtido (11,61 m<sup>3</sup>/ha), demonstra que a espécie do gênero em questão apresenta boas condições de manejo se explorada sustentavelmente, em razão de revelar classes diamétricas aptas para corte seletivo.

Os indivíduos do gênero *Pouteria* sp. apresentaram o comportamento de distribuição espacial agregado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA L, DANIEL O. 2007. Florística e diversidade em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Dourados, MS. **Floresta**, 37(2): 189-199.
- BARROS, P.L.C.; MACHADO, S.A. **Aplicação de índices de dispersão em espécies de florestas tropicais da Amazônia brasileira**. Curitiba: FUFEP, 1984. 44p. (Série Científica I).
- BARTOSZECK, A.C. de P. e S. **Evolução da relação hipsométrica e da distribuição diamétrica em função dos fatores idade, sítio e densidade inicial em bracingais da região metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2000. 214f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, A. D. Estrutura e valoração de uma floresta de várzea alta na Amazônia. **Revista Cerne**, v.8, N.1, p. 99-102, 2002.
- CUNHA, U. S. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Disponível em: <[http://engenhariaflorestal.jatai.ufg.br/uploads/284/original\\_dendroinv.pdf](http://engenhariaflorestal.jatai.ufg.br/uploads/284/original_dendroinv.pdf)>. Acesso: 12/08/2015.
- FORGET, P. M.; MERCIER, F.; COLLINET, F.. Spatial patterns of two rodent-dispersed rain forest trees *Carapa procera* (Meliaceae) and *Vouacapoua americana* (Caesalpinaceae) at Paracou, French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.15, p.301-313, 1999.
- GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S.A.; BENTESGAMA, M. M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n.5, p.559-566, 2002.
- GOMES SOBRINHO, T. R.; SOTTA, E. D.; **Caracterização climatológica do módulo 4 da floresta estadual do Amapá - FLOTA/AP: Dados preliminares**. Macapá-AP, 5p.; 2011. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acessado em 14 de agosto de 2015.
- INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS ESTADO DO AMAPÁ (Macapá).

- Macrodiagnóstico do estado do Amapá, primeira aproximação do ZEE.** Amapá, 2008,139 p.
- IUCN. 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. . Downloaded on 12 August 2015.
- KANIESKI, M.R.; ARAUJO, A.C.B.; GRACIOLI, C.R.; SOARES, R.C.; CALLEGARO, R.M.; LONGHI, S. J. **Padrão de distribuição da Araucariaangustifolia (Bertol.) Kuntze na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul.** In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM, 6., 2009, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSC, 2009
- LORENZI, H. 1992. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.** Editora Plantarum, Nova Odessa.
- MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A, 1982. **Metodologia para el estudio de La vegetacion.** Washington, OEA.
- OLIVEIRA, A. F.. **Estrutura genética de populações naturais de Copaifera Langsdorffii Desf. a partir de isoenzimas.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L.; RAMOS, M. B. P.; NOBRE, A. D.; COUTO, L. B.; SAHDO, R. M. Composição e diversidade florístico-estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme na Amazonia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, 38 (4):627-641, 2008.
- ENNINGTON, T.D. The Genera of Sapotaceae. **Royal Botanic Garden**, Kew. p.265-1991.
- SANTOS, E. S. ; APARÍCIO, P. S. ; SILVA, T. L. ; FREITAS, J. L. . Estrutura da espécie *Virola surinamensis* (Rol.) Ward na Floresta Estadual do Amapá- FLOTA/AP. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** , v. 13, p. 48-61, 2013.
- SANTOS, G. C.; JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura do estrato arbóreo de uma floresta de várzea no município de Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v.36, n.4, p. 437- 446, 2006.
- SANTOS, R. O.; NICACIO, M. A. ; SOUSA, V. C. C. ; JESUS, L. M. ; RAMOS, E. T. ; ABREU, J. C. ESTRUTURA HORIZONTAL DE ABIURANA (*Pouteria* sp. Aubl.) EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa, AMAPÁ, BRASIL. In: VI Encontro Amazônico de Agrárias, 2014, Belém-PA. Atuação das Ciências Agrárias no Sistema de Produção e nas Alterações Ambientais. Bélem-PA: UFRA, 2014.
- SOUZA, D. R. de; SOUZA, A L. de; LEITE, H. G.; YARED, J. A G. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia oriental. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.75-87,2006.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**.3.ed. São Paulo: Pearson Makron Books; 2006. 642p.
- SOUZA, R. N. et al. Distribuição diamétrica, espacial e volumetria de *Dipteryxodorata* (Aubl.) Willd (Cumaru) na Florestal Estadual do Amapá – FLOTA – AP. In: Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal, 5.; 2011, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2011. P.714- 720.
- QUEIROZ, J. A. L., MOCHIUTTI, S., MACHADO, A. S., GALVÃO, F. Composição florística e estrutura de floresta em várzea alta estuarina Amazônica. **Revista Floresta**; 35: 41-56. 2005.

**FUNÇÕES DE DENSIDADES PROBABILÍSTICAS NA ESTIMAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus sp.***

**DENSITY PROBABILISTIC FUNCTIONS IN DIAMETER DISTRIBUTION ESTIMATION IN A SETTLEMENT OF *Eucalyptus sp.***

André Tavares de Jesus<sup>1</sup> Robson Borges de Lima Márcio Assis Cordeiro André Ricardo dos Santos Pereira  
Fábio Lacerda Jucá Darlan Santos de Souza Jadson Coelho de Abreu

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o ajuste de seis funções de densidades probabilísticas (FDP's) para a distribuição diamétrica de um clone de *Eucalyptus sp.* Os dados são provenientes de desbaste de 225 indivíduos de eucalipto distribuídos em cinco classes diamétricas. Foram ajustadas as funções Normal, Log-normal, Gamma, Beta, Weibull 2P e Weibull 3P. Os resultados obtidos através dos ajustes das funções foram analisados por meio do teste de hipótese de Kolmogorov-Smirnov com uma probabilidade de 5%. O resultado do teste indicou que das seis funções testadas somente três apresentaram resultados satisfatórios no que diz respeito à aceitação da hipótese nula, sendo a função Log-normal com melhor representatividade da distribuição diamétrica seguida da função Gamma, a função Weibull 2P foi a que apresentou os piores resultados para a estimativa da frequência, apresentando forte tendência para a subestimação das classes intermediárias. O estudo também indica que a distribuição diamétrica de *Eucalyptus sp.* é assimétrica positiva com curva de distribuição leptocúrtica.

**Palavras-chave:** mensuração florestal; distribuição contínua; manejo florestal.

**ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the fit of the six functions of probability densities (FDP's) for the diameter distribution of a clone of *Eucalyptus sp.* The data come from thinning of 225 eucalyptus individuals over five diameter classes. The Normal functions were adjusted, Log-Normal, Gamma, Beta, Weibull 2P and 3P Weibull. The results obtained through adjustments of the functions were analyzed using the Kolmogorov-Smirnov test event with a probability of 5%. The test result indicated that the six tested functions only three showed satisfactory results with regard to acceptance of the null hypothesis, and the log-normal function to better represent the diameter distribution function Gamma Then, the Weibull function 2P showed the the worst results for the estimation of frequency, showing strong tendency to underestimate the intermediate classes. The study also indicates that the diameter distribution of *Eucalyptus sp.* It is leptokurtic with positive asymmetric distribution curve.

**Keywords:** forest measurement; continuous distribution; forest management.

**INTRODUÇÃO**

Estudos sobre a distribuição diamétrica de povoamentos florestais são essenciais para a avaliação e projeção econômica de multiprodutos. No manejo florestal muitas decisões são tomadas por meio da distribuição diamétrica, que se baseiam, em muitos casos, no ajuste de função de densidade probabilística (FDP) relacionando parâmetros dessas funções com as características do povoamento (BINOTTI et al., 2012; CAMPOS; LEITE, 2013).

Uma das principais utilidades da realização de ajustes por funções de densidade probabilísticas é a necessidade de se descrever a estrutura da floresta (SCOLFRO, 2006). Para tanto existem inúmeros modelos matemáticos que servem para a descrição de frequência em determinadas áreas, levando em consideração as classes sucessivas de diâmetro (ORELLANA et al., 2014).

Representar a distribuição diamétrica por meio de funções probabilísticas traz grandes vantagens para empresas e profissionais que trabalhem com o manejo florestal, podendo afirmar que quando mais se conhece sobre a floresta, tem-se maior facilidade para planejar as atividades sem prejudicar assim de forma alguma a estrutura da área a ser explorada (BINOTTI et al., 2012).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Discente de Engenharia Florestal - UEAP - Universidade do Estado do Amapá.

Email: andredejesus80@gmail.com

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi ajustar seis funções de densidade probabilísticas para dados de diâmetro de *Eucaliptosp*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Análise dos dados

Para a realização dos ajustes, os dados de diâmetros foram coletados de indivíduos desbastados, localizado em uma região de cerrado no Estado do Amapá. Foram divididos em cinco classes de diâmetro com intervalos de quatro cm de amplitude. Para a realização dos mesmos, foi criada uma planilha no software Microsoft Excel 2010®, onde foram distribuídas as classes diamétricas e suas respectivas frequências.

Para a modelagem da estrutura diamétrica, foram ajustados os principais modelos empregados para tal fim na área florestal, todos tendo como base uma função densidade de probabilidade. As fdp's correspondentes às distribuições ajustadas foram as seguintes (MACHADO et al., 2009).

### Função Normal

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\left\{ \frac{1}{2} \frac{(d-\mu)^2}{\sigma^2} \right\}}$$

Onde:  $d$  é a variável aleatória (diâmetro em cm);  $\mu$  é a média da variável aleatória;  $\sigma$  indica o desvio padrão da variável aleatória;  $\sigma^2$  representa a variância da variável aleatória

### Função Log-Normal

$$f(x) = \frac{1}{d \sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\left(\frac{1}{2\sigma^2}\right)(\ln d - \mu)^2}$$

Onde:  $d$  é a variável aleatória (diâmetro em cm);  $\mu$  é a média da variável aleatória;  $\sigma$  indica o desvio padrão da variável aleatória;  $\sigma^2$  representa a variância da variável aleatória.

### Função Gamma

$$f(x) = \left( \frac{(d - d_{\min})^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{1}{\beta}\right)(d - d_{\min})}}{\Gamma(\alpha) \beta^\alpha} \right)$$

Onde:  $d$  é a variável aleatória (diâmetro em cm);  $\alpha$  indica o parâmetro de forma que será estimado;  $\beta$ , representa o valor do parâmetro de escala;  $\Gamma$ , indica a função gamma.

### Função Beta

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \times \frac{1}{(d_{\max} - d_{\min})^{\alpha+\beta-1}} \times (d - d_{\min})^{\alpha-1} (d_{\max} - d)^{\beta-1}$$

Onde:  $d$  é a variável aleatória (diâmetro em cm);  $\alpha$  indica o parâmetro de forma que será estimado;  $\beta$ , representa o valor do parâmetro de escala;  $\Gamma$ , indica a função gamma



**Função Weibull 2P**

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{d}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{d}{b}\right)^c}$$

Onde:  $d$  = é a variável aleatória (diâmetro em cm);  $b$  = indica o parâmetro de escala;  $c$  = representa o parâmetro de forma.

**Função Weibull 3P**

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{d-a}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{d-a}{b}\right)^c}$$

Onde:  $d$  = é a variável aleatória (diâmetro em cm);  $a$  = indica o parâmetro de locação;  $b$  = representa o parâmetro de escala;  $c$  = indica parâmetro de forma.

Depois de realizado os ajustes nos seis modelos, foi aplicado o teste de hipótese de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de probabilidade. Esse teste parte da premissa de que as frequências acumuladas observadas e esperadas por classe de diâmetro são similares do ponto de vista estatístico (H0). Para se obter os valores de divergência ( $D_{max}$  calculado) foram utilizadas as seguinte expressão (BARRA et al., 2004; MACHADO et al., 2009a)

$$D_{calc} = \frac{SUP X |FO_x - Fe_x|}{N}$$

Onde: FO indica a frequência observada; Fe representa a frequência estimada e N indica o numero de observações realizadas.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Foram observados 225 indivíduos de *Eucalyptus sp.* agrupados em cinco classes de diâmetro previamente definidas. Observa-se na Tabela 1a estatística descritiva dos indivíduos de *Eucalyptus sp.*, esses dados são necessários para a realização dos ajustes das funções de densidade probabilísticas.

Tabela 1: Estatística descritiva dos diâmetros dos indivíduos do povoamento de *Eucalyptus sp.*

Table 1: Descriptive statistics of the diameters of the individuals of the settlement of *Eucalyptus sp.*

ESTATÍSTICA DESCRITIVA	
Contagem	225
Média	12,27
Erro padrão	0,33
Mediana	10,7
Modo	10
Desvio padrão	4,98
Variância da amostra	24,81
Intervalo	22,2
Mínimo	3,4
Máximo	25,6
Curtose	-0,65
Assimetria	0,6

O valor da assimetria de 0,6 indica que o comportamento da variável diâmetro possui uma distribuição assimétrica positiva. Para o valor do coeficiente do momento de curtose (-0,65), nota-se que a curva da distribuição se configura por ser do tipo leptocúrtica conforme verificado em estudos de distribuição diamétrica de eucalipto no Brasil (MIGUEL et al., 2014) e se assemelha ao estudo de *Pinus* realizado por Araújo et al. (2012).

Na tabela 2, têm-se que os valores dos coeficientes utilizados para a realização dos ajustes das funções não apresentam tendência de similaridade entre as estimativas realizadas, justificando a necessidade de ajuste de

diferentes funções, pois a ausência dessa tendência demonstra que não é viável o uso de uma única função em estudos de prognose por classe de diâmetro (MACHADO et al., 2010).

Tabela 2 - Valores dos parâmetros estimados das funções para a população de *Eucalyptos* sp.

Table 2 - Values of the estimated parameters of the functions for the population of *Eucalyptus* sp.

Função	Coefficiente	Valor
NORMAL	$\alpha$	12,27
	$\beta$	4,98
LOG-NORMAL	$\alpha$	2,43
	$\beta$	0,41
GAMMA	$\alpha$	3,17
	$\beta$	2,80
	$\Gamma(\alpha)$	2,36
BETA	$\alpha$	1,51
	$\beta$	2,26
	$\Gamma\alpha$	0,88
	$\Gamma\beta$	1,14
	$\Gamma\alpha+\beta$	4,51
WEIBULL 2P	b	11,36
	c	2,49
WEIBULL 3P	a	3,4
	b	8,43
	c	1,77

Na Tabela 3 é possível verificara estimativa total de cada função além dos seus valores de divergência (Dmax). Valores esses que irão servir de subsidio para a escolha da definição da melhor função para a estimativa das frequências por classe diamétrica

Tabela 3: Frequências estimadas pelas funções ajustadas e valores dedivergência obtida no teste de K-S

Table 3: Frequency estimated by fitting functions and divergence values obtained in KS test

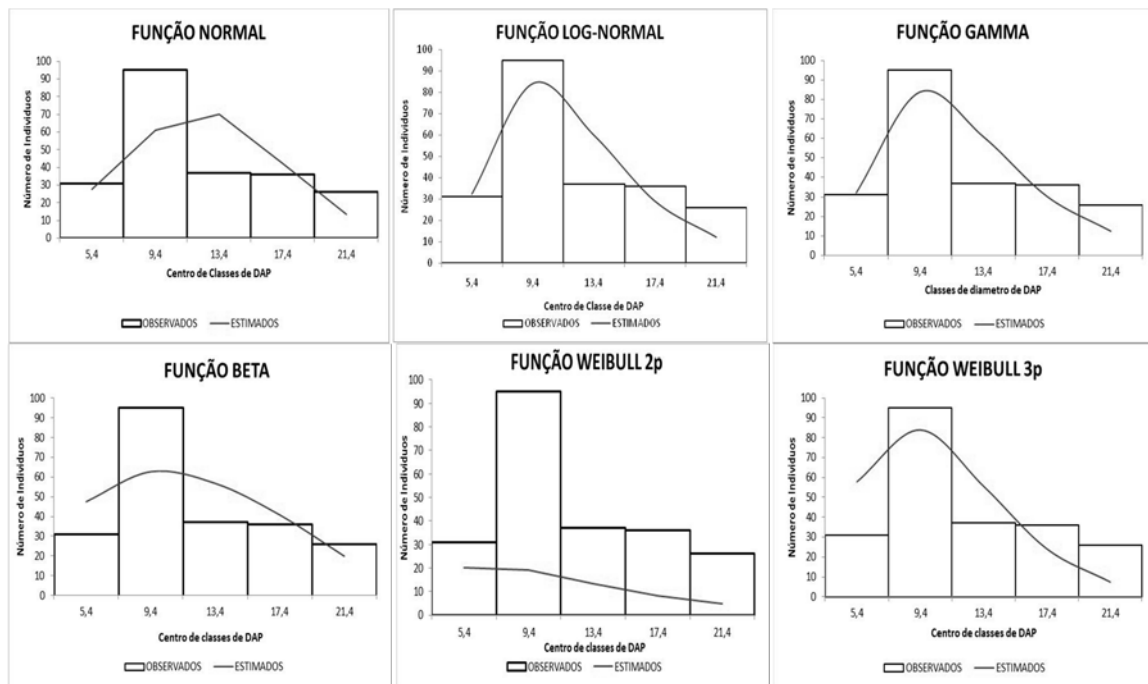
	(N = 225)	Funções					
		Normal	Log-Normal	Gamma	Beta	Weibull 2P	Weibull 3P
Estatísticas	Freq. Est	215	217,7	219,59	227,91	65,34	228,84
	Dcal	0,1087	0,1087	0,1087	0,1087	0,1087	0,1087
	Dtab (5%)	0,1652*	0,0577 <sup>ns</sup>	0,0616 <sup>ns</sup>	0,0736 <sup>ns</sup>	0,7096*	0,1193*
	Ranking	5º	1º	2º	3º	6º	4º

Verifica-se a partir dos dados da tabela 3 que das funções ajustadas que aquela que melhor representa a distribuição diamétrica dos indivíduos de *Eucalyptos* sp. segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov foi a função Log-normal seguida pela função Gamma, sendo que ambas possuem valor de divergência (Dmax) muito próximos.

Das seis funções ajustadas, a função Weibull 2P é aquela que apresenta a pior representação da distribuição diamétrica observada, verifica-se que não apresenta uma boa estimativa em relação frequência nas classes comparada ao valor de divergência apresenta alto valor quando comparado ao valor da divergência tabelar, comportamento ao demonstrado por Ferreira(2011).

De acordo com os resultados de Kolmogorov-Smirnov pode-se observar que somente três das seis funções utilizadas apresentam resultados de aderência satisfatórios, ou seja, os valores calculados estão abaixo do valor tabelado, o que indica a aceitação de (H0), de que as frequências são estatisticamente semelhantes. (LOUREIRO et al., 2013; RODRIGUES et al., 2013).

As curvas de distribuição diamétrica das seis funções são apresentadas na Figura 1, comparando a frequência estimada por cada função ao histograma de frequência observada.



Figural: Distribuições diamétricas observadas e ajustadas pelas funções para eucalipto no Amapá.

Figure 1: Observed diametric distributions and set the functions for eucalyptus in Amapá.

Na figura 1 está representada a curva de distribuição diamétrica ajustada por cada uma das seis funções de densidade probabilísticas em relação ao histograma de frequência observada. Avaliando as curvas percebe-se a não aderência da função Weibull 2P, apresentando uma tendenciosidade a subestimação das frequências, comportamento já apresentado por Machado et al. (2009) para um povoamento de *Araucaria angustifolia*. Pode-se perceber ainda que a função Beta apresenta forte tendência à subestimação nas classes de diâmetros intermediárias, destacando-se na segunda classe onde é observada a maior frequência de indivíduos.

A análise gráfica das curvas de distribuição diamétrica confirmam os resultados da tabela 3 e mostram a superioridade das funções Log-normal e Gamma na estimativa das frequências por classes de diâmetro, apresentando que as curvas dessas funções seguem uma distribuição muito próxima da representada pelos histogramas de frequências observadas, sendo que a função Log-normal mostra-se superior pelo seu valor de divergência ( $D_{max}$ ), como demonstrado por Ferreira (2011).

Os resultados obtidos neste trabalho contrariam os resultados de Loureiro (2011) que trabalhando com *Araucária angustifolia*, indicou que a utilização das funções Log-normal e Gamma não estima de forma precisa a frequência dos indivíduos dentro das classes de diâmetro.

## CONCLUSÕES

A curva de distribuição apresentada pelas funções Log-normal e Gamma foram as mais eficientes para a estimativa da frequência por classe de diâmetro.

A função Weibull 2P é a pior na estimativa das frequências de classes, tendo demonstrado uma subestimativa pra todas as classes diamétricas e apresentando alto valor de divergência ( $D_{max}$ ).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, E. J. G.; PELISSARI, A.L.; DAVID, H. C.; MIRANDA, R. O. V.; NETTO, S. P. MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S.: Relações dendrométricas em fragmentos de povoamentos de pinus em Minas Gerais. **Revista Pesquisa florestal brasileira, Colombo**, v. 32, n. 72, p. 355-366, out./dez. 2012.
- BARRA, O. S. V.; SANQUETA, C. R.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; CORTE, A. P. D.: Proposta Metodológica para o ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3p. **Revista Floresta, Curitiba**, v. 34, n. 3, p. 387-393, Set./Dez. 2004.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. S.; LEITE, H. G.; MELIDO, R. C. N.; SANTOS, F. L.: Descrição da distribuição diamétrica de sistemas agrossilvipastoris utilizando as funções Weibull e Hiperbólica. **Revista Árvore, Viçosa**, v. 36, n. 2, p. 349-356, 2012.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G.: **Mensuração florestal: Perguntas e respostas**. 4 ed. rev. e ampl. Viçosa: Ed.

UFV.2013. 548p.

FERREIRA, J. C. S.: **Análise da estrutura diamétrica em povoamentos de florestas plantadas a partir de funções de densidades probabilísticas**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de tecnologia da Universidade de Brasília, Fev, 2011.

LOUREIRO, G. H.; CURTO, R. A.; NETTO, S. P.; ROSOT, N. C.; MARANGON, G. P.: Ajuste de funções de distribuição diamétrica para um povoamento de *Araucaria angustifolia*(Bert.) O. Ktze, antes e após desbaste. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 56 2013.

MACHADO, S. A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; MIGUEL, E. P.; TÊO, S. J.: Distribuição de *Araucaria angustifolia*(Bert.) O.Ktze. Em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Scientia Agrária, Curitiba**, v. 10, n.2, p. 103-110, Mar./Abr. 2009.

MACHADO, S.A.; SANTOS, A. A. P.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; ZAMIN, N. T.: Modelagem da distribuição diamétrica de quatro espécies de *Lauraceae* em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 12, nº 1, Jan/Jun 2010.

MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A.; ONO, H. A.; LEAL, U. A. S.: Modelagem na predição do volume individual em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Bras. Biom.**, São Paulo, v.32, n.4, p.584-598, 2014.

ORELLANA, E.; FILHO, A. F.; NETTO, S. P.; DIAS, A. N.: Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de florestas ombrófila mista. **Revista Árvore, Viçosa**, v. 38, n. 2, p. 297-308, 2014.

RODRIGUES, J. A.; FILHO, J. S.; CHAVES, L. M.: Funções densidade de probabilidade para a estimativa de precipitação mensal. **Revista Semina Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina**,v.34, n.1, p.03-08, Jan./ Jul. 2013.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras, UFLA/FAEPE, 2006. 393 p.

IMPACTO DA RETIRADA DE ÁRVORES DE *Eucalyptus* sp. EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

IMPACT OF THE REMOVAL OF TREES *Eucalyptus* sp. IN PERMANENT PRESERVATION AREA

Patrícia Mieth<sup>1</sup> Maristela Machado Araujo Suelen Carpenedo Aimi Daniele Guarienti Rorato

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da retirada de árvores de *Eucalyptus* sp. em uma área de preservação permanente, em fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santo Cristo, RS. Para isso, foram realizados dois levantamentos fitossociológicos, o primeiro em novembro de 2012 e o segundo após a retirada dos indivíduos, em novembro de 2013, sendo em ambas as ocasiões determinados o número de espécies, gêneros e famílias, diversidade florística e densidade absoluta desse fragmento. O inventário florestal foi realizado em oito parcelas de 10 x 20 m, distribuídas sistematicamente em quatro faixas, equidistantes 30 m, com identificação e medição da circunferência a altura do peito (CAP) e altura das árvores, conforme as seguintes classes de tamanho: Classe I (10 x 20 m) indivíduos CAP  $\geq$  30 cm; Classe II (10 x 10 m) indivíduos de 15 cm  $\leq$  CAP < 30 cm; Classe III (5 x 5 m) indivíduos com 5  $\leq$  CAP < 15 cm e Classe IV (3,5 x 3,5 m) ou Regeneração Natural Estabelecida (RNE), indivíduos com CAP  $\leq$  5 cm. Após a intervenção na área de preservação o número de espécies inventariadas aumentou, bem como o número de famílias e gêneros, apesar do número de indivíduos e espécies ter diminuído nas classes superiores. A densidade absoluta de indivíduos na regeneração natural estabelecida apresentou um acréscimo de 76% de indivíduos. O corte das árvores do gênero *Eucalyptus* gerou impacto negativo sobre a vegetação das classes superiores. Porém, essa atividade favoreceu a regeneração natural, a qual possui alta diversidade florística e densidade absoluta.

**Palavras-chave:** manejo florestal; densidade absoluta; diversidade florística; regeneração natural.

ABSTRACT

This study aimed to assess the impact of cutting *Eucalyptus* sp. trees in an area of permanent preservation, with Deciduous Forest, in Santo Cristo, RS. For this, were made two phytosociological surveys, the first in November 2012 and the second after lumbering of individuals, in November 2013, which determined the number of species, genera and families, floristic diversity and absolute density of this fragment. To survey vegetation in remnant, held the forest inventory in 8 plots of 10 x 20 m systematically distributed into four tracks, 30 m equidistant. Identifying and measuring the circumference and height of trees was performed in each of these sampling units, according to the following size classes: Class I (10 x 20 m) in circumference individuals to 1.3 m above the ground (CAP)  $\geq$  30 cm; Class II (10 x 10 m) individuals with 15 cm  $\leq$  CAP < 30 cm; Class III (5 x 5 m) individuals with 5  $\leq$  < 15 cm and Class IV (3.5 x 3.5 m) or Established Natural Regeneration (RNE), individuals with CAP  $\leq$  5 cm. After intervention in the preservation area the number of inventoried species increased, as well as number of families and genera, although the number of species has decreased to the upper classes. The absolute density of individuals in established natural regeneration showed an increase of 76% of individuals. The removal of trees of the genus *Eucalyptus* of the permanent preservation area had a negative impact on the vegetation of the upper classes. However, this activity favored natural regeneration, which has high floristic diversity and absolute density.

**Keywords:** forest management; absolute density; floristic diversity; natural regeneration.

INTRODUÇÃO

As áreas de floresta natural vêm sendo drasticamente reduzidas, devido ao processo de ocupação do solo caracterizado, principalmente, pela exploração de espécies madeiráveis e consequente fragmentação florestal e expansão das atividades agropecuárias. Dessa forma, a conservação de remanescentes florestais, em especial as áreas de preservação permanente (APP), é importante, pois além de apresentarem elevada diversidade residual, desempenham serviços ambientais, como proteção do solo, manutenção do ciclo hidrológico e proteção dos cursos d'água.

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Email: patriciamieth@hotmail.com

Nesse sentido, as APP's foram criadas para proteger o ambiente natural, não sendo apropriadas para alteração de uso do solo, devendo estar cobertas com a sua vegetação natural (COSTA; SOUZA; BRITES, 1996). No entanto, apesar da relevância dessas áreas, ainda existem algumas barreiras para que essas exigências sejam cumpridas pelos detentores de imóveis rurais, como no caso de pequenas propriedades, onde se limita a área útil para cultivo agrícola (FILHO; CABRAL; BORGES, 2012).

Contribuindo para a conservação desses ecossistemas, as florestas plantadas surgem como alternativa para reduzir a pressão sobre as formações naturais. Porém, por se tratar de culturas perenes, necessitam de planejamento adequado quanto ao manejo e local em que serão implantadas. Em alguns casos, as florestas plantadas avançaram sobre as áreas protegidas, sendo necessária a readequação do uso e ocupação do solo para que as APP's e áreas de reserva legal (RL), anteriormente ocupadas por atividades agrícolas ou florestais, sejam restauradas de forma a promover a sua reocupação com florestas naturais (ONOFRE; ENGEL; CASASSOLA, 2010).

Em APP's ou RL com povoamentos de espécies do gênero *Eucalyptus*, os quais se caracterizam por apresentar ciclo longo e aplicação reduzida principalmente de herbicidas, a ocorrência de regeneração natural é favorecida. Nesse caso, a indução e a condução dessa regeneração natural podem ser utilizadas como ferramentas no processo de restauração florestal dessas áreas (CARNEIRO, 2002). No entanto, quando houver a supressão da espécie exótica, a vegetação natural poderá sofrer alguns impactos, positivos e negativos.

Dessa forma, os estudos sobre a composição florística e a fitossociologia das formações florestais são de fundamental importância, pois oferecem subsídios para a compreensão da estrutura e da dinâmica das mesmas, por meio de parâmetros imprescindíveis para o manejo e regeneração das diferentes comunidades vegetais (CHAVES et al., 2013). Desse modo, o objetivo do trabalho foi analisar o impacto da retirada de árvores de *Eucalyptus* sp. em uma área de preservação permanente, localizada em um fragmento de Floresta Estacional Decidual, em Santo Cristo, RS.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização do local

O estudo foi realizado em uma APP com área de 2,8 hectares (ha), localizada em um fragmento de Floresta Estacional Decidual de propriedade particular, na localidade de Linha do Rio (27° 30' 45'' de latitude Sul e 54° 27' 54'' de longitude Oeste), município de Santo Cristo, RS. Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima subtropical, do tipo fundamental Cfb, com verões brandos e úmidos e invernos relativamente úmidos e frios (MORENO, 1961).

As árvores de *Eucalyptus* sp. presentes no local (907 árvores), com idade de 12 anos, foram plantadas aleatoriamente sem plano de manejo, representando 185 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e foram cortadas após autorização, no mês de agosto de 2013, com o intuito de preservar a área, a qual é limitada a leste por locais destinados à atividade agrícola, a oeste pelo Rio Boa Vista, e ao sul e ao norte por fragmentos de Floresta Estacional Decidual.

### Amostragem e avaliação do impacto

Para mensurar o grau de impacto causado pelo corte da espécie exótica em APP, foram realizados dois levantamentos fitossociológicos. O primeiro, no mês de novembro de 2012, foi considerado como levantamento prévio da vegetação e da regeneração natural existente sob o dossel do povoamento. No mês de novembro de 2013, foi realizado o segundo levantamento para verificar a situação da vegetação e da regeneração natural após a retirada das árvores.

Para a realização dos inventários foi utilizada a amostragem sistemática, com alocação de quatro faixas paralelas nas quais foram demarcadas um total de oito parcelas de 10 x 20 m, com equidistância de 30 m entre as faixas e 40 m entre as parcelas como zona de amortecimento. Ao total, foram amostrados 0,16 ha, representando 5,7 % da área. Nas parcelas, foi realizada a identificação e a medição da circunferência à altura do peito (CAP a 1,3 metros do solo) e altura do componente arbóreo/arbustivo, conforme as seguintes classes de tamanho: I (10 x 20 m): indivíduos de CAP ≥ 30 cm; II (10 x 10 m): indivíduos de 15 cm ≤ CAP < 30 cm; III (5 x 5 m): indivíduos de 5 cm ≤ CAP < 15 cm e; IV (3,5 x 3,5 m) ou Regeneração Natural Estabelecida (RNE): indivíduos com CAP ≤ 5 cm.

No componente arbóreo/arbustivo foi amostrada uma área total de 1.600 m<sup>2</sup> e na regeneração natural estabelecida de 98 m<sup>2</sup>. A identificação das espécies foi efetuada mediante consulta à especialistas na área e literatura, sendo que as árvores do gênero *Eucalyptus* não foram consideradas nas análises.

### Parâmetros avaliados

O impacto causado pela extração florestal foi mensurado a partir de parâmetros como número de espécies, gêneros e famílias, diversidade florística obtida pelo índice de Shannon ( $H'$ ) e densidade absoluta conforme Felfili e Resende (2003). Os dados foram processados no *software* Microsoft Office Excel®.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da exploração florestal foram amostradas 32 espécies arbóreo-arbustivas, pertencentes a 27 gêneros e 16 famílias botânicas, constituindo os diferentes estratos da floresta. Nas classes I, II e III foram identificadas 22 espécies arbóreas e na regeneração natural estabelecida 24 espécies, entre essas, 10 são exclusivas da RNE. Valores superiores foram observados em áreas de Floresta Decidual por Longhi et. al. (1999) e Meyer (2008), que encontraram 62 e 68 espécies, respectivamente. Esses resultados demonstram que as características singulares de cada ecossistema interferem diretamente no poder regenerativo de uma floresta.

No caso desse estudo, o predomínio de *Eucalyptus* sp. pode ser um fator limitante a presença de outras espécies, considerando os efeitos alelopáticos causados por algumas espécies desse gênero, como *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis* (FERREIRA; AQUILA, 2000) e *Eucalyptus citriodora* (AZEVEDO; BRAGA; GOI, 2007) que são sintetizadoras de aleloquímicos como fenólicos solúveis em água, terpenóides e outros inibidores, os quais são encontrados em suas folhas (SOUZA FILHO; ALVES, 1998).

Após a intervenção, foram amostradas 35 espécies, pertencentes a 29 gêneros e 15 famílias botânicas. Nas classes I, II e III foram identificadas 16 espécies arbóreas e na RNE 30 espécies, entre essas, 19 exclusivas dessa classe. O número de espécies inventariadas aumentou, bem como o número de gêneros, devido ao aumento desses na RNE, apesar do número de espécies ter diminuído para as classes superiores (Tabela 1).

Tabela 1 - Número de espécies, gêneros e famílias encontrados antes e após a retirada das árvores do gênero *Eucalyptus* em Área de Preservação Permanente, Santo Cristo, RS.

Table 1 - Number of species, genera and families found before and after the removal *Eucalyptus* trees in the Permanent Preservation Area, Santo Cristo, RS.

	Regeneração Natural Estabelecida		Classes I, II e III	
	Pré-exploração	Pós-exploração	Pré-exploração	Pós-exploração
Espécies	24	30	22	16
Gêneros	20	25	21	16
Famílias	12	14	15	11

Em que: Classe I (10 x 20 m): indivíduos de  $CAP \geq 30$  cm; Classe II (10 x 10 m): indivíduos de  $15 \text{ cm} \leq CAP < 30$  cm; Classe III (5 x 5 m): indivíduos de  $5 \text{ cm} \leq CAP < 15$  cm e Regeneração Natural Estabelecida (RNE), indivíduos com  $CAP \leq 5$  cm.

De acordo com Yared e Souza (1993), os espaços abertos proporcionados pela exploração florestal são um impacto de caráter temporário. Dependendo do tamanho da clareira aberta, esperam-se efeitos positivos, pois a abertura do dossel estimula os processos envolvidos na dinâmica de sucessão, crescimento e produção florestal na área manejada. Resultados de pesquisas encontrados por Silva (1989) evidenciaram que a floresta como um todo apresenta regeneração natural em quantidades adequadas de indivíduos após a exploração. Essa afirmação corrobora os resultados encontrados nesse estudo, no qual se evidencia o aumento de espécies presentes na regeneração natural após a retirada de indivíduos.

Em relação à diversidade florística, obtida pelo índice de Shannon para as classes I, II e III antes da exploração florestal, esse valor foi de 2,53. De acordo com Felfili e Resende (2003), os valores desse índice normalmente variam entre 1,3 e 3,5. No entanto, o baixo valor de diversidade encontrado para esse estudo já era esperado, devido à dificuldade que alguns indivíduos têm em se estabelecer e superar a competição por luz, água e nutrientes, condicionada pela presença da espécie exótica.

Na regeneração natural estabelecida o valor encontrado para esse índice foi de 3,05. Esse valor pode ser considerado intermediário já que se encontra sob plantio de *Eucalyptus* sp. e espécies nativas e, se comparado com resultados encontrados por Callegaro et al. (2013), que estudaram a regeneração natural sob plantios homogêneos de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (canafístula), *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos (ipê-roxo) e *Hovenia dulcis* Thunberg (uva-do-japão), e observaram valores inferiores de  $H'$  2,46; 2,48; e 2,17, respectivamente. O valor superior encontrado nesse estudo deve-se a presença de espécies nativas nos estratos superiores, auxiliando na composição do banco de sementes da área.

A diversidade florística da vegetação após o corte das árvores não foi influenciada na regeneração natural estabelecida, pois os valores desse índice aumentaram. Porém, para as classes superiores esse valor diminuiu resultado da mortalidade de algumas árvores. Segundo Felfili e Rezende (2003), a máxima diversidade representada pelo  $H'$  pode ser alcançada em situações onde todas as espécies estejam igualmente abundantes. Desse modo, pode-se inferir que a intervenção favoreceu o equilíbrio e a emergência de novas espécies na regeneração natural.

Referente ao grupo ecológico das espécies inventariadas, o qual é uma ferramenta essencial para a compreensão da sucessão ecológica de um ecossistema, foram contabilizadas, após a intervenção, 23 espécies no grupo das pioneiras ou secundárias iniciais. Isso indica que está ocorrendo o início de uma sucessão ecológica nas áreas onde houve a retirada dos indivíduos e a consequente formação de clareiras. Já para áreas pouco atingidas pela derrubada, foi possível verificar a presença de espécies secundárias tardias ou clímax (12 espécies), permanecendo a condição sucessional presente antes da intervenção (Tabela 2).

Segundo Budowski (1965), a presença de espécies pioneiras e secundárias iniciais em florestas fechadas está condicionada ao surgimento de clareiras, que causam mudanças na qualidade e intensidade de luz, umidade e temperatura do solo. Essas mudanças no meio físico alteram o meio biológico, visto que indivíduos já estabelecidos sensíveis à luz solar morrerão e plântulas de outras espécies aparecerão e ainda, outras terão maximização do crescimento (VIEIRA; HIGUCHI, 1990). Além disso, conforme Martins et al. (2012), a colonização de clareiras por espécies de diferentes grupos sucessionais é influenciada pelas respostas ecofisiológicas das espécies existentes no local, representadas pelo banco de plântulas, de sementes ou de indivíduos remanescentes, entre outros.

A densidade absoluta de indivíduos na regeneração natural estabelecida antes da retirada das árvores foi de 13.163 indivíduos  $ha^{-1}$  e três meses após foi de 23.163 indivíduos  $ha^{-1}$ , o que representa um acréscimo de 76% de indivíduos regenerantes. Isso pode ser explicado pelo efeito da abertura de clareiras, que favorecem o recrutamento de indivíduos menores, contribuindo para o aumento da densidade.

Já para as classes I, II e III, a densidade absoluta diminuiu após a intervenção, de 662 para 331 indivíduos  $ha^{-1}$ . Esse fato pode ser explicado pelo maior porte e cobertura de copa dessas classes, proporcionando, assim uma maior probabilidade do indivíduo ser atingido durante a queda das árvores e galhos. Respalhando essa afirmação, Yared e Souza (1993) observaram que os danos às árvores remanescentes de um povoamento, provocados pela derrubada de indivíduos, não se manifestam com a mesma intensidade nos diversos estratos do dossel. A percentagem de árvores danificadas aumenta para as maiores classes de diâmetro. Além disso, observaram que pelo menos 20% das árvores do povoamento sofreram algum tipo de injúria após a exploração florestal.

Na exploração florestal, cada operação pode interferir em vários componentes do ecossistema, como a vegetação, a fauna, o solo, a água e o ar, causando danos à vegetação, ocorrência de erosão e compactação do solo e a poluição da água (HENDRISSON, 1989). O mesmo autor evidenciou que 40% das árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maior que 15 cm possuíam algum tipo de dano num sistema convencional de arraste, resultado semelhante ao encontrado nesse estudo, onde o número de árvores com DAP maior que 5 cm sofreu redução de 50%. De acordo com Delgado (1995), um dos principais efeitos da exploração seletiva é a redução das árvores existentes e os danos na vegetação remanescente.

Apesar da vegetação nas classes superiores ter sofrido danos com a queda das árvores de *Eucalyptus* sp., evidenciado pela morte e redução do número de indivíduos e diversidade florística, a regeneração natural aparece em abundância na área de preservação permanente. Isso indica que a sucessão ecológica foi reiniciada, favorecida pelo surgimento de clareiras e pela dispersão anemocórica e zoocórica de sementes, visto que há presença de fragmentos de Floresta Estacional Decidual adjacentes à área.

Segundo Kageyama e Gandara (2001), em áreas degradadas com banco de sementes e com fontes de sementes no entorno, não há necessidade de introdução de espécies para restauração ambiental, sendo possível a utilização/condução da regeneração natural. Em alguns casos, pode haver necessidade de controle das plantas invasoras muito agressivas, que podem retardar ou impedir o processo sucessional.

Diante disso, pode-se dizer que a intervenção antrópica sobre a área de preservação permanente não prejudicou o processo de regeneração natural da área, evidenciado pelo aumento da diversidade e densidade absoluta dessa classe. Portanto, a condução da regeneração é uma alternativa viável e econômica para restauração desse ambiente.



Tabela 2 – Grupo ecológico das espécies encontradas nas Classes I, II, III e Regeneração Natural Estabelecida (RNE) antes e após a retirada das árvores do gênero *Eucalyptus* da área de preservação permanente, Santo Cristo, RS.Table 2 - Ecological species group found in Class I, II, III and Established Natural Regeneration (RNE) before and after removal of the genus *Eucalyptus* trees of permanent preservation area, Santo Cristo, RS.

Espécie	Família	Grupo Ecológico	Pré-exploração	Pós-exploração
<i>Acacia bonariensis</i>	Fabaceae	Pi	RNE	RNE
<i>Actinostemon concolor</i>	Euphorbiaceae	C	-	RNE
<i>Aiouea saligna</i>	Lauraceae	C	RNE	RNE
<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	Si	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae	Si	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Fabaceae	Pi, Si	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Casearia sylvestris</i>	Salicaceae	Si	I, II e III	RNE
<i>Cordia americana</i>	Boraginaceae	Si	RNE	RNE
<i>Cordia trichotoma</i>	Boraginaceae	Si	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Cupania vernalis</i>	Sapindaceae	St	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Dalbergia frutescens</i>	Fabaceae	Si	I, II e III	RNE
<i>Eugenia involucrata</i>	Myrtaceae	C	RNE	RNE
<i>Eugenia rostrifolia</i>	Myrtaceae	C	RNE	RNE
<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	Si, St, C	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Hovenia dulcis</i>	Rhamnaceae	C	I, II, III e RNE	-
<i>Inga marginata</i>	Fabaceae	Pi, Si	-	RNE
<i>Machaerium paraguariense</i>	Fabaceae	St	-	RNE
<i>Matayba elaeagnoides</i>	Sapindaceae	St	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Myrceugenia cucullata</i>	Myrtaceae	St	I, II e III	-
<i>Myrcianthes pungens</i>	Myrtaceae	St	-	RNE
<i>Morus nigra</i>	Moraceae	Pi	I, II, III e RNE	I, II e III
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Fabaceae	Si, St	RNE	RNE
<i>Myrsine sp.</i>	Primulaceae	-	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Nectandra lanceolata</i>	Lauraceae	St	RNE	RNE
<i>Nectandra megapotamica</i>	Lauraceae	Si, St	I, II, III e RNE	I, II e III
<i>Ocotea puberula</i>	Lauraceae	Si	RNE	RNE
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Fabaceae	Pi	I, II e III	I, II e III
<i>Peltophorum dubium</i>	Fabaceae	Si	-	RNE
<i>Prunus myrtifolia</i>	Rosaceae	Si	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Rollinia salicifolia</i>	Annonaceae	Si	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Polygonaceae	Si	-	RNE
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Anacardiaceae	Pi, Si	-	RNE
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Euphorbiaceae	Si	I, II e III	I, II e III
<i>Solanum mauritianum</i>	Solanaceae	Pi	I, II e III	-
<i>Sorocea bonplandii</i>	Moraceae	Si	RNE	RNE
<i>Trichilia catiguá</i>	Meliaceae	C	I, II e III	I, II e III
<i>Trichilia clausenii</i>	Meliaceae	C	-	RNE
<i>Trichillia elegans</i>	Meliaceae	C	I, II, III e RNE	I, II, III e RNE
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	Si	RNE	RNE

Em que: Classe I (10 x 20 m): indivíduos de CAP  $\geq 30$  cm; Classe II (10 x 10 m): indivíduos de  $15 \text{ cm} \leq \text{CAP} < 30$  cm; Classe III (5 x 5 m): indivíduos de  $5 \text{ cm} \leq \text{CAP} < 15$  cm; RNE: indivíduos com CAP  $\leq 5$  cm; Pi: Pioneira; Si: Secundária Inicial; St: Secundária Tardia; C: Clímax.

## CONCLUSÕES

A retirada das árvores de *Eucalyptus* sp. da área de preservação permanente ocasionou impacto negativo sobre a vegetação das classes superiores. Porém, essa atividade favoreceu a regeneração natural, a qual apresentou alta diversidade florística e densidade absoluta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, V. K.; BRAGA, T. V. S.; GOI, S. R. Efeito alelopático de extrato de *Eucalyptus citriodora* e *Pinus eliotti* sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (alface). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2007, Minas Gerais. **Anais...** Minas Gerais, 2007.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba** 15(1): 40-42, 1965.
- CALLEGARO, R. M. et al. Potencial de três plantações florestais homogêneas como facilitadoras da regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 99, p. 331-341, 2013.
- CARNEIRO, P. H. M. **Caracterização florística, estrutural e da dinâmica da regeneração de espécies nativas em um povoamento comercial de *Eucalyptus grandis* em Itatinga, SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.
- CHAVES, A. D. C. G. et al. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 9, n. 2, p. 42-48, abr-jun, 2013.
- COSTA, T. C. C.; SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996, p. 121-127.
- DELGADO, L. D. **Efectos em La riqueza, composición y diversidad florística producidos por el manejo silvícola de um bosque húmedo tropical de tierras bajas em Costa Rica**. 1995. 97 p. Tesis (Magister Scientiae) - CATIE, Turrialba 1995.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. Conceitos e métodos em fitossociologia. **Comunicações Técnicas Florestais**, v. 5, n. 1, UNB, Brasília, DF, 68 p, 2003.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da Ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, n.12, ed. Especial, p.175-204, Rio Grande do Sul, 2000.
- FILHO, L. O. M.; CABRAL, A. L. A.; BORGES, L. A. C. Análise territorial da sub-bacia Grupiara, em Lavras (MG), segundo as exigências do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012). **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 5, 2012.
- HENDRISON, J. **Damage – controlled logging in tropical rain Forest in Suriname**. Wageningen: Agricultural University, 1989. 204 p.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. **Recuperação de Áreas Ciliares**. In: RODRIGUES, R. R. et al. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. 2ª Edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: FAPESP, p. 249-269, 2001.
- LONGHI, S. J. et al. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 115-133, 1999.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; CALEGARI, L. Sucessão ecológica: Fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. In: MARTINS, S. V. (Editor). **Ecologia de Florestas tropicais do Brasil**. 2ª Edição. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 21-52, 2012.
- MEYER, E. A. **Estrutura do estrato regenerante e impacto do corte seletivo de árvores sobre a regeneração natural em uma floresta estacional decidual**. Trabalho de conclusão de curso, Santa Maria, RS, 2008.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretária da Agricultura, 1961. 73 p.
- ONOFRE, F. F.; ENGEL, V. L.; CASASSOLA, H. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.85, p.39-52, 2010.
- SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rainforest of the Brazilian Amazon after logging**. University of Oxford. Oxford, England, 1989. 302p. (Tese Ph. D.).
- SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S.M. Alelopatia em ecossistema de pastagem cultivada. **Embrapa-CAPTU**, Belém, 1998.
- VIEIRA, G.; HIGUCHI, N. Efeito do tamanho de clareira na regeneração natural em floresta mecanicamente explorada na Amazônia Brasileira. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6, **Resumos**. Campos do Jordão, p. 22-27, 1990.
- YARED, J. A. G.; SOUZA, A. L. **Análise dos impactos ambientais do manejo de florestas tropicais**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1993.

**INCREMENTO CORRENTE MENSAL DE *Dipteryx odorata* AUBL. WILLD. (CUMARÚ) EM PLANTIO NA REGIÃO DE SANTARÉM-PA.**

**INCREASE MONTHLY CHAIN *Dipteryx odorata* AUBL. WILLD. (CUMARU) IN SANTARÉM, PA REGION PLANTING.**

Aldeize da Silva Santos<sup>1</sup> Márlison de Sá Rêgo Edgard Siza Tribuzy Cristina Aledi Felsemburgh

**RESUMO**

Nativa da região Amazônica e conhecida popularmente como cumarú, *Dipteryx odorata* (Aubl. Willd.) é pertencente à família Fabaceae. A partir da sua semente, produz o óleo cumarina. A espécie possui relevante importância econômica, sendo utilizada no setor de: movelaria, indústrias de construção civil, naval e cosmético. O trabalho teve como objetivo determinar a taxa de incremento corrente mensal em plantas de Cumarú na região de Santarém, Oeste do Pará. O trabalho foi conduzido desenvolvido em um plantio experimental de cumarú na fazenda Curauá, localizada na Curuá-Una km 21. Instalou-se bandas dendrométricas de aço inoxidável, confeccionadas manualmente em vinte indivíduos de Cumarú que apresentavam fustes cilíndricos com ausência ou pouca irregularidade, evitando árvores das bordas do plantio. As bandas foram instaladas a 130 cm a partir do solo. Determinou-se o incremento corrente mensal do caule e o incremento com relação a primeira medida, convertendo-se os valores determinados em milímetros para área. As medidas de diâmetro foram obtidos durante o período chuvoso de janeiro a julho. Dados meteorológicos foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia, afim de que fossem comparados a taxa de incremento mensal com os dados mensais das variáveis climáticas. O incremento diamétrico arbóreo e a precipitação obtiveram as menores taxas no mês de junho, apresentando, portanto a mesma tendência. A variabilidade no regime hídrico acarretou alterações nas taxas de incremento diamétrico em *Dipterix odorata*, isso deve-se ao fato de que a precipitação é a principal fonte de água para os indivíduos arbóreos.

**Palavras-chave:** clima; crescimento; plantas.

**ABSTRACT**

Native to the Amazon region and popularly known as Cumarú, *Dipteryx odorata* (Aubl Willd.) is belonging to the Fabaceae family. From its seed produces coumarin oil. The species has significant economic importance, being used in the industry: furniture industry, construction industry, shipbuilding and cosmetic. The study aimed to determine the current monthly growth rate by tonka bean plants in the region of Santarém, Western Pará. The work was conducted in a developed Cumarú experimental planting in Curauá farm, located in Curuá-Una km 21. It is installed stainless steel caseback dendrometric bands, hand made of twenty individuals of Cumarú presenting cylindrical shafts with no or little irregularities, avoiding trees planted borders. The bands were set 130 cm from the ground. It was determined the monthly increment of the stem and the increase regarding the first measure, becoming the values determined in millimeters area. Diameter measurements were obtained during the rainy season from January to July. Meteorological data were obtained from the National Institute of Meteorology, so that they were compared to monthly growth rate with monthly data of climate variables. The tree diameter increment and precipitation scored lower rates in June, thus presenting the same trend. The variability in the water regime brought changes in diameter increment rates *Dipterix odorata*, this is due to the fact that rainfall is the main source of water to individual trees.

**Keywords:** climate; growth; plants.

**INTRODUÇÃO**

Caracterizada pela sua estrutura que excede 30 m, conhecida internacionalmente por abrigar grande diversidade de espécies, as florestas tropicais úmidas, distribuem-se em uma faixa do globo terrestre, sendo principalmente nas regiões equatoriais. E com essas características está a floresta Amazônica, ocupando uma área de aproximadamente  $6 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, sendo que a maior parte desta encontra-se no território brasileiro, cerca de 89%.

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheira Florestal - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima n/1000, prédio 44 B, Camobi, CEP. 97105900, Santa Maria – RS. E-mail: aldeizesantos@yahoo.com.br

Nesta é encontrada os tipos de formação florestal de: floresta de terra-firme; floresta de várzea; campos de terra-firme; campina; vegetação serrana e vegetação de restinga (BRAGA, 1979).

Aproximadamente 36% da floresta densa de terra firme da bacia Amazônica encontra-se em locais onde a precipitação nos meses mais secos é inferior a  $1,5 \text{ mm.d}^{-1}$  (VIEIRA, 2003). Nas regiões de cultivo agrícola, uma das maiores limitações climáticas para as culturas é a seca sazonal que influencia negativamente o crescimento e acúmulo de reservas.

Espécies florestais produtoras de óleos essenciais e que ainda apresentam madeira de qualidade, aparecem auxiliando a renda de pequenos produtores rurais favorecendo, até mesmo, empresários do setor madeireiro, aquecendo assim a economia local. E dentre essas espécies pode ser citado o Cumarú (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.), Esta espécie é uma árvore de grande porte, nativa da floresta primária de terra firme. Sua madeira é bastante pesada, de boa resistência mecânica, indicada para construção pesada (UCHIDA, 2000).

As sementes produzem um óleo, a cumarina, utilizada para substituir a baunilha para fabricação de chocolates, bebidas, fumos e perfumes e é utilizada ainda para fins medicinais. Atualmente seu principal uso é na fabricação de venenos de ratos, causando falha no sistema de coagulação do sangue. Sua madeira é bastante pesada, resistente e forte, indicada para construção pesada (ISMAEL, 2009).

Toda via, a eficiência produtiva de cultivo destas espécies depende das interações entre condições edafoclimáticas e os processos fisiológicos, que determinam o crescimento e a produtividade dos indivíduos em uma dada região. Por essa razão, o conhecimento sobre crescimento e efeitos das interações das condições de clima nessas plantas, podem refletir sobre a produtividade e as atividades de extração dos produtos florestais madeireiros e não madeireiros direcionados à Amazônia, sendo, portanto, importante para os interesses econômicos da região, e dessa forma, contribuir para a valorização, conservação e seu uso racional, gerando ainda informações científicas que auxiliem na elaboração de estratégias de manejo para as espécies, assegurando a continuidade da extração de seus produtos causando o menor impacto possível no ambiente.

Este trabalho teve como objetivo, determinar o efeito da precipitação na taxa de incremento corrente mensal em plantas de cumarú (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.) em plantio na região de Santarém no Oeste do Pará.

## MATERIAIS E MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Curauá ( $54^{\circ}37'09,52''\text{W}$  e  $02^{\circ}34'23,43''\text{S}$ ), localizada na rodovia Curauá-Una, ramal do Jacamim situada 21 km ao sul da cidade de Santarém, PA. O solo mais bem representado é o Latossolo Amarelo Álico, argiloso, ocupando a superfície dos platôs (CHAUVEL, 1982; FERRAZ, 1998).

O período seco pode ser caracterizado por épocas onde a precipitação mensal seja próxima de  $100 \text{ mm.mês}^{-1}$ . A precipitação média anual em Santarém entre os anos de 1967 a 1990 foi de 1909 mm. A temperatura média anual é de  $25^{\circ}\text{C}$ . A temperatura do ar acima do dossel florestal varia pouco ao longo do ano, com temperatura máxima diária entre  $24$  e  $32^{\circ}\text{C}$  e mínima diária entre  $20$  e  $25^{\circ}\text{C}$ . No período seco, a temperatura é, em média,  $1$  a  $3^{\circ}\text{C}$  mais quente, quando comparada ao período úmido (FELSEMBURGH, 2009). A umidade relativa média é de 85% (PARROTA, 1995).

Selecionou-se 20 indivíduos de um plantio que dispunha de um total de 40, evitando aquelas que estavam nas bordas do plantio. Em cada indivíduo arbóreo, instalou-se bandas dendrométricas de aço inoxidável confeccionadas manualmente (KEELAND et al., 1993). Estas medem a expansão do crescimento do tronco por meio do deslocamento provocado por uma mola que se desloca à medida que ocorre o crescimento do fuste. As bandas foram instaladas de 130 centímetros a partir do solo. E quando os indivíduos apresentavam irregularidades, as bandas foram postas o mais próximo possível da altura pré-determinada.

Para a determinação da taxa de incremento diamétrico nas plantas de cumaru, coletou-se dados mensais por um período de 210 dias, equivalente a sete meses, utilizando um paquímetro digital com precisão de centésimo de milímetro. As medidas foram realizadas mensalmente após um período inicial de ajuste das bandas nos caules. Os valores de diâmetros obtidos em mm foram convertidos para  $\text{cm}^2$ , dividindo-se cada valor por 100. E a partir disso determinado a área em  $\text{cm}^2$  dos diâmetros dos indivíduos por equações matemáticas 1, 2 e 3:

$$A = \pi r^2$$
$$r = d/2$$

Substituindo-se 2 em 1:

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Dados meteorológicos diários de temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar e precipitação, foram obtidos do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013), da estação meteorológica situada em Belterra, PA com Latitude  $-2,63^{\circ}$ , longitude,  $-54,95^{\circ}$ , Altitude 175,74 m.

Dentro do período de coleta de dados, consideramos cada mês, sendo um bloco, sendo eles: janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho e julho do ano de 2013, afim de verificar o efeito do tempo no incremento diamétrico, sendo que o mês de janeiro foi considerada como zero, isto é, medida inicial. Os dados foram organizados em planilha de Excel e submetidos ao programa estatístico Bio Estat 5.0 (AYRES et al, 2007), para serem analisados pela análise de variância. O delineamento foi em blocos inteiramente casualizado ao nível de 95% de confiança. Quando verificada a diferença estatística entre os blocos, aplicou-se o teste de Tukey.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve poucas oscilações de temperatura máxima, com médias em torno de 30,5 °C, variando de 30,1 a 30,8, assim como de temperatura mínima, com média estando em 22 °C variando de 21,8 a 22,4 °C, conforme mostra a Figura 1 de temperatura em °C, de janeiro a julho de 2013.

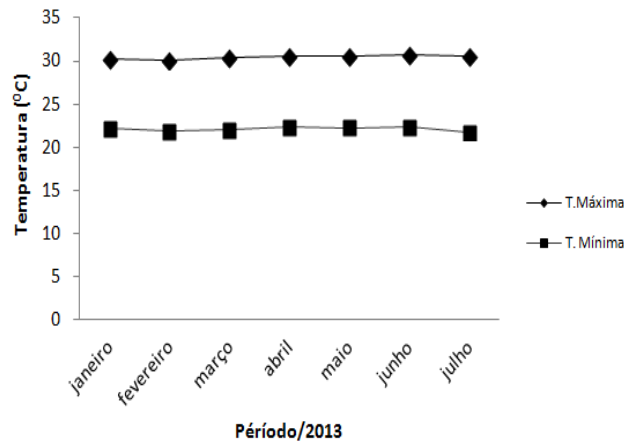


Figura 1- Temperaturas Máxima e Temperatura Mínima em °C na região de Santarém, Pa de janeiro a julho de 2013.

Figure 1- Maximum Temperature Minimum Temperature in °C in the region of Santarém, PA january to july 2013

Os maiores índices de insolação entre os meses de janeiro a julho de 2013, foram registrados nos meses de fevereiro, junho e julho, e os menores estiveram nos meses de janeiro e março, Figura 2.

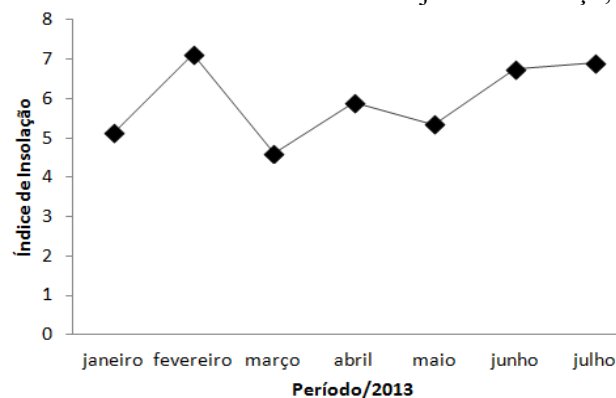


Figura 2- Índices de insolação de janeiro a julho de 2013.

Figure 2- January insolation indices to july 2013.

A umidade relativa do ar média foi de 90,1 %, sendo que os meses de março e julho alcançaram os maiores valores, caracterizando a umidade relativa do ar média da região no período analisado, a média da mesma ao longo do ano está na faixa de 85% (Figura 3 – A). A precipitação foi maior nos meses de março, abril e maio, com pequenas oscilações durante o período estudado. O maior índice esteve no mês de maio, e o menor no mês de junho (Figura 3 – B).

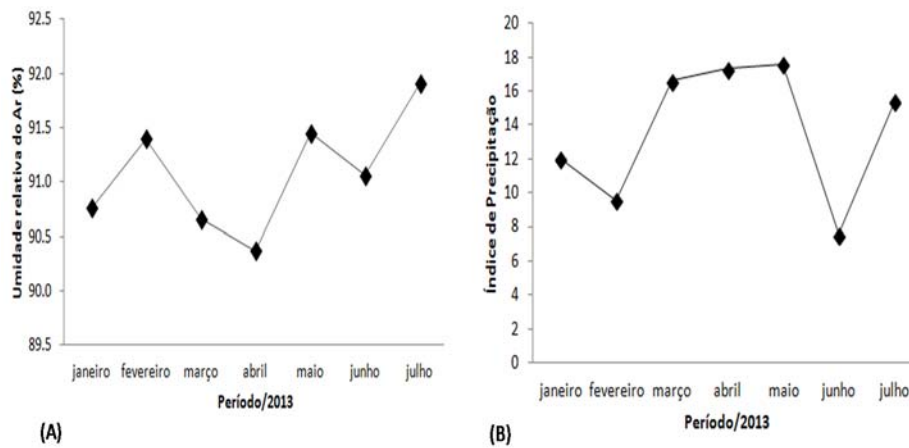


Figura 3- (A) Médias de umidade relativa do ar, (B) índice de precipitação, de janeiro a julho de 2013.  
Figure 3- (A) Average moisture of the air, (B) precipitation index, from January to July 2013.

O menor valor médio em incremento foi obtido no mês de junho, e as maiores médias em incremento corrente mensal estiveram nos meses de maio e julho, conforme evidenciado na Figura 4.

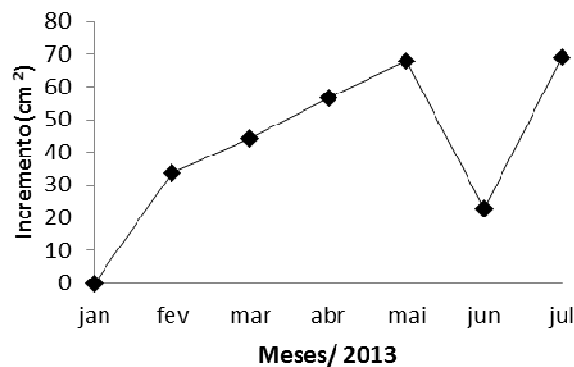


Figura 4- Incremento Corrente mensal (cm<sup>2</sup>) dia métrico de indivíduos arbóreos de Cumarú em 2013.  
Figure 4- Increase monthly corrente (cm<sup>2</sup>) metric day individual trees Cumarú in 2013.

Tanto o incremento quanto o índice de precipitação foram menores no mês de junho. A variabilidade no regime de hídrico acarretou alterações nas taxas de incremento em diâmetro de *Dipteryx odorata*, pois a precipitação é a principal fonte de água para os indivíduos arbóreos.

Ocorreu efeito do tempo no incremento de *D. odorata*. As diferenças estiveram entre os blocos de janeiro com março, abril, maio e julho; entre fevereiro com maio e julho; junho com abril e maio; e entre julho com janeiro, fevereiro, março, e junho. Em julho, onde foi registrada, a menor taxa de precipitação, ocorreu menor incremento diamétrico.

Regimes de radiação solar, temperatura e disponibilidade de água são principais fatores que caracterizam a sazonalidade climática de regiões produtoras. Tais fatores associados com a fertilidade do solo podem condicionar o crescimento e o desenvolvimento de plantas (SYVERTSEN, 1994).

Resultados semelhantes a esse foi verificado em pesquisa realizada por VIEIRA (2003) em região de floresta na Amazônia, cuja variabilidade no regime hídrico pode ser o responsável por alterações nas taxas de crescimento e incremento arbóreo, uma vez que, a precipitação é a maior fonte de umidade do solo e conseqüentemente a principal fonte de água para a vegetação. A deficiência de água no solo leva à diminuição gradual da fotossíntese pela maior resistência à fixação do gás carbônico, em virtude do fechamento dos estômatos.

## CONCLUSÕES

A taxa de incremento corrente mensal diamétrico foi diretamente proporcional a precipitação. O maior incremento ocorreu no período de maior índice de precipitação.

A variabilidade do regime de precipitação, provocou alterações nas taxas de incremento em área de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., no período estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, M. *et al.* ; **Aplicações estatísticas nas áreas das ciências Bio – médicas**. Bio Estat 5. 0. Belém – PA. 2007.
- BRAGA, P.I.S.: Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. Sulp. **Acta Amazônica**, 9(4):53-80. 1979.
- CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos, álicos, argilosos, dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. **Acta Amazonica**, v.12, n.3, p.47–60, 1982.
- FELSEMBURGH, A. A.: **Respostas Fotossintéticas à Variação da Temperatura Foliar do Dossel na Flona do Tapajós**. Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ecologia Aplicada. Universidade de São Paulo – USP. Piracicaba, 2009.
- FERRAZ, J.; OHTA, S.; SALLES, P.C. Distribuição dos solos ao longo de dois transectos em floresta primária ao norte de Manaus (AM). In: HIGUCHI, N.; CAMPOS, M.A.A.; SAMPAIO, P.T.B.; SANTOS, J. (Ed.). **Pesquisas Florestais para Conservação da Floresta e Reabilitação de Áreas Degradadas da Amazônia**. 1998. p.111-143.
- INMET: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <www.inmet.gov.br/>. Acesso em 21 de janeiro 2013.
- ISMAEL, J. C. B. **Caracterização física de frutos e sementes, morfologia da plântula e secagem de semente de cumaru (Dipteryx odorata (AUBL.) Willd.)**. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal da Amazônia – UFRA. 2009.
- KEELAND, B.D.; Sharitz, R.R. Accuracy of tree growth measurements using dendrometer bands. **Can J. For. Res.**, v.23, p. 2454-2457, 1993.
- PARROTTA, J.A.; FRANCIS, J.K.; ALMEIDA, R.R.. Trees of the Tapajós – a photographic Field guide. Gen. Tech. Rep. IITF-1, Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture. **Forest Service, International Institute of Tropical Forestry**. 370pp, 1995.
- SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. **Handbook of environmental physiology of fruit crops** – subtropical and tropical crops. Boca Raton: CRC Press, 1994. cap.4, p.65-100.
- UCHIDA , T. & CAMPOS, M. A. A. : **Influencia do sombreamento no crescimento de Mudas de Cumarú (Dipterix odorata (AUBL.) WILLD. – FABACEAE) Cultivadas em viveiro**. 2000.
- VIEIRA, S. A.: **Mudanças Globais e Taxa de Crescimento Arbóreo na Amazônia**. Tese de doutorado apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. 2003.





INCREMENTO DIAMÉTRICO PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Blepharocalyx salicifolius*  
(H.B.K.) BERG

DIAMETRIC INCREASE FOR INDIVIDUAL TREES OF *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) BERG

Tatiane Chassot<sup>1</sup> Frederico Dimas Fleig

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar as variáveis dimensionais e de concorrência que influenciam o incremento em diâmetro de árvores individuais de *Blepharocalyx salicifolius* da Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, no nordeste do Rio Grande do Sul. Para tanto, foram obtidas informações de 111 indivíduos que foram analisados utilizando software SSPS, por meio de correlação e análise de covariância. Diâmetro, altura, relação h/d, posição sociológica e densidade de Bitterlich são variáveis que influenciam o incremento em diâmetro dos indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius*. De maneira geral, os indivíduos de murta têm crescimento diferenciado de acordo com o diâmetro e altura dos indivíduos.

**Palavras-chave:** crescimento; murta; diâmetro.

ABSTRACT

This study aimed to determine the dimensional and competition variables that influence the increase in diameter of individual trees of *Blepharocalyx salicifolius* of Mixed Rain Forest at National Forest in São Francisco de Paula, in northeastern of Rio Grande do Sul. Therefore, information of 111 individuals were obtained which were analyzed using SPSS software, through correlation and covariance analysis. Diameter, h/d relation, sociological position and Bitterlich density are variables that influence the diameter increment of individuals of *Blepharocalyx salicifolius*. In general, the myrtle individuals have differentiated growth according to the diameter and height of the subjects.

**Keywords:** growth; myrtle; diameter.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a utilização de produtos e subprodutos da floresta nativa tem-se intensificado. Esta utilização, necessariamente, precisa ser sustentável para não esgotar os recursos naturais.

Para tanto, é essencial conhecer as características de crescimento das espécies de interesse (FLEIG et al., 2011). Em florestas nativas, devido a sua heterogeneidade de sítios, espécies, idades, espaçamentos, irregularidades de copa, altura e diâmetro das árvores, os estudos de crescimento das espécies devem ser feitos em nível de árvore individual (VANCLAY, 1994).

De acordo com Prodan et al. (1997), o crescimento das árvores e do povoamento florestal é resultado da qualidade do sítio e do grau com que essas árvores aproveitam a potencialidade desse sítio, dado pelo grau de concorrência sob a qual estas estão submetidas. A concorrência pode ser determinada pela densidade do ponto onde as árvores estão localizadas, expressas pela densidade de Bitterlich (BITTERLICH, 1947) e de Spurr (SPURR, 1962).

Este trabalho teve como objetivo determinar as variáveis dimensionais e de concorrência que influenciam o incremento em diâmetro de árvores individuais da espécie *Blepharocalyx salicifolius* da Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, no nordeste do Rio Grande do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas informações dimensionais e de concorrência de 111 indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius*, coletados em 8 unidades amostrais do Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD/CNPq) instaladas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, no município de São Francisco de Paula, RS.

A espécie *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg, pertencente à família Myrtaceae, popularmente conhecida por murta, é uma árvore de 15 a 20 metros de altura, com diâmetro de 20 a 40 cm. O tronco geralmente

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Cerro Largo, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil, tatianechassot@uffs.edu.br

é reto e cilíndrico, raramente tortuoso. Espécie frequente nas submatas de pinhais situadas em solos úmidos, por isso apropriada para utilização em matas ciliares. Possui também grande potencialidade para o reflorestamento em campos abertos ou capoeiras. A madeira dura e pesada é localmente aproveitada para obras internas e para energia (REITZ et al., 1983; LORENZI, 2009). É uma espécie do dossel da floresta de araucária e encontrada com grande frequência no local de estudo.

Foi utilizado o incremento periódico anual, calculado com base no incremento em diâmetro dos indivíduos no período de 8 anos.

### Incremento diamétrico e suas variáveis de influência

Para explicar o incremento em diâmetro (inc), procedeu-se a uma análise detalhada das características dimensionais e de concorrência da espécie estudada. As características dimensionais consideradas foram o diâmetro (dap), a altura (h), a relação hd (altura/diâmetro), a posição sociológica (PS), a tendência de valorização (TV) e a classe de copa (CC). Já as variáveis de densidade foram, densidade de Spurr ( $G_{Spurr}$ ) e densidade de Bitterlich ( $G_{Bitterlich}$ ), sendo os valores de  $G_{Spurr}$  e  $G_{Bitterlich}$  obtidos utilizando Fator de Área Basal igual a 3. A fim de verificar as variáveis de influência sobre o incremento em diâmetro, foi realizada a análise de correlação e covariância, utilizando o software Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS 13.0).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Variáveis de influência no incremento diamétrico de árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*

Exerceram influência significativa sobre o incremento em diâmetro dos indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius* as variáveis diâmetro, altura, relação hd, posição sociológica e densidade de Bitterlich (Tabela 1).

Tabela 1 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de *Blepharocalix salicifolius*.

Table 1 - Pearson correlations of the variables with the diameter increment of *Blepharocalix salicifolius*.

Variáveis	inc	dap	h	hd	PS	TV	CC	GSpurr	GBitter
inc	1	0,391	0,433	-0,365	-0,441	0,013	0,156	-0,133	-0,193
dap	<b>0,000</b>	1	0,810	-0,869	-0,729	0,201	-0,153	-0,247	-0,108
h	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	1	-0,602	-0,806	0,127	0,008	-0,149	0,020
hd	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	1	0,670	-0,264	0,242	0,256	0,079
PS	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	1	-0,231	0,055	0,201	0,054
TV	<b>0,892</b>	<b>0,034</b>	<b>0,185</b>	<b>0,005</b>	<b>0,015</b>	1	-0,267	-0,004	-0,126
CC	<b>0,103</b>	<b>0,110</b>	<b>0,933</b>	<b>0,011</b>	<b>0,566</b>	<b>0,005</b>	1	0,153	-0,150
GSpurr	<b>0,165</b>	<b>0,009</b>	<b>0,118</b>	<b>0,007</b>	<b>0,035</b>	<b>0,969</b>	<b>0,109</b>	1	0,471
GBitter	<b>0,042</b>	<b>0,261</b>	<b>0,839</b>	<b>0,411</b>	<b>0,573</b>	<b>0,186</b>	<b>0,117</b>	<b>0,000</b>	1

Valores em negrito representam as significâncias.

O diâmetro da árvore apresentou correlação positiva com o incremento, demonstrando que árvores com maiores diâmetros têm maiores valores de incremento. Já árvores mais finas, tendem a incrementar menos. A relação altura/diâmetro mostrou efeito negativo sobre o incremento em diâmetro, demonstrando que indivíduos de murta com uma alta relação h/d incrementam menos que indivíduos com relação h/d mais baixa. A variável de maior correlação com o incremento diamétrico de árvores individuais foi a altura da própria árvore, indicando que, quando mais alta for a árvore maior o seu incremento.

Pôde ser observado que a posição sociológica da árvore também é um fator de grande influência no incremento em diâmetro, mostrando que árvores dominantes (PS = 1) têm um crescimento maior que árvores dos estratos inferiores (PS = 2 e 3). A tendência de valorização e classe de copa não se mostraram significativas no incremento diamétrico, bem como, a densidade de Spurr.

### Análise de covariância e regressão para árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*

Considerando a correlação do incremento em diâmetro com o diâmetro, procedeu-se à análise por classes de diâmetro. Devido ao pequeno número de indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius*, foram organizadas classes de diâmetro com amplitude de 20 cm (Tabela 2).

Por meio da análise de covariância, foi possível verificar a existência de classes de diâmetro com comportamentos distintos em relação ao diâmetro das murtas. Considerando nível de significância de 5%, houve interação significativa entre as classes de diâmetro com o diâmetro (Classedap\*dap), indicando a diferença de inclinação entre as curvas de cada classe de diâmetro (Tabela 3).

No entanto, analisando os coeficientes angulares de cada uma das classes de diâmetro observou-se que a classe de dap 2 não apresentou inclinação significativamente diferente da classe de dap 3. A inclinação da classe

de dap 1 também não diferiu da inclinação da classe de dap 3.

Tabela 2 - Classes de diâmetro para os indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius*.

Table 2 - Diameter classes for individuals of *Blepharocalyx salicifolius*.

Classe de diâmetro	Diâmetro (cm)	Número de indivíduos
1	até 20	49
2	20 - 40	38
3	Acima de 40	24

Para verificar as inclinações das curvas entre as classes de dap 1 e 2, procedeu-se à análise de covariância somente com essas duas classes, onde pôde ser verificado que essas classes de dap apresentaram a mesma inclinação. O coeficiente angular para a classe de dap 1 não foi significativo, o que significa que este coeficiente foi igual ao coeficiente da classe de dap 2.

Tabela 3 - Análise de covariância da função  $inc = dap + classedap * dap$  para classes de diâmetro para os indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius*.

Table 3 - Analysis of covariance of the function  $inc = dap + classedap * dap$  for diameter classes for individuals of *Blepharocalyx salicifolius*.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Sig
Modelo	0,435	3	0,145	9,069	0,000
Intercepto	0,054	1	0,054	3,412	0,067
Dap	0,002	1	0,002	0,128	0,721
Classedap*dap	0,107	2	0,054	3,362	0,038
Erro	1,709	107	0,016		
Total	5,004	111			

R<sup>2</sup>ajustado = 0,180

Parâmetros	B	Erro Padrão	t	Sig.
Intercepto	0,119	0,065	1,847	0,067
Dap	0,002	0,001	1,700	0,092
[classedap=1]*dap	-0,004	0,004	-1,016	0,312
[classedap=2]*dap	0,001	0,001	0,660	0,510
[classedap=3]*dap	0	.	.	.

Como a diferença entre as inclinações foi fraca, também foi avaliada a diferença de nível entre as curvas (Tabela 4). Considerando um nível de significância de 5%, a variável classedap mostrou-se significativa. No entanto, analisando os interceptos de cada uma das classes de diâmetro observou que a classe de dap 2 não apresentou nível significativamente diferente da classe de dap 3. O nível da classe de dap 1 também não diferiu do nível da classe de dap 3.

Para verificar as diferenças de níveis entre as curvas das classes de dap 1 e 2, procedeu-se à análise de covariância somente com essas duas classes, onde pôde ser verificado que essas classes de dap também apresentaram o mesmo nível. O intercepto para a classe de dap 1 não foi significativo, o que significa que este coeficiente foi igual ao coeficiente da classe de dap 2.

A análise de covariância, tanto para a diferença de inclinação quanto para a diferença de nível, não mostrou diferença entre as três classes de diâmetro (coeficientes não significativos). No entanto, tanto a interação classedap\*dap, para verificar a diferença de inclinação, quanto a variável classedap, para verificar a diferença de nível, mostraram-se significativas, ao nível de 5% de significância.

### Classe dap 1

Para os indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius* com diâmetro menor que 20 cm, a distribuição dos valores de incremento em diâmetro em relação ao diâmetro mostrou-se sem tendência (Figura 1A). Para esta classe de diâmetro, indivíduos com crescimento reduzido, menor que 0,2 cm/ano, foram observados para a maioria dos valores de diâmetro; poucos indivíduos incrementaram mais que 0,2 cm/ano.

Considerando a correlação significativa da altura com o incremento em diâmetro, analisou-se a influência desta no incremento em diâmetro (Figura 1B).

Tabela 4 - Análise de covariância da função  $inc = dap + classedap$  para classes de diâmetro para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*.

Table 4 - Analysis of covariance of the function  $inc = dap + classedap$  for diameter classes for individuals of *Blepharocalix salicifolius*.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Sig
Modelo	0,430	3	0,143	8,950	0,000
Intercepto	0,062	1	0,062	3,872	0,052
Dap	0,006	1	0,006	0,359	0,550
Classedap	0,103	2	0,051	3,211	0,044
Erro	1,713	107	0,016		
Total	5,004	111			

R<sup>2</sup>ajustado = 0,178

Parâmetros	B	Erro Padrão	t	Sig.
Intercepto	0,166	0,123	1,345	0,178
Dap	0,001	0,002	0,599	0,550
[classedap=1]	-0,090	0,098	-0,917	0,361
[classedap=2]	-0,001	0,071	-0,017	0,987
[classedap=3]	0			

Dessa forma, procedeu-se ao estudo das características de cada classe de diâmetro.

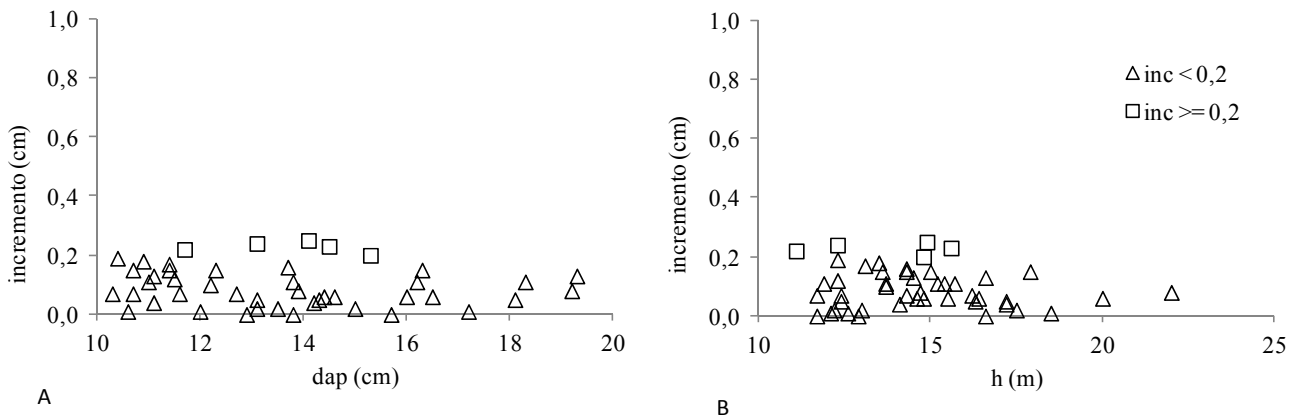


Figura 1 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap e altura para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de dap 1.

Figure 1 - Distribution of increases in diameter from the dap and height relation for individuals of *Blepharocalix salicifolius* of dap class 1.

Apesar da correlação significativa, a altura não foi uma variável explicativa do incremento para essa classe de diâmetro. Os indivíduos com crescimento inferior a 0,2 cm/ano apresentaram valores de altura semelhante aos indivíduos com crescimento maior que 0,2 cm/ano. Inclusive, os indivíduos com os maiores valores de altura apresentaram incrementos inferiores a 0,2 cm/ano.

### Classe dap 2

Os indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius* com diâmetro entre 20 e 40 cm apresentaram a mesma distribuição sem tendência dos incrementos em diâmetro (Figura 2A) observada para os indivíduos com diâmetro menor que 20 cm. E, igualmente, puderam ser observados, para todos os valores de diâmetro, indivíduos com crescimento reduzido, bem como, indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano.

Para esta classe já pôde ser observado um maior número de indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano, o que confirma a correlação positiva do diâmetro com o incremento em diâmetro. A maioria dos indivíduos apresentou os mesmos valores de altura tanto para os com crescimento inferior quanto superior a 0,2 cm/ano (Figura 2B). Para este conjunto de dados, particularmente, observou-se uma tendência de os indivíduos com maiores valores de altura apresentarem os maiores valores de incremento.

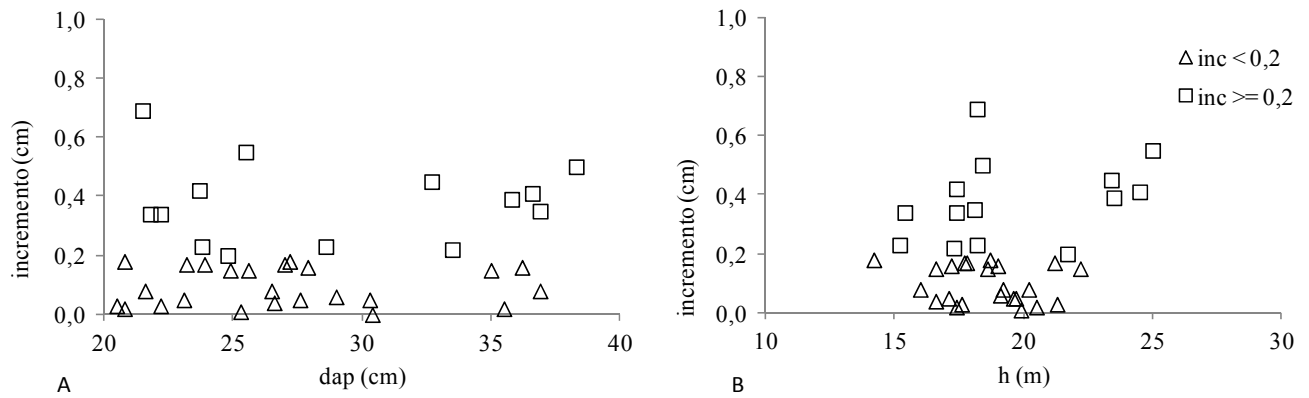


Figura 2 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap e altura para os indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius* da classe de diâmetro 2.

Figure 2 - Distribution of increases in diameter from the dap and height relation for individuals of *Blepharocalyx salicifolius* of dap class 2.

### Classe dap 3

Os valores de incremento para os indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius* com diâmetro superior a 40 cm também não mostraram tendência (Figura 3A). Da mesma forma que para os indivíduos de menores dimensões diamétricas, incrementos reduzidos e acima de 0,2 cm/ano foram observados para todos os valores de diâmetro.

Assim como observado para os indivíduos com diâmetro entre 20 e 40 cm, para os indivíduos com diâmetro superior a 40 cm também observou-se uma tendência de os indivíduos com maiores valores de altura apresentarem os maiores valores de incremento (Figura 3B). No entanto, a maioria dos indivíduos apresentou os mesmos valores de altura tanto para os com crescimento inferior quanto superior a 0,2 cm/ano.

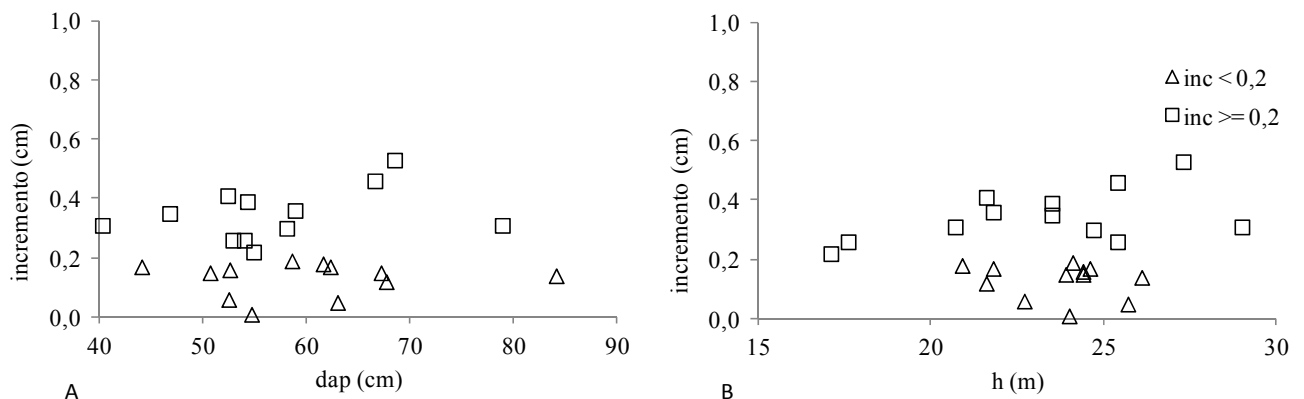


Figura 3 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap e altura para os indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius* da classe de diâmetro 3.

Figure 3 - Distribution of increases in diameter from the dap and height relation for individuals of *Blepharocalyx salicifolius* of dap class 3.

## CONCLUSÃO

Diâmetro, altura, relação h/d, posição sociológica e densidade de Bitterlich são variáveis que influenciam o incremento em diâmetro dos indivíduos de *Blepharocalyx salicifolius*. De maneira geral, os indivíduos de murta têm crescimento diferenciado de acordo com o diâmetro e altura dos indivíduos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTERLICH, W. **Die Winkelzählmessung**. Allgemeine Forst- und Holzwirtschaftliche Zeitung 58: 94 – 96, 1947.

FLEIG, F. D. et al. Sustentabilidade econômica da Floresta Estacional Decidual na região da Quarta Colônia, RS, Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5, 2011, Santa Maria. **Anais...**, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-

Graduação em Engenharia Florestal, 2011, p. 671–677.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3ed. Vol 2. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2009, 384 p.

PRODAN, M. et al. **Mensura Forestal 1**. San José, C. R.: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997, 586 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí – SC: Sellowia, 1983, 525 p.

SPURR, S. H. A measure of point density. **Forest Science**. v. 8, n. 1, p. 85-96, 1962.

VANCLAY, J. K. **Modelling Forest Growth and Yield**: Applications to Mixed Tropical Forest. Wallingford: CAB INTERNATIONAL, 1994, 312p.

**INCREMENTO EM ALTURA DE *Cedrela fissilis* APÓS ATAQUE DE *Oncideres* sp.**

**INCREMENT IN HEIGHT OF *Cedrela fissilis* AFTER ATTACK OF *Oncideres* sp.**

Karina Lanzarin<sup>1</sup> Lílian Daniel Pereira Karina Marques Wolf Evandro Alcir Meyer Frederico Dimas Fleig

**RESUMO**

O presente estudo teve por objetivo analisar o incremento em altura de indivíduos de *Cedrela fissilis* após ataque de *Oncideres* sp., assim como sua correlação com fatores biométricos da espécie. O estudo foi realizado no período de setembro de 2013 a janeiro de 2014, no município de Silveira Martins, RS. Foram identificados os indivíduos de *Cedrela fissilis* com injúrias sofridas pelo serrador. Todas as árvores encontradas com altura superior a 15 cm foram marcadas e tiveram sua posição obtida com GPS Garmin. Mediu-se com fita métrica, o diâmetro no nível do solo, a altura total da árvore, a altura do ataque e o primeiro incremento após o ataque de *Oncideres* sp. Este foi identificado por meio da unidade de extensão através da marca formada pela periodicidade do crescimento. Foi realizada análise de correlação entre o incremento em altura e a altura de ataque e o diâmetro no nível do solo. Além de análise de regressão com o modelo não linear Gompertz,  $Y = b_1 * \exp(-\exp(-b_3 * (x - b_2)))$ . A qualidade do ajuste foi verificada com o coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa e gráficos de distribuição de resíduos. As análises foram realizadas no ambiente estatístico R e o pacote estatístico 'Hmisc'. O incremento médio em altura das árvores danificadas no primeiro ano após o ataque do serrador foi de 50,9 cm, com CV de 62,3%. A análise de correlação do incremento em altura com a altura de ataque não foi significativa, porém foi significativa com relação ao diâmetro no nível do solo. A equação ajustada para o primeiro ano de crescimento em altura após o ataque foi  $IH_1 = 61,44 * \exp(-\exp(-2,523 * (DC_i - 2,144)))$ . O modelo apresentou resultados satisfatórios e resíduos bem distribuídos.

**Palavras-chave:** cedro; serrador; crescimento; brotação.

**ABSTRACT**

This study aimed to analyze the height increment of *Cedrela fissilis* individuals after the attack *Oncideres* sp., as well as its correlation with biometric factors of the species. The study was conducted from September 2013 to January 2014 in the city of Silveira Martins, RS. They identified individuals *Cedrela fissilis* with injuries suffered by *Oncideres* sp.. All trees found with height greater than 15 cm were marked and had obtained their position with GPS Garmin. Was measured with a metric tape, the diameter at the ground level, the total height of the tree, the height of the attack and the first increment after the attack *Oncideres* sp. Which was identified by means of the extension unit by a mark formed by the periodicity of growth. A correlation analysis was performed between the increment in height and attack height and the diameter at ground level. In addition to regression analysis with nonlinear model Gompertz  $Y = b_1 * \exp(-\exp(-B_3 * (x - b_2)))$ . The goodness of fit was assessed with the coefficient of determination, standard error of the estimate and waste distribution graphs. Analyses were performed in statistical environment R and the statistical package 'Hmisc'. The average increase in height of trees damaged in the first year after the attack twig girdler was 50.9 cm, with CV of 62.3%. The correlation analysis of the increment in height with the attack height was not significant, however was significant in relation to the diameter at the ground level. The equation set for the first year of growth in height after the attack was  $IHI = 61.44 * \exp(-\exp(-2523 * (DC_i - 2.144)))$ . The model presented satisfactory results and waste well distributed.

**Keywords:** cedro; twig girdler; growth; sprouting.

**INTRODUÇÃO**

*Cedrela fissilis* Vell. é uma árvore pertencente à família Meliaceae, conhecida popularmente como cedro. Possui ampla distribuição, abrangendo latitudes entre 12°N a 32°S (CARVALHO, 2003). O cedro é uma espécie promissora comercialmente, pois apresenta características tecnológicas da madeira desejáveis, alto crescimento, elevada produção de sementes e boa vitalidade, representa uma espécie com potencial de sucesso no reflorestamento com espécies nativas.

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheira florestal, Mestranda pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, UFSM, Campus Universitário, 97.119-900, Santa Maria, RS. E-mail: karinalanzarin@gmail.com

Os besouros do gênero *Oncideres* (Coleoptera: Cerambycidae), conhecidos popularmente por “serradores”, são insetos-praga que atacam diversas espécies lenhosas. Para a espécie, Reitz et al. (1983) relatam a ocorrência de ataques em pequena escala, existindo poucos trabalhos científicos acerca do tema. As fêmeas destes insetos roetam galhos ou fustes de árvores em pleno vigor, onde fazem incisões de posturas, para estabelecer, assim, um ambiente adequado para o desenvolvimento das larvas da fase jovem (LEMES et al., 2011).

Este inseto-praga ataca espécies arbóreas em todas as idades (MAGISTRALI et al., 2013). Quando o ataque é feito no ramo principal ou no ponteiro, a planta começa a emitir ramos laterais dando a forma típica de forquilha, ocasionando a perda do vigor da mesma (GALLO et al., 1988). As árvores atacadas podem perder a viabilidade comercial, sobretudo quanto maior a altura do ataque, devido a emissão de brotos laterais como citado por Gallo et al. (1988), sendo estas bifurcações indesejadas no manejo florestal.

A capacidade de emissão de brotos laterais é uma resposta fisiológica das plantas a danos ou morte da parte aérea, como resultado de cortes, ataques de pragas e doenças, incêndios ou distúrbios fisiológicos. Em locais com distúrbios frequentes, a rebrota pode-se tornar a principal maneira de reprodução das plantas lenhosas, já que nestas condições dificilmente as plantas alcançam a idade de produção de sementes (HAWLEY; SMITH, 1972; SMITH et al., 1997). O método de reprodução vegetativa das florestas por meio da condução de brotações das cepas ou das raízes de árvores cortadas ou aneladas é o sistema de talhadia (SCOLFORO, 1998). Para que este sistema de manejo possa ser adotado, se faz necessária a disponibilidade de espécies arbóreas com capacidade de rebrota, e que o principal objetivo econômico seja a produção de lenha (LAMPRECHT, 1990).

Com vistas a auxiliar na elaboração de estratégias de manejo da espécie, este estudo teve por objetivo analisar o incremento em altura de indivíduos de *Cedrela fissilis* após ataque de *Oncideres* sp., assim como sua correlação com outros fatores biométricos da espécie.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de setembro de 2013 a janeiro de 2014, no município de Silveira Martins na localidade de Val Feltrina, RS. Com ponto central entre as coordenadas UTM 6719650S e 246650E da zona SH22. A formação florestal nativa da região foi classificada como Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2004).

O clima dessa região é do tipo Cfa, subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes, conforme a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 19°C, a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C, e a temperatura média do mês mais frio superior a 3°C; a precipitação anual média é de 1769 mm (MORENO, 1961). O solo predominante na região é o Neossolo Litólico Húmico típico (EMBRAPA, 2006), caracterizado por ser pouco profundo e bem drenado, é encontrado entre as superfícies onduladas do início do Planalto (DALMOLIN et al., 2008).

Foram identificados 34 indivíduos de *Cedrela fissilis* com injúrias sofridas pelo serrador com altura superior a 15 cm. Mediu-se, o diâmetro no nível do solo, a altura total da árvore e a altura do ataque de cada indivíduo. As árvores encontradas foram marcadas com tinta amarela e tiveram sua posição geográfica obtida com GPS Garmin (76 CSX map). O primeiro incremento após o ataque foi identificado por meio da unidade de extensão (HALLÉ et al., 1978), através da marca formada pela periodicidade do crescimento (Figura 1). No início do crescimento em extensão, as cicatrizes das folhas ficam distantes uma das outras e ao final do período de crescimento ficam mais próximas, caracterizando, desta forma, um período de crescimento.

Foi feita análise de correlação entre o incremento em altura e a altura de ataque do serrador e o diâmetro no nível do solo. Além de análise de regressão com o modelo não linear Gompertz,  $Y = b_1 * \exp(-\exp(-b_3 * (x - b_2)))$ , onde  $b_1$ ,  $b_2$  e  $b_3$  são os coeficientes,  $x$  é a variável independente diâmetro no nível do solo e  $Y$  o incremento em altura do primeiro ano após o ataque. A qualidade do ajuste foi verificada com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro padrão da estimativa e gráficos de distribuição de resíduos. As análises foram realizadas no ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013) e o pacote estatístico 'Hmisc' (HARREL, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ataque ocorrido no fuste da planta pode reduzir o seu ritmo de crescimento, pois afeta diretamente os brotos primários, atribuindo aos brotos secundários o incremento em altura para a árvore (MAGISTRALI et al., 2013). No entanto, o incremento médio em altura das árvores danificadas no primeiro ano após o ataque do serrador foi de 50,9 cm e coeficiente de variação (CV) de 62,3%. A média de incremento em altura das árvores atacadas pode ser considerada alta quando comparada com a média de incremento em altura das árvores não danificadas na mesma região e condição (5,5 cm) (PEREIRA, 2015). O alto vigor das brotações das árvores de talhadia é conhecido, devido as plantas já apresentarem seu sistema radicular formado (TOUMEY, KORSTIAN, 1947).





Figura 8 - Identificação de crescimento em unidade de extensão dos ramos de *Cedrela fissilis*.

Figure 1 - Growth extension unit of the branches of *Cedrela fissilis*.

A característica de alto incremento em altura das brotações de árvores atacadas é importante para o manejo da espécie, pois permite a inferência de que árvores mal formadas podem ser cortadas para nova formação com rápida recuperação, possibilitando o sistema de talhadia.

A análise de correlação do incremento em altura com a altura de ataque não foi significativa ( $r=0,01$ ;  $Pr=0,97$ ), contudo foi positivamente significativa com relação ao diâmetro do coleto ( $r=0,46$ ,  $Pr<0,01$ ). A análise para o primeiro ano de crescimento após o ataque do serrador resultou na equação  $IH_1 = 61,44 * \exp(-\exp(-2,523 * (DC_i - 2,144)))$ , com erro padrão de 25,81, e coeficiente de determinação de 0,98 (Figura 2). O modelo apresentou dados normais e resíduos bem distribuídos (Figura 3).

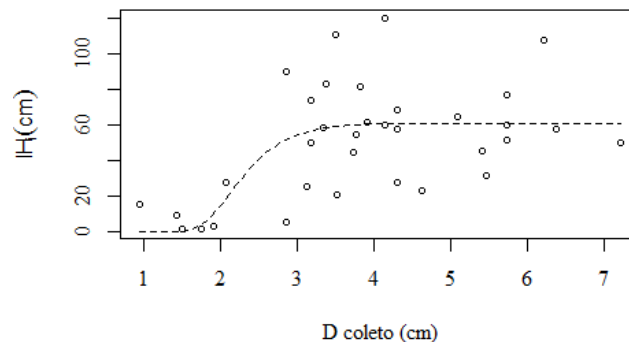


Figura 2 - Incremento em altura do broto de *Cedrela fissilis*, no primeiro ano após o ataque do serrador, em função do diâmetro no nível do solo.

Figure 2- Increment in height of the sprout of *Cedrela fissilis* in the first year after the twig girdler attack, according to the diameter at ground level.

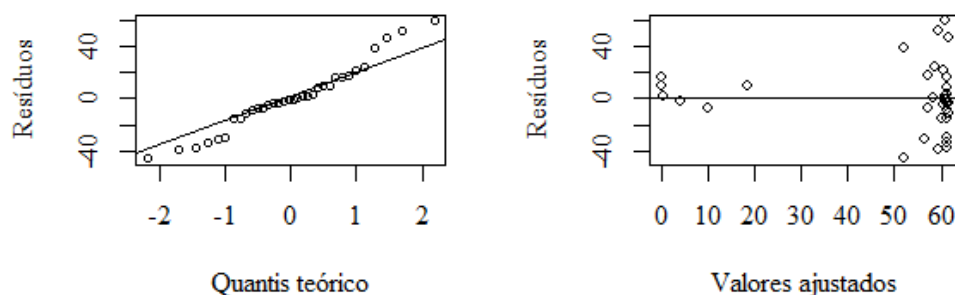


Figura 3 - Gráficos dos resíduos da função ajustada para o incremento em altura do broto de *Cedrela fissilis*, no primeiro ano após o ataque do serrador.

Figure 3 - Waste graphics of adjusted function for the increment in height of *Cedrela fissilis* sprouts in the first year after the twig girdler attack.

A análise de regressão indica que plantas danificadas pelo ataque com diâmetro de coleto inferior a 3 cm possuem baixo incremento em altura no primeiro ano, resultado semelhante também foi encontrado em eucalipto (*Eucalyptus dunnii*), que apresentou brotações menos vigorosas em árvores com DAP menor que 4 cm (GRAÇA, TOTH, 1990).

Contudo, a partir do diâmetro de 3 cm a brotação apresenta uma média de 61,44 cm (representada pela assíntota) com alta variação. As variações de incremento podem ter diversas causas, dentre as ambientais pode-se citar a disponibilidade de água. Em algumas espécies de eucalipto, por exemplo, a demanda de água pode ser maior que a da planta normal quando na mesma dimensão sem ser de brotação, pois nas plantas provenientes de brotação há maior superfície de absorção de água, devido as raízes já estarem estabelecidas, além de que pequenos déficits de água podem gerar grandes diferenças nos incrementos (REIS; REIS, 1997).

## CONCLUSÕES

O incremento médio em altura das árvores danificadas no primeiro ano após o ataque do serrador foi de 50,9 cm, com CV de 62,3%.

A análise de correlação do incremento em altura com a altura de ataque não foi significativa, porém foi positivamente significativa com relação ao diâmetro no nível do solo.

A equação ajustada para o primeiro ano de crescimento em altura após o ataque de *Oncideres* sp. foi  $IH_1 = 61,44 * \exp(-\exp(-2,523 * (DCi - 2,144)))$ . O modelo apresentou resultados satisfatórios e resíduos bem distribuídos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2003, p.385-393.
- DALMOLIN, R. S. D., et al. **Solos do município de Silveira Martins: características, classificação, distribuição geográfica e aptidão agrícola**. Santa Maria: Orium, 2008. 73 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema de Classificação Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2006. 306 p
- GALLO, D. et al. **Manual de Entomologia Agrícola**. 2ed. São Paulo: Ceres, p.66-71, 1988.
- GRAÇA, M. E. C., TOTH, V. B. R, Rebrotas de *Eucalyptus dunnii*: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 20, p.49-57, 1990.
- HALLÉ, F.; OLDEMANN, R. A. A.; TOMLINSON, P.B. **Tropical Trees and Forests: An Architectural Analysis**, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg New York. 1978.
- HARRELL Jr, F.E. **Hmisc: Harrell Miscellaneous**. R package version 3.14-0, 2014  
<<http://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>>.
- HAWLEY, R. C.; SMITH, D. M. **Silvicultura prática**. Barcelona: Omega, 1972. 544 p.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Mapa de Vegetação Brasil**, 2004. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas\\_e\\_Mapas/Mapas\\_Murais/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/)>. Acesso em: 25 ago. 2009.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos**. Hamburg: GTZ, 1990. 343 p.
- LEMES, P. G.; ANJOS, N., CORDEIRO, G. Injúrias e oviposição de *Oncideres impluviata* (Germer) (Col.: Cerambycidae) em *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 1, p.53-56, 2011.
- MAGISTRALI, I. C.; COSTA, E. C.; GARLET, J.; BOSCARDIN, J.; MACHADO, L. M. Danos de *Oncideres saga* em plantios de *Acaciamearnsii* no Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 459-462, 2013.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41 p.
- PEREIRA, L. D. **Subsídios para o manejo de Cedrela fissilis (Vell.) em Floresta Estacional Decidual secundária**. Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Crescimento e Produção Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2015.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, 2013.
- REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 9-22. 1997.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CORAG, 1983. 525 p.
- SCOLFORO, J.R.S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.
- SMITH, D. M.; et al. . **The practice of silviculture: applied forest ecology** / 9th ed. New York :John Wiley & Sons. 1997 537 p.
- TOUMEY, J. W.; KORSTIAN, C.F. **Foundations of Silviculture upon an Ecological Basis**. John Wiley and Sons, New York, 457 pp. 1947.

**INDUÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO ADAPTATIVO NO CONTROLE DE ESPÉCIES EXÓTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA ÁREA DE CAPOEIRA, LOCALIZADO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE, BRASIL.**

**INDUCTION OF ADAPTIVE MANAGEMENT TECHNIQUES IN THE CONTROL OF EXOTIC SPECIES TO THE DEVELOPMENT OF A SECONDARY FOREST (CAPOEIRA) AREA, LOCATED IN RECIFE'S METROPOLITAN REGION, PERNAMBUCO, BRAZIL.**

Carlos Frederico Lins e Silva Brandão<sup>1</sup> Mayara Dalla Lana Marília Isabelle Oliveira da Silva Anderson  
Francisco da Silva Joaquim José de Freitas Neto

**RESUMO**

O presente estudo tem como objetivo verificar o potencial de espécies exóticas invasoras em uma área de capoeira que possui 4,1 ha e definir as melhores práticas de manejo para a mitigação e controle dessas espécies. Através do inventário por enumeração total ou censo (100%) foram identificados e mensurados todos os indivíduos arbóreos com Circunferência a Altura do Peito (CAP)  $\geq 15$  cm e calculados o número de indivíduos, sua dominância (área basal) e volume. O inventário permitiu a identificação de 635 indivíduos distribuídos em 39 espécies pertencentes a 20 famílias botânicas. Dessas espécies seis são consideradas exóticas com potencial invasor. A *Pachira aquatica* (castanhola/carolina) apresentou os maiores índices e com isso foi definido que o melhor manejo desta espécie e a sua retirada gradual, como forma de evitar o aparecimento de gramíneas invasoras na área. Para o manejo das espécies *Clitoria fairchildiana* (sombreiro) e *Syzygium cumini* (azeitona preta) o anelamento e aplicação de herbicida é o melhor método a ser utilizado para sua erradicação. Já para a *Leucaena leucocephala* (Leucena), pelo forte poder de competição e apresentar, no presente estudo, pouco número de indivíduos a retirada total é a melhor técnica a ser empregada. A *Mangifera indica* (mangueira) e *Terminalia catappa* (castanhola) apresentaram um único indivíduo cada, dessa forma, um monitoramento para verificar seu grau de ocupação deverá ser feito semestralmente, para acompanhar o desenvolvimento destas na área.

**Palavras chaves:** manejo adaptativo, espécies exóticas invasoras e monitoramento.

**ABSTRACT**

This study aims to verify the potential invasive alien species in a secondary forest (capoeira) area of 4.1 ha and define the most suitable management traits to mitigate and control of these species. Through the inventory full enumeration or census (100%) were identified and measured all trees with Circumference at chest height  $\geq 15$  cm and calculated the number of individuals, their dominance (basal area) and volume. The inventory identified 635 individuals of 39 species and 20 botanical families. Among these six are considered alien species with invasive potential. The *Pachira Aquatica* (castanhola / carolina) had the highest rates in the analysis, and it was decided that the best management of this species and its gradual withdrawal, in order to avoid the appearance of invasive grass in the area. The management of species *Clitoria fairchildiana* (sombreiro) and *Syzygium cumini* (azeitona preta) the girdling and herbicide application is the best method to eradicate them. The *Leucaena leucocephala* (leucena) due to its competition and have a little number of individuals, the total withdrawal was the best trait. The *Mangifera indica* (mangueira) and *Terminalia catappa* (castanhola) presented a unique individual each, so a monitoring to identify the possible spread of their propagules must be made every six months.

**Keywords:** adaptative management, invasive alien species, monitoring.

**INTRODUÇÃO**

Uma espécie é considerada exótica (ou introduzida) quando situada em um local diferente do de sua distribuição natural por causa de introdução mediada por ações humanas, de forma voluntária ou involuntária. Se a espécie introduzida consegue se reproduzir e gerar descendentes férteis, com alta probabilidade de sobreviver no novo habitat, ela é considerada estabelecida. Caso a espécie estabelecida expanda sua distribuição no novo habitat, ameaçando a biodiversidade nativa, ela passa a ser considerada uma espécie exótica invasora (LEÃO et al., 2014).

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Biólogo, Doutor em Ciências Florestais - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

E-mail: cflsbrandao@hotmail.com

A disseminação de espécies exóticas invasoras causam, entre outras coisas, a homogeneização dos ambientes, com a destruição de características peculiares que a biodiversidade local proporciona e com a alteração nas propriedades ecológicas essenciais. Tais alterações são exemplificadas pelas modificações dos ciclos hídricos e de nutrientes, da produtividade, da cadeia trófica, da estrutura da comunidade vegetal, da distribuição de biomassa, do acúmulo de serrapilheira, das taxas de decomposição, dos processos evolutivos e das relações entre plantas e polinizadores, além da dispersão de sementes (ANDRADE et al., 2008; BIONDI; PEDROSA-MACEDO, 2008).

Dessa forma em áreas abertas, sem uma vegetação definida, com forte presença de ações antrópicas o estabelecimento destas espécies se torna mais fácil e com isso dificulta a regeneração natural das espécies nativas dificultando o retorno da vegetação natural.

Neste contexto, muitas vezes, é necessário ações humanas no sentido de permitir o estabelecimento da vegetação natural por meio de técnicas que permitam simplesmente o manejo das espécies exóticas invasoras. Dessa forma, o manejo adaptativo associado a regeneração natural sugere intervenções deliberadas em determinada área ou ecossistema durante sua trajetória, visando superar filtros ou barreiras que dificultem sua evolução rumo ao estado desejado (DURIGAN; RAMOS, 2013).

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo verificar, através da análise de alguns parâmetros, o potencial invasor de espécies exóticas em uma área localizada na Região Metropolitana do Recife e sugerir a melhor atividade de manejo adaptativo para controlar e mitigar os efeitos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo possui 4,1 ha (41000 m<sup>2</sup>) e está localizada na Região Metropolitana do Recife, no município de São Lourenço da Mata, Estado de Pernambuco. Se caracteriza por ser uma área abandonada e que nos últimos cinco anos vem desenvolvendo uma vegetação, do tipo capoeira, porém com sinais de alto grau de antropização evidenciado pelo desenvolvimento de espécies exóticas invasoras além da expansão urbana observada no entorno (Figura 1).

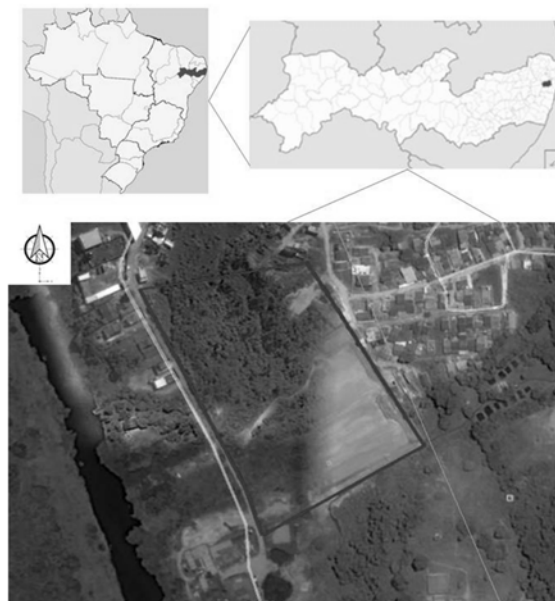


Figura 1 - Localização da área de estudo, Município de São Lourenço da Mata, Região Metropolitana do Recife, Pernambuco.

Figure 1 - Study area location, in São Lourenço da Mata municipality, Recife's Metropolitan Region, Pernambuco, Brazil.

### Coleta e análise de dados

Antes da definição de quais técnicas de manejo adaptativo podem ser utilizadas para o controle de exóticas foi realizado um inventário por enumeração total (100%) ou censo para a obtenção da quantidade de espécies na área. Neste tipo de levantamento todas as árvores da população são mensuradas, reproduzindo exatamente todas as características da população, ou seja, fornece os seus parâmetros, valores reais ou verdadeiros (PÉLLICO

NETTO; BRENA, 1997). Para este estudo foram analisados os seguintes parâmetros: número de indivíduos encontrados, dominância absoluta (área basal) e o volume de madeira.

Para tanto, em toda a área foram mensurados os indivíduos arbóreos com Circunferência à Altura do Peito (CAP) igual ou maior que 15 cm ( $CAP \geq 15$  cm). A altura dos indivíduos que se enquadravam no censo foi estimada com auxílio de uma régua graduada em metros (m) e quando da impossibilidade da utilização desta, houve a estimativa visual. A identificação botânica procedeu-se *in loco* para cada uma das árvores amostradas, sendo classificadas de acordo com o sistema APG III.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inventário permitiu a identificação de 635 indivíduos distribuídos em 39 espécies pertencentes a 20 famílias botânicas. Dessas espécies seis são consideradas exóticas com potencial a invasoras. São elas: *Pachira aquatica* (castanhola/carolina), *Clitoria fairchildiana* (sombreiro), *Syzygium cumini* (azeitona preta), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Mangifera indica* (mangueira) e *Terminalia catappa* (castanhola).

Pode ser observado, na Tabela 1, os valores em relação ao número de indivíduos, dominância e volume das espécies agrupadas em: nativas e exóticas.

Em termos percentuais as espécies agrupadas como exóticas representam 10,2% de todos os indivíduos presentes na área de estudo, 15% da dominância encontrada pela comunidade arbórea e 15,2% do volume total de madeira presentes no local.

Tabela 1 - Número de indivíduos (NI), dominância absoluta (DoA) e volume de madeira (V) das espécies nativas e exóticas presentes em uma área de 4,1 ha, São Lourenço da Mata, PE.

Table 1 - Number of individuals (NI), Absolute dominance (DoA) and volume of wood (V) of native and alien species found in a 4,1 ha area, located in São Lourenço da Mata, PE.

Espécies	NI	DoA (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
Nativas	570	4,810	14,125
Exóticas	65	0,852	2,522
<b>TOTAL</b>	<b>635</b>	<b>5,662</b>	<b>16,65</b>

Apesar dos valores serem ainda baixos em relação as espécies nativas, é importante ressaltar que a tendência é o aumento desse número e conseqüentemente uma maior invasão dessas espécies na área, uma vez que não existe competidores naturais para estas espécies e, caso não seja realizado nenhum tipo de manejo, o potencial invasor que estas, irá afetar a resiliência da área diminuindo drasticamente a riqueza de árvores e arbustos nativos e comprometendo a regeneração natural da vegetação nativa.

Em relação as espécies exóticas, a Tabela 2, fornece as informações de quantidade de indivíduos, dominância absoluta e volume de madeira de cada espécie exótica invasora encontrada na área.

Tabela 2 - Número de indivíduos (NI), dominância absoluta (DoA) e volume de madeira (V) das espécies exóticas encontradas em uma área de 4,1 ha, São Lourenço da Mata, PE.

Table 2 - Number of individuals (NI), absolute dominance (DoA) and volume of wood (V) of exotic species found in a 4,1 ha area, located in São Lourenço da Mata, PE.

EXÓTICAS	NI	DoA (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	43	0,597	1,822
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	7	0,171	0,494
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	7	0,048	0,123
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	6	0,022	0,025
<i>Mangifera indica</i> L.	1	0,003	0,006
<i>Terminalia catappa</i> L.	1	0,017	0,052
<b>TOTAL</b>	<b>65</b>	<b>0,852</b>	<b>2,522</b>

Com relação a Tabela 2 percebe-se que a espécie *Pachira aquatica* (castanhola ou carolina) apresenta maior número de indivíduos assim como maiores valores nos demais parâmetros estudados (Figura 2). Esta espécie, segundo o Instituto Hórus (HÓRUS, 2015), apresenta risco alto para o potencial invasor. É originária da

Região Norte, sendo uma espécie pioneira e atrativa de fauna principalmente de morcegos, além de possuir ampla capacidade de competição. Pelos valores observados, o melhor tipo de manejo a ser implementado na área para conter o processo de invasão seria a retirada das árvores de forma gradual, para evitar infestação por gramíneas exóticas como a *Brachiaria* sp. Pode ser adotado como limite a manutenção de 40% dos indivíduos de *Pachira aquatica*, até que a vegetação nativa (gramíneas, ervas, arbustos ou árvores) esteja cobrindo pelo menos 50% do terreno. A partir deste estágio de desenvolvimento da vegetação nativa, pode-se efetuar o corte raso das árvores sem risco de retrocesso na sucessão (DECHOUM; ZILLER, 2013; DURIGAN; RAMOS, 2013).

Quanto as espécies *Clitoria fairchildiana* (sombreiro) e *Syzygium cumini* (azeitona preta) ambas possuem risco médio e alto de serem invasoras, respectivamente (HÓRUS, 2015). São originárias da Região Norte e da Índia, ambas dispersas por muitos animais, possuindo ampla capacidade de adaptação em vários tipos de terreno além de serem ótimas competidoras, diminuindo assim as chances de crescimento e desenvolvimento de espécies nativas (ALVES et al., 2012; LORENZI, 2001). Para o manejo dessas espécies o mais adequado seria, de acordo com TU et al. (2001), o anelamento com aplicação de herbicida em toda a circunferência do tronco, na parte inferior do anel, imediatamente após o anelamento. Dessa forma não será possível existir rebrota e nem aparecimento de gramíneas invasoras. Durante sua senescência, tronco e galhos poderão servir como poleiros para descanso de aves e outros animais, contribuindo diretamente para a chegada de novos indivíduos na área.

Outra espécie que merece destaque é a *Leucaena leucocephala* (Leucena), considerada como exótica com alto risco invasor (HÓRUS, 2015). Possui distribuição natural na América Central e no México tendo a característica de impedir a regeneração natural e o estabelecimento de espécies nativas por alelopatia. É muito dominante e produz grande quantidade de sementes viáveis. Vem sendo considerada invasora em mais de 100 países (LEÃO et al., 2013).

Para esta espécie e por conta de sua alta capacidade invasora, o melhor manejo consiste na retirada total de seus indivíduos mecanicamente e de um possível monitoramento em relação a regeneração de seus propágulos que podem ser combatidas com aplicação de herbicidas (DURIGAN; RAMOS, 2013).



Figura 2 - Presença da espécie exótica invasora *Pachira aquatica* em uma área de 4,1 ha, São Lourenço da Mata, PE.

Figure 2 - Occurrence of the invasive alien species *Pachira aquatica* in a 4,1 ha area located in São Lourenço da Mata, PE.

Para as demais espécies *Mangifera indica* e *Terminalia catappa*, por apresentarem, cada uma, um único indivíduo apenas, um monitoramento semestral deverá ser feito verificando um possível aumento do número de indivíduos. Existindo essa possibilidade a recomendação mais apropriada para essas espécies é um anelamento com aplicação de herbicida como já descrito anteriormente.

É importante salientar que uma etapa importante para o manejo adaptativo das espécies exóticas consiste no monitoramento. De acordo com Durigan e Ramos (2013), o monitoramento não só permite ajustar o diagnóstico, mas também ajuda a selecionar os métodos de controle mais adequados para cada espécie em cada situação, assim como a forma mais eficiente de aplicar esses métodos.

Outro ponto importante a ser destacado é quanto a operação de retirada dos indivíduos tentando minimizar o impacto sobre a vegetação nativa. Alternativas como a poda parcial da copa e depois a derrubada direcionada devem ser adotadas sempre que possível para reduzir os danos à comunidade em regeneração (DECHOUM; ZILLER, 2013).

Neste contexto, espera-se que para a área de estudo a aplicação destas técnicas de manejo adaptativo propicie o aumento da regeneração natural de espécies nativas a partir da eliminação e o controle das espécies exóticas invasoras presente no local.

## CONCLUSÕES

O número de espécies exóticas invasoras encontradas na área representam, em termos percentuais, 10,2% de toda população inventariada, 15% da dominância encontrada na área e 15,2% do volume total de madeira presentes no local, necessitando de medidas que possam mitigar e controlar seus efeitos.

Para a espécie *Pachira aquatica* é recomendado a retirada de seus indivíduos de forma gradual, para evitar infestação por gramíneas exóticas.

O anelamento com aplicação de herbicida em toda a circunferência do tronco é a forma de manejo mais apropriada para as espécies *Clitoria fairchildiana* e *Syzygium cumini*.

Por possuir alto poder de invasão é sugerida a retirada total dos indivíduos da espécie *Leucaena leucocephala* com aplicação de herbicida para a possível regeneração de seus propágulos.

Para as demais espécies *Mangifera indica* e *Terminalia catappa*, havendo um aumento no número de seus indivíduos, é recomendado também um anelamento com aplicação de herbicida.

Para evitar prejuízos a vegetação presente no local é fundamental o cuidado na derrubada das árvores e retirada das mesmas. É necessário ainda que haja um monitoramento semestral como forma de avaliar se os métodos destacados no presente estudo estão contribuindo com o desenvolvimento da vegetação nativa na área.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Environmental Leadership & Training Initiative (ELTI) e ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) por todo apoio fornecido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. M. et al. Potencial fisiológico de sementes de *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. - Fabaceae submetidas a diferentes regimes de luz e temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2199 – 2205, 2012.
- ANDRADE, L. A. D.; FABRICANTE, J. R.; ALVES, A. D. S. Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC.): impactos sobre a fitodiversidade e estratégias de colonização em área invadida na Paraíba. **Natureza & Conservação**, Goiânia, v. 6, n.1, p. 61-67, 2008.
- BIONDI, D.; PEDROSA-MACEDO, J. H. Plantas invasoras encontradas na área urbana de Curitiba (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, p. 129-144, 2008.
- DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. Métodos para controle de plantas exóticas invasoras. **Biotemas**, Florianópolis, v. 26, n.1, p. 69-77, 2013.
- DURIGAN, G.; RAMOS, V. S. **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas**. São Paulo, SP: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2013. 65 p.
- INSTITUTO HÓRUS. **Avaliação de risco de espécies invasoras para a flora do Brasil**. Disponível em: <<http://i3n.institutohorus.org.br/brasil>>. Acesso em: 27 jul. 2015.
- LEÃO, T. C. C. et al. **Espécies exóticas invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, manejo e políticas públicas**. Recife: Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, 2014. 99 p.
- LORENZI, H. e SOUZA, H. M. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001. v. 1.
- PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D.A. **Inventário Florestal**. Curitiba, PR. Editorado pelos autores, 1997. 136p.
- TU, M.; HURD, C.; RANDALL, J. M. **Weed control methods handbook: tools & techniques for use in natural areas**. Davis: The Nature Conservancy, 2001. 219 p.





LEVANTAMENTO DENDROMÉTRICO DE UM POVOAMENTO CLONAL DE *Tectona grandis*, EM SISTEMA SILVIPASTORIL, NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA- MT

DENDROMÉTRICO SURVEY OF A SETTLEMENT OF CLONAL *Tectona grandis*, IN SILVOPASTORAL SYSTEM, IN CITY ALTA FLORESTA- MT

Marcos Leandro Garcia<sup>1</sup> Luciano de Souza Maria Fabrícia Rodrigues da Silva Luciano Farinha Watzlawick

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento das variáveis dendrométricas de um povoamento clonal de *Tectona grandis* L.f., em um Sistema Silvopastoril, ao longo de 53 meses, no município de Alta Floresta, no estado de Mato Grosso. Para isso, foram amostradas três linhas, totalizando 360 indivíduos, sendo que em cada um foi mensurado o diâmetro a 1,3 m do solo e altura total. Em seguida realizou-se o cálculo do volume. Para descrever o crescimento da variável diâmetro, altura total e volume, foi realizado o ajuste de cinco modelos matemáticos que expressam o crescimento ao longo do tempo. Posteriormente, foram calculados o incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA). O modelo de Hoerl apresentou melhores resultados de coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), e obteve menores valores para o erro padrão de estimativa ( $S_{yx}$ ) e para o coeficiente de variação (CV%), portanto, foi selecionado para a elaboração das curvas de crescimento. Diante dos resultados obtidos da análise de crescimento pode-se concluir que a espécie tem incrementos que são compatíveis e superiores quando comparados com outras regiões do estado, o que permite concluir que o seu desenvolvimento é viável para a região.

**Palavra-chave:** teca; modelo de crescimento; sistemas agroflorestais.

ABSTRACT

In this study, we aimed to evaluate the the growing of dendometric variables a clonal population of *Tectona grandis* Lf in Silvopastoral System, the period of 53 months in the municipality of Alta Floresta, state of MatoGrosso. For this, we sampled three lines, total 360 individuals, for each and the diameter was measured at 1.3 meters from the floor height, thus calucled the total volume. For explain the growth of variable diameter, total height and the volume adjustment was made five model expressing growth over time. Subsequently, we calculated the current annual increment (ICA) and annual average (IMA). The model Hoerl provided higher coefficient of determination adjstment ( $R^2_{aj}$ ), the lowest standard error of estimate ( $S_{yx}$ ), the coefficient of variation (CV %), and therefore, was selected for the development of growth curves. So before the results of the growth analysis it can be concluded that the species has increments that are consistent and superior when compared with other regions of the state, which indicates that its development is feasible for the region.

**Keywords:** teak; growth model; agroforests systems.

INTRODUÇÃO

A demanda crescente por madeira tem gerado grande pressão sobre as florestas nativas, além das áreas degradadas que se tornam empecilho para produção da pecuária no Brasil. Por outro lado, a crescente demanda evidencia a necessidade de estudos para aumentar a produção de madeira a partir de florestas plantadas, como forma alternativa de suprir a falta de matéria-prima florestal sem, no entanto, diminuir ainda mais os remanescentes de floresta nativa (OLIVEIRA, 2008).

Os povoamentos de *Tectona grandis* L.f. também conhecida como teca, destaca-se pelo bom potencial para madeira serrada, e também pelo desempenho produtivo da espécie no Brasil em relação aos países asiáticos, e ainda com o excelente incremento anual favorecendo a expansão de novos cultivos.

Segundo Caldeira (2008), a teca é uma espécie exótica que se adaptou bem no estado de Mato Grosso, onde os primeiros plantios comerciais foram realizados no município de Cáceres, a partir de 1970.

Em Mato Grosso, na região de Cáceres, esta espécie é cultivada com muito sucesso, obtendo-se uma redução do ciclo para apenas 25 a 30 anos, com obtenção de madeira para serraria de ótima qualidade, as estimativas atuais apontam que atualmente são 60 mil ha de teca plantada no estado (AREFLORESTA, 2015).

<sup>1</sup> Autor para correspondência.

Doutorando do Programa de Pós-graduação da UNICENTRO, Irati – PR. E-mail: garcia.afl@gmail.com

O crescimento da teca varia de acordo com as condições edáficas e climáticas locais, principalmente a precipitação, a umidade relativa e a temperatura (SINHA et al., 2011). O interesse na espécie, como alternativa aos plantios florestais tradicionais, vem crescendo muito atualmente (SCHUHLLI; PALUDZYSZYN FILHO, 2010), principalmente no Estado de Mato Grosso, em que se demonstra perspectiva alta de retorno econômico (SHIMIZU et al., 2007).

A teca pode ser uma alternativa de recuperação de áreas degradadas, bem como uma maneira de diminuir a pressão sobre florestas primárias e promover o desenvolvimento sustentável (FURTADO et al., 2006).

O objetivo do trabalho consiste em avaliar o desenvolvimento do diâmetro à altura do peito (DAP), altura total, volume, visando comparação do Incremento Médio Anual (IMA) e Incremento Corrente Anual (ICA) com plantios seminais e adensados, de um povoamento clonal de *Tectona grandis* L.f., em um Sistema Silvopastoril, ao longo de 53 meses.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo esta localizada na Fazenda Bacaeri, sendo suas coordenadas geográficas 09° 58' 17"S e 56° 52' 44" W no norte do estado de Mato Grosso, situado no município de Alta Floresta apresenta 230 m de altitude (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Aw, sendo tropical chuvoso com nítida estação seca. A temperatura média anual varia entre 20°C e 38°C, tendo média de 26°C. A precipitação pluviométrica é elevada, estando entre 2.500 a 2.750 mm, com intensidade máxima em janeiro, fevereiro e março (FERREIRA, 2001).

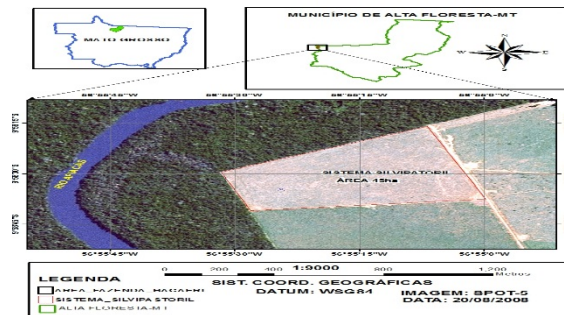


Figura 1 - Localização do povoamento clonal de *Tectona grandis*, na Fazenda Bacaeri, no município de Alta Floresta-MT.

Figure 1 - Location clonal population of *Tectona grandis* in Farm Bacaeri, in city de Alta Floresta-MT.

O solo da área experimental é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com textura média e apresentou a seguinte caracterização química na profundidade de 0-20 cm: PHH20 = 5,5; Ca = 2,08 cmolc /dm<sup>3</sup>; Mg = 0,51 cmolc/dm<sup>3</sup>; K = 0,18 cmolc /cm<sup>3</sup>; AI = 0,18 cmolc/dm<sup>3</sup>; H+AI = 4,05 cmolc/dm<sup>3</sup>; P= 1,87 mg /dm<sup>3</sup>; k = 72,78 mg /dm<sup>3</sup>; M.O. = 24 cmolc/dm<sup>3</sup>; 55,4% de Areia, 8,6% Silte e 36% de Argila; esses valores referem-se as médias apresentadas de 10 análises de solo realizadas na área de estudo.

A área de estudo corresponde a 2,7 ha, onde esta inserida numa área de 45 ha, composta por pastagem (*Baquiaria brizantha*) e Teca (*Tectona grandis*), considerando um sistema Silvopastoril (SSP), com espaçamento de 25 x 3,00 m. As mudas da espécie *Tectona grandis* foram oriundas do jardim clonal da empresa Flora Sinop LTDA localizada no município de Sinop, norte do estado de Mato Grosso. Logo após as mudas completarem um ano de idade, foram selecionadas como amostras três linhas com 120 indivíduos cada uma, totalizando 360 árvores.

As avaliações iniciaram em novembro de 2009, e foram conduzidas até maio de 2013, totalizando sete medições. Em cada individuo foi realizada a mensuração da circunferência a altura do peito (CAP) a 1,30 metros do solo utilizando a fita métrica, para posteriormente converter em diâmetro a altura do peito (DAP). Para as medições de altura total foram utilizadas duas réguas graduadas metálicas.

Na análise de incremento volumétrico foi usada a fórmula de SILVA (1979):

$$V = \left[ \frac{\pi}{4} * d_{1,30}^2 \right] * h * f_{1,30}$$

Onde:  $d_{1,30}$  = diâmetro a 1,3 metros;  $h$  = altura total,  $f_{1,30}$  = fator de forma a 1,3 metro.

Não foi realizada a cubagem rigorosa, adotando-se o fator de forma de  $f_{1,30}=0,50$ , segundo tabela desenvolvida em Mato Grosso (DRESCHER, 2004). Com os dados de diâmetro, altura e volume por idade, tornou-se possível ajustar os modelos de crescimento para cada uma das variáveis dendrométricas. Os modelos

testados foram selecionados segundo a literatura aplicada ao estudo de crescimento (PRODAN, 1997; HESS, 2006). Os modelos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelos ajustados para o crescimento do diâmetro, altura total e volume em função da idade.  
Table 1 - Models adjusted to increase the diameter, height and overall volume depending on the age.

Equação	Modelo Matemático	Autor
1	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 * \ln t + \beta_2 * \ln^2 t$	Backman
2	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 * (1 t)$	Schumacher
3	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 * (1 t) + \beta_2 * \ln t$	Hoerl
4	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 * \ln t + \beta_2 * t$	Gram
5	$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 * t + \beta_2 * t^2 + \beta_3 * t^3$	Moissev

Onde: Ln = logaritmo natural ou neperiano, ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ ) = coeficientes a serem estimados, t = idade (meses), e y (DAP, altura total, volume).

Foram ajustados cinco modelos matemáticos por regressão linear (Método dos Quadrados Mínimos), com programa estatístico Excel da Microsoft Office, a 5% de probabilidade para os efeitos significativos.

O incremento corrente anual (ICA), e incremento médio anual (IMA) foram obtidos através das fórmulas de Finger (1992), onde:

$$ICA = Y_{(m)} - Y_{(m-1)}$$

Onde: m= ano ou idade de referência; y= dimensão considerada.

$$IMA = Y_{(m)}/m$$

Onde: y = valor da variável na idade m ; m = idade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme os ajustes das equações matemáticas foram obtidos os parâmetros que permitiram selecionar o modelo que melhor ajustou aos dados. Os valores dos coeficientes ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ ), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ), o erro padrão de estimativa (Syx), o coeficiente de variação (CV%) e a estatística F (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento em Volume em função da idade.

Table 2 - Statistical parameters of the equations tested for adjusting the increase in volume due to age.

Equação	Coeficientes				$R^2_{Aj}$	Syx	CV%	F
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$				
Schumacher	-1,464	-52,881	-	-	0,922	0,297	59,32	12446,1*
Backman	-19,882	7,863	-0,874	-	0,918	0,299	61,06	5792,2*
Hoerl	-2,448	-47,331	0,228	-	0,928	0,287	57,11	6256,6*
Gram	-14,239	3,723	-0,056	-	0,911	0,308	63,05	5400,3*
Moissev	-10,578	0,549	-0,013	0,0001	0,916	0,296	60,74	3941,1*

Sendo:  $R^2_{Aj}$ = coeficiente de determinação ajustado; Syx= erro padrão da estimativa; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = coeficientes, \*Significativo a 5 % de probabilidade.

As estimativas do volume total em função da idade, conforme a Tabela 2, demonstram que as equações apresentaram valores de parâmetros estatísticos para o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{Aj.}$ ) foram superiores a 0,90, e para erro padrão da estimativa (Syx) apresentou valores inferiores a 32%, a equação do modelo de Hoerl apresentou melhor resultado de  $R^2_{Aj}= 0.928$  e  $Syx=28,9\%$ .

Para estimativa de crescimento em diâmetro (DAP), destacou-se o modelo de Hoerl, por meio da equação  $\ln(DAP)=2,590-19,775*1/t+0.120*\ln(t)$  ( $S_{yx}\%=14,44$  e  $R^2_{aj.}=0,914$ ), apresentou melhor ajuste onde os coeficientes de regressão foram significativos e demonstrou ausência de tendenciosidade pela análise gráfica residual (Figura 2A). A elaboração do gráfico da curva de crescimento em diâmetro em função do modelo de Hoerl demonstrou um acréscimo progressivo ao longo dos 53 meses de observações, segundo a (Figura 2B).

O comportamento na distribuição residual das alturas totais (Ht) assemelhou-se com resultado do DAP, o modelo de Hoerl, através da equação  $\text{Ln}(Ht)=3,101-21,294*1/t+0,095*\text{Ln}(t)$  ( $S_{yx}\%=12,64$  e  $R^2_{aj}=0,908$ ), onde a distribuição residual foi homogênea e com melhor ajuste de crescimento em altura total em função da idade (Figura 2C), e a utilização do modelo de Hoerl na descrição gráfica da curva de crescimento em altura comprova o crescimento acelerado da teca nos primeiros anos de desenvolvimento (Figura 2D). Esse comportamento também foi observado por Chaves e Fonseca (1991) que estudando *Tectona grandis* na América Central descreveram que o crescimento inicial em altura da teca é rápido.

Em relação a distribuição dos resíduos de volume atestou semelhança com a distribuição dos resíduos do DAP e Altura, e, portanto, o modelo de Hoerl, pela equação  $\text{Ln}(V)=-2,448-47,331*1/t+0,228*\text{Ln}(t)$  ( $S_{yx}\%=28,79$  e  $R^2_{aj}=0,923$ ), onde destacou-se como melhores parâmetros estatísticos e dispersão residual adequada (Figura 2E). O padrão apresentado coincide com o padrão típico de crescimento das árvores que é sigmoidal, onde inicialmente a curva de crescimento em volume apresenta comportamento de incremento lento, mas a curva tem aumento exponencial volumétrico (Figura 2F).

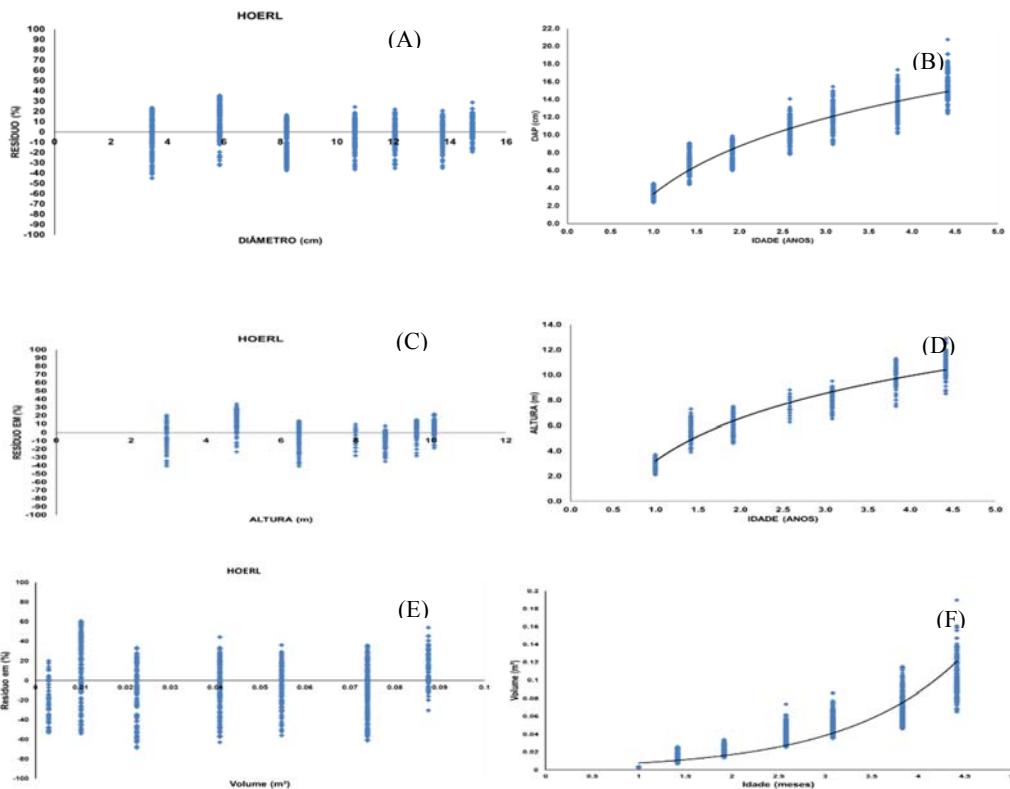


Figura 2 - Distribuição dos resíduos para modelo de Hoerl, que apresentou a melhor estimativa de DAP (diâmetro a 1,3m do solo) (A), Altura total (C), o Volume (E), e curvas de crescimento em DAP (B), Altura total (D) e Volume (F), em função da idade, para *Tectona grandis*, em Alta Floresta-MT.

Figure 2 - Distribution of waste for Hoerl model, which presented the better estimatives of DBH (diameter 1.3 m from the ground) (A) Overall height (C), the volume (E), and growth curves of DBH (B) Overall height (D) and volume (F) as a function of age, for *Tectona grandis*, em Alta Floresta-MT.

O incremento médio anual (IMA) de altura total foi de 2,849 m/ano aos 37 meses de idade, seguido por constante redução (Tabela 03). Sendo superior aos resultados de Pelissariet al. (2013), apresentou valor de 2,63 m/ano, aos 36 meses; Tonini et al. (2009), apresentou valor de 2,341 m/ano, aos 36 meses de idade, e que segundo autor o baixo incremento em altura pode ser influenciando pelo material genético (seminal) utilizado e manejo de solo inadequado.

O incremento corrente anual (ICA) em altura total teve comportamento inicialmente de acréscimo com valor de 1.86 m/ano, e aos 53 meses apresentou valor de, 0,467 m/ano, ou seja, reduziu acentuadamente seu incremento corrente anual (ICA) em altura total. O valor do ICA aos 37 meses apresentou 0,791 m/ano, superior ao resultado de Macedo et al. (2005), onde apresentou 0,611 m/ano aos 36 meses de idade.

O incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA), apresentaram valores de volume de 0,006 m<sup>3</sup>/ano respectivamente aos 17 meses, e seguido por progressivo aumento até 53 meses de idade.

No estudo de Macedo et al. (2005), a média de volume aos 36 meses apresentou 0,0012 m<sup>3</sup>, sendo muito inferior em relação ao valor apresentado na tabela 06. Em Nossa Senhora do Livramento-MT (PELLISSARI et al., 2013), apresentou valor de IMA aos 36 meses de 0,0103 m<sup>3</sup>/ano, sendo que o valor de IMA aos 37 meses do presente estudo apresentou valor de 0,012 m<sup>3</sup>/ano, e, portanto, também foi superior o valor de incremento médio anual para o crescimento em volume.

Tabela 1 - Crescimento em DAP, Altura total e Volume para *Tectona grandis*.

Table 1 - Growth in DAP, Total height and volume for *Tectona grandis*.

Idade meses	DAP cm	IMA cm/ano	ICA cm/ano	Ht m	IMA m/ano	ICA m/ano	Vol. m <sup>3</sup>	IMA m <sup>3</sup> /ano	ICA m <sup>3</sup> /ano
12	3,461	3,461	-	2,956	2,956	-	0,002	0,002	-
17	5,869	4,136	2,398	4,816	3,399	1,860	0,008	0,006	0,006
23	8,230	4,294	2,371	6,483	3,383	1,670	0,014	0,008	0,006
31	10,650	4,123	2,419	7,997	3,095	1,513	0,027	0,011	0,013
37	12,064	3,913	1,414	8,786	2,849	0,791	0,037	0,012	0,011
46	13,749	3,587	1,685	9,627	2,511	0,841	0,048	0,013	0,010
53	14,803	3,352	1,053	10,09	2,285	0,467	0,107	0,024	0,059

Onde: DAP (diâmetro altura do peito), Ht (altura total), Vol. (volume), IMA (incremento médio anual) e ICA (incremento corrente anual).

## CONCLUSÃO

O povoamento clonal de *Tectona grandis* no Sistema Silvipastoril apresentou bom desenvolvimento em DAP, Altura Total e Volume, quando comparado a plantios homogêneos em sistema adensados. O melhor modelo para ajustar o crescimento da teca foi o de Hoerl.

O incremento médio e corrente anual do povoamento clonal de teca foi superior os plantios seminais, comprovando superioridade e sendo os resultados satisfatórios em Sistema Silvipastoril no município de Alta Floresta-MT. Portanto, a produção de teca em sistema agroflorestal é alternativa viável para os produtores rurais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AREFLORESTA, Associação de Reflorestadores do Estado de Mato Grosso. Disponível em: <<http://www.arefloresta.org.br>>. Acesso em: 14 julho de 2015.
- CALDEIRA, S.F.; OLIVEIRA, D.L.C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. *Acta Amaz.*, v.38, n°2, 2008. 223-228p.
- CHAVES, E.; FONSECA, W. Teca (*Tectona grandis* L.F.) árvore de uso múltiplo em América Central. Turrialba, CATIE - Informe Técnico n° 179, 1991. 47p.
- DRESCHER, R. Crescimento e produção de *Tectona grandis* Linn F., em povoamentos jovens de duas regiões do estado de Mato Grosso - Brasil. 2004. 133 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria
- FERREIRA, J. C. V.; Mato Grosso e seus Municípios. Cuiabá - MT: Secretaria de Estado da Educação, 2001. 365p.
- FINGER, C.A.G. Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria: UFSM/ CEPE/FATEC, 1992. 269 p.
- FURTADO, S. C.; FRANKE, I. L.; OLIVEIRA, T. K. Crescimento inicial de teca (*Tectona grandis* L.F.) em diferentes modelos de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental. In: *IVCBSAF*, 7, Campos de Goitacazes - RJ, 2006. 135-139p.
- GARCIA, M.L. Intensidade de desbaste em um povoamento de *Tectona grandis* L.f., no município de Sinop - MT. 2006.104p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso.
- HESS, A. F. Inter-relações no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006. 177 p.
- MACEDO, R.L.G.; GOMES, J.E.; VENTURIN, N.; SALGADO, B.G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. Revista CERNE, Lavras, v. 11, n. 1, 2005. 61-69 p.
- OLIVEIRA, R. P. R. P. E. Desempenho silvicultural de *Tectona grandis* L.f., em diferentes espaçamentos, no município de Cáceres, MT. 2008. 19p. Monografia (Engenharia Florestal). Seropédica. UFRRJ.

- PELISSARI, A.L.; CALDEIRA, S.F.; DRESCHER, R. Desenvolvimento quantitativo qualitativo de *Tectona Grandis* L.f. em Mato Grosso. **Revista Floresta e Ambiente**. 2013. 40-45p.
- PRODAN, M., PETERS, R., COX, F. & REAL, P. **Mensura florestal**. San José – Costa Rica. IICA, 1997. 586p.
- SCOLFORO, J.R.S. **Biometria florestal: Técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos da madeira**. Lavras-MG: UFLA/FAEPE/DCF, 1997. 298p.
- SHIMIZU, J.Y.; KLEIN, H.; OLIVEIRA, J.R.V. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso**. Cuiabá, MT. 63 p. 2007.
- SILVA, J. A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1979. 185p.
- SINHA, S.K.; DEEPEK, M. S.; RAO, R.V.; BORGAONKAR, H.P. **Dendroclimatic analysis of teak (*Tectona grandis* L. f.) Annual rings from two locations of peninsular India**. Current science. 2011. 84-88p.
- TONINI, H.; COSTA, M.C.G.C.; SCHWENGBER, L.A.M. **Crescimento da teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia Setentrional**. Pesquisa Florestal Brasileira. 2009. 05-14p.

MANEJO DE POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* ALÉM DOS 40 ANOS: UMA ALTERNATIVA?

*Pinus taeda* STANDS MANAGED BEYOND 40 YEARS: AN ALTERNATIVE?

Mário Dobner Jr.<sup>1</sup> Carlos A. W. Seleme

RESUMO

Plantios de *Pinus* são uma prática comum no planalto Sul do Brasil. Inúmeros trabalhos foram publicados a respeito do manejo destes plantios. Apesar de amplamente estudado, não há relatos do potencial de produção de povoamentos de *Pinus* com idades de corte raso superiores a 40 anos. De fato, áreas comerciais são manejadas com ciclos raramente superiores a 20 anos. Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar e discutir a produção obtida em um povoamento de *Pinus taeda* com 43 anos de idade. Foram constatados um diâmetro quadrático médio de 64,3 cm, um volume individual médio de 5,3 m<sup>3</sup> e um volume comercial em pé de 862 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Todas as toras obtidas no segmento até 5,7 m de altura, podadas, apresentaram diâmetro na ponta fina superior a 42 cm, permitindo enquadrá-las no sortimento mais valioso atualmente praticado no planalto de Santa Catarina. Com relação às demais toras, não podadas, 85 % possuía diâmetro superior a 35 cm. Considerando apenas os sortimentos de maiores dimensões para toras podadas e não podadas, o povoamento estudado possui um valor de mercado superior a R\$ 140.000,00 ha<sup>-1</sup>. A partir das análises realizadas, conclui-se que ciclos de produção mais longos que os atualmente praticados, visando a produção de toras com maiores dimensões para usos mais nobres da madeira, podem ser uma opção interessante para o manejo de povoamentos de *P. taeda*.

**Palavras-chave:** Manejo multiprodutos; Desbaste; Período de produção; Poda.

ABSTRACT

*Pinus* Plantations are a common practice in the highlands of Southern Brazil. Several papers have been published among the management of these stands. Although widely studied, there are no reports about the production potential of *Pinus* stands with production periods beyond 40 years. Indeed, commercial stands are rarely grown over 20 years. With this study it was aimed at evaluate and discuss the production obtained from a 43-years-old *Pinus taeda* stand. It was verified a quadratic mean diameter of 64,3 cm, an individual mean volume of 5,3 m<sup>3</sup> and a commercial standing volume of 862 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. All logs obtained until 5,7 m height, the pruned segment, had a small-end diameter over 42 cm, the most valuable log assortment in the highlands of Santa Catarina. In relation to the unpruned logs, 85 % had diameter over 35 cm. Regarding only these two most big-sized assortments for pruned and unpruned logs, the studied stand have a commercial value over R\$ 140.000,00 ha<sup>-1</sup>. From the analysis, it was concluded that production periods longer than the currently employed, aiming at bigger-sized log assortments for nobler uses of the wood, could be and interesting option for the management of *P. taeda* stands.

**Keywords:** Multiproduct management; Thinning, Production period; Pruning.

INTRODUÇÃO

Plantios de *Pinus spp.* são uma prática comum no planalto Sul do Brasil, onde há mais de 1,3 milhão de hectares, equivalente a mais de 80 % dos plantios deste gênero no país (ABRAF, 2013).

*Pinus taeda* é a conífera mais plantada no Brasil. O manejo de povoamentos com esta espécie tem sido intensamente estudado e reportado (MAINARDI *et al.*, 1996; ARCE *et al.*, 1997; SANQUETTA *et al.*, 2000; SCOLFORO *et al.*, 2001; ANDRADE *et al.*, 2007, ELESBÃO; SCHNEIDER, 2011; SCHNEIDER *et al.*, 2013). Durante as últimas três décadas, investimentos substanciais foram feitos buscando aumento de produtividade dos plantios e conseqüente redução do ciclo de produção.

Embora inicialmente inexpressiva, a indústria de produtos sólidos de madeira de *Pinus*, em 2010, respondia por mais da metade do consumo doméstico de toras (ABRAF, 2011). Sabe-se que a maior parte dos plantios de *Pinus* pertencem a empresas de papel e chapas reconstituídas. Isto significa que as indústrias de produtos sólidos de madeira têm sido abastecidas por povoamentos cujo objetivo principal de produção não é o seu abastecimento.

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos. Professor do curso de Engenharia Florestal, Doutor.  
E-mail: mario.dobner@ufsc.br

Constata-se, portanto, que a produção de toras para a fabricação de produtos sólidos poderia ser otimizada com a mudança dos objetivos e práticas do manejo. De fato, o objetivo de se produzir toras de grandes dimensões, possivelmente livre de nós (podadas artificialmente), é uma interessante opção de manejo para produtores de tora. O manejo de povoamentos de *Pinus* visando a produção de múltiplos sortimentos de tora, de diversas dimensões e qualidades, é um objetivo factível e rentável, reduzindo riscos, por diminuir a dependência de segmentos industriais específicos, ao mesmo tempo que nichos mais valiosos são abastecidos (DOBNER JR., 2014).

Dentre as ferramentas disponíveis ao manejador, destacam-se a poda, os desbastes e o período de produção. Regimes de poda visando otimizar a produção de madeira livre de nós foram estudados em profundidade por Seitz (2000).

O desbaste é a principal ferramenta para manipular o crescimento de povoamentos florestais (HENNESSEY *et al.*, 2004). É comumente utilizado para garantir que somente as árvores vigorosas e bem formadas permanecerão no povoamento até atingirem as dimensões requeridas. Em outras palavras, desbastes concentram o potencial de crescimento do sítio nas árvores selecionadas (MAKINEN; ISOMAKI, 2004; MEAD, 2013). Desbastes em povoamentos de *P. taeda* no Sul do Brasil já foram amplamente estudados (ELESBÃO; SCHNEIDER, 2011; SCHNEIDER *et al.*, 2013; DOBNER JR., 2014).

Um aspecto pouco discutido sobre o manejo de povoamentos de *P. taeda* no Sul do Brasil é o potencial de produção em ciclos com mais de 30 anos. De fato, áreas comerciais são manejadas com ciclos raramente superiores a 20 anos. Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar e discutir a produção de um povoamento de *P. taeda* com 43 anos de idade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O povoamento de *P. taeda* objeto de estudo estava localizado no município de Correia Pinto, planalto de Santa Catarina, com altitude aproximada de 800 m a.n.m. O clima na região é úmido e subtropical.

O estabelecimento do povoamento data do inverno de 1972, com densidade de plantio de 2.500 árv ha<sup>-1</sup>. As árvores foram podadas até a altura de 5,7 m em diferentes intervenções.

Ao completar nove anos de idade, o povoamento recebeu o primeiro desbaste. O histórico dos desbastes não está totalmente disponível. Sabe-se, porém, que o povoamento recebeu 5 desbastes seletivos ao longo das décadas seguintes.

O remanescente do povoamento original possui, atualmente, 9,2 hectares, onde as quantificações descritas a seguir foram realizadas.

Em maio de 2015 realizou-se um inventário florestal pelo método de área variável proposto por Prodan em 1968 (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997), com a instalação de 25 unidades amostrais, totalizando uma intensidade amostral de 10,5 % da área total.

Nas unidades amostrais foram coletados os diâmetros à altura do peito (1,3 m) das seis árvores mais próximas ao ponto central, e a altura das três primeiras árvores, totalizando 150 diâmetros e 75 alturas amostradas.

A quantificação do volume por sortimento de tora, classificados em função do diâmetro da ponta fina, foi realizado a partir do ajuste de uma equação de afilamento, modelo de potencias variáveis (HRADETZKY, 1976). Foram selecionados 30 indivíduos para a cubagem, considerando toda a amplitude diamétrica do povoamento (44-96 cm). A cubagem foi realizada de forma não destrutiva, com o auxílio do equipamento Criterion RD 1000, Laser Technology®. Ao todo 637 pares de dados  $d_i \times h_i$  foram coletados.

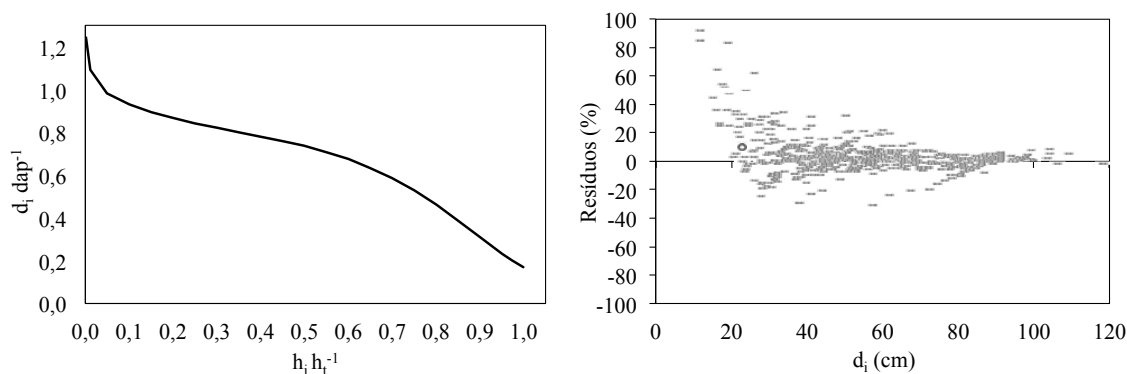
Os dados coletados foram utilizados para estimar os parâmetros dendrométricos do povoamento: diâmetro quadrático médio ( $d_g$ , cm), altura (h, m), área basal (G, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), volume individual ( $v_i$ , m<sup>3</sup>) volume total (V, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e volume por sortimentos de tora.

Os sortimentos de tora considerados refletem as dimensões e valores praticados no planalto Sul de Santa Catarina: 20-24,9 cm (R\$ 30 m<sup>-3</sup>), 25-34,9 cm (R\$ 80 m<sup>-3</sup>), e >35 cm (R\$ 140 m<sup>-3</sup>), para toras não podadas e >42 cm (R\$ 270 m<sup>-3</sup>) para toras podadas. Valores já descontando os custos de colheita e carregamento (R\$ 35 m<sup>-3</sup>). O comprimento das toras variaram de 2,20 a 3,10 m.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se tem notícias de povoamentos de *P. taeda* com mais de 40 anos de idade, principalmente que tenham sido criteriosamente manejados com podas e desbastes. A quantificação das variáveis dendrométricas e do estoque de madeira destes povoamentos é, portanto, por si só válida pelo seu caráter inédito. Antes das quantificações dendrométricas do povoamento, apresenta-se a equação de afilamento ajustada para o povoamento (Figura 1).





$$\frac{d_i}{dap} = 13,889 - 0,166 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^1 - 0,753 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^5 - 13,093 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{0,005} + 0,292 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{10}$$

onde:  $d_i$ : diâmetro do fuste na altura  $h_i$ ; dap: diâmetro à altura do peito;  $h_t$ : altura total

Figura 1 - Equação de afilamento ajustada para o povoamento de *Pinus taeda*, sua representação gráfica (A) e análise dos resíduos das estimativas (B). Potências apresentadas em ordem decrescente de relevância para a equação.

Figure 1 - Fitted taper equation for the *Pinus taeda* stand, its graphic representation (A) and estimations residuals analysis (B). Potencies presented in decreasing order of relevance for the equation.

Observa-se na representação gráfica da equação de afilamento (Figura 1-A) a ineficiência desta em estimar diâmetros do fuste próximos ao ápice. Isto se deve à impossibilidade de medição de diâmetros acima dos 30 m de altura ( $d_i < 20$  cm) com o equipamento Criterion. Este problema é também evidenciado na análise gráfica dos resíduos (Figura 1-B). Percebe-se a tendência de superestimativa de diâmetros menores que 20 cm. Considerando estimativas para todo o fuste, obteve-se um erro padrão de 5,2 cm (9,9 %). Ao desconsiderar diâmetros menores que 20 cm, o erro padrão diminui para 4,0 cm (7,7 %). O coeficiente de determinação para esta última abordagem foi de 0,91.

Em função da fragilidade da equação ajustada para diâmetros menores que 20 cm, e sabendo-se que toras com este diâmetro na ponta fina, colhidas em povoamentos adultos, têm utilização comercial prejudicada por apresentarem muitos nós, decidiu-se por quantificar e considerar somente toras com mais de 20 cm.

Na Tabela 1 são apresentadas as estimativas dos parâmetros dendrométricos do povoamento, os volumes por sortimento e total, obtidos a partir dos dados coletados em campo e da equação de afilamento ajustada.

As estatísticas das estimativas apresentadas na Tabela 1 indicam que estas são precisas e confiáveis. A maioria das estimativas apresentaram erro amostral inferior a 10 %, limite padrão em inventários florestais de povoamentos. Apenas os sortimentos não podados '25-35 cm' e '20-25 cm' tiveram erros superiores ao limite de 10 %, mesmo assim aceitáveis e proporcionalmente pouco relevantes em relação à sua participação no volume total comercial.

A partir da Tabela 1, verifica-se que o povoamento apresentava uma densidade média relativamente baixa, de 165 árvores  $ha^{-1}$  e, mesmo assim, possui uma área basal relativamente alta (52,1  $m^2 ha^{-1}$ ). Este resultado decorre da dimensão atingida pelas árvores, com um diâmetro quadrático médio de 64,3 cm e um volume individual médio de 5,3  $m^3$ . De fato, indivíduos com até 96 cm de diâmetro a altura do peito e 13  $m^3$  foram amostrados.

Com relação ao volume comercial em pé, contactou-se 862  $m^3 ha^{-1}$  e que, apesar de relativamente alto, significam um incremento médio de 20  $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ , o que é bastante coerente, mesmo considerando que desbastes foram realizados e que o incremento total do povoamento foi de fato maior. Em outros estudos com *P. taeda* no Sul do Brasil, incrementos totais acima de 50  $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$  são relatados (MAINARDI *et al.*, 1996; ELESBÃO; SCHNEIDER, 2011).

Com relação ao volume dos diferentes sortimentos de tora, para os podados, que incluem somente a primeira e a segunda tora (base da árvore, 5,7 m), não há toras com menos de 42 cm de diâmetro na ponta fina. Desta forma, todo o estoque em pé das primeiras e segundas toras foi enquadrado no sortimento de maior dimensão e, conseqüentemente, maior valor de mercado. O mesmo ocorreu para os sortimentos não podados, 85 % do volume é formado por toras com mais de 35 cm de diâmetro na ponta fina.

Tabela 1 – Estimativas dos parâmetros dendrométricos e do volume por sortimento de tora, podado e não podado, suas respectivas estatísticas, incluindo os limites inferior e superior do intervalo de confiança com 95 % de probabilidade de acerto, para o povoamento de *Pinus taeda* com 43 anos de idade.

Table 1 – Dendrometric parameters estimates and volume per log assortment, pruned and unpruned, their statistics, including lower and upper limits of the confidence interval with a probability of 95 %, for the 43-years-old *Pinus taeda* stand.

	N	d <sub>g</sub>	h	G	v <sub>i</sub>	podado		não podado		Volume comercial
						>42 cm	>35 cm	25-35 cm	20-25 cm	
	árvores ha <sup>-1</sup>	cm	m	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> árv <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
Limite inferior	149	62,0	37,1	47,6	4,9	228,8	471,0	55,3	21,0	786,2
Valores médios	165	64,3	37,4	52,1	5,3	252,6	520,2	65,1	24,0	862,0
Limite superior	180	66,5	37,7	56,6	5,7	276,4	569,4	74,9	27,0	937,7
S <sup>2</sup>	1.378,3	29,1	0,6	120,6	0,9	3.316,9	14.205,9	562,0	53,9	33.700,5
S	37,1	5,4	0,8	11,0	1,0	57,6	119,2	23,7	7,3	183,6
Erro padrão	7,4	1,1	0,2	2,2	0,2	11,5	23,8	4,7	1,5	36,7
CV (%)	22,5	8,4	2,0	21,1	17,9	22,8	22,9	36,4	30,6	21,3
Erro de amostragem (%)	9,3	3,5	0,8	8,7	7,4	9,4	9,5	15,0	12,6	8,8

N: número de árvores por hectare; d<sub>g</sub>: diâmetro quadrático médio; h: altura total; G: área basal; v<sub>i</sub>: volume individual; S<sup>2</sup>: variância; S: desvio padrão, CV: coeficiente de variação.

Ao considerar valores praticados no mercado de toras do planalto Sul de Santa Catarina, constatou-se que apenas os dois sortimentos mais valiosos para as toras podadas e não podadas representam um valor superior a R\$ 140.000,00 ha<sup>-1</sup>, já descontados custos de colheita e carregamento.

Considerando custos médios para os primeiros seis anos do estabelecimento de um povoamento de *Pinus*, em valores correntes de R\$ 4.500 ha<sup>-1</sup>, o corte raso aos 43 anos com uma receita de R\$ 140.000 ha<sup>-1</sup>, não havendo nenhum outro custo acessório, este fluxo de caixa resulta uma taxa interna de retorno de, aproximadamente, 9 % ano<sup>-1</sup>. Resultado econômico bastante expressivo, indicando ser esta uma opção interessante de manejo, apesar do longo período de produção.

No povoamento objeto de estudo foram encontradas árvores com dimensões muito acima das comumente obtidas em povoamentos comerciais de *P. taeda*. Desta forma, seria possível imaginar que sortimentos mais grossos e valiosos poderiam ser comercializados. Segmentos industriais de altíssimo valor agregado, como é o caso da laminação por facas, poderiam estar interessados em toras com diâmetros, por exemplo, superiores a 50 cm, visando maiores conversões e, principalmente, a produção em maior proporção de lâminas com anéis de crescimento paralelos, que são mais valiosas. Neste cenário, considerando novos sortimentos mais grossos e mais valiosos, resultados econômicos ainda melhores poderiam ser obtidos em ciclos de produção como o avaliado.

## CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas, conclui-se que ciclos de produção mais longos que os atualmente praticados podem ser uma opção interessante para o manejo de povoamentos de *P. taeda*, e que a ideia geral de resultados financeiros ótimos quanto menores os períodos de produção, apesar de amplamente divulgada e praticada, nem sempre é verdadeira.

Comprovou-se ser altamente rentável manejar povoamentos de *Pinus taeda* com podas, desbastes e corte raso além dos 40 anos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à empresa Florestal Gateados Ltda. pela autorização e apoio ao estudo realizado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. M.; FINGER, C. A. G.; THOMAS, C.; SCHNEIDER, P. R. Variação do incremento anual ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 239-246, 2007.

- ARCE, J. E.; PIZATTO, W.; SANQUETTA, C. R.; WENDLING, J. L. G.; MAESTRI, R. Utilização das matrizes de transição na avaliação e simulação precoces do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Floresta**, v. 27, n. 12, p. 83-98.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico 2011**: ano base 2010. Brasília, 2011. 132 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico 2013**: ano base 2012. Brasília, 2013. 144 p.
- DOBNER JR., M. Impacto do manejo de povoamentos na produtividade e qualidade da madeira de *Pinus taeda*. 276 f. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- ELESBÃO, L. E. G.; SCHNEIDER, P. R. Produção de *Pinus taeda* L. em povoamento desbastado na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.1, p. 119-124, jan./mar. 2011.
- HENNESSEY, T. C.; DOUGHERTY, P. M.; LYNCH, T. B.; WITTEW, R. F.; LORENZI, E. M. Long-term growth and ecophysiological responses of a southeastern Oklahoma loblolly pine plantation to early rotation thinning. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.192, issue 1, p. 97-116, Apr. 2004.
- MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Produção de *Pinus taeda* L. na região de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p. 39-52, 1996.
- MAKINEN, H.; ISOMAKI, A. Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Scots pine trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.203, issues 1-3, p. 21-34, Dec. 2004.
- MEAD, D. J. **Sustainable management of *Pinus radiata* plantations**. Rome: FAO, 2013. 257 p. (FAO Forestry Paper, 170).
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. v.1, 1997, 316 p.
- SANQUETTA, C. R.; REZENDE, A. V.; GAIAD, D.; SCHAAF, L. B.; ZAMPIER, A. C. Produção de madeira para laminação em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades e regimes de desbaste: uma abordagem experimental. **Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1-2, p. 83-99, out. 2000.
- SCHNEIDER, P. S. P.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Relação do quociente do diâmetro pela área basal com o autodesbaste em povoamento equiâneo de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.1, p. 175-181, jan./mar. 2013.
- SCOLFORO, J. R. S.; ACERBI JR., F. W.; OLIVEIRA, A. D.; MAESTRI, R. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbaste e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p. 121-139, 2001.
- SEITZ, R. A. **Crítérios para a seleção de um regime de podas de *Pinus taeda* L. no Sul do Brasil**. 77 f. Tese (Professor Titular) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.



MÉTODOS ALTERNATIVOS AO DE ÁREA FIXA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L.

ALTERNATIVE METHODS TO FIXED AREA IN SETTLEMENT OF *Pinus taeda* L.

Klerysson Julio Farias<sup>1</sup> Guilherme Neto dos Santos Nilton Sérgio Novack Júnior Marcos Felipe Nicoletti

RESUMO

O presente estudo objetivou analisar qual foi o método alternativo ao de Área Fixa que obteve melhor comportamento e gerou resultados com baixa probabilidade de erro, bem como demonstrar as variáveis de interesse de uma população de *Pinus taeda* L. com idade de dezesseis anos e dois desbastes, em Lages, SC. Ao todo foram realizados quatro métodos de amostragem, sendo que para o de Área fixa, foram instaladas dezoito parcelas e para os métodos alternativos de Bitterlich, Strand e Prodan foram realizadas seis, totalizando 780 árvores mensuradas. Após isso foram cubadas quinze árvores pelo método de Smalian. Através destes procedimentos foi possível estimar as alturas e volumes não mensurados no povoamento e, após isso, realizar o cálculo de estatística descritiva das variáveis consideradas, sendo elas área basal por hectare, número de indivíduos por hectare e volume por hectare. Após a análise estatística dos dados observou-se que, para número de indivíduos por hectare, o melhor desempenho foi obtido por Strand, o qual gerou uma superestimativa de 0,6% na variável de interesse, comparado com o método de referência. No entanto, num contexto geral, Bitterlich foi o que obteve maior capacidade para explicar as variáveis, apesar de superestimar a área basal em 6,4%, o número de indivíduos por hectare em 2,0% e o volume em 4,2%, gerou estimativas mais próximas ao método de referência. **Palavras-chave:** métodos de amostragem; estatística descritiva; estimativa.

ABSTRACT

This study aimed to analyze what was the alternative method to the fixed area which had the best behavior and generated results with low probability of error and show the variables of interest from a population of *Pinus taeda* L. aged sixteen and two thinning in Lages, SC. Altogether were performed four sampling methods, and for the fixed area, were installed eighteen installments and alternative methods of Bitterlich, Strand and Prodan six were made, totaling 780 measured trees. After this fifteen trees were cubed by Smalian method. Through these procedures it was possible to estimate the heights and volumes not measured in the stand and after that, perform descriptive statistics for calculating the variables considered, and they basal area per hectare, number of individuals per hectare and volume per hectare. After statistical analysis of the data noted that, in number of trees per hectare, the best performance was obtained by Strand, which generated a 0.6% overestimation of the variable of interest compared to the reference method. However, in a general context, Bitterlich was what got better able to explain the variables, although overestimate the basal area at 6.4%, the number of individuals per hectare at 2.0% and the volume by 4.2% generated closest to the reference method estimates.

**Keywords:** sampling methods; descriptive statistics; estimate.

INTRODUÇÃO

Atualmente a área de florestas plantadas no Brasil atingiu 7,60 milhões de hectares. Destes cerca de 1,60 milhões são de florestas do gênero *Pinus*. O país contribui anualmente com 17% de toda a madeira colhida em todo mundo, o que é virtude da produtividade dos plantios ser superior em comparação aos outros países produtores de madeira, sendo relevante para a economia e a sociedade brasileira, contribuindo com uma parcela importante para a geração de produtos, tributos, divisas, empregos e renda (IBÁ, 2015).

Dentre as etapas de produção florestal, o inventário torna-se demasiadamente importante para as próximas operações, pois com ele é possível a obtenção de informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais. Para a obtenção destas informações de potencial madeireiro em florestas plantadas, ainda o mais usual é a medição das parcelas em campo. Na literatura encontram-se citados vários métodos de amostragem, os quais podem ser utilizados para obtenção dos dados necessários (NAKAJIMA, 1998).

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, CEP 88.520-000, Lages (SC) Brasil. E-mail: klerysson\_julio@hotmail.com

O método de área fixa consiste na seleção dos indivíduos de forma proporcional a área de estudo ou unidade amostral. Os dados coletados para essa serão processados e explorados para a unidade de área (hectare) (SANQUETA et al., 2009).

No método de Bitterlich a seleção das árvores é efetuada com probabilidade à área basal, ou ao quadro do diâmetro e à frequência, ou seja, a inclusão de um indivíduo na amostra é proporcional ao seu tamanho e frequência no ponto. A unidade amostral é estabelecida por meio de um giro de 360° a partir de um ponto de referência, com o DAP (diâmetro à altura do peito) de cada árvore com o ângulo  $\beta$  decidindo, de acordo com o princípio, quais indivíduos serão incluídos (SANQUETA et al., 2009).

Para Prodan, o procedimento consiste escolher um ponto e girar no sentido anti-horário e medir as seis árvores mais próximas sendo que, a sexta árvore é considerada a árvore de referência, porque além da obtenção do DAP dela será medida a distância do ponto escolhido, até a metade da base de seu tronco, que será usado futuramente para gerar os dados da população (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Já para o método de Strand é usado o critério probabilístico a alocação de uma linha de comprimento L, assim usando esta como referência enumeram-se todos os indivíduos à esquerda. Poderá ser realizada a seleção dos indivíduos na unidade de amostra que se dá com proporcionalidade ao diâmetro, usando o princípio de Bitterlich, para cálculo da área basal e do número de árvores por hectare, e proporcional à altura das árvores para obter o volume e o número de árvores por hectare (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Tradicionalmente, o método de amostragem mais utilizado para inventariar florestas equiâneas e inequiâneas é o método que se baseia na alocação de parcelas de Área Fixa. Este método geralmente possui custo elevado e exige maior tempo para os levantamentos, devido à marcação e medição de um grande número de árvores (HUSCH et al., 1982).

Diante disso, o presente estudo objetivou analisar qual foi o método alternativo ao método de Área Fixa que obteve um melhor comportamento e gerou resultados com baixa probabilidade de erro e que pudesse demonstrar as variáveis de interesse da população.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é localizada em uma fazenda no interior da cidade de Lages, SC, situada na região serrana. O clima é classificado como Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, com a precipitação e a temperatura média anual de 1.682,8 mm e 15,9°C, respectivamente (ALVARES et al. 2013). A floresta é constituída de árvores de *Pinus taeda* L. com idade de 16 anos e dois desbastes, onde foram realizados e testados quatro métodos diferentes de amostragem.

No método de Área Fixa foram instaladas 18 parcelas temporárias quadradas com 400 m<sup>2</sup> de área. Foram obtidos todos os DAP (diâmetros à altura do peito), sendo utilizada a suta, e a altura das doze primeiras árvores da parcela, as quais foram mensuradas com o hipsômetro de ultrassom Vertex IV.

Para o método de Bitterlich foram utilizadas seis repetições, todas em locais aleatórios da área. Para a obtenção dos dados foram medidos todos os DAP e as dez primeiras alturas das árvores na unidade amostral. Os equipamentos utilizados foram o Criterion RD1000, para determinação de quais árvores entrariam na ACA (Área Circular Amostrada), Suta para obtenção do DAP e o Vertex IV para obtenção da altura. Como fator de área basal foi escolhida a banda 2.

Para o método de Strand foram alocadas 6 linhas em diferentes locais, onde foi obtido o DAP e altura de todas as árvores que foram inclusas pelo critério de seleção. Os equipamentos utilizados foram os mesmos do método de Bitterlich.

Já para Prodan foram alocados seis pontos na área, em diferentes locais de maneira aleatória, obtendo o DAP, com auxílio da suta, e altura com auxílio Vertex IV de todas as seis árvores de cada ponto alocado.

Ao todo, foram cerca de 780 árvores mensuradas. Por conseguinte foram cubadas quinze árvores pelo método de Smalian, nas posições de: 0,10; 0,30; 0,80; 1,30 e, a partir desta posição, de metro em metro até a altura total.

Após obtenção dos dados foram estimadas as alturas das árvores não mensuradas, sendo utilizado, após vários testes, o modelo de Naslund, o qual está representado na equação 1 abaixo, juntamente com seu coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{ajustado}$ ) e seu erro padrão da estimativa relativo ( $S_{yx}$  %):

$$h - 1,3 = \frac{dap^2}{-1,1889 + 0,0051 * dap} \quad (\text{Eq. 1}).$$

$$R^2_{ajustado} = 0,1091 \text{ e } S_{yx} (\%) = 8,76.$$

Já para estimativa do volume foi utilizado o modelo de Stoate, sendo representada pela equação 2 abaixo, juntamente com o valor de seu coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{\text{ajustado}}$ ) e erro padrão da estimativa relativo ( $S_{yx}$  %):

$$v = 0,96657 - 0,00095 * dap^2 + 0,00006 * dap^2 h - 0,03136 * h \quad (\text{Eq. 2}).$$

$$R^2_{\text{ajustado}} = 0,9531 \text{ e } S_{yx} (\%) = 7,47.$$

Através destes procedimentos foi possível testar modelos matemáticos e estimar as alturas e volumes não mensurados. Através disso, foram realizadas as conversões das estimativas amostrais de área basal, número de indivíduos e volume para hectare em todos os métodos, segundo Moscovich et al., (1999).

Por fim, foi realizado o cálculo de estatística descritiva das variáveis consideradas, sendo elas G (área basal por hectare), N (número de indivíduos por hectare) e V (volume por hectare). Com isso foi possível o comparativo dos métodos com o método de referência, o de Área Fixa. Para este cálculo considera-se a média, o Erro Padrão, os valores Mínimos e Máximos e o Coeficiente de Variação. Após o comparativo foi possível à seleção do melhor método de amostragem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos alternativos possuíram comportamentos distintos em relação ao de Área Fixa, onde, de acordo com a tabela 1, estão representadas as medidas de estatística descritiva das variáveis de estudo.

Tabela 1- Resultado das estimativas dos parâmetros analisados para cada método de amostragem.

Table 1- Results of estimates of the parameters analyzed for each method.

	Denominação	$\bar{x}$	$s\bar{x}$	Mín.	Máx.	CV (%)
Área Fixa	N $\left(\frac{\text{ind}}{\text{ha}}\right)$	688	22	525	850	13,6
	G $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{ha}}\right)$	52,6	1,8	38,7	65,6	14,5
	V $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{ha}}\right)$	524,4	14,8	438,4	632,2	12
Bitterlich	N $\left(\frac{\text{ind}}{\text{ha}}\right)$	702	53,1	599	894	18
	G $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{ha}}\right)$	56	5,0	44	76	21,8
	V $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{ha}}\right)$	546,5	52,3	423,3	757,9	23,5
Strand	N $\left(\frac{\text{ind}}{\text{ha}}\right)$	692	43,4	567	827	15,5
	G $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{ha}}\right)$	57,9	4,3	45,7	70,9	18,3
	V $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{ha}}\right)$	651,7	58,5	498,8	833,8	22
Prodan	N $\left(\frac{\text{ind}}{\text{ha}}\right)$	826	350,2	385	1249	42,7
	G $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{ha}}\right)$	64,8	11,6	44,5	76,2	18,0
	V $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{ha}}\right)$	671,5	124,4	595,9	812,7	13,5

Sendo que: N (ind/ha) é o número de indivíduos por hectare; G (m<sup>2</sup>/ha) é a área basal por hectare; V (m<sup>3</sup>/ha) é o volume por hectare;  $\bar{x}$  é a média;  $s\bar{x}$  é o erro padrão, Mín é o valor mínimo de cada parâmetro; Máx é o valor máximo e CV (%) é o coeficiente de variação.

É possível observar, de acordo com a tabela 1, que o melhor método para área basal por hectare foi o de Bitterlich, pois o mesmo apresentou 56,0 m<sup>2</sup>/ha, enquanto que o de Área Fixa apresentou 52,6 m<sup>2</sup>/ha, gerando uma superestimativa de 6,4%. Já Prodan foi o pior, com 64,8 m<sup>2</sup>/ha, superestimando em 23,2%.

No caso do número de indivíduos por hectare, o método que se destacou foi o de Strand, o qual estimou 692 indivíduos por hectare, sendo que, o de Área Fixa gerou estimativa de 688 indivíduos por hectare, ou seja, o método alternativo superestimou em 0,6%. Isso pode ser explicado, pois com este método, foi observado um maior número de árvores amostradas, fazendo uma melhor caracterização do povoamento, ao contrário de Prodan,

o qual resultou em 826 indivíduos por hectare, superestimando em 20%. Bitterlich foi o segundo melhor, com 702 indivíduos por hectare, superestimando em 2%.

Para Volume, novamente Bitterlich obteve um melhor comportamento, superestimando em 4,2%, com 546,5 m<sup>3</sup>/ha, enquanto que o método de referência apresentou 524,4 m<sup>3</sup>/ha.

Graficamente, de acordo com a figura 1, é possível a visualização do comportamento dos métodos, comparando o parâmetro volume por parcela com a média apresentada pelo de Área Fixa. As linhas centrais do gráfico representam a área fixa, tanto média quanto os intervalos de confiança e as demais linhas representam o volume acumulado em cada parcela, de acordo com cada método. Diante disso, Prodan esteve sempre próximo ou acima do limite superior registrado no método de referência. Strand teve um comportamento semelhante a Prodan na segunda, terceira e quarta parcelas. Já Bitterlich possuiu valores não muito dispersos da média, sendo que, na maioria destas, esteve dentro dos intervalos de confiança.

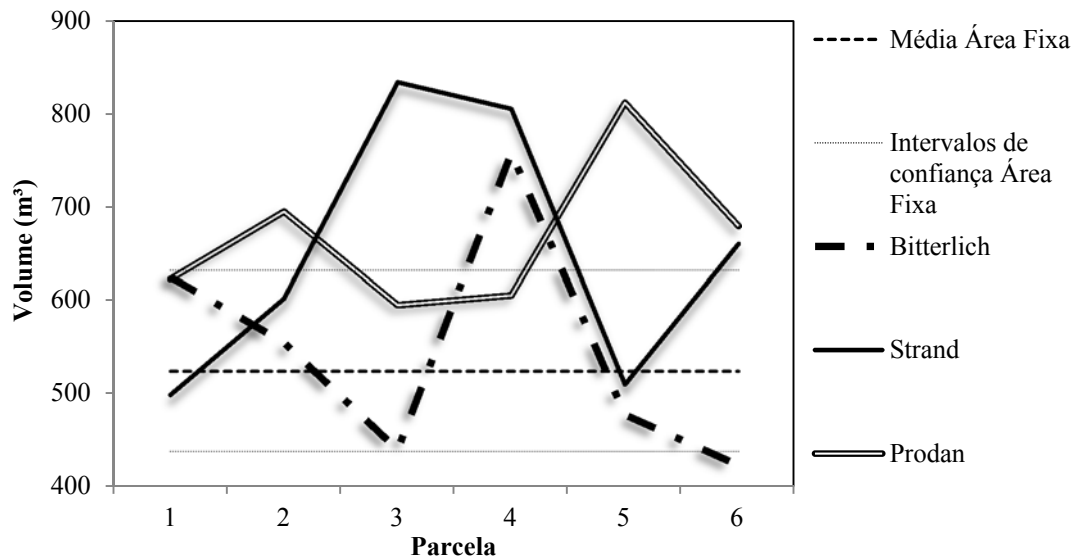


Figura 1- Comportamento dos métodos para o volume de cada parcela em relação ao volume médio da Área Fixa.  
Figure 1- Behavior of the methods for the volume of each portion relative to the average volume of Fixed Area.

Na estimativa do volume comercial Bitterlich obteve um melhor comportamento, segundo Moscovich et al., (1999), sendo este o que apresentou resultado mais próximo do valor paramétrico, possuindo a menor subestimativa, com -8,78%. Entretanto, para área basal por hectare Bitterlich subestimou em -12,38%, já Strand em -9,14% e, na estimativa de indivíduos por hectare, Strand subestimou em -1,24%, enquanto que Bitterlich superestimou em +19,57%. Em geral, de acordo com os autores, o método de Bitterlich foi superado pelo de Strand. Os valores encontrados pelos autores podem ser explicados pelo tipo de estudo, o qual foi realizado com uma espécie nativa, a *Araucaria angustifolia*, onde a mesma se distribui de uma maneira diferente de um povoamento proveniente de um plantio.

O método de Bitterlich proporcionou resultados mais eficientes do que Prodan devido uma melhor confiabilidade das estimativas volumétricas. Situação semelhante foi demonstrado por De Farias et al., (2002), no seu estudo de análise estrutural de florestas inequiduais, onde os autores compararam estes métodos, sendo que Prodan gerou resultados muito dispersos em torno da média, tendo uma maior variação, apresentando também um erro de amostragem de 18,73%, enquanto que Bitterlich apresentou 13,81%. Isto ocorre devido ao número menor de unidades amostrais (pontos de amostragem) necessários para satisfazer uma determinada precisão requerida.

Bem como este trabalho, Prodan teve o pior desempenho no estudo realizado por De Cesaro et al., (1994), em povoamento de *Pinus* sp. com 28 anos de idade, onde os autores compararam não só os resultados das estimativas mas também o tempo de abordagem dos dados dos métodos e analisou os resultados tendo como base o método de Área Fixa, sendo que, Bitterlich obteve melhor desempenho. Entretanto, de acordo com os autores, a maior eficiência observada entre os três tipos de unidades foi a de Área Fixa, devido abranger maior área que os demais métodos, observando maior variabilidade da população em cada unidade amostral.

## CONCLUSÕES

De acordo com o apresentado, todos os métodos alternativos geraram uma superestimativa das variáveis de interesse. Para número de indivíduos por hectare o método indicado foi o de Strand. Entretanto, Bitterlich gerou resultados mais próximos tanto no volume por hectare quanto na área basal por hectare, e para número de



indivíduos foi o que gerou a segunda menor superestimativa. Diante disso, o método que obteve melhor desempenho, comparado com o de Área Fixa foi o de Bitterlich, o qual poderia ser utilizado para realização de estudos futuros na área amostrada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; de MORAES, G.; LONARDO, J.; SPAROVECK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- DE CESARO, A.; ENGEL, O. A.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia, e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventário florestal de um povoamento de *Pinus* sp. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 97-108, 1994.
- DE FARIAS, C. A.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequidistantes. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 541-548, 2002.
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. *Forest mensuration*. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1982, 402 p.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. *Anuário Estatístico 2014*. Disponível em: <<http://www.iba.org/>>. Acesso em 02 jun. 2015.
- MOSCOVICH, F. A.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Comparação de diferentes métodos de amostragem, da área fixa e variável em uma floresta *Araucaria angustifolia*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 9, n. 1, p.173-191, 1999.
- NAKAJIMA, N. Y.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R. POSONSKI, M. **Elaboração de um sistema de amostragem para estimativa de valores correntes e mudança/crescimento em reflorestamento de *Pinus***. Curitiba: CNPq/UFPR, 1998. 33 p.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. **Inventário florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997, 316 p.
- SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; DALLA CÔRTE, A.; FERNANDES, L. A. V. SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 2ª ed. Curitiba: Multi-Gráfica, 2009, 316 p.



**MODELAGEM DA DENSIDADE PARA DETERMINAÇÃO DO AUTODESBASTE PARA *Eucalyptus grandis* W. HILL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**DENSITY OF MODELING FOR SELFTHINING DETERMINATION FOR *Eucalyptus grandis* W. HILL IN THE RIO GRANDE DO SUL STATE**

Gabriel Paes Marangon<sup>1</sup> Paulo Renato Schneider Gerson dos Santos Lisboa Luiz Carlos Marangon Ana Lícia Patriota Feliciano Marangon Emanuel Araújo Silva

**RESUMO**

Objetivou-se por meio do modelo de Tang, Meng e Meng (1994) determinar o autodesbaste para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul. O modelo de Tang, Meng e Meng foi utilizado na modelagem dos dados referentes ao número de árvores, obtendo-se 107 observações provenientes de parcelas permanentes de 30x20m de povoamentos implantados com diferentes espaçamentos. O modelo ajustado apresentou bom ajuste, com valor de coeficiente de determinação ajustado de 0,7438, erro padrão da estimativa de 0,2476 e, valor de coeficiente de variação de 3,17%, podendo ser utilizado para estimativas de número de árvores em função do diâmetro médio e principalmente na determinação do autodesbaste em diferentes espaçamentos na mesorregião Centro Oriental Rio-grandense e Metropolitana de Porto Alegre, localizados no estado de Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** manejo; número de árvores; Tang.

**ABSTRACT**

The objective was to through the Tang model, Meng and Meng (1994) the selfthinning determination for *Eucalyptus grandis* species in two mesoregions of Rio Grande do Sul state. The model of Tang, Meng and Meng was used in modeling the data on the number of trees, obtaining 107 observations from permanent plots of 30x20m of stands implanted with different spacings. The adjusted model showed good agreement, with adjusted coefficient of determination value of 0,7438, standard error of the estimate of 0,2476, and, coefficient of variation value of 3,17%. It can be used for number of trees estimates in function of the average diameter and mainly in the selfthinning determination at different spacings in the east center mesoregions and Porto Alegre metropolitan, located in the state of Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** management; number of trees; Tang.

**INTRODUÇÃO**

Em um povoamento, o espaço de cada árvore pode ser limitado pelas vizinhas, levando a competição em nível das copas e das raízes. Para um desenvolvimento mais homogêneo é desejado que as árvores estejam distribuídas uniformemente no povoamento, facilitando, desta forma, a busca por espaço (HILEY, 1959).

A densidade do povoamento é muito importante pelo fato de ser um dos fatores responsáveis por conduzir o crescimento diamétrico. A regulação da densidade pode ocorrer de maneira natural (autodesbaste) ou por intervenções humanas (desbastes) (ASSMANN, 1970; SPIECKER, 1983).

O conhecimento das inter-relações entre a densidade das árvores por hectare e o desenvolvimento do seu diâmetro no tempo são de fundamental importância, pois com o envelhecimento dos povoamentos há aumento na taxa de mortalidade dos indivíduos, o que deve ser evitado através de intervenções de desbastes proporcionais a velocidade de crescimento da espécie (SCHNEIDER, 2008).

O autodesbaste ocorre quando há um aumento na densidade da população podendo provocar a mortalidade de alguns indivíduos, e é o resultado da competição por água, luz e nutrientes entre os indivíduos da população.

Devido a isto a mortalidade deve ser evitada com a antecipação de intervenções de desbaste, aplicados com intensidade adequada, dependendo da capacidade produtiva do sítio e da espécie que se está a manejar (SCHNEIDER, 2008).

Segundo Spurr (1962) o número de árvores por unidade de área pode ser usado para expressar a densidade dos povoamentos quando combinado com uma variável que indica a idade do povoamento como, por exemplo, o diâmetro médio ou a altura dominante.

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal, Dr., Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: gabrimarangon@yahoo.com.br

Objetivou-se por meio do modelo de Tang, Meng e Meng (1994) determinar o autodesbaste para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os povoamentos do referente estudo estão localizados nas mesorregiões de Centro Oriental Rio-grandense e Metropolitana de Porto Alegre, no Estado de Rio Grande do Sul.

Para o estudo foram utilizados dados de povoamentos com densidade completa com diferentes idades e sítios para permitirem a determinação da linha de máxima densidade. Os dados foram advindos de parcelas permanentes de 30 x 20 m de povoamentos implantados com diferentes espaçamentos iniciais de: 1,0 m x 1,5 m; 3,0 m x 1,7 m; 2,3 m x 2,3 m; 2,0 m x 2,0 m, dentre outros, em sua maioria considerados reduzidos e todos medidos periodicamente até os 15, 16, 17, 18 e 19 anos de idade, dependendo dos povoamentos amostrados das parcelas permanentes. Na modelagem dos dados referentes ao número de árvores, foram utilizadas 107 observações.

Modelo do autodesbaste de Tang, Meng e Meng (1994):

$$\ln N(t) = \ln S_f - \frac{1}{\gamma} \ln \left[ (D(t) / d_o)^{\beta\gamma} + \delta \right]$$

Sendo: d= diâmetro médio das árvores; h a altura média; N= número de árvores por hectare; t= idade do povoamento (ano);  $\beta$ = taxa máxima de autodesbaste sobre o povoamento de densidade completa; N(t)= densidade do povoamento no tempo t (número de árvores por hectare); D(t)= diâmetro médio das árvores no tempo t (cm);  $S_f$ = índice máxima densidade do povoamento;  $\gamma$ = índice de autodesbaste;  $d_o$ = diâmetro básico padrão (25 cm) e  $a_1$ ,  $b_1$  e  $c_1$ = parâmetros dos modelos.

No modelo de Tang, Meng e Meng (1994) a constante  $\delta$  foi determinada pela densidade inicial do povoamento ( $N_1$ ), o diâmetro médio inicial ( $d_1$ ) e pelo diâmetro padrão de 25 cm, na seguinte fórmula:

$$\delta = (S_f / N_1)^\gamma - (d_1 / d_o)^{\beta\gamma}$$

As regressões lineares foram ajustadas pelo procedimento PROC REG no pacote *Statistical Analysis System* (SAS, 1999). Para os demais cálculos empregou-se a planilha eletrônica Excel (Microsoft® Office, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores de número de árvore por hectare e diâmetro médio, obtidos em parcelas permanentes. Observa-se que, do total das observações anuais, o número médio de árvores foi de 2.998  $ha^{-1}$ , valor máximo de 6.982  $ha^{-1}$  e mínimo de 1.035  $ha^{-1}$  da densidade remanescente, para um desvio padrão de 1.540 árvores  $ha^{-1}$ . Igualmente, o diâmetro médio do total de observações foi de 14 cm, valor mínimo de 4,2 cm e máximo de 20,7 cm, com um desvio padrão dos diâmetros médios de 3,8, indicando a dispersão entre os diâmetros da amostra de todas as idades.

Tabela 1. Resumo dos dados utilizados para estudo da densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio.

Table 1. Summary of the data used to study the density of trees per hectare in average diameter function.

Variável	N	Média	Desvio padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Número deárvores (ha)	107	2998	1540	1035	6982
Diâmetro (cm)	107	14	3,8	4,2	20,7

No estudo da densidade de árvores por hectare, foi ajustada a equação de Tang, Meng e Meng (1994) que apresentou desempenho estatístico bom com valor de coeficiente de determinação ajustado de 0,7438, erro padrão da estimativa de 0,2476 e, valor de coeficiente de variação de 3,17 %. O gráfico dos resíduos (Figura 1) mostra a dispersão dos erros em função do logaritmo do diâmetro médio do modelo de Tang, Meng e Meng.

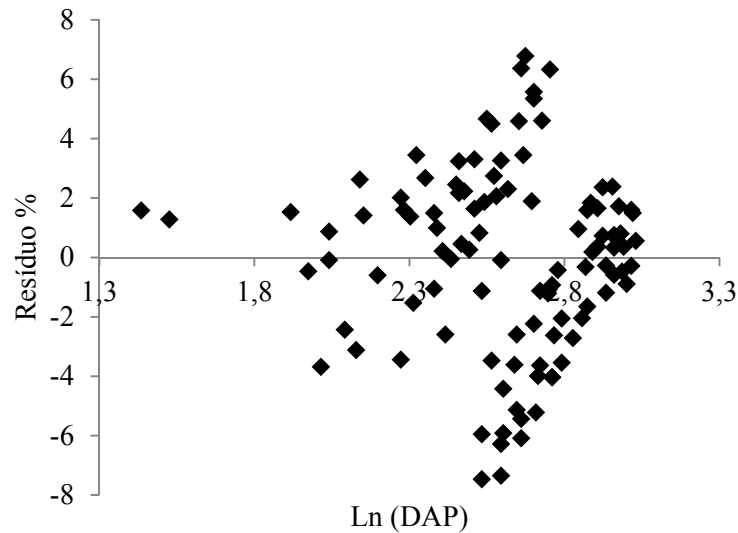


Figura 1. Resíduos do logaritmo do número de árvores/ha em função do logaritmo do diâmetro médio, de um povoamento altamente estocado de *Eucalyptus grandis*, correspondente ao modelo de Tang.

Figure 1. Waste of the logarithm of the number of trees / ha depending on the logarithm of the average diameter, a highly stocked settlement of *Eucalyptus grandis*, corresponding to the Tang model.

Para verificar a normalidade dos resíduos, realizou-se o teste de Shapiro- Wilk, onde obteve-se um valor de SW = 0,98; Pr = 0,2915. Desta forma podemos afirmar que não houve significância para o teste de normalidade indicando que os resíduos apresentam normalidade.

Este modelo de Tang, Meng e Meng também foi selecionado por autores como Schneider (2008) e Schneider (2012), estudando povoamentos de *Pinus taeda* L. como o melhor modelo na descrição de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio, que vem a corroborar com o presente estudo.

Com o modelo de Tang de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro, definiu-se a linha de autodesbaste para a espécie em questão. Os parâmetros encontram-se abaixo expressos no modelo de Tang (TANG; MENG, MENG, 1994):

$$\ln(N) = \ln 978,23 - \frac{1}{10,9237} \ln \left[ \left( \frac{d-d_1}{25} \right)^{1,6847 \cdot 10,9237} + \left( \frac{978,23}{N_1} \right)^{10,9237} \right]$$

Sendo: d = diâmetro médio das árvores; N = número de árvores por hectare; N<sub>1</sub> = Densidade inicial do povoamento e d<sub>1</sub> = diâmetro médio inicial.

Utilizando-se o modelo de Tang, Meng e Meng (1994) gerou-se as densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio do povoamento, obtendo-se uma curva decrescente da máxima densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio. Esta curva é geralmente chamada de máxima densidade, pois representa a máxima capacidade de tolerância para as árvores, onde a partir deste ponto as mesmas passam a não permitir mais a concorrência entre os indivíduos por água, nutrientes, espaço vital e assim acabam morrendo (autodesbaste), o que geralmente incide sobre as árvores das posições sociológicas inferiores.

O autodesbaste é representado pela dimensão do diâmetro médio da população, que é condicionada pelo espaçamento inicial, utilizado na implantação do povoamento onde ocorre o início da mortalidade de árvores por competição. Diante disto, foram geradas as densidades de árvores por hectare por diâmetro médio a partir do modelo de Tang, Meng e Meng (1994), onde os parâmetros foram obtidos por meio dos dados de espaçamentos mais reduzidos (Figura 2).

Esta Figura 2 foi obtida pela simulação da variação das densidades de árvores por hectare pelo diâmetro médio na identificação do momento da ocorrência do autodesbaste para um diâmetro médio. Foi introduzido no modelo de Tang, Meng e Meng ajustado a densidade de árvores por hectare inicial, correspondente a de plantio, com variação de: 6666 (1,5 x 1m), 4000 (2,5 x 1m), 2500 (2 x 2m), 1666 (3 x 2m) e 1111 (3 x 3m) árvores por hectare.

No caso específico de um povoamento implantado em espaçamento de 3 X 2m, ou seja 1666 árvores por hectare, o autodesbaste inicia quando o diâmetro médio da população for semelhante a 18 cm pois de acordo com as estimativas do modelo de Tang ocorre uma redução na densidade de árvores no momento em que a população

atinge valores próximos a este diâmetro médio. Isto indica que os desbastes devem ser realizados antes que a população atinja esta magnitude de diâmetro médio, para evitar o surgimento de árvores mortas ou suprimidas no caso específico do *Eucalyptus grandis*.

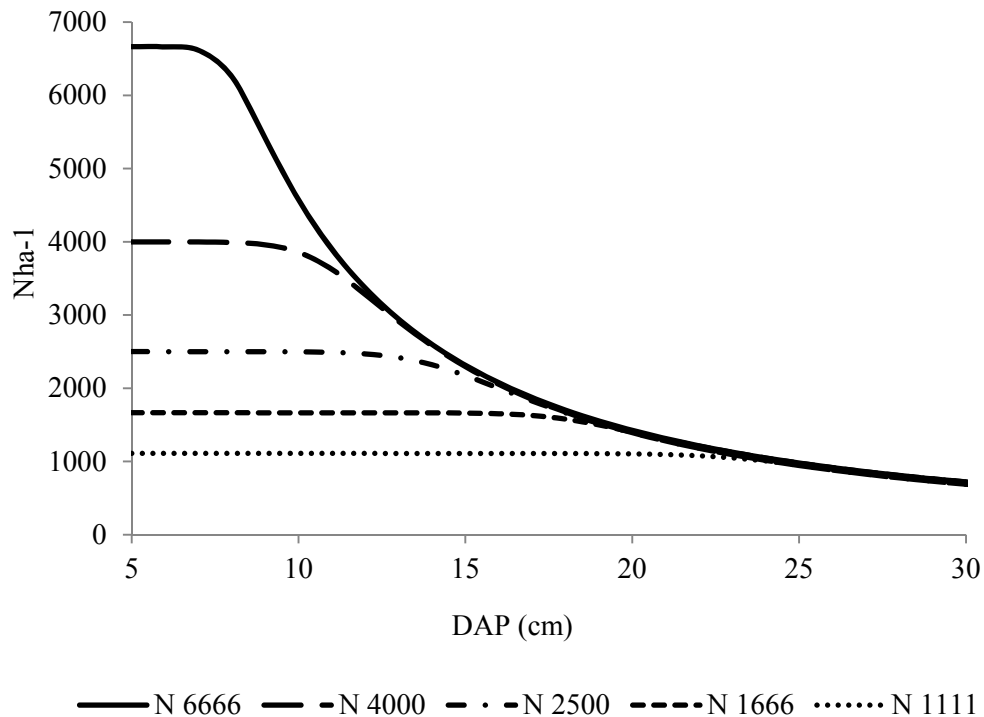


Figura 2. Tendências médias da densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio em espaçamentos apertados para povoamentos da espécie *Eucalyptus grandis* no estado do Rio Grande do Sul, obtidas pelo modelo de Tang, Meng e Meng (1994).

Figure 2. Trends average density of trees per hectare by the average diameter in tight spacing for the *Eucalyptus grandis* specie stands in the state of Rio Grande do Sul, obtained by the model of Tang, Meng and Meng (1994).

Na Figura 2, pode-se observar a dimensão de diâmetro médio em que ocorre o início do autodesbaste, com a supressão de indivíduos da população, que varia, consideravelmente, com a densidade de árvores de plantio.

## CONCLUSÕES

O modelo proposto por Tang, Meng e Meng (1994) relacionado ao ajuste de densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio do povoamento, apresentou bom ajuste, acurácia e precisão estatística.

Entende-se que o autodesbaste ocorre em uma dimensão de diâmetro médio diretamente proporcional à densidade de árvores de plantio, indicando que, quanto maior o espaçamento inicial maior será o diâmetro médio, portanto, mais tarde ocorrerá o momento do início do autodesbaste da população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSMANN, E. **Principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1970. 506 p.
- HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation**. London: Faber and Faber, 1959. 123 p.
- SCHNEIDER, P. S. P. **Autodesbaste e diagrama de manejo da densidade e povoamentos de Pinus taeda L.** 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- SPIECKER, H. Durchorstungsasatze bei Eiche unter besonderer Berücksichtigung des Dickenwachstums. **Allgemeine Forstzeitschrift – u. J. – Ztg.**, v.154, n.2, p.21-36, 1983.
- SPURR, S. H. A measure of point density. **Forest Science**, Bethesda, v. 8, n. 1, p. 85-96, Feb. 1962.
- TANG, S.; MENG, C. H.; MENG, F. R. A growth and self-thinning model for pure even-age stands: theory and applications. **Forest Ecology and Management**, n. 70, p. 67-73, 1994.

**MODELAGEM VOLUMÉTRICA PARA ÁRVORES DO HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE x *Eucalyptus grandis* HILL (EX MAIDEN) SOB REGIME DE TALHADIA NO MUNICÍPIO DE DOM AQUINO, MT**

**MODELING VOLUMETRIC FOR HYBRID TREES *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE x *Eucalyptus grandis* HILL (EX MAIDEN) UNDER REGIME OF COPPICE IN MUNICIPALITY OF DOM AQUINO, MT**

Anatálya dos Santos Ribeiro Joao Paulo Sardo Madi Cyro Matheus Cometti Favalessa Karen Janones Rocha<sup>1</sup>

**RESUMO**

O emprego de equações volumétricas constitui uma das principais ferramentas para quantificação da produção de povoamentos florestais, sendo base para o manejo sustentável de plantações florestais. O objetivo do trabalho foi ajustar, comparar e selecionar o melhor modelo volumétrico para árvores de um povoamento do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com seis anos de idade conduzidas sob regime de talhadia no município de Dom Aquino, MT. Foram testados 7 modelos na estimativa do volume. A seleção do melhor modelo para estimar a resposta no comportamento da variável volume se baseou no erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ), BIAS e Eficiência, dos condicionantes de regressão de normalidade e independência dos resíduos, homocedasticidade, além da análise gráfica da distribuição dos resíduos. O modelo de Schumacher-Hall apresentou o melhor desempenho para estimar o volume de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* conduzido sob regime de talhadia.

**Palavras-chave:** produção florestal, regressão, eucalipto.

**ABSTRACT**

The use of volumetric equations is one of the main tools for measuring the production of forest stands, being the basis for sustainable management of forest plantations. The aim of this study was adjust, compare and choose the best volumetric model for trees of a hybrid population of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* with six years old conducted under coppice regime in Dom Aquino, MT. Were tested seven models in estimating the volume. Selecting the best model to estimate the response behavior of the variable volume was based on the standard error of estimate ( $S_{yx}$ ), adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj.}$ ), BIAS and efficiency, regression constraints of normality and independence of waste and homoscedasticity, as well as graphical analysis of the distribution of residuals. The model of Schumacher-Hall had the best performance to estimate the volume of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* conducted under coppice regime.

**Keywords:** forestry production, regression, eucalyptus.

**INTRODUÇÃO**

No Brasil, a implantação plantios florestais tem se mostrado alternativa eficiente na redução da pressão causada pela crescente demanda por matéria-prima florestal sobre as florestas nativas. Dentre as espécies mais utilizadas nos reflorestamentos, o *Eucalipto* spp. se destaca pela grande potencialidade no fornecimento de matéria-prima. Para alcançar o máximo retorno econômico, deve haver planejamento e ordenamento dos plantios florestais. Tal fato está condicionado à precisão na quantificação do volume dos povoamentos.

O volume é essencial para o conhecimento do potencial produtivo de um povoamento florestal. Sua estimativa, através de modelos matemáticos, fornece subsídios para a avaliação de estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas (PELLISSARI et al., 2011).

Dentre os métodos existentes para estimar o volume dos povoamentos florestais, como fator de forma ou modelos de afilamento, o uso de modelos matemáticos apresenta como vantagem a fácil execução e acurácia na quantificação desta variável (MACHADO et al., 2005). Entretanto, estes nem sempre se ajustam às espécies e condições de interesse. Portanto, é recomendável o teste de vários modelos volumétricos e, por meio de análises estatísticas, selecionar o mais adequado para cada caso (THOMAS et al., 2006).

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS. E-mail: karennjr@hotmail.com

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi ajustar, comparar e selecionar modelos volumétricos para árvores do híbrido de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (Ex Maiden) conduzidas sob regime de talhadia no município de Dom Aquino, MT.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em um povoamento de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus* com 232,8855 hectares conduzido por talhadia após corte final em 2008 no município de Dom Aquino – MT, região Centro-Sul do Estado de Mato Grosso, circunscrito à coordenada 15°34'58,1"S e 54°53'35,1"W.

Segundo Alvares et al. (2013), o clima da região do tipo AW, sendo tropical com estação seca no inverno e chuvosa no verão, conforme classificação de Köppen. A precipitação média anual é aproximadamente 1.750 mm.ano<sup>-1</sup> e a temperatura média anual é de aproximadamente 22°C (ALVARES et al., 2013). O solo é Latossolo Vermelho distrófico (IBGE, 2009).

No ano de 2014 foram cubadas 70 árvores do povoamento pela metodologia de *Smalian*. As medições foram realizadas nas alturas absolutas de 0,3 metros, 0,5 metros, 0,7 metros, 0,9 metros, 1,3 metros, e em seguida a cada metro, até a altura total de cada árvore.

Um estudo descritivo foi realizado para melhor interpretar o comportamento das variáveis altura total, diâmetro à altura do peito (d) e volume. Foram calculados os valores de média, mediana, desvio padrão e coeficiente de assimetria, curtose e correlação de Kendall para as variáveis em estudo.

Foram testados cinco modelos matemáticos tradicionalmente usados na área florestal e dois modelos genéricos desenvolvidos pelo procedimento Stepwise para estimar o volume (Tabela 1). A seleção do melhor modelo para estimar a resposta do comportamento da variável volume foi baseada no erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) para variável dependente volume e quando logarítmica foi aplicada a correção pelo índice de Meyer, coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ), BIAS, eficiência e foi realizada uma classificação pelo somatório dos escores ponderados dessas estatísticas como apresentado por Schneider et al. (2009), além da análise gráfica da distribuição dos resíduos.

$$R_{aj.}^2 = 1 - \left( \frac{SQ_{res}}{SQ_t} \right) * \left( \frac{n-1}{n-p} \right)$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2}{n-p}}$$

$$BIAS = \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - \hat{y}_i}{n} \right)$$

$$Eficiência = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \right]$$

em que:  $R^2_{aj.}$ : coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$ : erro padrão da estimativa;  $SQ_{res}$ : soma do quadrado dos resíduos;  $SQ_t$ : soma dos quadrados totais; n: número de dados observados; p: número de coeficientes do modelo;  $h_i$ : altura observada;  $\hat{h}_i$ : altura estimada;  $y_i$  – variável dependente observada;  $\hat{y}_i$  – variável dependente estimada

As condicionantes para a realização da análise de regressão foram avaliadas através dos testes de Durbin-Watson (independência dos resíduos), White (homocedasticidade) e Kolmogorov-Smirnov (normalidade dos resíduos). Foram calculados o valor de Inflação da Variância (VIF) e a significância para cada coeficiente como apresentado por Schneider et al. (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores para o diâmetro e volume apresentaram médias superiores às suas respectivas medianas (Tabela 2), o que confirma a distribuição assimétrica positiva. Esse fato sugere que alguns indivíduos se destacaram apresentando maior crescimento secundário e volume quando comparados aos demais. Já em relação à altura, a distribuição apresentou assimetria negativa, indicando a presença de indivíduos que, devido a algum fator biótico ou abiótico, apresentaram valores atípicos baixos, se comparados ao povoamento total.

É interessante a observação de assimetria negativa em plantios florestais. Apesar da presença de árvores que foram prejudicadas durante o processo de competição que ocorreu nos primeiros anos após o estabelecimento do plantio, a maioria apresentou um crescimento em altura satisfatório.



Tabela 1 - Modelos selecionados para o ajuste do volume em um povoamento de híbridos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) no município de Dom Aquino, MT, 2014

Table 1 - Selected models for volume adjustment in a hybrid population of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice in municipality of Dom Aquino, MT, 2014

NÚMERO	MODELO	AUTOR
1	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \beta_2 * \ln(h)$	Shumacher-Hall
2	$v = \beta_0 + \beta_1 * d^2 h$	Spurr
3	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d)$	Husch
4	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \beta_2 * \frac{1}{d}$	Brenac
5	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d^2 h)$	Spurr logaritimizado
6	$v = \beta_0 + \beta_1 * dh + \beta_2 * d^2 h$	Modelo genérico 6
7	$v = \beta_1 * d * h + \beta_2 * d^2 h$	Modelo genérico 7

em que: v: volume; d: diâmetro à altura do peito; h: altura total;  $\beta_0, \beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes; ln: logaritmo neperiano

Tabela 2 - Estatística descritiva de diâmetro à altura do peito (d), altura total e volume para híbridos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) no município de Dom Aquino, MT, 2014

Table 2 - Describe statistics of diameter breast height, total height and volume observed to hybrids *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice in municipality of Dom Aquino, MT, 2014

Estatística descritiva	d (cm)	Altura total (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
Média	12,08	17,1	0,1099
Mediana	11,71	17,5	0,0888
Desvio padrão	4,00	3,3	0,0790
Mínimo	4,14	8,2	0,0079
Máximo	22,92	22,8	0,3601
Variância (cm <sup>2</sup> )	15,97	10,6	0,0063
Coefficiente de curtose	0,0923	-0,0697	1,4222
Coefficiente de assimetria	0,5823	-0,5264	1,2203

O coeficiente de curtose para as variáveis diâmetro e volume foi platicúrtico, o que indica uma distribuição de valores mais heterogêneos, se comparado ao coeficiente leptocúrtico apresentado pela altura (Tabela 2). Foi calculado o coeficiente de correlação de Kendall pois o volume não atendeu a condicionante de normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (P valor < 0,05). A correlação entre o diâmetro e o volume foi positiva e forte. Já entre a altura total e volume, a correlação foi positiva e fraca (Tabela 3). Isso evidencia a importância da utilização do variável diâmetro nos modelos de estimação volumétrica, pois as alterações provocadas sobre a variável independente (d) irão influenciar fortemente o resultado da variável dependente (volume).

Tabela 3 - Correlação entre os valores de diâmetro à altura do peito (d), altura total e volume para híbridos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) no município de Dom Aquino, MT, 2014

Table 3 - Correlation between the values of diameter breast height, total height and volume to hybrids *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice in municipality of Dom Aquino, MT, 2014

	d (cm)	Altura total (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
d (cm)	1,0000	-	-
Altura total (m)	0,7032*	1,0000	-
Volume (m <sup>3</sup> )	0,9103*	0,7642*	1,0000

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro

É esperada uma alta correlação entre as variáveis volume e altura total. Segundo Ferreira et al. (2004), povoamentos que não foram conduzidos de forma eficiente apresentam fraca correlação entre essas variáveis devido à heterogeneidade do plantio. A Figura 1 permite a melhor visualização do comportamento da variável volume em função das variáveis independentes. Existe maior dispersão dos dados quando o volume é relacionado com a altura total, confirmando a fraca correlação entre essas variáveis.

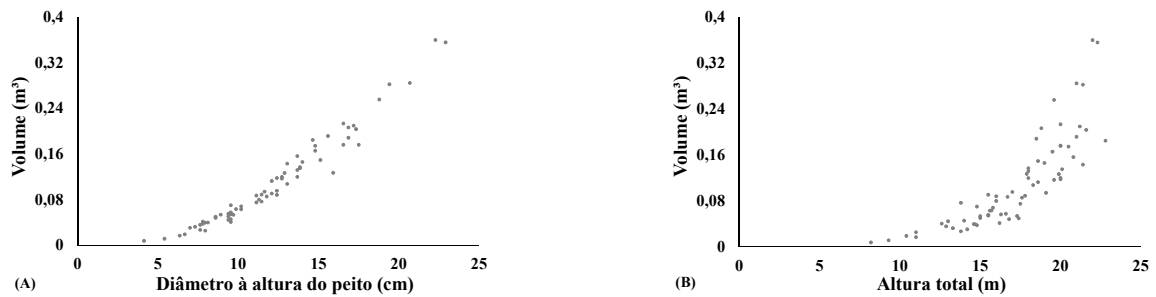


Figura 1 - Relação entre a variável dependente (volume) e as variáveis independentes (diâmetro altura do peito e altura total) em um povoamento de híbridos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) no município de Dom Aquino, MT, 2014

Figura 1 - Relation between the dependent variable (volume) and the independent variables (diameter at breast height and total height) in a hybrid population of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) in municipality of Dom Aquino, MT, 2014

Os sete modelos testados apresentaram coeficiente de determinação ajustados ( $R^2_{aj.}$ ), variando de 0,94 a 0,99 (Tabela 4). Isso demonstra um alto grau de ajuste na descrição da variável dependente (volume) pelas variáveis independentes (diâmetro e altura). Tal fato também é confirmado pelo erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) que variou de 0,0103 à 0,0178 m<sup>3</sup>. Portanto, pode-se dizer que a variação total dos dados foi satisfatoriamente explicada pelos modelos.

Thomas et al. (2006) e Pelissari et al. (2011), em trabalhos utilizando modelos matemáticos tradicionalmente usados na área florestal para estimativa de volume, também encontraram um alto grau de ajuste de descrição da variável dependente (volume) pelas variáveis independentes (DAP e altura), com os valores de  $R^2_{aj.}$  acima de 0,93. Ao estabelecer um modelo de regressão, é necessário seguir alguns pressupostos, destacando-se a homocedasticidade, normalidade dos resíduos e independência dos erros e linearidade (LEVINE et al., 2005). De acordo com os testes aplicados (Tabela 4), apenas os modelos de Shumacher-Hall (Modelo 1), Brenac (Modelo 4) e Spurr logaritimizado (Modelo 5) atenderam tais pressupostos.

Tabela 4 - Estatísticas de ajuste, precisão e condicionantes dos modelos e seus respectivos parâmetros estimados para volume de um povoamento de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no município de Dom Aquino, MT, 2014

Tabela 4 - Fit, precision and conditions statistics of fitted models and their respective parameters estimated to volume of hybrid population of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) in municipality of Dom Aquino, MT, 2014

	MODELO	b0	b1	b2	$S_{yx}$	$R^2_{aj.}$	DW <sup>1</sup>	D <sup>2</sup>	LW <sup>3</sup>
1	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \beta_2 * \ln(h)$	-9,73739*	1,72100*	1,08620*	0,0104	0,98	1,93 <sup>ns</sup>	0,0604 <sup>ns</sup>	5,87 <sup>ns</sup>
	VIF	0	4,40315	4,40315					
2	$v = \beta_0 + \beta_1 * d^2 * h$	0,01253*	0,00003*	-	0,0118	0,98	1,78 <sup>ns</sup>	0,1222*	22,54*
	VIF	0	1,00000						
3	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d)$	-8,11735*	2,31254*	-	0,0178	0,94	1,54*	0,0992 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>
	VIF	0	1,00000						
4	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \beta_2 * \frac{1}{d}$	-6,73912*	1,90565*	-4,16987*	0,0147	0,96	1,68 <sup>ns</sup>	0,0999 <sup>ns</sup>	5,43 <sup>ns</sup>
	VIF	0	16,24128	16,24128					
5	$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d^2 * h)$	-9,49093*	0,91116*	-	0,0109	0,98	1,95 <sup>ns</sup>	0,0731 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>
	VIF	0	1,00000						
6	$v = \beta_0 + \beta_1 * d * h + \beta_2 * d^2 * h$	-0,00997 <sup>ns</sup>	0,00025*	0,00002*	0,0103	0,98	1,83 <sup>ns</sup>	0,1200*	28,43*
	VIF	0	20,64086	20,64086					
7	$v = \beta_1 * d * h + \beta_2 * d^2 * h$	-	0,00015*	0,00003*	0,0105	0,99	1,86 <sup>ns</sup>	0,1391*	27,33*
	VIF		15,72825	15,72825					

em que: v: volume; h: altura; d: diâmetro;  $S_{yx}$ : erro padrão da estimativa;  $R^2_{aj.}$ : coeficiente de determinação ajustado; <sup>ns</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro

Dentre os modelos que atenderam os pressupostos estatísticos, o Modelo de Brenac apresentou uma maior dispersão dos resíduos (Figura 2).

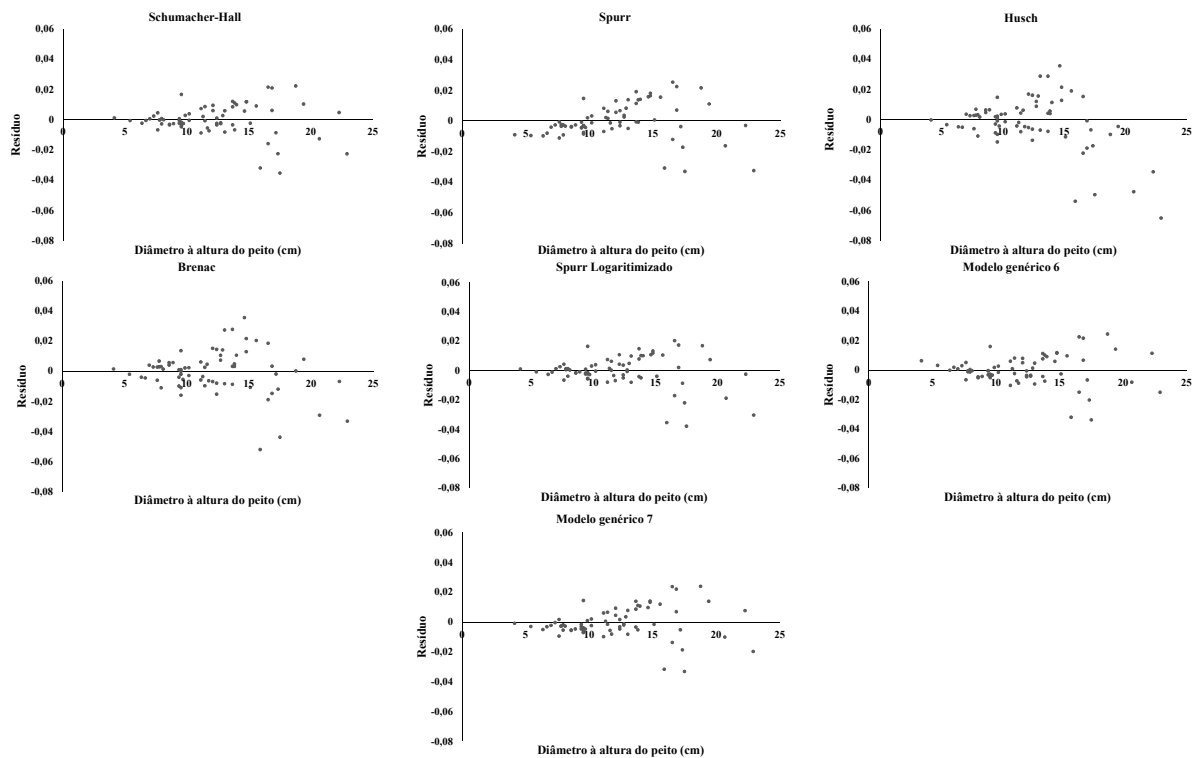


Figura 2- Distribuição dos resíduos dos modelos selecionados em relação ao diâmetro altura do peito para um povoamento de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no município de Dom Aquino, MT, 2014  
 Figura 2- Waste scatter plot corrected for diameter at breast height obtained from used mathematical equations to describe the volume of hybrid population of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) in municipality of Dom Aquino, MT, 2014

A qualidade dos modelos ainda é confirmada pelos valores apresentados no BIAS, que se encontram próximos a zero, e pela eficiência, que se encontra próxima a um, o que expressa uma menor tendência das estimativas e confere maior confiança aos resultados.

Tabela 5 - Parâmetros estatísticos, BIAS, Eficiência e classificações para um povoamento de híbridos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) no município de Dom Aquino, MT, 2014  
 Tabela 5 - Statistical parameters, BIAS, Efficiency and rankings for a hybrid population of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) in municipality of Dom Aquino, MT, 2014

Modelo	R <sup>2</sup> aj	Syx	BIAS	Eficiência	
1	0,9806	0,0104	-0,000090	0,9831	
4	0,9613	0,0147	-0,000701	0,9663	
5	0,9788	0,0109	-0,000354	0,9813	
Classificação					
Modelo	R <sup>2</sup> aj	Syx	BIAS	Eficiência	TOTAL
1	1	1	1	1	4
4	3	3	3	3	12
5	2	2	2	2	8

Em relação à classificação total, o modelo de Shumacher-Hall somou o menor número de pontos, mostrando ser o modelo que melhor se ajustou a estimativa de volume para a espécie estudada de acordo com os parâmetros estatísticos utilizados na análise.

## CONCLUSÕES

O modelo de Shumacher-Hall apresentou o melhor ajuste para estimar o volume de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no município de Dom Aquino, MT, com seis anos de idade, conduzido sob regime de talhadia, no município de Dom Aquino-MT.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Gebrüder Borntraeger**, Stuttgart, 2013. p.18.
- FERREIRA, C.A; MARTINS, E.G. Equações para o cálculo de volume e peso de compartimentos aéreos de árvores de *Gravillea robusta* (Cunn.) aos sete anos de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, jul/dez. 2004.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Mapa Exploratório do Estado de Mato Grosso- Pedologia**. 2009.
- LEVINE, D. M. et al. **Statística - teoria e aplicações usando o microsoft Excel em português**, Rio de Janeiro: LTC, 2005. 3 ed.
- MACHADO, S. A. ; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M. B. Comparação de métodos de estimativa de volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades e diferentes regimes de desbaste. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 50, p. 81-98, 2005
- PELLISSARI, A.L.; LANSANOVA, L.R.; DRESCHER, R. Modelos volumétricos para *Pinus* tropicais, em povoamento homogêneo, no estado de Rondônia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n 67, p 173-181, jul/set 2011.
- SCHNEIDER. P R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. FACOS – UFSM, Santa Maria – RS, 2009.
- THOMAS, C.; ANDRADE, C.M.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.J. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.319-327, 2006.

MODELOS VOLUMÉTRICOS PARA *Pinus taeda* L. EM DIFERENTES IDADES

VOLUMETRIC MODELS IN *Pinus taeda* L. IN DIFFERENT AGES

Franciny Lieny Souza<sup>1</sup> Marcos Felipe Nicoletti Jean Alberto Sampietro Daiane Alves de Vargas

RESUMO

A utilização de plantios florestais é uma alternativa muito usada atualmente e vem aumentando a rentabilidade do setor madeireiro. Com isso, o conhecimento de técnicas que facilitem a quantificação do volume da floresta para o planejamento do rendimento do povoamento está sendo cada vez mais estudada. O objetivo do trabalho foi comparar seis modelos de volumetria para dois povoamentos de *Pinus taeda* L. em idades de 11 e 16 anos. O estudo foi realizado em duas áreas, sendo a área 1 localizada em Aurora, SC e a área 2 em Otacílio Costa, SC. Foram cubadas 26 árvores em cada área, baseado na distribuição diamétrica dos indivíduos. Os modelos foram avaliados com base em seu comportamento na distribuição gráfica de resíduos, avaliando também o coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa. Em ambos os povoamentos, as áreas que obtiveram o melhor ajuste foi o de Schumacher-hall, que apresentou erro padrão da estimativa de 8,9 % e 10,4 %, e coeficiente de determinação ajustado de 0,95 e 0,80, para a área 1 e 2, respectivamente.

**Palavras-chave:** volumetria; rentabilidade; regressão.

ABSTRACT

The use of forest plantations is an alternative much used and has increased the profitability of the timber sector. Thus, the knowledge of techniques to facilitate quantification of the volume of forest for planning the settlement of income is being increasingly studied. The objective was to compare six models of volumes to two *Pinus taeda* L. in ages of 11 and 16 years. The study was conducted in two areas, and the area 1 located in Aurora, SC and area 2 in Otacilio Costa, SC. They were scaled 26 trees in each area, based on the diameter distribution of individuals. The models were evaluated based on their behavior in the graphical distribution of waste, also evaluating the adjusted determination coefficient and standard error of the estimate. In both settlements, areas that obtained the best fit was the Schumacher-hall, which featured standard error of the estimate of 8.9% and 10.4%, and adjusted coefficient of determination of 0.95 and 0.80, to the area 1 and 2, respectively.

**Keywords:** volumetry; profitability; regression.

INTRODUÇÃO

A silvicultura no Brasil teve início no século passado, com o estabelecimento dos plantios florestais com espécies exóticas para substituição da madeira das florestas nativas. As principais espécies foram os eucaliptos, introduzidos pela Companhia Paulista de Estrada de Ferro em 1904, e as coníferas (*Pinus*), pela Companhia Melhoramentos de São Paulo em 1922 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2009).

As atividades de florestamento e reflorestamento com espécies do gênero *Pinus* foram intensificadas a partir da segunda metade da década de sessenta, após a promulgação da lei dos incentivos fiscais, então extensas áreas foram ocupadas predominantemente com *Pinus taeda* L. e *Pinus elliotti* Engelm. var. *elliotti* (SCHUMACKER; VIERA; WITSCHORECK, 2008). A definição de quais técnicas de manejo empregar nos plantios, em função do objetivo da produção, é um dos principais problemas na administração florestal (GOMES et al 2002). Entre os fatores que influem na produção qualitativa e quantitativa de madeira dos povoamentos florestais estão, em sua maioria, aqueles relacionados ao sítio, tratos silviculturais e, principalmente, à densidade da população (ELESBÃO; SCHNEIDER, 2011).

De acordo com Araújo et al (2012) para que os povoamentos florestais sejam manejados com sucesso, a realização de inventários, juntamente com as funções de afilamento representam uma ferramenta importante no planejamento da utilização dos recursos florestais. Além disto, o fornecimento da variável volume constitui-se uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal na Empresa Florestal Gateados Ltda, Mestranda em Engenharia Florestal na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: francinylieny@hotmail.com

florestal para fornecer subsídios para a avaliação do estoque de madeira (CONCEIÇÃO, 2004; SOUZA et al., 2008; ARAÚJO, 2012).

Com isso o objetivo do presente trabalho é analisar seis modelos de volumetria para *Pinus taeda* L. em duas idades diferentes, a fim de obter o melhor modelo para estimativa do volume dos povoamentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em povoamentos de *Pinus taeda* L., localizados em Aurora e Otacílio Costa, SC, sendo que o plantio em Aurora possuía 11 anos e em Otacílio Costa, 16.

Os povoamentos foram plantados em espaçamento 2,5 x 2,5 m. Na Tabela 1 é possível observar as características dendrométricas como DAP, altura, área basal e volume individual médio, das duas áreas.

Tabela 1 - Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do número de árvores por hectare (N), diâmetro à altura do peito (DAP), altura (h), área basal (G), volume médio individual (v) e volume por hectare (V) para duas áreas.

Table 1 - Mean values ( $\pm$  standard deviation) number of trees per hectare (N), diameter at breast height (DAP), height (h), basal area (G), average individual volume (v) and volume per hectare (V) for two areas.

Variável	Área 1	Área 2
N (árv ha-1)	918 ( $\pm$ 89)	497 ( $\pm$ 96)
DAP (cm)	24,48 ( $\pm$ 0,73)	29,26 ( $\pm$ 1,03)
Altura (h)	18,40 ( $\pm$ 0,42)	21,68 ( $\pm$ 0,34)
G (m <sup>2</sup> ha-1)	44,13 ( $\pm$ 4,48)	34,16 ( $\pm$ 6,64)
v (m <sup>3</sup> )	0,2570 ( $\pm$ 0,01)	0,7558 ( $\pm$ 0,06)
V (m <sup>3</sup> ha-1)	235,62 ( $\pm$ 24,82)	376,74 ( $\pm$ 75,12)

### Coleta e análise de dados

Foram selecionadas 26 árvores nas duas áreas, com base na frequência de indivíduos por classe de diâmetro. A distribuição diamétrica foi obtida através de inventário florestal prévio na área, realizado em método de área fixa e processo de amostragem aleatória simples. A cubagem das árvores foi feita pelo método de Smalian e posteriormente ajustadas seis modelos volumétricos, listados abaixo:

Tabela 2 - Modelos utilizados no ajuste de volumetria.

Table 2 - Models used in volumetric adjustment.

Equação	Modelo matemático	Autores
1	$Ln v = b_0 + b_1 \ln d$	Husch
2	$v = b_0 + b_1 d^2 h$	Spurr
3	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	Hohenald-krenn
4	$v = b_0 \cdot d^{b_1} \cdot h^{b_2}$	Schumacher-hall
5	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h$	Meyer
6	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$	Stoate

Sendo que: v = volume total da árvore em (m<sup>3</sup>); d = diâmetro da altura do peito (DAP cm); h = altura total da árvore em (m); b<sub>0</sub> ; b<sub>1</sub>; b<sub>2</sub>; b<sub>3</sub> e b<sub>4</sub> = coeficientes e ln = logaritmo natural.

A seleção do melhor modelo matemático que represente o fuste dos indivíduos foi baseado nos seguintes critérios estatísticos de escolha: coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup> ajustado), erro padrão da estimativa absoluto (Syx), erro padrão da estimativa relativo (Syx%), valor de F e análise gráfica da distribuição dos resíduos em função do diâmetro à altura do peito (DAP). Para os modelos que possuem variável logaritimizada, foi calculado o fator de Meyer, e para os modelos em que a variável foi modificada, foi feito o recálculo do R<sup>2</sup> ajustado, Syx % e valor F.

## RESULTADOS

### Análise da área em Aurora

Analisando os parâmetros (Tabela 3), pôde-se observar que o modelo que melhor se ajustou foi o de Shumacher-Hall. Embora os valores de  $R^2$  ajust, F e Syx % dos modelos de Stoate e Meyer estejam parecidos ao escolhido, a análise gráfica (Figura 1) foi decisiva para a escolha do modelo. Thomas et al (2006), comparando equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco, encontrou valores de  $R^2$  ajust variando de 0,94 a 0,99 e valores de F entre 1.848,2 a 31.205,6.

Tabela 3 - Estatística de ajuste de precisão para os modelos volumétricos ajustados para povoamentos de pinus com idade de 11 anos.

Table 3 - Fine tuning statistics for volumetric models adjusted for pine stands aged 11 years.

Número	Modelos	b0	b1	b2	b3	b4	$R^2$ ajus	F	Syx %
1	Husch	-7,46886	1,88985				0,9471	463,35	13,9298
2	Spurr	0,03232	0,00002				0,9512	546,25	10,3340
3	Hohenald-krenn	-0,22231	0,02057	-0,00005			0,9546	295,04	9,9719
4	Schumacher-hall	-9,06058	1,91080	0,53571			0,9508	250,86	8,9042
5	Meyer	-0,14811	0,02409	-0,00055	-0,00058	0,00004	0,9682	214,11	8,3404
6	Stoate	0,34762	-0,00041	0,00004	-0,01843		0,9683	286,28	8,3234

Os gráficos de resíduos utilizados para a análise do melhor modelo estão na Figura 1. De acordo com a análise gráfica, observa-se que os modelos de Prodan (Modelo 8 e 10) e o de Naslund (Modelo 9) foram os que melhor se ajustaram aos dados. Segundo Draper e Smith (1981) a avaliação da tendência residual das estimativas é fundamental para a seleção do melhor modelo.

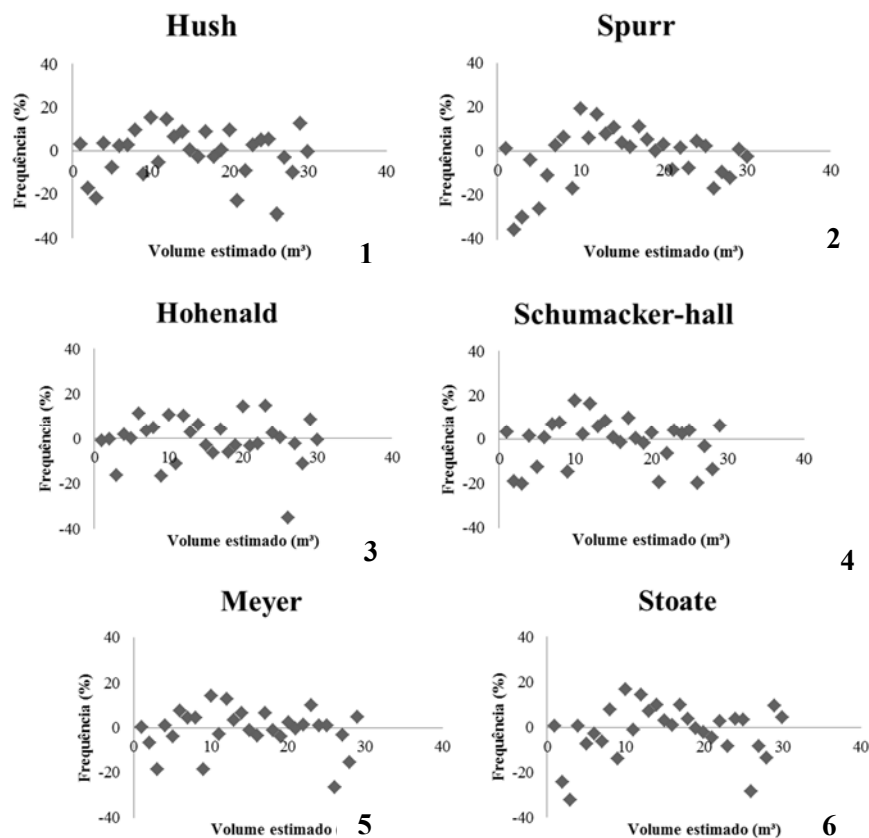


Figura 1 - Gráficos de resíduos em relação ao volume estimado para povoamentos de pinus com idade de 11 anos.  
Figure 1 - Waste Graphics in relation to the estimated volume for pine stands aged 11 years.

### Análise da área em Otacilio Costa

A Tabela 4 apresentada a estatística de ajuste e precisão das equações de volume, onde se pode observar que o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o de Schumacher-hall, apresentando um valor de 0,8252 de  $R^2$  ajustado, valor F de 59,91 e Syx % de 10,23. Silvestre et al (2014), comparando equações volumétricas em

povoamentos de *Pinus taeda*, em Lages, encontrou valores de  $R^2$  ajustado variando de 0,98 a 0,99, valores superiores ao encontrado. Os valores de Syx %, de acordo com o autor, foram aceitáveis, variando de 9,9 a 11,3%, estando o erro padrão do modelo escolhido dentro do padrão.

Tabela 4 - Valores dos parâmetros (b0, b1, b2, b3 e b4), Valores de  $R^2$  ajustado, Valor F e Erro padrão de estimativa (Syx %) para os modelos volumétricos ajustados para povoamentos de pinus de 16 anos de idade.

Table 4 - Values of the parameters (b0, b1, b2, b3, b4),  $R^2$  values adjusted, F value and estimated standard error (Syx%) for volumetric models adjusted for pine stands of 16 years.

Número	Modelos	b0	b1	b2	b3	b4	$R^2$ ajus	F	Syx %
1	Husch	-8,62949	2,46509				0,8160	117,56	10,2823
2	Spurr	0,06657	0,00003				0,5780	35,25	32,9369
3	Hohenald- krenn	-0,59046	0,05083	0,00021			0,6098	20,53	31,6734
4	Schumacher- hall	-9,43693	2,26453	0,47144			0,8097	59,91	10,4576
5	Meyer	-0,47227	0,02794	0,00048	0,00064	0,00002	0,5729	9,38	33,1381
6	Stoate	-0,48683	0,00157	0,00004	0,02563		0,5826	12,63	32,7589

Na Figura 2 estão os gráficos de resíduos gerados a partir do ajuste das equações de volumetria, onde se observa que, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o modelo de Shumacker-hall (modelo 4).

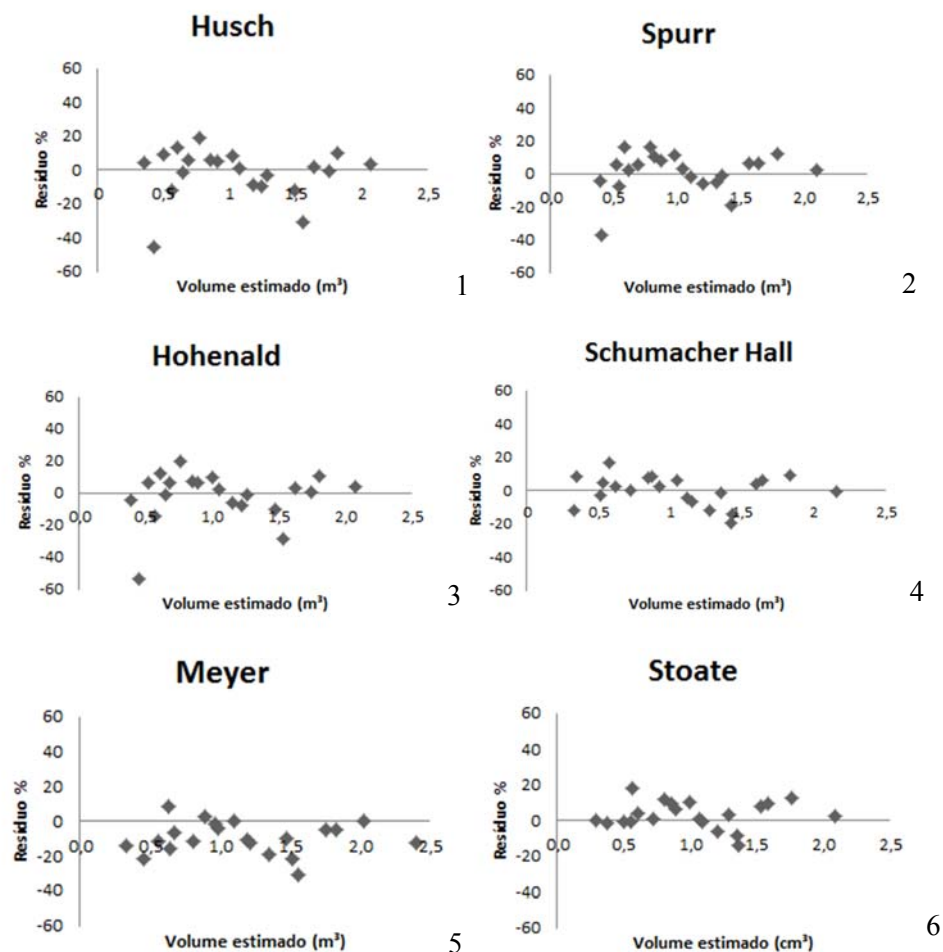


Figura 2 - Gráficos de resíduos em relação ao volume estimado para povoamentos de pinus de 16 anos de idade.  
Figure 2 - Waste Graphics in relation to the volume estimated for pine stands of 16 years.



## CONCLUSÃO

De acordo com as estatísticas usadas e análise gráfica de resíduo, pode-se concluir que para os dados utilizados, o modelo de Schumacker- Hall apresentou melhor desempenho, sendo o mais adequado nas estimativas de volume para os dois povoamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E. J. P. et al. (2012). **Relações dendrométricas em fragmentos de povoamentos de Pinus em Minas Gerais**. Pesquisa Florestal Brasileira. 2012.
- ASSMANN, E. *Waldetragskunde*. Muenchen: BLV Verlagsgesellschaft, 1961. 435p. Zur theorie der Grundflaechenhaltung. FW. Cbl, 1968.
- BARROS, D. A. de; MACHADO, S. do A.; ACERBI JUNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. **Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, 2002.
- CONCEIÇÃO, M. B. **Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden**. 2004. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Curitiba, Curitiba.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2. ed. New York: J. Wiley. 1981. 708-709.
- ELESBÃO, L. E.; Crescimento e produção de *Pinus taeda* L. na região dos campos de cima da serra, Rio Grande do Sul. **Dissertação de mestrado**. Santa Maria, RS., 2008.
- ELESBÃO, L. E.; SCHNEIDER, P. R. **Produção do *Pinus taeda* L. em povoamento desbastado na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul**. Ciência Florestal, Santa Maria, 2011.
- GOMES, F. S. et al. **Efeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbaste em *Pinus taeda* L.** Cerne, 2002.
- HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation**. London: Faber and Faber, 1959.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Dados e fatores**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/web/pt/dados-fatos/>>. Acesso em 15/10/2014.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, **Agenda Estratégica do Setor de Florestas Plantadas**: Câmara Setorial de Silvicultura, Brasília, 2009.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria. 2011.
- SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2006.
- SCHUMACKER, M.V.; VIERA, M.; WITSCHORECK R. **Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul, RS**. Ciência Florestal, Santa Maria, 2008.
- SILVESTRE, R. et al. **Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages-SC**. Nativa, Sinop, 2014.
- SIMÕES, J. W. **Reflorestamento e manejo de florestas implantadas**. Documentos florestais, Piracicaba, 1989.
- SOUZA, C. A. M.; CHASSOT, T.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D. Modelos de afilamento para o sortimento do fuste de *Pinus taeda* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 38, n. 9, p. 2506-2511, 2008.



**NOVOS ATRIBUTOS ESTRUTURAIS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁGIOS  
SUCCESIONAIS NA FLORESTA ESTACIONAL: UMA EXPERIÊNCIA NA RESERVA DA  
BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA NO RIO GRANDE DO SUL**

**NEWS STRUCTURAL ATTRIBUTES TO CHARACTERIZE THE SUCCESSIONAL STAGES IN  
SEASONAL FOREST: AN EXPERIMENT IN THE ATLANTIC FOREST BIOSPHERE RESERVE IN  
RIO GRANDE DO SUL**

Ricardo V. Kilca<sup>1</sup> Gustavo Schwartz Solon J. Longhi Vanessa F. Soboleski Julio C. Wojciechowski  
Joathan B. Medeiros

**RESUMO**

A escolha de parâmetros estruturais é fundamental para caracterização e identificação dos estágios sucessionais, e indicado em Lei como base para avaliação de estudos impactos ambientais mas também serve como referência para estudos em ecologia e manejo de áreas silvestres. No entanto, nem todos os parâmetros indicados são realmente eficientes para a caracterização correta da idade/estágio sucessional porque ainda são raros os estudos que buscam avaliar os detalhes das mudanças estruturais da vegetação ao longo do tempo. Este estudo avaliou 13 variáveis estruturais isoladas como indicadores de mudanças na estrutura em 30 florestas de 5 a > 100 anos de idade utilizando inventários florestais padronizados (delineamento amostral, mesma classe de solos, ambiente de encosta) em quatro cronosssequências da Floresta Estacional na região da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Quarta Colônia Italiana) no Rio Grande do Sul. Os resultados indicaram que a maioria dos parâmetros não foi eficiente para caracterizar as idades das florestas quando avaliados isoladamente. Atributos relacionados com padrões de ramificação das plantas, riqueza e a densidade foram os melhores indicadores.

**Palavras-chave:** sucessão florestal; lei ambiental; conservação; fitossociologia.

**ABSTRACT**

The choice of structural parameters of vegetation is essential for characterization and identification of successional stages, and indicated by law as the basis for environmental impact assessment but also serves as a reference for studies in ecology and management of wildlife areas. However, not all parameters are really efficient for the correct characterization of the age/successional stage because there are few studies that evaluate the details of structural changes during development of vegetation. This study evaluated 13 structural attributes isolated as changes in the structure in 30 forests from 5 to > 100 years-old using standardized forest inventories (sample design, same class of soil, slope environment) in four chronosequences of seasonal forest in the region of Atlantic Forest Biosphere Reserve in Rio Grande do Sul. The results indicated that most of the structural attributes was not efficient to characterize the ages of forests when assessed separately. Attributes related to plant branching patterns, richness and density were the best indicators.

**Keywords:** forest degradation; vegetal dynamics; Araucarian forest; environmental impact

**INTRODUÇÃO**

A dinâmica florestal pode ser interpretada como as mudanças na estrutura e composição da floresta ao longo do tempo em resposta aos distúrbios naturais ou antrópicos (Pretzsch, 2010). A estrutura da vegetação pode ser um bom avaliador da dinâmica florestal, pois pode representar aspectos das mudanças funcionais do ecossistema e na composição das espécies (McElhinny et al., 2005). Detectar padrões ou demonstrar a variabilidade estrutural é uma das propriedades mais importantes para o sucesso de planos de manejo dos ecossistemas. O conhecimento das mudanças estruturais ao longo da sucessão ainda é escasso para as florestas estacionais subtropicais da América do Sul (Grau, 1997; Holz et al., 2009). Pesquisas são fundamentais não somente para detectar padrões de dinâmica em comum com as florestas tropicais como também para prever o tempo que a floresta necessita para recuperar algumas de suas características desejáveis e nortear diretrizes em programas de avaliação de impacto ambiental e restauração desses ecossistemas.

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Laboratório de Dendrologia e Fitossociologia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, CEP: 88520-000, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages, SC, Brasil. E-mail: rvkilka@gmail.com.

Estudos de dinâmica florestal baseados em cronossequências são muito utilizados para descrever as mudanças na estrutura e composição das florestas tropicais devido a rapidez de aquisição dos resultados e a significativa relação custo-benefício comparando outros métodos (Guariguata e Ostertag, 2001; Pretzsch, 2010). No Brasil, alguns atributos estruturais são utilizados para caracterizar os estágios de regeneração das florestas no Bioma da Floresta Atlântica.

A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, núcleo da Quarta Colônia, abrange sete municípios e compreende grande parte do rebordo do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul (RPM). Este abriga a maior área de Floresta Estacional Subtropical do estado (Cordeiro e Hasenach, 2009) que corresponde uma extensão da floresta misionera argentina considerada atualmente como um dos cinco hotspots florestais mais ameaçados do mundo (Olson et al., 2001).

Esse estudo teve como objetivos avaliar: a) como mudam 13 atributos estruturais mudam ao longo da sucessão florestal? b) quais as melhores variáveis estruturais que podem caracterizar as idades e estágios sucessionais da floresta?

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

As áreas de estudo se localizam na região da Reserva Quarta Colônia Italiana, em especial nas áreas do rebordo do Planalto Meridional (RPM) no estado do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. O clima da região é do tipo Cfa segundo Koppen, onde a temperatura média do mês mais frio varia de -3°C e 18°C e do mês mais quente sempre superior a 22°C. A precipitação média é de 1.700mm distribuída durante todo o longo do ano (Moreno, 1961). O RPM é formado pela dissecação do Planalto e parte da Bacia sedimentar, predominando rochas vulcânicas ácidas e básicas e rochas sedimentares que são expostas desde altitudes de 150 metros até aproximadamente 500 metros. Os solos predominantes no RPM são rasos, pedregosos e férteis como os Neossolos e Cambissolos nas áreas com maior declividade Pedron et al. Dalmolin (2011). A fitofisionomia predominante nessas escarpas é do tipo Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012). As propriedades onde foram realizadas os estudos foram: VF= Val Feltrina (29°37'S e 53°36'W); PS= Paraíso do Sul (29°39'S e 53°06'W); PEQC = Parque Estadual da Quarta Colônia (29°27'S e 53°16'W); REBIOxIta= Reserva Biológica do Ibicuí Mirim e Itaara (29°32'S e 53°47'W).

### Delineamento amostral

Para a escolha dos estandes florestais foram consideradas as recomendações para identificação do tipo de distúrbio e a cronologia do estande segundo Frelich (2002): entrevistas com proprietários ou antigos moradores (histórico de uso/abandono das áreas), imagens orbitais recentes e antigas das áreas, composição florística (presença de espécies indicadoras) e a estrutura da vegetação (tamanho e porte). Todos os estandes (idades florestais) estão inclusos em áreas de encostas, que estão inseridas em grandes áreas de florestas contínuas, mesma classe de solos, e posição da encosta de forma a diminuir a chance de que padrões ambientais possam interferir nos resultados (Frelich, 2002).

Em todos os estandes foram instaladas parcelas de 1000m<sup>2</sup> subdivididas em 10 sub-unidades de 10m x 10m (grid de 50m x 20m) pois esse tamanho de parcela foi o mais adequado para manter as condições fisionômicas e estruturais da vegetação padronizadas em nível de estande (ver Müller e Elmenberg, 1974; McElhinny et al., 2005) como também contribui para diminuir o problema de escala-dependente espacial e temporal das variáveis físicas e biológicas do estudo (Pretzsch, 2010).

Dentro de cada sub-unidade foram amostrados todos os indivíduos arbóreos (árvores, arbustos e lianas) com o caule maior/igual que 9 cm de perímetro (DAP>2,8 cm) à 1,3m do solo. Por meio desse levantamento foram calculadas 13 variáveis estruturais da vegetação em cada estande: densidade total e por subparcela (densidade), riqueza total e por subparcela (riqueza), altura máxima em cada subparcela (Alt. máx.), altura média em cada subparcela (Alt. méd.), DAP máximo em cada subparcela (DAP Máx.), DAP médio total e por subparcela (DAP méd.), área basal total e em cada subparcela (AB), total de ramos na subparcela (Tot. Ram.), número máximo de ramos em cada indivíduo (MáxNRam.), altura da primeira ramificação (AltRam), número de indivíduos com a primeira ramificação abaixo de 1m de altura (Ram<1m), densidade de lianas (Lianas), total e média de árvores mortas (Mortas).

### Delineamento estatístico

Os treze atributos estruturais foram analisados isoladamente para detectar tendências e mudanças ao longo das diferentes idades por meio de seus valores absolutos (em nível de parcela de 1000 m<sup>2</sup>) ou valores médios (em nível de sub-unidades de 100m<sup>2</sup>). Para o ANOVA foram realizados testes prévios de normalidade (Kolmogorov-

Smirnov) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Testes post-hoc de comparação de médias com Tukey ou Dunnett T3 foram empregados quando houve ou não significância do teste de homogeneidade de variância, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 52 casos comparativos de mudança das 13 variáveis estruturais ao longo das idades florestais nas quatro cronossequências, apenas em 11 casos foi possível verificar mudanças direcionais. Sendo que estas mudanças foram melhores observadas apenas para as florestas bem jovens (até 15 anos) em relação às florestas mais antigas em apenas uma cronossequência (PEQC). As menores mudanças encontradas para os atributos ao longo da sucessão foram para Área basal (três cronossequências), número de árvores mortas e lianas. Número total de ramos, altura do início da ramificação, ramificação abaixo de 1m, DAP médio e a densidade de plantas foram as principais variáveis estruturais que puderam distinguir florestas jovens (até 35 anos) das antigas (>35 anos).

Várias cronossequências na região Neotropical registraram que as florestas de 30 anos podem ter atributos estruturais similares com florestas antigas e são poucos os atributos que são indicadores de desenvolvimento florestal (PASCARELLA et al., 2000; KENNARD, 2002; PEÑA-CLAROS, 2003). Poucas diferenças também foram registradas para florestas de idade intermediária (20 a 60 anos) e em florestas de 30 a 80 anos na América Central (AIDE et al. 2000). Estes dados concordam com os resultados encontrados. A grande variabilidade nas mudanças na estrutura ao longo da sucessão entre as cronossequências se deva provavelmente as significativas mudanças florísticas que ocorreram entre os sítios e cronossequências (KILCA, 2014). As maiores mudanças drásticas na estrutura das florestas ocorrem nas fases iniciais de desenvolvimento devido ao elevado recrutamento e competição de indivíduos na comunidade (FRELICH, 2002). Os resultados revelam que a cautela na escolha dos melhores indicadores para caracterizar os estágios sucessionais, pois quando usados de forma isolada podem subestimar o estágio sucessional da floresta.

## CONCLUSÕES

O estudo revelou que florestas que se desenvolveram após o uso e abandono da agricultura na região da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (núcleo Quarta Colônia Italiana) apresentam estrutura variável onde foi possível identificar mudanças apenas entre florestas jovens (<15 a 35 anos) com florestas mais antigas (> 35 anos). Os padrões/formas de ramificação das plantas demonstraram-se como bons indicadores de análise da sucessão florestal. Consideramos que uma análise conjunta de vários atributos estruturais, por meio de análises multivariadas, deva esclarecer melhor as mudanças de idade/estágio da floresta.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo é parte da tese de doutorado do primeiro autor e foi financiado com bolsa de estudo da CAPES (2010-2014) e foi custeado integralmente pelo Programa Universal do CNPq (Processo n. 477409/2010-5). Bolsa CAPES/PNPD (2014-2015 ao primeiro autor). À SEMA-RS (Dra. Suzane B. Marcuzzo e Felipe K. Rangel), CORSAN-RS (Sr. Roberto B. Cavalheiro), e Sr. Vanderlei Mezzomo (†) por permitir acesso e pesquisa em suas propriedades.

Tabela 1. Valores de tendência central de sete atributos estruturais em quatro cronossucessões na Floresta Estacional Subtropical do rebordo do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul, sul do Brasil.

Table 1. Measures of central tendency on seven structural attributes in four seasonal forest chronosequences in the south plateau edge of the Rio Grande do Sul, southern Brazil.

Floresta	Densidade	Riqueza	Alt. máx.	Alt. méd..	DAP Max	DAP méd.	Área Basal
	M±DP	M±DP	M±DP	M±DP	M±DP	M±DP	M±DP
<b>VF</b>							
A-FS5	10,2±7,2 <sup>BCDFH</sup>	3,3±1,5 <sup>BCDEFG</sup>	4,2±0,4 <sup>TODAS</sup>	3,2±0,2 <sup>TODAS</sup>	10,7±2,6 <sup>TODAS</sup>	5,9±1,1 <sup>CDEFGH</sup>	0,03±0,01 <sup>TODAS</sup>
B-FS15	49,4±10,4 <sup>ADEFGH</sup>	8,8±2,7 <sup>AG</sup>	13,0±2,2 <sup>A</sup>	6,4±0,4 <sup>A</sup>	36,5±7,9 <sup>A</sup>	7,25±0,4 <sup>DEFGH</sup>	0,33±0,07 <sup>A</sup>
C-FS25	42,9±9,9 <sup>AIEFGH</sup>	12,5±2,2 <sup>AIEFG</sup>	11,6±1,5 <sup>AIEFG</sup>	6,4±0,4 <sup>A</sup>	22,9±12,9 <sup>FGH</sup>	7,9±1,3 <sup>AIEGH</sup>	0,30±0,13 <sup>A</sup>
D-FS35	34,1±9,7 <sup>ABEG</sup>	10,8±1,7 <sup>AG</sup>	13,8±1,1 <sup>A</sup>	6,6±0,7 <sup>A</sup>	32,6±4,0 <sup>AG</sup>	9,7±1,5 <sup>AB</sup>	0,39±0,08 <sup>A</sup>
E-FS50*	17,7±4,5 <sup>BCDF</sup>	8,4±2,2 <sup>AC</sup>	13,2±2,1 <sup>A</sup>	7,2±0,6 <sup>A</sup>	36,5±10,9 <sup>A</sup>	11,3±1,6 <sup>ABC</sup>	0,29±0,13 <sup>A</sup>
F-FS70	29,3±7,49 <sup>BCDEG</sup>	8,8±1,6 <sup>AC</sup>	14,9±1,6 <sup>AC</sup>	7,1±0,8 <sup>A</sup>	41,9±9,6 <sup>AC</sup>	9,7±0,9 <sup>AB</sup>	0,55±0,39 <sup>A</sup>
G-FM1	15±4,78 <sup>BCDF</sup>	6,3±1,4 <sup>ABCDH</sup>	16,3±2,5 <sup>AC</sup>	7,7±0,9 <sup>A</sup>	55,2±17,4 <sup>ACD</sup>	13,8±3,4 <sup>ABC</sup>	0,48±0,27 <sup>A</sup>
H-FM2	23±9,8 <sup>ABC</sup>	10,3±2,2 <sup>AG</sup>	16,7±3,4 <sup>AC</sup>	6,3±0,7 <sup>A</sup>	62,7±28,1 <sup>ACD</sup>	11,4±2 <sup>ABC</sup>	0,65±0,44 <sup>A</sup>
Teste F	<b>27,6</b>	<b>82,5</b>	<b>35,8</b>	<b>41,3</b>	14,1	<b>20,5</b>	7,4
<b>PS</b>							
A-FS15	35±3,3 <sup>DEF</sup>	11,7±1,8 <sup>BEF</sup>	7,8±0,9 <sup>TODAS</sup>	4,4±0,1 <sup>TODAS</sup>	25,05±6,2 <sup>EF</sup>	7,4±0,4 <sup>DEF</sup>	0,22±0,03 <sup>CF</sup>
B-FS25	36,2±4,9 <sup>DEF</sup>	8,1±1,9 <sup>AB</sup>	11,0±1,4 <sup>AF</sup>	5,0±0,2 <sup>TODAS</sup>	33±11,6 <sup>F</sup>	7,4±0,7 <sup>DEF</sup>	0,26±0,08
C-FS35	40,9±9,0 <sup>DEF</sup>	12,7±2,1 <sup>BDEF</sup>	12,4±0,7 <sup>A</sup>	6,1±0,1 <sup>ABF</sup>	32,1±4,9 <sup>EF</sup>	8,5±0,9 <sup>DEF</sup>	0,37±0,07 <sup>A</sup>
D-FS50	17,9±5,5 <sup>ABC</sup>	9,4±2,1 <sup>C</sup>	12,3±1,1 <sup>AF</sup>	6,6±0,6 <sup>ABF</sup>	41,9±14,6	11,6±2,5 <sup>ABC</sup>	0,34±0,19
E-FS60	16,2±3,3 <sup>ABC</sup>	8,5±1,8 <sup>AC</sup>	12,5±1,3 <sup>A</sup>	6,1±0,8 <sup>ABF</sup>	47,7±12,4 <sup>AC</sup>	13,5±3,2 <sup>ABC</sup>	0,43±0,20
F-FS80	13,8±2,8 <sup>ABC</sup>	8,6±1,7 <sup>AC</sup>	14,7±1,9 <sup>ABD</sup>	7,8±1 <sup>ABCE</sup>	62,0±19,2 <sup>ABC</sup>	16,7±4,9 <sup>ABC</sup>	0,63±0,22 <sup>A</sup>
Teste F	<b>51,0</b>	9,42	<b>29,8</b>	<b>38,7</b>	11,2	<b>19,8</b>	6,12
<b>PEQC</b>							
A-FS8	11,1±3,6 <sup>CEFGHIJ</sup>	5,6±1,7 <sup>EFGHIJ</sup>	4,2±0,3 <sup>EFGHIJ</sup>	3,3±0,1 <sup>EFGHIJ</sup>	10,3±2,3 <sup>EFGHIJ</sup>	5,6±0,4 <sup>EFGHIJ</sup>	0,03±0,01 <sup>EFGHIJ</sup>
B-FS10	8,8±4,0 <sup>TODAS</sup>	3,7±2,1 <sup>EFGHIJ</sup>	4,4±1,6 <sup>EFGHIJ</sup>	3,1±0,3 <sup>EFGHIJ</sup>	11,6±5,6 <sup>EFGHIJ</sup>	6,2±1,1 <sup>FGHIJ</sup>	0,03±0,03 <sup>EFGHIJ</sup>
C-FS15	21,0±6,3 <sup>ABEG</sup>	6,4±1,2 <sup>EFGH</sup>	5,7±1,2 <sup>EFGHIJ</sup>	3,6±0,8 <sup>EFGHIJ</sup>	13,5±3,7 <sup>EFGHIJ</sup>	5,9±0,9 <sup>FGHIJ</sup>	0,07±0,03 <sup>EFGHIJ</sup>
D-FS15pg	21,0±8,0 <sup>BEG</sup>	4,8±1,6 <sup>EFGHIJ</sup>	5,1±3,0 <sup>EFGHIJ</sup>	3,2±0,3 <sup>EFGHIJ</sup>	13,6±4,9 <sup>EFGHIJ</sup>	5,9±1,2 <sup>FGHIJ</sup>	0,07±0,03 <sup>EFGHIJ</sup>
E-FS25	48,5±8,6 <sup>ABCDGHIJ</sup>	15,3±2,3 <sup>ABCDHIJ</sup>	10,1±0,8 <sup>ABCDG</sup>	5,3±0,2 <sup>ABCD</sup>	26,3±7,9 <sup>ABCD</sup>	7,0±0,4 <sup>AIJ</sup>	0,27±0,06 <sup>ABCD</sup>
F-FS35	30,1±6,36 <sup>ABEJ</sup>	11,0±1,9 <sup>ABCDEF</sup>	13,0±2,2 <sup>ABCD</sup>	6,2±0,7 <sup>ABCD</sup>	30,5±7,1 <sup>ABCD</sup>	9,3±2,1 <sup>ABCD</sup>	0,33±0,13 <sup>ABCD</sup>
G-FSS60	36,1±8,6 <sup>ABCDJ</sup>	14,3±2,2 <sup>ABCDHIJ</sup>	14,5±1,2 <sup>ABCDE</sup>	6,0±0,5 <sup>ABCD</sup>	37,6±12,7 <sup>ABCD</sup>	9,2±1,4 <sup>ABCDE</sup>	0,42±0,15 <sup>ABCD</sup>
H-FS70	27,7±6,6 <sup>ABE</sup>	9,9±2,0 <sup>ABCDEGI</sup>	13,1±2,2 <sup>ABCD</sup>	5,5±0,5 <sup>ABCD</sup>	31,9±7,8 <sup>ABCD</sup>	9,0±1,6 <sup>ABCD</sup>	0,28±0,14 <sup>ABCD</sup>
I-FS90	28,2±10,5 <sup>ABE</sup>	6,5±1,7 <sup>BEFGH</sup>	13,0±2,9 <sup>ABCD</sup>	5,5±0,7 <sup>ABCD</sup>	42,1±15,9 <sup>ABCD</sup>	10,3±2,2 <sup>ABCDE</sup>	0,46±0,30 <sup>AB</sup>
J-FM	21,1±3,6 <sup>ABEFG</sup>	9,1±2,2 <sup>ABDEG</sup>	13,3±2,9 <sup>ABCD</sup>	6,7±1,2 <sup>ABCD</sup>	39,8±18,0 <sup>ABCD</sup>	12,5±3,2 <sup>ABCDE</sup>	0,43±0,24 <sup>ABCD</sup>
Teste F	<b>27,8</b>	<b>41,08</b>	<b>42,15</b>	<b>44,82</b>	<b>15,6</b>	<b>18,25</b>	13,99
<b>REBIO</b>							
A-FS15	60,2±20,4 <sup>BCDE</sup>	18,4±5,1 <sup>BDE</sup>	10,1±0,9 <sup>BCDE</sup>	5,0±0,2 <sup>BCDEF</sup>	24,9±4,1 <sup>DEF</sup>	6,9±0,5 <sup>BCDE</sup>	0,32±0,10
B-FS25	30,6±4,8 <sup>AD</sup>	11,0±2,6 <sup>AD</sup>	12,9±2,3 <sup>A</sup>	5,8±0,6 <sup>AD</sup>	39,0±14,6	9,7±1,1 <sup>A</sup>	0,41±0,18
C-FS35	43,0±3,6 <sup>ADEF</sup>	18,7±2,8 <sup>BDE</sup>	12,7±1,9 <sup>A</sup>	6,1±0,5 <sup>AD</sup>	33,1±8,0 <sup>E</sup>	8,9±1,1 <sup>AD</sup>	0,44±0,12
D-FS60	16,5±6,1 <sup>BCF</sup>	7,8±2,4 <sup>AC</sup>	13,5±2,1 <sup>A</sup>	7,0±0,6 <sup>ABC</sup>	48,7±14,9 <sup>A</sup>	12,8±3,3 <sup>AD</sup>	0,40±0,18
E-FS80	19,9±6,0 <sup>AC</sup>	9,8±2,2 <sup>AC</sup>	13,3±2,3 <sup>A</sup>	6,3±0,6 <sup>A</sup>	47±8,9 <sup>AC</sup>	11,8±3,4 <sup>A</sup>	0,43±0,19
F-FM*	34,1±6,17 <sup>ACD</sup>	9,8±3,5 <sup>AC</sup>	17,9±1,7 <sup>TODAS</sup>	6,6±0,4 <sup>AB</sup>	50,6±11,3 <sup>AC</sup>	9,6±1,5	0,58±0,26
Teste F	<b>25,6</b>	<b>24,5</b>	<b>16,5</b>	<b>15,4</b>	8,3	9,37	2,12

VF= Val Feltrina; PS= Paraíso do Sul; PEQC = Parque Estadual da Quarta Colônia; REBIOxIta= Reserva Biológica do Ibicuí Mirim e Itaara. Letras maiúsculas entre as florestas demonstram a diferença significativamente para determinado parâmetro estrutural pelo teste de comparação de médias de Tukey (Levene  $p > 0,05$ ) ou Dunnett T3 (Levene  $p < 0,05$ ).

Tabela 2. Valores de tendência central dos atributos estruturais em quatro cronossequências na Floresta Estacional Subtropical do Rebordo do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul, sul do Brasil.

Table 2. Measures of central tendency on six structural attributes in four seasonal forest chronosequences in the south plateau edge of the Rio Grande do Sul, southern Brazil.

Floresta	TotRam	MaxNRam	AltRam	Ram<1m	Lianas	Mortas
	M±DP	M±DP	M±DP	M±DP	M±DP	M±DP
<b>VF</b>						
A- FS5	13,1±9,5 <sup>BCDF</sup>	2,6±1,0 <sup>BC</sup>	1,3±0,1 <sup>TODAS</sup>	3,2±2,1 <sup>BC</sup>	-	1,2±1,6 <sup>BF</sup>
B- FS15	59,8±12,6 <sup>ADEFGH</sup>	4,1±0,8 <sup>AFGH</sup>	3,0±0,3 <sup>A</sup>	9,3±3,8 <sup>AIEFGH</sup>	6,8±2,6 <sup>ADEFGH</sup>	4,5±2,0 <sup>AEHG</sup>
C-FS25	54,4±12,2 <sup>ADEFGH</sup>	4,1±1,1 <sup>AFGH</sup>	2,6±0,4 <sup>AF</sup>	8,9±3,6 <sup>AIEFGH</sup>	3,4±2,8	2,8±2,3
D-FS35	38,8±10,9 <sup>ABCEGH</sup>	3,2±0,9	3,1±0,3 <sup>A</sup>	6,6±2,2 <sup>AIEH</sup>	1,4±0,9 <sup>B</sup>	2,5±2,0
E-FS50*	21,0±5,5 <sup>BCD</sup>	2,9±0,7	3,2±0,5 <sup>AH</sup>	2,1±0,9 <sup>BCD</sup>	1,1±1,1 <sup>B</sup>	1,2±1,1 <sup>BF</sup>
F-FS70	3,8±8,1 <sup>ABCG</sup>	2,6±1,0 <sup>BC</sup>	3,5±0,6 <sup>ACGH</sup>	3,4±1,8 <sup>BCD</sup>	1,1±1,1 <sup>B</sup>	4,5±2,1 <sup>AEHG</sup>
G-FM1	17,2±5,7 <sup>BCDF</sup>	2,1±0,5 <sup>BC</sup>	2,6±0,6 <sup>AF</sup>	3,4±1,8 <sup>BC</sup>	1,8±1,4 <sup>B</sup>	0,8±1,3 <sup>BF</sup>
H-FM2	24,8±10,9 <sup>BCD</sup>	2,0±0,8 <sup>BC</sup>	2,5±0,4 <sup>AIEF</sup>	2,7±1,1 <sup>BC</sup>	2,6±1,3 <sup>B</sup>	1,1±1,1 <sup>BF</sup>
Teste F	<b>30,7</b>	7,8	<b>19,4</b>	14,0	<b>15,6</b>	7,0
<b>PS</b>						
A-FS15aP	62,9±8,2 <sup>DEF</sup>	7±1,4 <sup>CDEF</sup>	1,6±0,3 <sup>CDEF</sup>	13,8±3,7 <sup>CDEF</sup>	2,4±1,3 <sup>BF</sup>	1,6±1,7
B-FS25aP	56,8±8,1 <sup>DEF</sup>	6±2,1 <sup>DEF</sup>	2,0±0,2 <sup>CDEF</sup>	11,1±3,5 <sup>DEF</sup>	0,5±0,7 <sup>A</sup>	1,0±1,0 <sup>C</sup>
C-FS35aP	51,8±14 <sup>DEF</sup>	4,2±0,9 <sup>AF</sup>	3,1±0,4 <sup>AB</sup>	6,9±4,4 <sup>AF</sup>	1,3±1,0	3,0±1,4 <sup>BF</sup>
D-FS50aP	22,7±9,8 <sup>ABC</sup>	3,2±1,6 <sup>AB</sup>	3,1±0,5 <sup>AB</sup>	2,5±2,3 <sup>AB</sup>	1,1±1,2	1,5±1,4
E-FS60aP	20,8±5,5 <sup>ABC</sup>	3,0±1,3 <sup>AB</sup>	2,7±0,4 <sup>ABF</sup>	2,9±2,0 <sup>AB</sup>	2,0±1,8	1,8±1,3
F-FS80aP	15,8±3,8 <sup>ABC</sup>	2,1±1,4 <sup>ABC</sup>	3,6±0,5 <sup>ABF</sup>	0,7±0,9 <sup>ABC</sup>	0,4±0,9 <sup>A</sup>	1,2±0,8 <sup>C</sup>
Teste F	<b>55,2</b>	<b>15,3</b>	<b>28,5</b>	<b>28,9</b>	4,2	2,8
<b>PEQC</b>						
A-FS8	14,3±3,4 <sup>CDEFGHI</sup>	2,2±0,4 <sup>H</sup>	1,1±0,2 <sup>EFGHIJ</sup>	4,8±1,2 <sup>D</sup>	-	0,6±0,8 <sup>FG</sup>
B-FS10	13,4±5,8 <sup>CDEFGHI</sup>	3,6±1,7	1,2±0,5 <sup>EFGHIJ</sup>	3,6±2,2 <sup>DH</sup>	-	0,1±0,3 <sup>EFGH</sup>
C-FS15	27,5±7,6 <sup>ABGE</sup>	4,3±1,9	1,4±0,3 <sup>EFGHIJ</sup>	6,2±1,2 <sup>DI</sup>	0,1±0,3 <sup>EFGHIJ</sup>	1,2±1,1 <sup>G</sup>
D-FS15pg	32,1±12,5 <sup>ABE</sup>	3,5±1,7	0,9±0,2 <sup>EFGHIJ</sup>	14,2±4,8 <sup>ABCEFGI</sup>	-	0,9±0,7 <sup>G</sup>
E-FS25	54,8±8,5 <sup>ABCEFGIJ</sup>	4,4±2,3	3,0±0,3 <sup>ABCDH</sup>	4,2±2,5 <sup>D</sup>	1,1±0,9 <sup>A</sup>	2,0±1,3 <sup>B</sup>
F-FS35	38,2±8,7 <sup>ABEJ</sup>	3,1±1,1	2,7±0,4 <sup>ABCD</sup>	6,1±2,1 <sup>DI</sup>	3,1±3,9	2,7±1,4 <sup>AB</sup>
G-FS60	40,3±8,5 <sup>ABEJ</sup>	2,5±1,6	3,1±0,3 <sup>ABCDH</sup>	4,2±2,0 <sup>D</sup>	1,9±2,3 <sup>A</sup>	3,6±1,9 <sup>ABCDIJ</sup>
H-FS70	42,9±10,8 <sup>ABJ</sup>	5,3±1,8 <sup>AIJ</sup>	2,4±0,4 <sup>ABCDE</sup>	8,9±3,6 <sup>BIJ</sup>	2,6±2,2 <sup>A</sup>	2,2±1,9 <sup>B</sup>
I-FS90	29,6±11,3 <sup>ABE</sup>	1,9±0,5 <sup>H</sup>	2,6±0,2 <sup>ABCD</sup>	2,5±1,6 <sup>CDFH</sup>	2,4±2,5 <sup>A</sup>	1,2±0,9 <sup>G</sup>
J-FM	24,8±4,8 <sup>ABEFGH</sup>	2,5±0,7 <sup>H</sup>	2,8±0,7 <sup>ABCD</sup>	4,0±2,0 <sup>D</sup>	4,3±2,7 <sup>AB</sup>	1,1±1,3 <sup>G</sup>
Teste F	<b>21,9</b>	4,02	<b>42,0</b>	<b>17,61</b>	5,84	6,66
<b>REBIOxIta</b>						
A-FS15	81,7±21,6 <sup>BCDEF</sup>	5,4±1,6 <sup>BCDEF</sup>	2,4±0,2 <sup>CDEF</sup>	13±4,9 <sup>CDEF</sup>	3,7±2,6	4,1±2,9
B-FS25	40,5±8,6 <sup>ADE</sup>	3,7±1,4 <sup>ADEF</sup>	2,3±0,5 <sup>CDEF</sup>	9,3±3,5 <sup>DEF</sup>	2,4±1,9	1,5±1,0
C-FS35	49,3±10,3 <sup>ADE</sup>	3,0±1,0 <sup>A</sup>	3,1±0,5 <sup>AB</sup>	5,2±2,9 <sup>ADF</sup>	3,8±2,6	2,8±2,0
D-FS60	17,9±6,7 <sup>ABCF</sup>	2,0±0,8 <sup>AB</sup>	3,2±0,4 <sup>AB</sup>	1,0±0,6 <sup>ABC</sup>	2,6±2,5	1,2±1,0
E-FS80	21,7±7,4 <sup>ABC</sup>	1,8±0,6 <sup>AB</sup>	3,1±0,5 <sup>AB</sup>	2,7±2,8 <sup>AB</sup>	2,9±2,4	1,3±1,0
F-FM*	35,0±6,2 <sup>AD</sup>	1,7±0,4 <sup>A</sup>	3,1±0,3 <sup>AB</sup>	0,9±1,1 <sup>ABC</sup>	1,3±1,0	2,0±1,4
Teste F	<b>34,4</b>	<b>17,4</b>	8,6	<b>28,3</b>	1,26	4,0

VF= Val Feltrina; PS= Paraíso do Sul; PEQC = Parque Estadual da Quarta Colônia; REBIOxIta= Reserva Biológica do Ibicuí Mirim e Itaara.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDE, T.; ZIMMERMAN, J. K.; PASCARELLA, J. B.; RIVERA, L.; MARCANO-VEGA, H. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implication for restoration ecology. **Restoration Ecology**, vol. 8, n. 4, p. 328-338, 2000.
- CORDEIRO, J. L. P.; HASENACK, H. **Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul**. In: Pillar; V.P. Müller; S.C., Castilhos, Z.M.S., Jacques, A.V.A. (Orgs.). Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: MMA, pp. 285-299, 2009.
- FRELICH, L. E. *Forest Dynamics and Disturbance Regimes: Studies from Temperate Evergreen-Deciduous Forest*. Cambridge University Press, Cambridge, 2002. 478 p.
- GRAU, H. R.; ARTURI, M.F.; BROWN, A. D., ACEÑOLAZA, P. G. Floristic and structural patterns along a chronosequence of secondary forest succession in Argentinean subtropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, vol. 95, p. 161-171, jul. 1997.
- GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: chances in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, vol. 148, p. 185-206, jun. 2001.
- HOLZ, S.; PLACCI, G.; QUINTANA, R. D. Effects of history of use on secondary forest regeneration in the Upper Parana Atlantic Forest (Misiones, Argentina). **Forest Ecology and Management**, vol. 258, p. 1329-1642, set. 2009.
- IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: [http://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos\\_naturais/manuais\\_tecnicos/manual\\_tecnico\\_vegetacao\\_brasileira.pdf](http://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf). Acessado em: 03/jan./2013.
- KENNARD, D.K., 2002. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 18, 53-66.
- KILCA, R.V. A sucessão secundária na Floresta Estacional Subtropical do Rio Grande do Sul, Brasil. 144 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2014.
- McELHINNY, C.; GIBBONS, P.; BRACK, C.; BAUHUS, J. Forest and woodland stand structural complexity: its definition and measurement. **Forest Ecology and Management**, vol. 218, p. 1-24, out. 2005.
- MORENO, J. A., 1961. **O clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. 41 p.
- OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N.D. et al. Terrestrial Ecoregions of the world: A new map of life on earth. **BioScience**, vol. 51, p. 933-938, nov. 2001.
- PASCARELLA, J. B., AIDE, T. M., SERRANO, M. I., ZIMMERMAN, J. K. Land-use history and forest regeneration in the Cayey Mountains, Puerto Rico. **Ecosystems**, vol. 3, p. 217-228, 2000.
- PEDRON, F. DE A.; AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D. Alteração mineralógica de Neossolos em uma climo-litossequência no Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, vol. 42, p. 451-458, 2012.
- PEÑA-CLAROS, M. Changes in forest structure and species composition during secondary forest succession in Bolivian Amazon. **Biotropica**, vol. 35, n. 4, p. 450-461. 2003.
- PRETZSCH, H. **Forest Dynamics, Growth and Yield**. Berlin: Springer Verlag, 2010. 664 p.
- SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; KILCA, R. V. (Orgs.). **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: Palloti, 2011. 319p.



**O IMPACTO DO PASTOREIO BOVINO NA REGENERAÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PLANALTO CATARINENSE**

**IMPACT OF OVERGRAZING IN TREES REGENERATION OF THE MIXED OMBROPHILOUS FOREST IN SANTA CATARINA HIGHLANDS**

Ricardo V. Kilca<sup>1</sup> Vanessa F. Soboleski Mariele A. F. Silva Pedro Higuchi Ana C. Silva Juliana P. Dallabrida

**RESUMO**

O pastoreio bovino em ambientes florestais é um tipo de impacto em escala global e ainda pouco se sabe sobre o efeito dessa atividade na composição e estrutura da vegetação. Essa prática é comum dos pequenos e médios agricultores/pecuaristas no sul do Planalto Catarinense, onde apresenta grande cobertura da Floresta Ombrófila Mista (FOM) em diferentes níveis de impacto. Em cinco trechos da FOM com três níveis de impacto de pastoreio bovino (duas com pastoreio ocasional ou baixo impacto -PO; uma com pastoreio intenso - PI e duas florestas preservadas sem pastoreio-SP) foram implantados inventários padronizados para determinar quais as mudanças na riqueza e densidade no componente regenerativo (três classes de tamanhos de plantas) das espécies arbóreas. O efeito do pastoreio foi evidente quando analisado juntamente todas as classes de tamanho de plantas, com a densidade e riqueza com o aumento da intensidade do pastoreio. A composição de espécies foi completamente diferente na PI em relação às demais áreas. No entanto, o efeito do pastoreio não pode ser claramente identificado quando avaliado as diferentes classes de tamanhos das plantas devido o comportamento aleatório de forrageio bovino em cada área e algum fator ambiental atuante em cada sítio. O baixo impacto do pastoreio e o abandono de áreas pastoreadas recuperaram a densidade e riqueza de forma similar às florestas preservadas. As duas análises foram complementares para entender o efeito do gado na regeneração do componente arbóreo.

**Palavras-chave:** degradação florestal; dinâmica vegetal; Floresta com Araucária; impacto ambiental

**ABSTRACT**

The cattle grazing in forest environments have impact on a global scale and knowledge about the effect of this activity on the composition and structure of vegetation is scare. This practice is common for small and medium farmers/ranchers in Southern Plateau of Santa Catarina, where has great coverage of Mixed Ombrophilous Forest (MOF) at different levels of impact. In five sites from FOM with three levels of cattle grazing impact (two sites with occasional/low grazing -OG impact; one site with intense grazing - IG and two preserved forests without grazing-WG) standardized inventories were developmented to determine what changes in richness and density in the regenerative component (three size of plants) of tree species. The effect of grazing was evident when analized all plant size classes togheter, with decrease in density and richness with an increase in intensity of grazing. The floristic composition was quite different in the IG site compared to other areas. However, the effect of grazing can not be clearly identified when evaluating the different size classes of plants due to random behavior of foraging cattle in each area and some environmental factor acting on each site. The low impact of grazing or abandonment of grazed areas regained density and richness in a similar way to the preserved forests. Both analyzes were complementary to understand the effect of cattle in the regeneration of the tree component.

**Keywords:** forest degradation; vegetal dynamics; Araucarian forest; enviromental impact

**INTRODUÇÃO**

O efeito do pastoreio bovino no solo e na vegetação é amplamente conhecido para vegetação campestre (PILLAR et al. 2009; PLACHTER; HAMPICKE, 2010) enquanto que em ambientes florestais são mais documentados o efeito de ungulados silvestres (ver revisão em WEISBERG; BURGMAN, 2003). Embora seja um impacto em nível global, ainda são poucos os estudos que avaliem o efeito do pastoreio bovino em diversos componentes do ecossistema florestal (FLEICHNER, 1994; McEVOY, et al. 2006; TONIATO; OLIVEIRA-FILHO, 2004, TASKER; BRADSTOCK, 2006; UYTVANCK; HOFFMAN, 2009).

O pastoreio bovino do subosque florestal visa converter os produtos de origem vegetal (vegetação rasteira e parte da vegetação arbórea) para a produção animal (PATRIC; HEKVEY, 1986). Durante esta atividade de forrageio, ocorre outras atividades cumulativas que afetam a vegetação como o caminhamento, a defecação e o

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Laboratório de Dendrologia e Fitossociologia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, CEP: 88520-000, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages, SC, Brasil. E-mail: rvkilka@gmail.com.

pisoteio do solo. Embora possam ter exceções, os danos do pastoreio apontam para alteração da estrutura física e a química do solo, redução da diversidade de plântulas de árvores, arbustos e lianas, redução na densidade dos caules e a densidade da folhagem, remoção de partes das plantas e limitação no crescimento em altura dos indivíduos criando um subosque mais aberto com maior entrada de luz no chão da floresta (JORRITSMA et al. 1999; SAMPAIO; GUARINO, 2007; HIRATA et al. 2009). A oferta de espécies vegetais nativas com melhor qualidade (palatabilidade, conteúdo nutricional e digestibilidade) podem definir a magnitude do impacto nesses ambientes florestais (JORRITSMA et al. 1999).

Estudos quantitativos são necessários para avaliar os efeitos do pastoreio sobre o desenvolvimento da vegetação promovendo a elaboração de alternativas para o manejo de baixo impacto ou a recuperação dos ecossistemas impactados. Assim, bons indicadores ambientais que são sensíveis a distúrbios ou práticas de manejo são indispensáveis para comparar efeitos da prática de manejo através do tempo (SCHOENHOLTZ et al., 2000).

O Planalto sul Catarinense apresenta grandes remanescentes de Floresta Ombrófila Mista. As florestas são locais onde o gado realiza seguidamente sua busca por água e alimento, este último principalmente na estação desfavorável ao crescimento das pastagens (inverno), ou quando os animais procuram abrigo contra temperaturas extremas que ocorrem, tanto no inverno quanto no verão.

Kilca (2014) em um estudo sobre o efeito do pastoreio bovino em florestas estacionais subtropicais demonstrou pouco efeito na estrutura e composição da vegetação arbórea (>9cm CAP). O autor demonstrou mudanças na riqueza, densidade de plantas e alteração no aumento de perfilhos em áreas com pastoreio. Assim, o autor considerou que as maiores mudanças devem ocorrer no componente regenerativo da vegetação do que no componente adulto.

Esse estudo teve como objetivo avaliar a magnitude do impacto do pastoreio bovino no subosque da floresta como um todo e em diferentes classes de tamanhos de plantas. Assim, as principais perguntas realizadas foram: A) como muda a riqueza e densidade total de plantas no subosque florestal em diferentes níveis de impacto? B) quais as espécies mais representativas de cada nível de impacto de pastoreio? C) como as variações na riqueza e densidade nos diferentes tamanhos de plantas do componente regenerativo? É esperado que nas duas análises ocorram diferenças significativas entre os sítios com pastoreio daquelas sítios sem pastoreio do subosque.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A região de estudo pertence ao Planalto Sul Catarinense, sul do Brasil. O clima da região é do tipo Cfb segundo Koppen, onde a temperatura média varia de 13°C a 14°C nas regiões mais frias. A precipitação varia de 1.200 a 1.900 mm com chuvas bem distribuídas durante todo o longo do ano. O Planalto Centro-Oriental de Santa Catarina é formado por rochas basálticas, intermediárias e ácidas mesozóicas e rochas alcalinas do Domo de Lages. Os solos predominantes na região são ácidos, fertilidade que varia de média a baixa, como os latossolos e terras brunas estruturadas nas áreas menos declivosas e litossolos e neossolos em áreas mais acidentadas. A fitofisionomia florestal predominante é da Floresta Ombrófila Mista Montana (FOM) (IBGE, 2012). Todas as áreas de estudo se encontram na microrregião o município de Lages: 1: Guará (A) - Floresta com pastoreio de baixo impacto/ocasional, propriedade privada; 2: AMBEV (D) - Floresta com pastoreio intenso, propriedade privada; 3: PARNAMUL (B) - Floresta sem histórico de pastoreio em Unidade de Conservação Municipal; 4: Pedras Brancas (C) - Floresta sem histórico de pastoreio em propriedade privada; 5: EPAGRI (E) - Floresta com pastoreio que foi abandonada para preservação ambiental. Ocasionalmente ocorre a entrada de algum bovino na área. Propriedade pública.

### Delineamento amostral

Primeiramente as cinco áreas de estudo foram separadas em três níveis de impacto de pastoreio bovino: com pastoreio bovino intenso (PI), com pastoreio ocasional (PO), e aquelas sem nunca ter impacto por pastoreio (SP). Todas estas áreas já existem estudos de dinâmica da vegetação em parcelas permanentes pertencentes ao LABDENDRO UDESC/CAV. As parcelas amostrais de regeneração natural foram instaladas no interior de 10 parcelas (20m X 10m) para o estudo do componente arbóreo adulto (DAP>5cm). Foram selecionadas três classes para o estudo de regeneração natural: classe 1: 0,1m<altura<1m; classe 2: 1m<altura<3m e; Classe 3: >3m altura e < 5cm DAP. Na classe 1 foram amostradas as plantas em 5m<sup>2</sup> (total de 50m<sup>2</sup>) na classe 2 as plantas em 10m<sup>2</sup> e na classe 3 plantas com 20m<sup>2</sup>.

### Delineamento estatístico

Uma comparação dos valores absolutos das densidades e riquezas de espécies foram realizadas por meio de gráfico de barras para todas as áreas. Estatísticas de comparação de médias (ANOVA) foram empregadas para

avaliar as diferenças na densidade e riqueza de plantas entre cada um dos diferentes níveis de impacto (PO, PI e SP). Testes de Levene foi utilizado para avaliar a homogeneidade de variâncias dos dados e Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade dos dados. O nível de confiança de todos os testes foi de 95%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A riqueza e a densidade absolutas de todas as plantas regenerantes variaram em todos os sítios (APO= 43 sp. e 162 ind.; BSP= 31 sp. e 307 ind.; CSP= 53 sp. e 189 ind.; DPI= 28 sp. e 93 ind.; EPO= 47 esp. e 171 ind.; Figura 1). Desta forma, as áreas sem pastoreio tendem a ter maior densidade mas não riqueza de plantas por área em relação as florestas com pastoreio. As florestas com pastoreio ocasional (APO e EPO) apresentaram similar densidade e riqueza com uma floresta sem pastoreio (CSP). Indicando que o abandono da atividade ou o baixo impacto podem recuperar a densidade e riqueza de forma similar ao esperado em florestas nativas preservadas (KILCA, 2014). A floresta com pastoreio intenso obteve as mais baixas densidades e riquezas de plantas regenerantes em relação às florestas com pastoreio ocasional de baixo impacto e florestas preservadas (McEVOY et al. 2006; UYTVANCK; HOFFMAN, 2009).

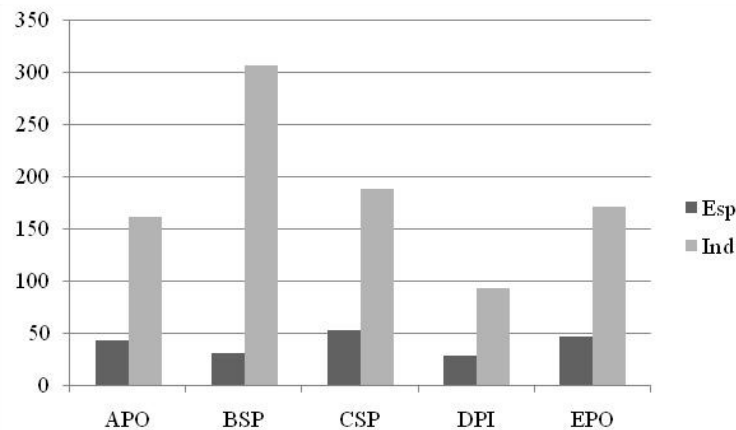


Figura 1. Valores absolutos de densidade de indivíduos e riqueza de espécies ( $h > 0,1\text{m}$  a  $< 15\text{cm}$  DAP) em FOM em diferentes níveis de pastoreio bovino no subosque no sul do Planalto Catarinense. Locais: A= pastoreio ocasional; B= sem pastoreio; C= sem pastoreio; D= pastoreio intenso; E= pastoreio ocasional.

Figure 1. Density and richness of regeneration trees species ( $h > 0.1\text{ m}$  to  $< 15\text{ cm}$  DBH) in MOF at different levels of cattle grazing in the understory in southern Santa Catarina plateau. Where: A = occasional grazing; B = without grazing; C = no grazing; D = heavy grazing; E = occasional grazing.

As espécies mais representativas ( $> 5$  indivíduos amostrados) estão demonstradas na Tabela 1. Nenhuma espécie ocorreu em todas as áreas. As florestas preservadas compartilharam mais espécies em comum do que as demais. A floresta com grande intensidade de impacto bovino apresentou um conjunto próprio de espécies adaptadas aquela condição de distúrbio. Assim, as espécies capazes de resistir ou adaptadas ao pastoreio bovino foram: *Calyptanthes concinna*, *Miconia cineracens* e *Myrciaria delicatula* (Tabela 1). Não houve predomínio de nenhum grupo sucessional como adaptada a este tipo de perturbação (Tabela 1).

Os testes de médias não demonstraram um padrão claro de mudanças na riqueza e densidade nos diferentes tamanhos de plantas conforme os diferentes níveis de impacto (Tabela 2). A floresta com maior intensidade de pastoreio não diferenciou na densidade e riqueza de plantas na classe 1 em relação às florestas com pastoreio ocasional e até mesmo das florestas preservadas (apenas riqueza) (Tabela 2). As duas florestas com pastoreio ocasional também não ocorreu diferenças significativas. A diferença mais marcante ocorreu para uma floresta sem pastoreio em relação as demais. Esta floresta sem pastoreio (Pedras Brancas-C) registrou significativos maiores valores na densidade e riqueza em todas as classes em relação às demais áreas de estudo (Tabela 2). Este resultado indica que uma floresta que nunca sofreu nenhum indício de perturbação pode apresentar uma riqueza e estrutura diferente de plantas. A floresta com pastoreio intenso apresentou forte variabilidade dos dados, indicando que o pastoreio do gado no interior do subosque ocorre de forma aleatória, resultando trechos de florestas bem e pouco impactadas mesmo em pequena escala (McEVOY et al. 2006; TASKER; BRADSTOCK, 2006).

Tabela 1 - Lista das espécies arbóreas com mais de seis indivíduos amostrados em trechos da FOM em diferentes níveis de impacto bovino por pastoreio no Planalto Catarinense.

Table 1 - List of tree species with more than six individuals selected in MOFs sites at different levels of impact by grazing cattle in Santa Catarina plateau.

Espécies	CS	APO	BSP	CSP	DPI	EPO
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) Kuntze	IS	7	-	10	-	-
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A.Juss.) Radlk.	LD	-	12	-	-	12
<i>Allophylus guaraniticus</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	LD	-	8	6	-	-
<i>Annona neosalicifolia</i> (Schltdl.) H.Rainer	LD	7	-	-	-	-
<i>Banara tomentosa</i> Clos	LD	6	25	10	-	-
<i>Calyptanthes concinna</i> DC.	LD	-	-	-	7	-
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	LD	-	-	-	-	6
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	LD	9	8	26	-	16
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	LD	-	15	15	-	11
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	LD	-	19	-	-	-
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil	LD	-	-	7	-	-
<i>Leandra regnellii</i> (Triana) Cogn.	IS	15	-	-	-	-
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	LD	-	13	8	-	-
<i>Miconia cineracens</i> Miq.	IS	-	-	-	24	-
<i>Myrcia oblongata</i> DC.	LD	9	-	-	-	-
<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O.Berg	LD	-	-	-	11	-
<i>Myrcia hatschbachii</i> D. Legrand	TS	-	14	7	-	-
<i>Myrcia glabra</i> (O.Berg) D. Legrand	LD	-	-	-	-	-
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC	LD	21	14	-	-	7
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	IS	-	9	10	-	-
<i>Myrsine lorentziana</i> (Mez) Arechav.	IS	7	-	-	-	-
<i>Myrceugenia ovata</i> (Hook. & Arn.) O.Berg	LD	-	-	9	-	-
<i>Roupala montana</i> Aubl.	LD	-	6	-	-	-
<i>Scutia buxifolia</i> Reissek	LD	9	-	-	-	-
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	LD	-	-	-	-	6

Locais A, B,C,D,e E ver rodapé Tabela 1. Categorias sucessionais (CS): intolerantes à sombra (IS), luz difusa (LD) e intolerantes à sombra (IS).

Assim, o pastoreio intenso pode acarretar mudanças significativas na composição de espécies e na estrutura da vegetação que podem acarretar problemas na dinâmica das espécies arbóreas e da comunidade como um todo (FLEISCHNER, 1994; BELSKY; BLUMENTHAL, 1997), mas também nas funções do ecossistema florestal (PATRIC; HELVEY, 1986) bem como na oferta de alimentos para outros herbívoros nativos (JORRITSMA et al., 1999).

## CONCLUSÕES

O subosque das florestas com e sem impacto por pastoreio mudam significativamente. No entanto, as florestas com baixa intensidade de impacto apresentaram valores absolutos de densidade e riqueza similares aquelas florestas preservadas sem pastoreio. Quanto maior a intensidade do pastoreio maior foi o impacto na densidade e riqueza das espécies arbóreas.

A floresta com pastoreio intenso apresentou um conjunto de espécies singulares em relação às demais florestas, indicando que a composição florística muda conforme aumenta a intensidade do impacto.

O impacto do pastoreio nas diferentes classes de tamanhos das plantas não indicou nenhum padrão de mudanças com o nível de impacto. A grande variabilidade na riqueza e densidade nas parcelas amostrais em todas as classes de tamanhos de plantas indica que o pastoreio ocorre de forma aleatória dentro da floresta e que outras condições ambientais também atuam na mortalidade em pequena escala.

Estes resultados indicam que o uso de uma análise do impacto do pastoreio por meio de valores absolutos e pelas médias dos atributos de densidade e riqueza de espécies podem superestimar ou subestimar o impacto do

pastoreio no subosque florestal. Uma análise conjunta permitiu uma melhor identificação da magnitude deste impacto na vegetação do subosque.

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos e Anova para a densidade (D) e riqueza (R) das espécies arbóreas amostradas em trechos da FOM em diferentes níveis de impacto bovino por pastoreio no Planalto Catarinense.

Table 2 - Statistical parameters and Anova for the density (D) and richness (R) of tree species sampled in the MOF sites at different levels of impact by grazing cattle in Santa Catarina plateau.

	AREAS	$\mu \pm \sigma$	AREAS	$\mu \pm \sigma$	AREAS	$\mu \pm \sigma$
Densidade	I. APO1	10,10±5,91	I. APO2	2,90±2,42 <sup>IV</sup>	I. APO3	3,10±2,68
	II. DPI1	5,90±2,42	II. DPI2	1,10±1,52 <sup>III,IV</sup>	II. DPI3	2,30±1,49 <sup>IV</sup>
	III. BSP1	12,10±6,17	III. BSP2	5,10±3,34 <sup>II</sup>	III. BSP3	1,70±1,49 <sup>IV</sup>
	IV. CSP1	27,50±6,8 <sup>Todas</sup>	IV. CSP2	8,00±3,74 <sup>I,II,V</sup>	IV. CSP3	4,90±2,13 <sup>II,III,V</sup>
	V. EPO1	10,50±7,53	V. EPO2	4,30±2,45 <sup>IV</sup>	V. EPO3	2,30±1,41 <sup>IV</sup>
	<b>F</b>	<b>18,83</b>	<b>F</b>	<b>8,41</b>	<b>F</b>	<b>4,24</b>
	AREAS	$\mu \pm \sigma$	AREAS	$\mu \pm \sigma$	AREAS	$\mu \pm \sigma$
Riqueza	I. APO1	6,30±2,86	I. APO2	2,40±1,89	I. APO3	2,40±1,64 <sup>7</sup>
	II. DPI1	3,80±1,54	II. DPI2	1,00±1,41	II. DPI3	1,50±0,85 <sup>IV</sup>
	III. BSP1	6,60±2,45	III. BSP2	3,10±1,96	III. BSP3	1,40±1,26 <sup>IV</sup>
	IV. CSP1	14,40±2,31 <sup>Todas</sup>	IV. CSP2	6,40±2,45 <sup>Todas</sup>	IV. CSP3	3,60±1,50 <sup>II,III,V</sup>
	V. EPO1	6,70±2,40	V. EPO2	2,90±1,37	V. EPO3	1,80±0,91 <sup>IV</sup>
	<b>F</b>	<b>28,80</b>	<b>F</b>	<b>11,35</b>	<b>F</b>	<b>5,02</b>

0,05\*, 0,01\*\*, <0,01\*\*\*. Com pastoreio (CP), sem pastoreio (SP). Locais: A= Guará; B= PARNAMUL; C= Pedras Brancas; D= AMBEV; E= EPAGRI. Classes de tamanhos: 1= 0,1m>altura>1m; 2= 1m<altura<3m e; 3= >3m altura e < 5cm DAP. Todas as comparações de média foram realizadas com teste de Tukey (Levene > 0,05).

## AGRADECIMENTOS

Bolsas CAPES/PNPD (primeiro autor), FAPESC (segunda e terceira autoras). À EPAGRI (Sec. Lages) e Prefeitura de Lages (PARNAMUL).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELSKY, A. J.; BLUMENTHAL, D. M. Effects of Livestock Grazing on Stand Dynamics and Soils in Upland Forests of the Interior West. **Conservation Biology**, vol. 11, n. 2, p. 315–327, abr. 1997.
- FLEISCHNER, L. Ecological costs of livestock grazing in western North America. **Conservation Biology**, vol. 8, p. 629–644, set. 1994.
- HIRATA, M.; HASEGAWA, N.; NOMURA, M. Deposition and decomposition of cattle dung in forest grazing in southern Kyushu, Japan. **Ecological Research**, vol. 24, p. 119–125, jan. 2009.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro, IBGE. 2012. disponível em: [http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos\\_naturais/manuais\\_tecnicos/manual\\_tecnico\\_vegetacao\\_brasileira.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf). Acesso em: 03 jan 2013.
- JORRITSM, I. T. M.; VAN HEES, A. F. M.; MOHREN, G. M. J. Forest development in relation to ungulate grazing: a modeling approach. **Forest Ecology and Management**, vol. 120, p. 23–34, jul.1999.
- KILCA, R.V. **A sucessão secundária na Floresta Estacional Subtropical do Rio Grande do Sul, Brasil**. 144f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2014.
- McEVOY, P. M.; FLEXEN, M.; McADAM, J. H. The effects of livestock grazing on ground flora in broadleaf woodlands in Northern Ireland. **Forest Ecology and Management**, vol. 225, p. 39–50, abr. 2006.
- PATRIC, J. H.; HELVEY, J. D. Some Effects of Grazing on Soil and Water in the Eastern Forest. In: \_\_\_\_\_ Northeastern Forest Experiment Station. Broomall: UDA-FS, 1986.
- PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, V. (Orgs.) **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília-DF: MMA, 2009. 407 p.
- PLACHTER, H.; HAMPICKE, U. **Large-scale Livestock Grazing: A Management Tool for Nature Conservation**. Berlin: Springer, 2010. 495 p.
- SAMPAIO, M. B.; GUARINO, E. S. G. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista. **Rev. Árvore**, vol. 31, n.6, p.1035-1046, jul. 2007.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROETB, H.; BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, vol. 138, p.335-356, out. 2000.

TASKER, E.M.; BRADSTOCK, R.A. Influence of cattle grazing practices on forest understorey structure in north-eastern New South Wales. **Austral Ecology**, vol. 31, p.490–502, jun. 2006.

TONIATO, M. T. Z.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Variations in tree community composition and structure in a fragment of tropical semideciduous forest in southeastern Brazil related to different human disturbance histories. **Forest Ecology and Management**, vol. 198, p. 319-339, dez. 2004.

UYTVANCK, J. V.; HOFFMANN, M. Impact of grazing management with large herbivores on forest ground flora and bramble understorey. **Acta Oecologica**, vol. 35, p.523–532, jul-ago. 2009.

**O USO DE SIG COMO FERRAMENTA NO MANEJO FLORESTAL DE UM REMANESCENTE NA UTFPR- CÂMPUS DOIS VIZINHOS, PR**

**THE SIG USE AS A TOOL IN THE FOREST MANAGEMENT OF A REMAINING IN UTFPR-CAMPUS DOIS VIZINHOS, PR**

Mariane Moua Andrade<sup>1</sup> Danieli R. Klein Sandra M. Krefta Edilaine Duarte, Joseane A. Derengoski Fabiani D. A. Miranda

**RESUMO**

O Sistema de Informação Geográfica é uma tecnologia que auxilia na administração e conhecimento do espaço geográfico, podendo ser aplicado no manejo florestal. Com base nisso, o objetivo do trabalho foi utilizar o Sistema de Informação Geográfica no remanescente florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Dois Vizinhos, como auxílio no planejamento do manejo florestal, buscando identificar: a localização geográfica de indivíduos com diâmetro à altura do peito maior que 30 centímetros, as espécies presentes e avaliar dados qualitativos e quantitativos através do inventário florestal. Por meio das coordenadas e do censo no remanescente foi possível elaborar um banco de dados que gerou como resultado final mapas temáticos, onde os diâmetros foram selecionados através de classes, sendo possível a visualização do estado fitossanitário e forma do fuste de cada classe. Contudo pode-se observar que o SIG é uma das primeiras etapas do manejo florestal e quando este é bem planejado, podem-se obter resultados satisfatórios perante a extração de madeira nativa da floresta. As práticas de manejo e silvicultura necessitam ser seguidas para que o manejo obtenha sucesso. Através dos dados levantados foi possível identificar as coordenadas de todos os indivíduos na floresta, estes com sua maioria pertencente à classe diamétrica 1, e conforme a simulação feita do cálculo da floresta balanceada pode-se observar que muitos indivíduos da classe 1 seriam passíveis de corte, e a partir disso seriam aplicados métodos como refinamento e enriquecimento de clareiras.

**Palavras-chave:** sig; floresta nativa; banco de dados; manejo florestal.

**ABSTRACT**

The Geographic Information System is a technology that helps you manage and obtain the geographical space and can be applied in forest management. Based on this, the objective was to use the Geographical Information System in the remaining forest of the Federal Technological University of Paraná - Campus Two neighbors, as an aid in the planning of forest management in order to identify the geographical location of individuals with diameter up to the chest greater than 30 cm, the species present and evaluate qualitative and quantitative data through the forest inventory. Through the coordinates and census remainder it was possible to develop a database that generated as a result end thematic maps where the diameters were selected through classes, making it possible to visualize the healthy and stem form of each class. However it can be seen that the GIS is one of the first steps of management, and when it is well planned, can be obtained satisfactory results before the native logging the forest. Management practices and forestry need to be followed for the management succeeds. Using the data collected it was possible to identify the coordinates of all individuals in the forest, these mostly belongs to the diameter class 1, and taken as the simulation of the balanced forest calculation can be observed that many individuals would likely Class 1 cutting and from that they would apply methods such as refinement and enrichment clearings.

**Keywords:** gis; native forest; database; forest inventory.

**INTRODUÇÃO**

O Brasil possui 7,0 milhões de hectares de florestas plantadas e 463 milhões de hectares que pertencem a florestas nativas, alcançando assim, uma ampla aptidão florestal para o manejo sustentável, o qual vem agregar benefícios econômicos, sociais e ambientais. Pode-se considerar também o uso múltiplo de produtos e subprodutos da floresta, pois tais práticas muito pouco estudadas buscam acrescentar maior conhecimento para estudiosos sobre o assunto, procurando ajudar a realizar práticas silviculturais sustentáveis, por isso, o

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheira Florestal pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR-DV e Pós-Graduanda em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de estudos UniCesumar, Presidente Prudente – SP.

Email: enairamma@hotmail.com

geoprocessamento vem auxiliar no manejo florestal, através do banco de dados que busca transmitir as informações da floresta através de mapas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

Dessa forma pode-se aliar o interesse de se manejar uma floresta nativa com o Sistema de Informações Geográficas (SIG) que vem integrar diversos tipos de informações essenciais para uma região ou para o espaço geográfico específico, como a localização de focos de incêndios e desmatamentos, visualização do uso e ocupação do solo, extensão de área da cobertura vegetal, entre outros. Essas informações podem incidir de diversas maneiras, por exemplo, através de um mapeamento de sensores remotos, como fotos aéreas e imagens de satélites, ou através de levantamento a campo. Para especificar melhor esse espaço geográfico florestal pode-se citar um reflorestamento, algum fragmento de mata nativa ou propriedades que tenham plantios de espécies nativas. Através de todas as informações obtidas pelo Sistema de Informação Geográfica – SIG, é possível propiciar um conjunto de operações e processamento de dados extremamente eficaz (OLIVEIRA FILHO et al., 2008).

Segundo Câmara et al. (2004), é dever do homem conservar os fragmentos florestais remanescentes, estabelecendo a conservação e o uso econômico de serviços e bens. Para isso, é necessário realizar estudos que procurem conhecer cada vez mais o meio ambiente, utilizando assim as tecnologias disponíveis existentes sobre a distribuição geográfica de recursos como mapas e banco de dados, pois por meio deles possibilita-se o armazenamento desses dados e informações em meio computacional, abrindo um ambiente de trabalho promissor para o geoprocessamento.

O manejo florestal de nativas inclui etapas que ocorrem antes, durante e após a derrubada das árvores e a extração da madeira. O uso do SIG juntamente com o censo florestal é a primeira etapa para o manejo florestal visando exploração, sendo de extrema importância para o planejamento e sucesso na exploração florestal de forma sustentada, aliando a conservação da biodiversidade e os tratamentos silviculturais tais como: refinamento, corte de cipós, liberação de copas para maior captação de luz, e enriquecimento de clareiras, e posteriormente a prescrições de corte (SCHETTINO, 1999).

Dentro deste contexto o objetivo do estudo foi criar um banco de dados que possibilita a geração de mapas que representam as árvores com maiores diâmetros, maior volume comercial, as principais espécies presentes no remanescente florestal amostrado, a localização geográfica desses indivíduos e o estado fitossanitário, visando o uso da ferramenta SIG para auxílio no planejamento do manejo florestal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Dois Vizinhos (UTFPR-DV), estado do Paraná, localizado na mesorregião do Sudoeste Paranaense. A Universidade possui uma área de aproximadamente 193 ha, que é distribuída em diferentes unidades de ensino e pesquisa, entre as quais se encontra a trilha ecológica e o remanescente florestal amostrado.

O fragmento florestal onde está localizada a trilha ecológica possui uma área de 48 hectares, a vegetação é apresentada como manchas de estágios iniciais e médios de Floresta Estacional Semidecidual em transição para Floresta Ombrófila Mista, região caracterizada como um ecótono (GORENSTEIN et al., 2010).

Para a delimitação dos limites da área foi necessário um conhecimento prévio do local, este foi realizado através de mapas já confeccionados pela universidade e imagens aéreas do *Google earth*. A determinação dos limites foi realizada com auxílio de um receptor GPS topográfico da marca Ashtech Magellan Promark e um receptor GPS geodésico da marca TechGeo® modelo GTR-G<sup>2</sup>, 12 canais paralelos (portadora L1/L2).

O receptor GPS geodésico foi utilizado como base e o mesmo foi instalado no marco implantado no câmpus, isto é, ponto de coordenadas precisas e conhecidas. O receptor utilizado para o levantamento a campo propriamente dito foi o GPS topográfico, e um dos métodos empregados foi o posicionamento relativo estático rápido, no qual o receptor permaneceu nos pontos limites por aproximadamente 15 min. Além dos pontos de limite, foram também levantados os rios, bem como as nascentes presentes na área de estudo.

O outro método empregado foi o relativo cinemático no qual a antena permaneceu em movimento durante todo o levantamento. Esse método foi utilizado para percorrer todo o limite da área de estudo. Após o levantamento, os dados foram descarregados nos programas NovatelCDU e Util® e processados no programa GNSS *Solutions*. Para o processamento foram consideradas três bases pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) sendo elas: Guarapuava, Maringá e Chapecó. Ao final do processo os dados foram ajustados e representados em um sistema tridimensional de coordenadas cartesianas.

No levantamento topográfico realizado neste trabalho optou-se por utilizar uma Estação Total para determinação das coordenadas de cada árvore, pois este trouxe maior precisão, visto que ao utilizar o GPS abaixo de cobertura arbórea densa ocorreu em alguns momentos à dificuldade de se captar os sinais de satélite, podendo assim, trazer menor confiabilidade aos dados levantados. A estação total utilizada foi da marca Foif,



modelo RTS (OTS) 670/680 Series. Apresenta precisão angular de 5 segundos e precisão linear de 2mm + 2ppm e os métodos empregados em campo foram o de poligonização e irradiação.

Para o transporte de coordenadas foi implantada um poligonal aberta e sua orientação foi estabelecida através de medições iniciais realizadas em dois pontos de controle. Esses pontos foram materializados e suas coordenadas determinadas com auxílio de um receptor GPS topográfico. O tempo de rastreo foi de uma hora em cada ponto e a taxa de gravação foi 1segundo.

A partir desta medição foram visados vários pontos mirando sempre a ré e a vante, para formação de uma poligonal aberta, e as visadas a cada árvore foram realizadas a partir do método de irradiação. Os dados foram coletados e anotados em planilha, obtendo informações como distâncias inclinadas, direções horizontais e ângulos verticais de cada indivíduo, também foram anotadas informações como a altura do aparelho e altura do prisma refletor. Todos esses dados, bem como as coordenadas dos pontos de controle foram digitados no programa Posição e a partir do mesmo as coordenadas de cada árvore foram determinadas.

A metodologia empregada no inventário florestal foi baseada e adaptada do trabalho feito por Amaral et al. (1998). O Inventário Florestal é necessário para garantir atributos ao SIG, para este, foi realizado um censo em uma parte da floresta remanescente, onde mensurou as árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) maior que 30 cm.

Os dados qualitativos coletados foram: forma do fuste, forma da copa, estado fitossanitário, nome popular e científico, além de dados quantitativos como altura, altura comercial e DAP.

Para a avaliação dos dados foram estabelecidos parâmetros qualitativos conforme Amaral *et al.* (1998): Forma do fuste: 1-) para fuste reto ou quase reto; 2-) comercial com alguns defeitos (aproveitável até 4 m); 3-) deformado ou danificado; Forma da copa: 1-) regular; 2-) irregular; 3-) somente galhos; 4-) sem galhos; Estado fitossanitário: 1-) árvore sã; 2-) com ataque de pragas; 3-) causas naturais

Uma simulação foi feita através do modelo da floresta balanceada (inequidêneas), para observar as árvores passíveis de corte por classe diamétrica, porém não foi considerado o incremento para a realização dos cálculos.

Utilizou-se o centro de classe e a frequência das árvores para 4,5 ha, e através disso calculou-se os coeficientes  $b_0$  e  $b_1$  não balanceados e balanceados e a estimativa do número de árvores da floresta balanceada, para tanto, utilizou-se a constante de Liocourt  $q= 1,4$ , conforme Schneider (2004).

Os dados foram organizados em uma base de dados que permitiu gerir e consultar as informações no programa ArcGis. Com isso, através do posicionamento e identificação espacial de cada indivíduo foi possível criar mapas relacionados aos atributos específicos, sendo necessário criar um shape para representação do mesmo no ArcGis.

Na elaboração dos mapas, estabeleceram-se os elementos cartográficos, como o sistema de projeção: Transversa de Mercator (UTM); o sistema geodésico de referência: SIRGAS 2000 UTM Zone 22S; e a escala dos mapas: 1:2.000. Foram utilizadas variáveis visuais como ponto para árvores, linha para os rios e área, esses foram divididos por tamanhos, cores, e formas diferentes, para melhor visualização. Os mesmos foram definidos em função da melhor representação que atenda a finalidade do trabalho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do inventário florestal estão dispostos na tabela 1, na qual se observa as variáveis coletadas a campo dos 408 indivíduos em 4,5 ha, distribuídas em 19 espécies e 21 indivíduos não identificados.

Para a confecção dos mapas, as árvores foram divididas em 6 classes diamétricas com amplitude de 15 cm, isso torna mais fácil a visualização dos grupos de árvores com maiores e menores diâmetros dentro floresta e serve como auxílio em futuras etapas do manejo florestal, como o cálculo dos incrementos por classe diamétrica e simulação de possíveis taxas e ciclos de corte.

Observa-se no gráfico 1, que o remanescente florestal amostrado apresentava distribuição exponencial, a classe de diâmetro 1 (35 – 40 cm) apresenta 86,76% (354 árvores) do total de 408 árvores, sendo essa classe a mais representativa da população amostrada.

Além da identificação dos indivíduos na floresta, identificaram-se os rios e nascentes próximos ao local dos transectos, e estes foram demarcados através do levantamento topográfico, para a inserção nos mapas. A Figura 1 traz uma representação dos mapas elaborados no Arcgis, sendo possível identificar diferentes características, nesta alocou-se a localização das árvores que pertenciam à classe de diâmetro 1.

A partir da simulação feita através do modelo de floresta balanceada, obteve-se resultados de  $b_0=7,886694$  e  $b_1=-0,07462$  para floresta não balanceada, e para a floresta balanceada obteve-se  $b_0=5,565241$  e  $b_1=-0,022289$ .

Contabilizou-se na classe 1 aproximadamente 241 árvores para o primeiro corte, sendo que as árvores remanescentes ficariam para o segundo corte. A partir da classe diamétrica 5 corta-se todas as árvores, para o melhor balanceamento da floresta, entretanto muitas dessas árvores apresentam estado fitossanitário e forma do

fuste inadequado, ou volume comercial baixo, e para isso é necessário aplicar métodos silviculturais para que o incremento das árvores no segundo corte aumente.

Tabela 1: Relação da frequência do número de indivíduos por espécie encontrados na Trilha Ecológica da UTFPR-DV.

Table 1: Compared the frequency of the number of individuals per species found in the Ecological Trail UTFPR-DV.

Nome científico	Nome popular	Nº de Indivíduos
<i>Cabralea canjerana</i>	Canjarana	1
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guavirova	1
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Cabreuva	1
<i>Casearia sylvestris</i>	Chá de bugre	2
<i>Cordia americana</i>	Guajuvira	3
<i>Lonchocarpus sp.</i>	-	3
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica de cadela	3
<i>Sapium glandulatum</i>	Leiteiro	4
<i>Eugenia pyriformis</i>	Uvaia	6
<i>Luehea divaricata</i>	Açoita cavalo	7
<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucária	9
<i>Lonchocarpus campestris</i>	Rabo de bugiu	12
<i>Prunus myrtifolia</i>	Pessegueiro bravo	20
Não identificada	-	21
<i>Hovenia dulcis</i>	Uva do japonês	32
<i>Matayba elaeagnoides</i>	Camboatá branco	34
<i>Nectandra megapotamica</i>	Canela fedorenta	36
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Angico vermelho	55
<i>Ocotea puberula</i>	Canela guaicá	78
<i>Nectandra lanceolata</i>	Canela amarela	80
<b>Total Geral</b>		<b>408</b>

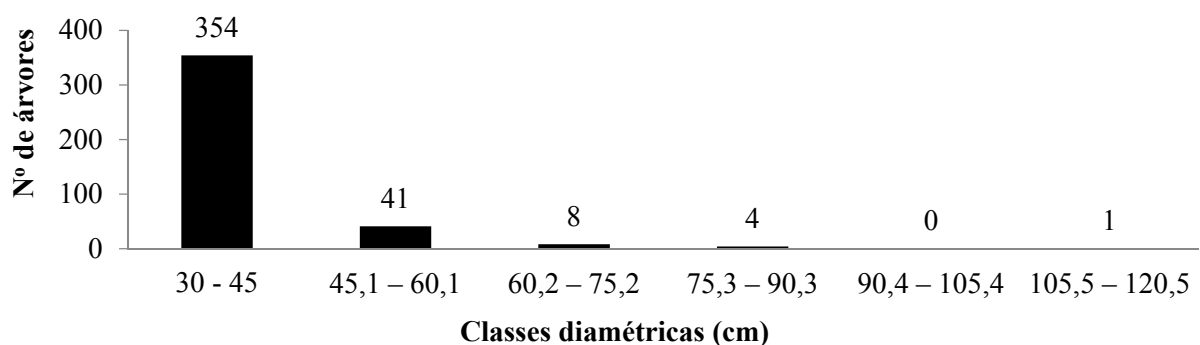


Gráfico 1: Número de árvores por classe diamétrica

Graphic 1: Number of trees by diameter class

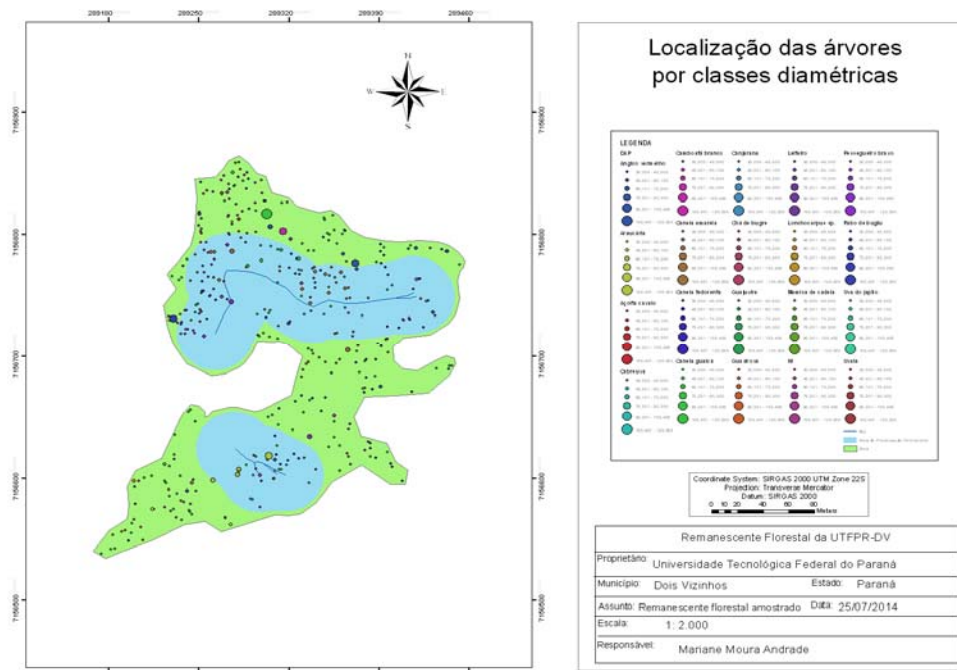


Figura 1: Mapa representativo de todas as árvores levantadas separados por classes de diâmetro  
 Figure 1: Map representative of all trees separated by raised diameter classes

O refinamento é a primeira etapa dos tratamentos silviculturais, consiste em eliminar indivíduos arbóreos com atributos indesejáveis, tais como: espécies sem valor comercial, árvores tortuosas, senescentes, ocas e podres, mortas, severamente danificadas, sendo esta resultante do cálculo da floresta balanceada. Todavia quando estas têm seu papel ecológico, tais como suporte para outras espécies, abrigo, proteção para fauna e apresentam restrições de corte, como árvores raras ou ameaçadas de extinção essas são eximidas do refinamento (SCHETTINO, 1999). Segundo Jardim (1995), o refinamento pode ser feito através do corte, anelamento ou envenenamento por herbicida, dependendo a escolha do fator econômico e comportamento ecológico e fisiológico das espécies.

Conforme os dados Fitossanidade e Forma do Fuste da classe 1 pode-se observar que, apresentam grande potencial para desenvolvimento das árvores, por conter a maior parte dos atributos favoráveis para corte, e a partir do resultado obtido com o cálculo do número de árvores para corte, podem-se selecionar os indivíduos com atributos indesejados para que sejam suprimidos no primeiro corte, como observados na tabela 3, onde 3,10% das árvores encontram-se danificadas por causas naturais e 8,47% com o fuste deformado ou danificado, totalizando 41 árvores com características indesejadas destinadas ao primeiro corte.

Tabela 3: Comparação do estado fitossanitário e forma do fuste da classe 1.  
 Table 3: Comparison of healthy and Class 1 shaft shape.

Estado fitossanitário		Forma do fuste	
Árvores saudáveis	68,07%	Reto ou quase reto	66,1%
Ataque de pragas	28,81%	Comercial com alguns defeitos	25,42%
Danificadas por causas naturais	3,10%	Deformado ou danificado	8,47%

No fragmento observa-se áreas mais abertas que continham arvoretas, ou algumas árvores com dap menor que 30 cm, essas, principalmente nas bordas da floresta, que poderiam ser enriquecidas com espécies nativas com valor comercial, e também espécies pioneiras que atraem animais dispersores de sementes, para enriquecer e acelerar a regeneração da floresta e para que a mesma obtenha uma maior distribuição das espécies.

## CONCLUSÕES

Através do levantamento das coordenadas das árvores e inserção dos atributos de cada indivíduo, foi possível gerar mapas temáticos, estes vêm com a função de auxiliar no manejo florestal, servindo como base para o planejamento.

Na simulação do cálculo da floresta balanceada, pode-se observar que o remanescente de floresta amostrado, apresenta poucos indivíduos com dap acima de 45 cm, muitas clareiras com árvores mais jovens, e vários indivíduos de mesma espécie, demonstrando que a floresta já foi perturbada e explorada anteriormente.

Assim, vê-se a necessidade de realizar outras pesquisas relacionadas, que identifiquem a eficiência do uso da ferramenta SIG no planejamento florestal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, P. VERISSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. **Floresta para sempre- Um Manual para a Produção de Madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998, 130 p.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Divisão de Processamento de Imagens – INPE, livros online, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: novembro de 2013.
- GORENSTEIN, M. R.; BECHARA, F. C.; ESTEVAN, D. A.; SGARBI, A. S.; GALLO, I. C. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, *Câmpus Dois Vizinhos* através do método de quadrantes. In: IV SSPA Seminário de Sistemas de Produção Agropecuária, 2010, Dois Vizinhos. **Anais...** Dois Vizinhos, PR, 2010.
- JARDIM, F. C. da S. **Comportamento da regeneração natural de espécies arbóreas em diferentes intensidades de desbaste por anelamento, na Região de Manaus-AM**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995, 169p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo - 2013: dados de 2007-2012**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília: SFB, 2013. 188 p.
- OLIVEIRA FILHO, P. C.; INOUE, M. T.; DISPERATI, A. A.; PESCK, V. A. Uso do geoprocessamento no estudo da dinâmica e fitossociologia da floresta com araucária. **Revista Ciência e Natura**, UFSM, v. 30, n.1, p.87- 97, 2008.
- SCHETTINO, S. **Efeito do corte de cipós sobre a dinâmica de sucessão, crescimento e produção de uma floresta ombrófila densa secundária, na Reserva Florestal de Linhares-ES**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 111 p.
- SCHNEIDER, P.R. **Manejo Florestal: planejamento da produção florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 493p.

**PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA *Ilex paraguariensis* A.ST.-HIL. NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI, PARANÁ**

**PATTERN OF SPACIAL DISTRIBUTION OF THE *Ilex paraguariensis* A.ST.HIL. IN THE NATIONAL FOREST OF IRATI, PARANÁ**

Gerson dos Santos Lisboa<sup>1</sup> Solon Jonas Longhi Lúcio de Paula Amaral Thiago Floriani Stepka Gabriel Paes Marangon Dirceu Lúcio Carneiro de Miranda

**RESUMO**

O presente estudo analisou a distribuição espacial de indivíduos de *Ilex paraguariensis* em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. A área de estudo localiza-se na Floresta Nacional de Irati, PR, entre os municípios de Irati, Fernandes Pinheiro, Teixeira Soares e Imbituva, região centro-sul do Paraná. Foi realizada uma amostragem em uma área de 25 hectares, e para facilitar os trabalhos de campo, a área foi dividida em compartimentos de 100 m x 100 m (1 ha), sendo que os indivíduos arbóreos foram numerados, identificados, mapeados e medidos o DAP  $\geq 10$  cm. Para obter o padrão de distribuição espacial da espécie *Ilex paraguariensis*, utilizou-se o índice de *Payandeh* ( $P_i$ ), e para detectar em qual nível ocorre a separação do padrão espacial, utilizou-se a função *K* de *Ripley*, que tem como característica detectar o ponto máximo em que ocorre o padrão agregado e em seguida apresenta o padrão de completa aleatoriedade espacial. Segundo os resultados das duas análises, a distribuição espacial dos indivíduos da espécie seguiu o padrão agregado. A espécie analisada não apresentou variações no padrão de distribuição espacial em função da escala espacial utilizada (função *K* de *Ripley*), ou seja, o padrão não variou. Foram encontrados 1.296 indivíduos da espécie *Ilex paraguariensis*, apresentando densidade absoluta de 51,84 árvores.ha<sup>-1</sup>, frequência relativa de 100%, dominância absoluta de 1,5429 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> e valor de importância de 16,2 % (comparado com o valor de importância encontrado para a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze que foi de 35,9%). O índice de distribuição espacial de *Payandeh* e a função *K* de *Ripley* para a espécie *Ilex paraguariensis*, evidenciam um padrão de distribuição espacial agregado, que indica a espécie ter elevada densidade absoluta e ocupar os espaços no local com alta intensidade.

**Palavras-chave:** Processo pontual. Manejo florestal. Função *K* de *Ripley*.

**ABSTRACT**

This study analyzes the spatial distribution of individuals of *Ilex paraguariensis* in a fragment of Mixed Ombrophilous Forest. The study area is located in the National Forest of Irati, PR, between the cities of Irati, Fernandes Pinheiro, Teixeira Soares and Imbituva, south center of Paraná. The sampling was performed in 25 hectares, and to facilitate the field work, the area was divided in compartments of 100 m x 100 m (1 ha), and that individual trees were numbered, identified, mapped and measured DBH  $\geq 10$  cm. To obtain the spatial distribution pattern of the species *Ilex paraguariensis*, it was used the index of *Payandeh* ( $P_i$ ), and to detect at what level occurs the separation of spatial pattern, used the *K* of *Ripley* function which is characterized by detecting a peak that occurs in the aggregate pattern and then displays the complete spatial randomness pattern. According to the results of the two analyzes, the spatial distribution of individuals of the species followed the aggregate pattern. The species analyzed showed no variations in the spatial distribution pattern according to the spatial scale used (*K* of *Ripley* function), that is, the pattern did not vary. Were found 1,296 individuals of the species *Ilex paraguariensis*, presenting absolute density of trees 51.84 trees.ha<sup>-1</sup>, relative frequency of 100%, absolute dominance of 1.5429 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> and importance value of 16.2% (compared with the importance value found for the *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze that was 35.9%). The spatial distribution index *Payandeh* and *K* of *Ripley* function to the species *Ilex paraguariensis* show the pattern of aggregate distribution, that suggests that the species has a high absolute density and occupy the spaces on site with high intensity.

**Keywords:** Punctual Process. Forest management. *K* of *Ripley* function.

**INTRODUÇÃO**

A Floresta com Araucária ou Floresta Ombrófila Mista, originalmente distribuía-se em uma superfície de cerca de 200.000 km<sup>2</sup>, ocorrendo no Paraná (aproximadamente 40% de sua superfície), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%) e em manchas esparsas no sul de São Paulo (3%), internando-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Docente, Universidade Federal do Piauí. E-mail: gerson.lisboa@gmail.com

(1%) (CARVALHO, 1994). Ocorre ainda em outros países como Paraguai e Argentina.

No Paraná a área original desta formação florestal, com cobertura vegetal autóctone estimada em 73.780 km<sup>2</sup>, sofreu forte redução ao final da década de 70, para apenas 3.166 km<sup>2</sup> ou 4,3%. Em 1980, a área de Floresta com Araucária no Paraná foi reduzida para 2.696 km<sup>2</sup> (IBDF, 1984).

A *Ilex paraguariensis*, conhecida popularmente como erva-mate (Família Aquifoliaceae) é uma espécie arbórea de grande importância socioeconômica, principalmente no Sul do Brasil, onde ocorre de forma nativa ou cultivada. Em estado natural, a erva-mate está localizada na Floresta Ombrófila Mista, sendo a principal atividade econômica de muitos municípios deste território. Dentre os produtos obtidos da planta da erva-mate, destacam-se a erva para o chimarrão, a erva para o tererê, o chá em sachês e a bebida pronta para o consumo (BOZZETTO, 1995).

Na década de 70, com o avanço da fronteira agrícola no Sul do Brasil, a erva-mate teve suas reservas diminuídas repentinamente para dar lugar, principalmente, às culturas de soja e trigo. Parte dos ervais remanescentes foi também exaurido pelo desconhecimento de técnicas adequadas para o seu cultivo. Como consequência, ocorreu uma gradativa diminuição da oferta da matéria-prima para a indústria ervateira, sendo necessário o reflorestamento para abastecer o mercado (PENTEADO, 1995). No Brasil, as técnicas de manejo florestal têm evoluído em florestas nativas com Araucária, sendo que, estas florestas historicamente foram exploradas de forma desordenada e com pouco ou nenhuma preocupação em deixar para as gerações futuras florestas que garantissem sua sustentabilidade.

Para Schneider e Finger (2000) as florestas devem ser estudadas para propiciar o conhecimento e a manutenção da biodiversidade, assim como para que se viabilize a exploração de seus produtos, bens e/ ou serviços provenientes de forma planejada e racional, para garantir o fluxo contínuo desses recursos. É preciso que, periodicamente, seja cortada apenas uma quantidade de madeira igual ao crescimento das árvores da floresta, proporcionando, assim, a perpetuação do estoque de madeira e da biodiversidade, o que requer longo prazo e a manutenção do equilíbrio do ecossistema, suporte básico de qualquer produção.

O padrão espacial das espécies arbóreas está relacionado com as características específicas da espécie (restrição e plasticidade ambiental, tipo e dispersão da semente, estágio sucessional, associação com outras espécies). A distribuição espacial é a organização das árvores dentro de um espaço físico (PAYANDEH, 1970).

O padrão espacial das árvores é uma questão chave para estudos de crescimento e ecologia de espécies florestais. O nível de organização espacial das árvores no ambiente depende de diversos processos ecológicos e características próprias de cada ambiente, de modo que a melhor compreensão deste quadro fornece importantes subsídios para o conhecimento sobre formações florestais (CAPRETZ, 2004).

Conhecer o padrão espacial de espécies florestais é de fundamental importância para entender como estas utilizam os recursos disponíveis, de forma que estes recursos são importantes e suas funções no sucesso do estabelecimento e reprodução (CONDIT et al., 2000).

A análise de padrão pontual é relacionada com locação de eventos e com a resposta de questões sobre a distribuição destas locações, especificamente se são agregadas, aleatoriamente ou regularmente distribuídas (CRESSIE, 1993; BAILEY; GATRELL, 1995).

Existem inúmeras metodologias citadas ou desenvolvidas para se fazer a análise de um padrão de distribuição espacial. O índice de Payandeh ( $P_i$ ) determina o grau de agregação da espécie, por meio da relação existente entre a variância do número de indivíduos, por parcela, e a média do número de indivíduos (BARROS e MACHADO; 1984; CALEGÁRIO et al., 1993; SOUZA, 1999). Quando  $P_i < 1,0$ , ocorre o não agrupamento ou aleatório; quando  $1,0 \leq P_i < 1,5$  indica tendência ao agrupamento e, quando  $P_i \geq 1,5$  indica agrupamento ou agregação.

A função K de Ripley é um método baseado em contagem e em distância, exigindo o conhecimento das coordenadas (X e Y) de cada evento (RIPLEY, 1977). As distâncias entre todos os pares de indivíduos na área de estudo são consideradas, sendo K, uma função de distribuição cumulativa das distâncias entre todos os indivíduos (PENTTINEN et al., 1992).

Este estudo teve por objetivo investigar o padrão de distribuição espacial da espécie *Ilex paraguariensis* utilizando o índice de Payandeh e a função K de Ripley.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Características da área de estudo

A área de estudo localiza-se na Floresta Nacional de Irati (FLONA) entre os municípios de Irati, Fernandes Pinheiro, Teixeira Soares e Imbituva, no estado do Paraná (Figura 1). A FLONA de Irati é uma Unidade de Conservação do Governo Federal, de uso sustentável. Possui uma área de 3.495 ha, sendo destes 57,6% ocupada por floresta nativa onde predomina a Araucária, 37,5% ocupada por povoamentos comerciais (*Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e *Araucária angustifolia*) e 4,9% considerados como infraestrutura (GALVÃO et al., 1989). Está localizada no Segundo Planalto Paranaense, de domínio da Floresta Ombrófila Mista, no fuso UTM 22 Zona GPS J, região central do estado, entre as coordenadas geográficas 25° 25' a 25° 17' de latitude Sul, e entre 50° 36' a 50° 30' de longitude Oeste.

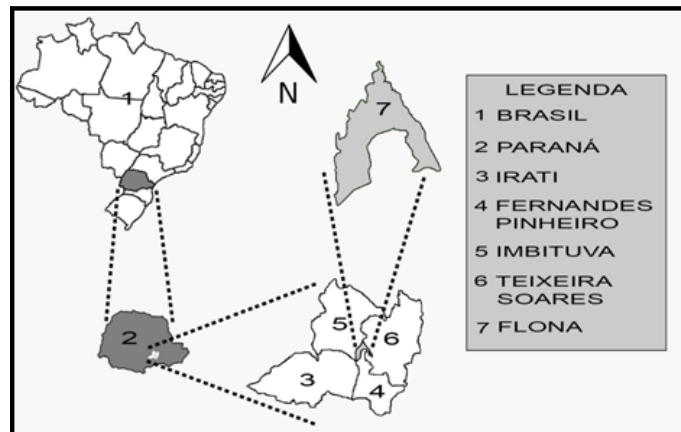


Figura 1 - Localização da FLONA na Microrregião de Irati, PR.

Figure 1 - FLONA Location in the Irati micro-region, PR.

Segundo Mazza (2006) e conforme a classificação de Köppen, o clima da região pertence ao tipo *Cfb*, subtropical úmido mesotérmico, caracterizado por verões frescos, geadas severas e frequentes, sem estação seca.

Na área de Floresta Ombrófila Mista da Flona de Irati, foi instalada uma parcela permanente de 25 hectare por professores do curso de Engenharia Florestal da UNICENTRO no ano de 2002. Nesta área, vem sendo realizado um censo em todas as árvores que apresentaram um diâmetro mínimo de 10 cm, e para facilitar o trabalho de campo, a parcela permanente foi dividida em compartimentos de 100 m x 100 m (1 ha).

A posição espacial dos indivíduos na floresta foi obtida por meio do sistema de coordenadas cartesianas (eixo das abscissas “X” horizontal e eixo das ordenadas “Y” vertical). A obtenção das coordenadas cartesianas foi realizada para todos os indivíduos com DAP  $\geq$  10 cm presentes nos 25 hectares.

O padrão de distribuição espacial da espécie foi determinado com uso do índice de *Payandeh* ( $P_i$ ). Por meio deste índice obteve-se o grau de agregação da espécie, mediante relação entre a variância do número de árvores por parcela, e a média do número de árvores (PAYANDEH, 1970):

$$P_i = \frac{S_i^2}{M_i}$$

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^j n_{ij}}{u_T}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^j n_{ij}^2 - \frac{(\sum_{j=1}^j n_{ij})^2}{u_T}}{u_T - 1}$$

Em que:

$M_i$  = média do número de árvores da *i*-ésima espécie;  $S_i^2$  = variância do número de árvores da *i*-ésima espécie;  $n_{ij}$  = número de indivíduos da *i*-ésima espécie;  $u_T$  = número total de unidades amostrais.

Analisou-se também o padrão espacial pela Função *K* de Ripley. Foi utilizado o modelo de Completa Aleatoriedade Espacial (CAE) para a função univariada, ou seja, que existe ausência de algum tipo de dependência entre eventos (BATISTA, 1994; CAPRETZ, 2004).

Esta hipótese atua como uma separação entre padrões, fazendo distinção entre um padrão classificado como regular ou agregado (ANJOS et al., 2004). A escala da janela de distância *s* (m) utilizada nesta pesquisa foi de 50 metros, ou seja, a metade de um dos lados de cada unidade amostral, por serem quadrados (100 m x 100 m).

Na Função univariada, os envelopes de confiança são construídos por meio de simulações de Monte Carlo. Um padrão espacial completamente aleatório é simulado com base no número de árvores verificadas no campo. Para cada mapa resultante, calculou-se a função *K*. Após mil simulações do padrão espacial segundo o modelo de CAE, e após o cálculo da função *K* para cada simulação, os valores máximos e mínimos de cada cálculo foram armazenados para cada distância “*s*”. Tais valores foram utilizados para obter os limites inferior e superior do envelope.

A função *K* de Ripley é dada por:

$$K(t) = \lambda^{-1} E [N_0(t)]$$

Em que:

$N_0(t)$  = número de eventos distantes de  $t$  em um evento arbitrário.

O envelope de confiança para o padrão aleatório é construído estimando a função  $K$  sob padrão de completa aleatoriedade espacial, para várias realizações desse processo em um polígono de mesma forma e tamanho.

A função  $K$  de Ripley,  $L(s)$  permite testes de padrões da distribuição espacial da árvore, sendo mais precisa na sua determinação do que outros padrões.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontrados 1.296 indivíduos da espécie *Ilex paraguariensis*, que apresentaram densidade absoluta de 51,84 árvores  $ha^{-1}$ , frequência absoluta de 100%, dominância absoluta de 1,5429  $m^2 ha^{-1}$  e valor de importância de 16,2 (apenas como comparador, o valor de importância encontrado para a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze que foi de 35,9).

O índice de distribuição espacial de *Payandeh* para a espécie *Ilex paraguariensis* (Figura 2 b) foi de 4,47, denotando padrão de distribuição agregado. A função  $K$  de Ripley apresentou dois padrões espaciais, onde o padrão de aleatoriedade segue em pequena escala espacial, até uma distância máxima de 3 m e o padrão agregado surge em maior escala, com agregação máxima com raio de 50 m (Figura 2. a.).

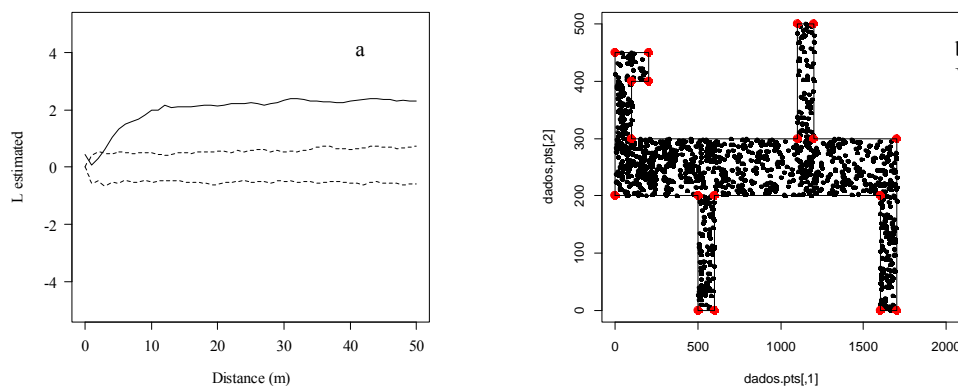


Figura 2 - Análise da distribuição espacial de todos os indivíduos da espécie *Ilex paraguariensis*, utilizando a função  $K$  de Ripley univariada (a. padrão de distribuição espacial) e (b. distribuição dos indivíduos).

Figure 2 - Analysis of the spatial distribution of all individuals of the species *Ilex paraguariensis* using the function  $K$  univariate Ripley (a. Spatial distribution standard) and (b. individuals distribution).

Na plotagem dos dados, o eixo das ordenadas  $Y$  e eixo das abscissas  $X$ , estão em escalas diferentes, o que faz com que os dados das ordenadas estejam mais estendidos (Figura 2.b.). Este fato não influencia em nada na análise dos dados, apenas visualmente.

Segundo Hubbell (1979) padrões agregados, em função da grande concentração de árvores jovens, são mais comuns em florestas tropicais do que padrões aleatórios. Segundo Carvalho (1980) o grau de agregação pode apresentar diferentes valores, com as plantas nas menores classes de tamanho apresentando tendência ao agrupamento e as plantas nas maiores classes de tamanho podendo ocorrer de maneira fortemente agrupadas.

O padrão agregado demonstra que os indivíduos ocorrem nos mesmos locais dentro da área de estudo, seguindo as características específicas de exigência para a sua distribuição nos sítios. Segundo Arruda e Daniel (2007) se houver necessidade de reposição ou enriquecimento da área com essa espécie, o planejamento e a execução das atividades serão menos onerosas e mais simples em função da regularidade no plantio das mudas. O contrário se daria com as espécies de padrão aleatório.

O conhecimento prévio do padrão espacial permite auxiliar na manutenção da floresta, já que são próprios de cada espécie, que se supõe que foram formados dentro de um processo de evolução que pode ter contado, com o tipo de dispersão de frutos e sementes, a alelopatia e as restrições edáficas, entre outros fatores. As interferências humanas podem, assim, ter maiores chances de sucesso e de permanência das características originais da formação da floresta (ARRUDA; DANIEL, 2007).

## CONCLUSÃO

O padrão de distribuição espacial da *Ilex paraguariensis* na área avaliada mostrou-se bastante estável,



apresentando nas duas formas de análise o padrão agregado.

Grande diversidade de padrão espacial pode ser verificado na tipologia. As espécies *Araucaria angustifolia*, *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso e *Cedrela Fissilis* Vell., apresentaram padrões diferenciados para a mesma área avaliada.

A partir da função *K de Ripley*, nota-se que a erva-mate tende a se distribuir em pequenos agrupamentos, comportamento que pode ser conferido à característica de espécie ombrófila.

Os resultados obtidos apontam a necessidade de ampliar as áreas de estudo, nas diferentes tipologias, na região de ocorrência da Floresta com Araucária, para possibilitar o estabelecimento do padrão de distribuição espacial da espécie. Estudos futuros sobre a estrutura da Floresta Ombrófila Mista, bem como inventários da espécie, deveriam incluir esta análise, trazendo informações relevantes sobre o tema.

O tema estudado traz grandes possibilidades de pesquisa, provenientes da ampliação dos dados a serem utilizados, no refinamento das técnicas de manejo e uso de outras técnicas de análise de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M. C.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da *Araucaria (Araucaria angustifolia)* em algumas áreas no Estado do Paraná, utilizando a função K de *Ripley*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, dez. p.38-45, 2004.
- ARRUDA, L.; DANIEL, O. Florística e diversidade em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Dourados, MS. **Floresta**, Curitiba, v.37, n.2, p. 189-199, 2007.
- BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial data analysis**. New York: John Wiley&Sons, 413 p., 1995.
- BARROS, P. L. C., MACHADO, S. S. **Aplicação de índice de dispersão em espécies de florestas tropicais da Amazônia Brasileira**. Curitiba: FUPEF, 1984, 44p. (Série Científica, 1).
- BATISTA, J. L. F. **Spatial dynamics of trees in a Brazilian Atlantic tropical forest under natural and managed conditions**. Boston, 1994. 327 f. Tese (Doutorado). Washington College of Forest Resources. University of Washington. 327 p. 1994.
- BOZZETTO, D. J. Aspectos econômicos e sociais da cultura da erva-mate na região alta do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Brasil. In: WINGE, H. et al. (Ed.). **Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1995, p. 207-214.
- CALEGÁRIO, N., SOUZA, A. L., MARANGON, L. C., SILVA, A. V. Estimativas dos parâmetros de distribuição e de associação de espécies vegetais nativas regeneradas no sub-bosque de Eucalyptus, no município de Belo Oriente/MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 146-161, 1993.
- CAPRETZ, R. L. **Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do Estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função K de Ripley**. 2004, 79 f. Piracicaba. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Setor de Ciências Agrárias, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 79 p. 2004.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 640 p., 1994.
- CARVALHO, P. E. R. **Levantamento Florístico da Região de Irati, PR** (1ª aproximação). Curitiba-PR, EMBRAPA/Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro Sul, 44 p. 1980. (Circular Técnica, 3).
- CRESSIE, N. A. C. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley & Sons, 803 p., 1993.
- GALVÃO, F. A.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati, PR. Curitiba. **Floresta**, n.19, p. 30-49, 1989.
- HUBBELL, S. P. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. **Science**, v. 203, p. 1299-1309, 1979. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/203/4387/1299.full.pdf>>. Acessado em: 20 mar. 2010. Doi: 10.1126/ Science. p. 1299-1309, 1979.
- IBDF, INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Inventário nacional**. Florestas nativas, Paraná e Santa Catarina. Brasília: 345 p., 1984.
- MAZZA, C. A. S. **Caracterização ambiental da paisagem da Microregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/ SP, 147 p. 2006.
- PAYANDEH, B. Comparison of method for assessing spatial distribution of trees. **Forest Science**, v. 16, p. 312-317, 1970.
- PENTEADO, S. R. C. Principais pragas da erva-mate e medidas alternativas para o seu controle, p.109-120. In WINGE, H., FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. F. A., TARASCONI, L. C. (org.) **Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRGS, 356 p., p. 1995.
- PENTTINEN, A.; STOYAN D.; HENTTONEN, H. M. Marked point processes in forest statistics. **Forest**

**Science**, v. 38, n. 4, p. 806-824, 1992.

RIPLEY, B. D. Modelling spatial patterns. **Journal of the Royal Statistic**, v. 39, p. 172-212, 1977.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequiâneas heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, 195 p., 2000.

SOUZA, A. L. **Estrutura, dinâmica e manejo de florestas tropicais**. Viçosa: UFV/DEF, 1999, 54 p.

**PLANEJAMENTO DA INCLINAÇÃO ADEQUADA PARA ESTRADA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA EM ÁREA DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA**

**PLANNING FOR THE ADEQUATE INCLINATION OF PRIMARY AND SECONDARY ACCESSES TO MANEJABLE FORESTAL AREA IN THE AMAZON**

Verônica Satomi Kazama<sup>1</sup> Mario Hideo Sasaki Ligia Mancchini de Oliveira Barros Mariana Peres de Lima  
Edgar Nogueira Demarqui Aldeize da Silva Santos

**RESUMO**

Nas florestas da Amazônia a atividade de manejo florestal representa uma importante atividade econômica. Porém, frequentemente, o planejamento é inadequado, principalmente no que se refere a construção de estradas. Esta negligência faz com que a degradação ambiental, causada por esta atividade exploratória, seja agravada de forma preocupante. Assim, o planejamento de estradas sobre áreas de manejo florestal requerer técnicas que possam amenizar tal problema à floresta, garantindo assim sua conservação. Neste sentido o sistema de informação geográfica (SIG), vem como uma alternativa por possuir suporte tecnológico interessante para melhorar o planejamento florestal. Diante deste contexto, o objetivo do estudo foi identificar as áreas de inclinação apropriadas para construção de estradas primária e secundária, através de técnicas de geoprocessamento, em uma área de manejo florestal (AMF) na Amazônia. A área de estudo se encontra no município de Cláudia, no estado de Mato Grosso (MT). Os dados utilizados foram as imagens de radar do programa *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), e a base cartográfica digital da área de estudo. Estes foram processados e analisados no ArcGIS 10. Os resultados mostraram que, na AMF, tanto para estrada primária quanto para secundária apresentaram uma expressiva maior área com baixa inclinação, seguida de média e alta inclinação. Para estrada primária as classes de baixa, média e alta de inclinação apresentou 205, 16, 13 hectares que corresponderam a um percentual de 87,6%, 6,9% e 13%, respectivamente. E para estradas secundárias os valores de área de baixa, média e alta inclinação identificadas, foram de 185, 32 e 17 hectares, representando 79,1%, 13,7% e 7,3%, respectivamente. Conclui-se que AMF se mostrou uma área com baixo grau de dificuldade para construção de estradas primárias e secundárias.

**Palavras chave:** planejamento florestal; estrada florestal; sistemas de informação geográfica; arcgis.

**ABSTRACT**

In the Amazonian forests to forest management activity is an important economic activity. Often, however, the design is inadequate, particularly as regards the road construction. This neglect causes environmental degradation caused by this exploratory activity, is aggravated alarmingly. Thus, the road planning on forest management areas require techniques that can mitigate such problem to the forest, thus ensuring its conservation. In this sense the geographic information system (GIS), comes as an alternative to possess interesting technological support to improve forest planning. Faced with this context, the aim of this study is to identify the appropriate slope areas for construction of primary and secondary roads, through geoprocessing techniques, in a forest management area (FMA) in the Amazon. The study area is in Cláudia municipality in the state of Mato Grosso (MT). The data used were the radar of the Shuttle Radar Topography Mission program (SRTM), and the digital base map of the study area. These were processed and analyzed in ArcGIS 10. The results showed that the MPA, both for primary and for secondary road showed a significant larger area with a low gradient, followed by medium and high slope. For primary road the lower classes, middle and upper slope were 205, 16, 13 hectares representing a percentage of 87.6%, 6.9% and 13% respectively. In addition, for secondary roads the downtown area values, medium and high inclination identified were 185, 32 and 17 hectares, representing 79.1%, 13.7% and 7.3%, respectively. It concludes that FMA has proved an area with low degree of difficulty for construction of primary and secondary roads.

**Key words:** forest planning; forest road; geographic information systems; arcgis.

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Santa Maria (RS). CEP 97105-900.

E-mail: veronica.kazama@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Em florestas na Amazônia, a baixa qualidade dos planejamentos de exploração madeireira, em um manejo florestal, ocasiona a sua degradação e destruição (SABOGAL et al., 2006). Sendo que, a construção de estradas com planejamento inadequado é responsável pelos maiores impactos ambientais na floresta (MACHADO; SOUZA, 1990).

No estado de MT, as estradas em uma área de manejo florestal (AMF), devem ser planejadas de acordo com os critérios estabelecidos, no Decreto nº 1.862, de 24 de Marco de 2009 estipulada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA). Neste, a estrada primária e as secundárias devem possuir as seguintes dimensões: 6 e 4 metros de largura, respectivamente, e com adicional de 2 metros para cada lado, em ambas. A estrada primária tem por finalidade o escoamento da madeira para fora da floresta, enquanto que a estrada secundária liga o pátio de estocagem de madeira com a estrada primária (MATO GROSSO, 2009).

Segundo Malinovski (1991), a rede viária florestal pode ser definida como sendo a interação das estradas que permitam efetuar a exploração de madeira sem causar riscos a manutenção da produção e garantindo o abastecimento necessário à empresa. No entanto, o decreto de MT apresenta uma descrição incipiente para permitir efetuar tal planejamento, já que são ignorados, na maioria das vezes, as características ambientais da área. Este fato faz com que os projetos de manejo florestal apresentem diversos erros, o que causam sérios prejuízos a floresta. Conforme Braz (2010), estradas mal planejadas desencadeiam modificações na estrutura e composição da floresta, comprometendo o estoque de madeira comercial para os próximos ciclos, sem contar no aumento de custo de construção.

Diante desta problemática, requer-se uma alternativa metodológica que permita um planejamento que envolva aspectos ambientais. Neste sentido, o sistema de informação geográfica (SIG) podem ser esta alternativa, pois possui tecnologia necessária para auxiliar na compreensão do meio físico de uma determinada área (SILVA, 1999). Se justifica a utilização de SIG para o planejamento da rede viária em um manejo florestal na Amazônia, uma vez que, aproveita melhor o tempo e os recursos, permitindo encontrar o melhor local na floresta para construção das estradas, ou seja, possibilita-se diminuir o impacto negativo à floresta (DE OLIVEIRA FILHO et al., 2005).

Dentre as características do terreno a declividade ou inclinação, no planejamento de estradas florestais, é uma informação imprescindível, pois através do seu conhecimento é possível obter informações de áreas restritas ao transito de determinados tipos de máquinas florestais sobre uma estrada. Para construção de estradas florestais deve-se delimitar o traçado por terrenos mais planos (MUHLBAUER, 2009). Conforme Braz (1997) o limite de inclinação da estrada primárias é de máxima de 8 - 10%, e para estradas secundárias 6 - 8%. Acima deste intervalo, o transporte é dificultado, portanto é aconselhável realizar um levantamento desta característica durante o planejamento da estrada florestal.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi identificar as áreas de inclinação apropriadas para construção de estradas primárias e secundárias, através de técnicas de geoprocessamento, em uma área de manejo florestal na Amazônia. A área de estudo se encontra no município de Cláudia, no estado (MT).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma AMF com cerca de 234 hectares, aprovado pelo órgão competente, localizado no município de Cláudia, MT, Brasil (Figura 1).

Segundo Ferreira et al. (2001), a cidade de Cláudia se encontra no Bioma Amazônia, e sendo, conforme IBGE (1992), formada pela vegetação de transição entre a Floresta Ombrófila e a Floresta Estacional. Além disso, o município apresenta relevo plano e suavemente dissecado, com altitudes variando de 400 a 500 m, e com predominância do solo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA 1999). Já o clima é tropical chuvoso com curto período de seca, classificado segundo Köppen, como o tipo climático Am, na transição entre o clima equatorial superúmido (Af) da Amazônia e o tropical úmido (Aw) do Planalto Central (CARVALHO, 2006). A estação chuvosa da região se encontra nos meses de dezembro a fevereiro e a estação seca de junho a setembro, apresentando a precipitação em torno de 2.000 mm ao ano. A temperatura média ao ano se encontra em torno de 24°C, com umidade relativa do ar variando de 80 a 85% (VOURLITIS et al., 2002).

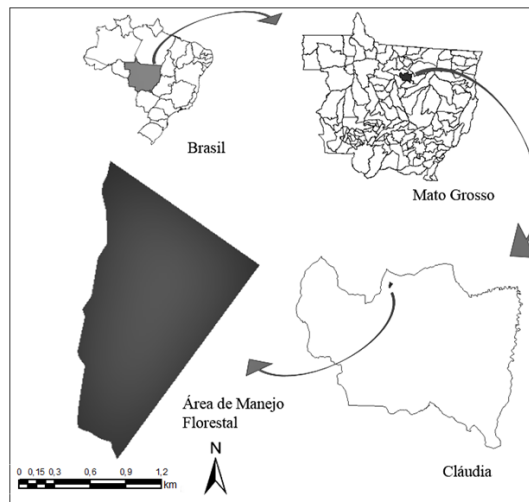


Figura 1- Localização geográfica da área de estudo.  
Figure 1- Geographical location of the study area.

Os dados utilizados foram: a imagem de radar do programa *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 90 metros, disponível pelo site do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE, em: <<http://www.inpe.br/>>; e as informações da base cartográfica digital da AMF (limite da AMF, estrada primária e secundária), disponibilizadas por uma empresa privada de Sinop- MT.

O mapa de inclinação foi gerado a partir dos dados da imagem SRTM. Para realizar este mapa, primeiramente foi efetuado o recorte da imagem SRTM de acordo com o contorno da AMF. A partir do menu *3D Analyst Tools*, utilizou-se o comando *Contour* para formar as linhas das curvas de níveis da AMF, com escala de 3 metros. Figueiredo et al. (2007) afirma que a escala de 3 metros proporciona um nível de detalhamento adequado para planejamentos florestais. Formada as curvas de nível foi possível gerar a imagem de declividade.

Após gerada a imagem de declividade foi realizada a operação de classificação desta. Para realizar estas etapas foram levadas em consideração as informações do estudo de Da Rocha (2007) e Braz (1997), que mostraram que a inclinação máxima de 8 a 10% é ideal para construção de estradas primárias (Tabela 1 A), enquanto que para estradas secundárias a inclinação máxima é 10 a 12% (Tabela 1 B).

Tabela 1 – Classificação quanto ao nível de inclinação para estradas primária (A), e secundária (B), respectivamente.

Table 1 - Classification of the incline level to primary roads (A) and secondary (B), respectively.

(A)			(B)		
Restrição	Classificação	Cor	Restrição	Classificação	Cor
< 8%	Baixa	Cinza claro	< 10%	Baixa	Cinza claro
8 a 10%	Média	Cinza médio	10 a 12%	Média	Cinza médio
>10%	Alta	Preto	>12%	Alta	Preto

Fonte: Adaptado de Da Rocha et al. (2007) e Braz (1997). Fonte: Adaptado de Braz (1997).

Diante estes valores, a imagem de inclinação foi classificada quanto a dificuldade das máquinas em transitar sobre a estrada primária, como: baixa (< 8%), média (8 a 10%) e alta (>10%), e sobre a estrada secundária: baixa (< 10%), média (10 a 12%) e alta (>12%), demonstrados no Quadro 1.

Finalizada a etapa de classificação, gerou-se um mapa temático contendo informações das áreas de baixo, médio e alto níveis de inclinação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, apresenta-se o resultado do mapa das variações dos níveis de inclinação do solo da AMF. As áreas na cor preta representam os locais com declive acima da inclinação máxima ideal para as estradas primárias (Figura 2 A) e secundárias (Figura 2 B). As áreas em cinza médio são as áreas de declividade no intervalo máximo ideal para construção das estradas, e as áreas de cinza claro representam as áreas de baixo declive, consideradas ótimas para construção das ambas estradas.

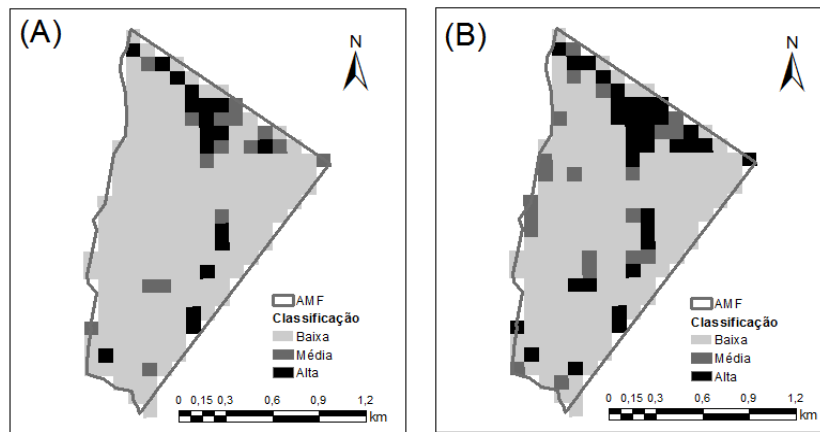


Figura 2- Mapa do nível de inclinação adequada para estradas primárias (A) e secundárias (B).  
Figure 2- Map of adequate level of inclination to primary roads (A) and secondary (B).

Na Tabela 2, pode se observar o resultado da proporção das áreas de inclinação classificadas para estrada primária e secundária. Sendo que as classes de baixa, média e alta de inclinação para estrada primária apresentaram, respectivamente, os valores de 205, 16, 13 hectares que representaram um percentual de 87,6 %, 6,9% e 13%. E para estradas secundárias os valores de área de baixa, média e alta inclinação apresentados foram de 185, 32 e 17 hectares, representando 79,1%, 13,7% e 7,3%, respectivamente.

Tabela 2- Classes de área e percentuais de inclinação obtidas para estrada primária (A) e secundária (B) sobre a AMF

Table 2- Area classes and tilt percentage obtained for primary road (A) and secondary (B) on the AMF.

(A)			(B)		
Área de inclinação	Hectares	%	Área de inclinação	Hectares	%
Baixa	205	87,6	Baixa	185	79,1
Média	16	6,9	Média	32	13,7
Alta	13	5,6	Alta	17	7,3

Fonte: Adaptado de Da Rocha et al. (2007) e Braz (1997).

Fonte: Adaptado de Braz (1997).

Com os resultados obtidos, foi possível observar que a AMF apresentou uma maior área classificada com baixa inclinação tanto para critérios de adequação para as estradas primária quanto para secundária, seguida de média e alta inclinação com baixa proporção sobre a área. Este resultado demonstrou que a área possui em maior proporção, um terreno plano. Sendo assim, a AMF se mostrou uma área de baixo grau de dificuldade para construção de estradas primária e secundária.

A baixa inclinação da área demonstra que as estradas primária e secundária, tendem a causar menor dano por processos erosivos causados pela água da chuva. Visto que, conforme Corrêa et al. (2006) a água é o principal desencadeador de processos erosivos em estradas. Com o planejamento adequado de acordo com a inclinação do terreno, pode se evitar que os sedimentos carregados pela enxurrada se depositem em porções mais baixas da paisagem resultando no assoreamento e poluição dos mananciais (Grace III, 2002).

Desta forma, a metodologia deste trabalho, baseado em geoprocessamento, proporciona uma medida de reduzir impactos ambientais negativos, por meio da localização dos pontos críticos com relação a inclinação do terreno, e assim possibilitando se esquivar destes. Além disso, permitiu-se observar a superfície do terreno sem locomoção de equipe de campo até a área de estudo, diminuindo assim, o tempo e o recurso no planejamento das estradas de forma significativa. E ainda, o fato de escolher áreas de menor declive é relevante, pois facilita na transição de máquinas pesadas sobre AMF durante a extração de madeiras.

No entanto, vale ressaltar que além da informação de inclinação é indispensável a busca de outras informações adicionais, como por exemplo, a ocupação do solo para que as estradas não ultrapassem áreas de preservação permanente, e hidrografias. Esta última, se encontrada em AMF, requer a construção de ponte, uma infraestrutura muito cara, portanto deve ser evitada quando possível (ITTO, 1990). Existem alguns estudos que mostram metodologias de otimização das estradas na Amazônia, como por exemplo, de Braz (1997) envolvendo

uma técnica de otimização de estradas secundárias em função da distância de arraste; de Da Rocha et al. (2007) que propõe a determinação de a densidade ótima de estradas florestais no Pará.

Também, existem diversos estudos que demonstram metodologias para obter tais informações de um determinado local com o uso do SIG, usualmente, aplicadas na agricultura e florestas plantadas (LOPES e MACHADO, 2003), porém em florestas nativas são constantemente negligenciadas (BRAZ, 1994; BRAZ, 2010).

Desta forma, os profissionais da área que atuam no Bioma Amazônia, necessitam que se embasem em estudos com metodologias semelhantes ao proposto, pelas suas vantagens descritas, e por alcançar um planejamento com maior precisão nos processos que envolvem a construção de estradas, já que esta é considerada como uma das atividades responsáveis por impactos negativos, como por exemplo a perda de espécies nativas e a degradação do solo, e comprometimento do estoque de madeira para o próximo ciclo, e na alteração da estrutura e composição da floresta (BRAZ, 2010; MACHADO; SOUZA, 1990).

## CONCLUSÕES

O estudo possibilitou observar as áreas com diferentes níveis de inclinação desde a mais baixa, a média e até a mais alta, considerando o intervalo de inclinação máxima para estrada primária e secundária como inclinação média. Pode-se perceber que maior área da AMF estava na classe de baixa inclinação, sendo adequada para estradas primária e secundária. Portanto, área de estudo se mostrou uma área com baixo grau de dificuldade para construção de estradas primárias e secundárias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAZ, E. M. Planejamento das atividades de exploração florestal em floresta tropical úmida. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPENSADO E MADEIRA TROPICAL, 2., 1994, Belém, **Anais do...** Belém: ABIMCI/AIMEX/FIEPA, 1994. p. 139 – 144.
- BRAZ, E. M. **Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável em manejo de floresta tropical.** Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, Circular Técnica, 15, 1997.36p
- BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de floresta tropicais da Amazônia.** 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- CARVALHO, M. A. D. Composição e história natural de uma comunidade de serpentes em área de transição Amazônia-cerrado, ecorregião florestas secas de Mato Grosso, município de Claudia, Mato Grosso, Brasil. 92 f. Tese (Doutorado em Biociências) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- CORRÊA, C. M. C.; MALINOVSKI, J. R.; ROLOFF, G. Bases para planejamento de rede viária em reflorestamento no Sul do Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, p. 277 – 286, 2006.
- DA ROCHA, E. S; DE BARROS, P. L. C., MACIEL, M. N.; ERLER, J. Avaliação da densidade ótima de estradas florestais em dois sistemas de exploração florestal no estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 47, n. 1, p. 49-58, jan/jun 2007.
- DE OLIVEIRA FILHO, P. C.; DA SILVA LOPES, E.; MAGRAF, W.; DISPERATI, A. A. Determinação da rota ótima de transporte com auxílio de um sistema de informação geográfica. **Ciência Florestal**, v. 15, p. 403 – 409, 2005.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Pecuária. **Sistema brasileiro de levantamento e classificação de solo.** EMBRAPA solos, Rio de Janeiro.1999, 412p.
- FERREIRA, L. V.; SÁ, R. L.; BUSCHBACHER, R.; BATMANIAN, G.; SILVA, J.M.C.; ARRUDA, M.B.; MORETTI, E.; SÁ, L.F.S.N.; FALCOMER, J.; BAMPI, M.I. Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade por meio da representatividade das unidades de conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia brasileira. In: Veríssimo, A.; Moreira, A.; Sawyer, D.; Santos, I.; Pinto, L. P.; Capobianco, J. P. R. **Biodiversidade na Amazônia Brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios.** São Paulo, 2001. p. 268 – 286.
- FIGUEIRO, E. O.; BRAZ, E. M.; D'OLIVEIRA, M. V. N. **Manejo de precisão: modelo digital de exploração florestal.** Rio Branco: Embrapa, AC, p.17-31, 2007.
- GRACE III, J. M. Sediment movement from forest road systems. **American Society of Agricultural Engineers**, Saint Joseph, US, p. 13-14, 2002.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Série manuais técnicos em geociências, 1. Rio de Janeiro. 1992. 92p.
- ITTO - International Tropical Timber Organization. **Guidelines for sustainable management of natural tropical forests.** Japan, Technical Series 5., 1990.

- LOPES, E. S., MACHADO, C. C. Desafios do planejamento da colheita florestal no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 6., 2003, Belo Horizonte. **Anais do...** Viçosa: UFV/SIF, 2003. p. 44 – 68.
- MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. de. Impacto ambiental das estradas florestais no ecossistema: causas e controle. In: BOLETIM TÉCNICO, n. 1. **Exploração florestal**. Viçosa, MG: SIF, 1990. p. 1 – 12.
- MALINOVSKI, J. R. A combinação de fatores indispensáveis a exploração de florestas implantadas. In: 0 DESAFIO DAS FLORESTAS NEOTROPICAIS, 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1991. p. 296-311.
- MATO GROSSO. **Decreto nº 1.862, de 24 de março de 2009**. Disponível em: <http://cipem.org.br/novo/arquivos/5af6f8b50013faea7a88edca220e4421.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2015.
- MUHLBAUER, E. J. **Plano de Manejo Florestal Sustentável em Floresta Pública. Serviço Florestal Brasileiro**. Itapuã D' oeste, Rondônia, 2009. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/execucao-tecnica/view-category>>. Acesso em 06 out. 2014.
- SABOGAL, C.; LENTINI, M.; POKORNY, B.; SILVA, J. N. M.; ZWEEDE, J.; VERÍSSIMO, A.; BOSCOLO, M. **Manejo florestal empresarial na Amazônia Brasileira**. Belém: Cifor, 2006. 72p.
- SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Georreferenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Unicamp, 1999. 236 p.
- VOURLITIS, G. L., N.; PRIANTE FILHO, M. M. S.; HAYASHI, J.S.; NOGUEIRA, F. T.; CASEIRO E J. H.; CAMPELO J. H. Seasonal variations in the evapotranspiration of a transitional tropical forest of Mato Grosso, Brazil. **Water resources research**, v. 38, p. 30-1 – 30-11, 2002.



PLANEJAMENTO DO SEGUNDO CICLO DE *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. NO ESTADO DO ACRE

PLANNING THE SECOND CUT OF *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. IN ACRE STATE

Evaldo Muñoz Braz<sup>1</sup> Patrícia Póvoa de Mattos Aline Canetti Fabio Thaines Camila Castilla Ruy Luciellen Pereira Martins

RESUMO

O manejo das florestas naturais tropicais não considera estratégias de melhoria da capacidade de recuperação da floresta. A maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Standl) é uma espécie de grande valor econômico para o estado do Acre e para a Amazônia como um todo. Entretanto, sua extração, como das demais espécies, não considera a adequação da estrutura remanescente para uma melhor recuperação. Independentemente deste fator, muitas avaliações ou simulações de recuperação das espécies individualmente não atingem 100%, causando discussões e controvérsias sobre a capacidade do manejo florestal ser ferramenta capaz de garantir a sustentabilidade da floresta de produção. Este trabalho visa sugerir estratégias de otimização da estrutura diamétrica no primeiro corte visando uma melhor recuperação no segundo ciclo. O trabalho mostrou que a maçaranduba possui distribuições diamétricas diferenciadas que também implicam em estratégias diferentes. O trabalho também discute o conceito de “sustentabilidade” e recuperação adequada pós-exploração da espécie e analisa restrições que limitam ciclos de corte muito longos.

**Palavras-chave:** Manejo de florestas naturais; Recuperação volumétrica; Sustentabilidade; Ciclo de corte.

ABSTRACT

The management of natural tropical forests does not consider improvement strategies to forest resilience. Maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Standl) is a species of great economic value to the state of Acre and the entire Amazon region. However, its extraction, like other species, does not consider the remaining structure of population for a better recovery. Besides, many evaluations or recovery simulations of individual species have failed to reach 100% of initial volume stand, causing discussions and controversies about the ability of forest management tools to ensure sustainability of a “production forest”. This paper aims to suggest optimization strategies of diameter distribution in the first cut aiming at a better recovery in the second cycle. The work showed that maçaranduba presents different diameter distributions which also imply in different strategies for its recovery. It is also discusses the concept of "sustainability" and adequate post-logging recovery of species and it analyzes constraints that limit very long cutting cycles.

**Keywords:** Natural forest management; Timber volume recovery; Sustainability; Cut cycle.

INTRODUÇÃO

Nos planos de manejo das florestas naturais não tem sido considerado que as extrações devem estar vinculadas, no mínimo, à estrutura das classes diamétricas e à capacidade de recuperação do volume das espécies que comporão a taxa de corte. Possibilidades de realmente manejar a floresta, tem sido pouco consideradas (PUTZ, et al, 2000).

Muitos pesquisadores têm questionado a capacidade de recuperação da floresta nos ciclos considerados (AZEVEDO, 2006; VAN GARDINGEN, et al.2006; SIST e FERREIRA, 2007).

Para Oliveira (2006), a produção de madeira baseada em estudos de crescimento e rendimentos ainda não foi praticada efetivamente na Amazônia Brasileira.

O aumento do tempo dos ciclos de corte tem sido sugerido sem análise mais aprofundada dos diferentes estoques remanescentes, compatibilizados aos incrementos diferenciados das espécies e taxas de extração com pesos diferentes.

As extrações, e mesmo as expectativas de pesquisas sobre a recuperação, são feitas por tentativa e erro. Entretanto, a previsão da capacidade de recuperação da floresta pode ser estimada mediante modelos de

<sup>1</sup>Autor para correspondência

Engenheiro florestal, Doutor, Pesquisador da EMBRAPA Florestas, Colombo, PR.  
Email: evaldo.braz@embrapa.br.

crescimento que utilizem prognoses para o povoamento. É importante visualizar a estrutura futura para estimar se a extração a ser efetuada está com o peso correto e se está possibilitando a recuperação da floresta.

Vanclay (1994) considerou que modelos de “projeção de classe de diâmetro” podem ser úteis onde os dados são escassos e afirmou que, na comparação de um modelo determinístico para povoamento (*deterministic stand class model*) ou com um modelo estocástico espacial de árvore isolada (*stochastic single tree spatial model*), ambos se mostraram compatíveis com a realidade para períodos de predições em curto e médio prazos (5 a 25 anos).

Segundo Amaro (1996), a maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Standl) é uma das espécies mais utilizadas nas serrarias no estado do Acre e ocorre em todas as tipologias florestais inventariadas ao longo da BR-364 neste estado. Neste trabalho o pesquisador informa também que a maçaranduba destaca-se em quatro, das dez tipologias florestais encontradas, com os dez maiores IVI (índice de valor de importância). Esta espécie é importante economicamente para o estado do Acre e para a maior parte dos estados da região norte. Entretanto, seu manejo, como o manejo das demais espécies, é feito sem critérios visando sustentabilidade de reposição nas classes comerciais para o próximo ciclo.

Segundo Costa et al. (2007) a maçaranduba pertence ao grupo ecológico de espécies tolerantes a sombra, porém, quando sobre manejo, com abertura de dossel, tem seu crescimento acelerado. O mesmo pesquisador também informa que a espécie pode atingir  $0,67 \text{ cm ano}^{-1}$ , com iluminação total da copa, e  $0,58 \text{ cm ano}^{-1}$  com iluminação parcial.

Este trabalho visa estudar estratégias para determinação de taxas sustentáveis e estudo de estruturas remanescentes que possam recuperar volumes comerciais da maçaranduba para o segundo ciclo, ao mesmo tempo em que sugere um procedimento de análise.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

Foram identificadas três propriedades que serão manejadas no estado do Acre, onde foram realizados inventário 100% de árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 30 cm. Foram identificadas as árvores que serão cortadas segundo o plano de manejo das empresas, as árvores remanescentes e as árvores da área de preservação permanente (APP). Dados complementares de 15 e 25 cm de centro de classe foram obtidos dos inventários amostrais do Plano de Manejo Florestal e Uso Múltiplo com Rendimento Sustentado da Reserva Extrativista São Luis do Remanso (FUNTAC, 1997) e Inventário Florestal e Plano de Manejo em regime de Rendimento Sustentado do seringal Nova Olinda (FUNTAC, 1992), ambos no estado do Acre. O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, equivalendo a clima quente e úmido de monções. A temperatura do ar apresenta média anual variando de  $24,5 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $25,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , sendo julho o mês mais frio, com média de  $23,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , e outubro o mais quente, com média de  $25,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . A umidade relativa do ar é de 85% e a precipitação anual varia de  $1.600 \text{ mm}$  a  $2.750 \text{ mm.ano}^{-1}$ . Ocorre na região o fenômeno da friagem, com duração de 3 a 8 dias, podendo chegar a mínimas de  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Área de manejo 1

A área do imóvel está localizada a Sul do município de Sena Madureira, AC. O talhão relativo à área 1 está situado em solos predominantemente Argissolo Amarelo eutrófico, Plíntico, Argissolo Amarelo eutrófico Plíntico e Argissolo vermelho Distrófico latossólico. A área é banhada pelo Rio Iaco e outros pequenos cursos d'água, os quais são afluentes do Rio Purus. O relevo apresenta grande variação de suave ondulado a forte ondulado. A vegetação nativa predominante é Floresta Aberta, segundo dados do Zoneamento Ecológico Econômico do estado do Acre (ACRE, 2006). O déficit hídrico e a retirada de água no solo ocorrem de maio a setembro e a reposição de água, por sua vez, ocorre de setembro a novembro.

### Área de manejo 2

Este talhão encontra-se na região média do Rio Acre, inserido no município Capixaba, AC. Na área do plano de manejo, apresentam-se predominantemente os solos Argissolo Vermelho Distrófico Latossólico, compreendendo mais de 80% do total da propriedade. A topografia é praticamente plana, havendo poucas ondulações esparsas, cuja declividade não compromete a atividade madeireira. Em uma pequena porção da área o relevo apresenta-se ondulado. A tipologia florestal predominante é a Floresta Aberta com palmeiras.

### Área de manejo 3

A área 3 está inserida nos limites do Município de Feijó, AC. De acordo com o mapa pedológico do Estado e estudos do Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre (ACRE, 2006), existe uma combinação de solos

predominantes na região, sendo Luvissole Hipocrômico, Cambissolo Háplico e Vertissolo cromado. O relevo da região é suave ondulado a ondulado. Apresenta vegetação de floresta nativa com dominância da tipologia Floresta aberta com palmeiras. A propriedade se encontra nas microbacias dos Igarapés Macipira e Pauinin-mirin, que são afluentes do Rio Jurupari, afluente do Rio Envira.

### Prognose da recuperação da floresta com base na taxa de corte

1) O incremento periódico anual (IPA) da maçaranduba foi baseado em Costa et al. (2007) e Braz (2010), conforme apresentado na tabela 1.

Com base na estrutura diamétrica remanescente de maçaranduba nas diferentes áreas previstas para manejo, foi projetado o IPA necessário para o próximo ciclo para verificação da capacidade de recuperação da espécie, de acordo com a taxa de corte utilizada. O sistema utilizado foi o de “projeção por classe de diâmetro”, segundo Alder (1995) e Scolforo et al. (1996).

Assume-se a dispersão uniforme dentro da classe de diâmetro.

$$I = t.i / \Delta D$$

Em que: I = ingresso na próxima classe; t = tempo em anos; i = incremento periódico da classe de diâmetro a 1,3 m do solo (DAP);  $\Delta D$  = intervalo de classe de diâmetro.

A mortalidade utilizada esta apresentada na tabela 1 e foi simulada para os 30 anos, segundo a fórmula:  $(1 - 0,0_i)^n \cdot N$ , sendo “i” a taxa de mortalidade, “n” o ciclo de corte em anos, e N o número de indivíduos transitando entre as classes.

2) Foi verificado quanto cada classe diamétrica, individualmente, com seu respectivo número de árvores inicial, contribuiria para o volume futuro (depois de 30 anos) simulando crescimento de 100 árvores por classe segundo Alder (1992) e modificado por Braz (2010). Assim, é acompanhado o trajeto de 100 árvores a partir das classes de origem até as classes de destino, subtraindo-se a mortalidade para a verificação do volume líquido obtido.

Utilizou-se o seguinte procedimento, segundo metodologia de Braz (2010):

- a) Verificação do volume médio atual considerando 100 árvores por classe (V1).
  - b) De acordo com o incremento diamétrico por classe, faz-se a simulação do volume potencial destas mesmas 100 árvores 30 anos após (V2), considerando a mortalidade entre as classes no período.
  - c) Subtração de V1 de V2 e identificação de qual classe otimiza o volume ao fim do ciclo.
- 3) Foram comparadas distribuições diamétricas da maçaranduba de três planos de manejo do estado do Acre, visando identificar a sustentabilidade das extrações do ponto de vista estrito da produção para um ciclo de 30 anos.

4) Foi estimado por simulação a capacidade potencial de recuperação da floresta resultante do corte planejado pelas empresas para verificar a necessidade de plano alternativo para garantir a sustentabilidade da extração.

5) Mediante diferentes simulações de manejo da estrutura remanescente, foi determinado um plano de corte visando a recuperação ideal para o segundo ciclo, buscando-se o ponto de equilíbrio entre corte e recuperação do volume de madeira extraída.

Para o cálculo do volume foi utilizada a equação desenvolvida para a floresta em estudo (Braz, 2010), derivada do modelo de Hohenadl-Krenn (FINGER, 1992):

$$VC = -1,21685 + 0,02959 \cdot DAP + 0,000501 \cdot DAP^2$$

Em que: VC = volume comercial; DAP = diâmetro à altura do peito.

As estruturas forma avaliadas segundo o tamanho do talhão original, para melhor visualização dos efeitos.

O diâmetro comercial considerado foi acima de 50 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), considerando o centro de classe de 55 e intervalo de classes de 10 cm.

O ciclo considerado foi de 30 anos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume comercial de corte para as áreas de manejo 1 (993,4 ha), 2 (734,00 ha) e 3 (993,4 ha) foram 172,00 m<sup>3</sup>, 518,38 m<sup>3</sup> e 241,33 m<sup>3</sup>, respectivamente.

A figura 1 mostra que o incremento em diâmetro tem um desenvolvimento padrão, ou seja, com um período de mínimo, outro de máximo e um posterior decréscimo constante, similar ao observado por Braz (2010), mediante parcela permanente, para um grupo de 26 espécies. Este padrão de crescimento possibilita a identificação de um caminho “ótimo” (Figura 2) entre as classes, identificando o maior volume a ser recuperado. Este “ótimo,”

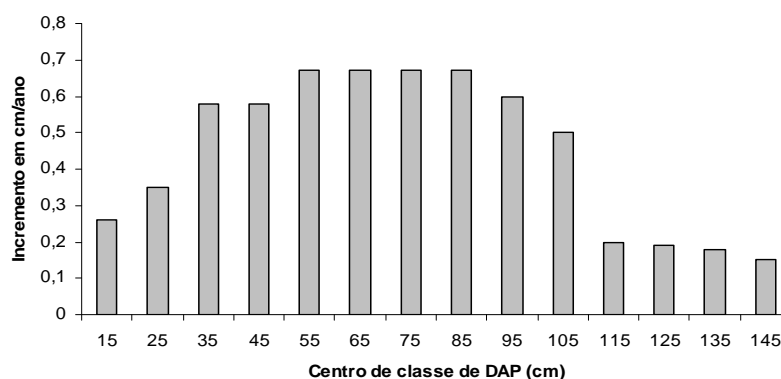
deperderá da dimensão (DAP) de origem das árvores e principalmente do transito entre as classes com diferentes incrementos.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados nas simulações.

Table 1 - Parameters used in the simulations.

Florestas	Área de manejo 1	Área de manejo 2	Área de manejo 3	IPA (cm ano <sup>-1</sup> )(*)	Mortalidade (%.ano <sup>-1</sup> )
Classe de diâmetro	Número de árvores /ha	Número de árvores /ha	Número de árvores /ha		
15	0,2400	0,2400	0,2400	0,26	1,8
25	0,12	0,12	0,12	0,35	1,8
35	0,0151	0,0604	0,0000	0,58	1,8
45	0,0292	0,0584	0,0299	0,58	1,2
55	0,0413	0,0372	0,0855	0,67	1,2
65	0,0544	0,0383	0,0651	0,67	1,2
75	0,0141	0,0171	0,0448	0,67	1,8
85	0,0091	0,0131	0,0326	0,67	1,9
95	0,0091	0,0040	0,0204	0,60	1,9
105	0,0030	0,0020	0,0068	0,5	1,9
115	0,0000	0,0030	0,0000	0,2	1,9
>=125	0,0020	0,0020	0,0027	0,18	1,9
Total				-	-

(\*) dados baseados em Costa et al. (2007) e Braz (2010).



Fonte: Costa et al. (2007) e Braz (2010)

Figura 1 - Incremento diamétrico de acordo com a classe diamétrica.

Figure 1 - Diameter increment according to diameter class.

A figura 2 mostra as classes que mais colaboram na recuperação do volume para a maçaranduba. As árvores originárias do centro de classe de 55 são as que mais incrementam o volume comercial final, seguidas das classes de 65 e 75 cm, respectivamente. Logo após a classe de 85 cm, o retorno em volume começa a ficar negativo, similar ao encontrado para um grupo de espécies por Braz et al. (2012). A causa é que as árvores originárias a partir desta classe atravessam classes com menor incremento e, além disso, com maior mortalidade, ocasionando baixo retorno. Isto significa que do ponto de vista de manejo comercial, para a maçaranduba nestas condições de incremento, árvores com mais de 75 cm de classe de DAP trarão pouco ou nenhum retorno.

Pela figura 3 pode-se observar que a distribuição diamétrica da maçaranduba nas três áreas é bastante diferente entre si. Estas diferenças podem ser relacionadas a alguma exploração anterior, situação de competição ou sítio mais adequado para seu desenvolvimento. Isto evidencia que formas diferentes de manejo devem ser utilizadas, buscando sustentabilidade dos sistemas. Nesta figura é possível observar que a área de manejo 2 tem um bom estoque, ocorrendo o oposto na área de manejo 3, tendo inclusive uma falha na classe de 35cm de DAP.

Na tabela 2 são apresentados o número de árvores das áreas de preservação permanente, a proposta de corte da empresa e a proposta alternativa, além das árvores remanescentes para corte futuro.

O manejo previsto (tabela 2) pela empresa da área 1, resultou em um corte de 172,00 m<sup>3</sup>, e um volume em 69,17 m<sup>3</sup>, com relação às árvores remanescentes. A simulação para o segundo ciclo (30 anos após o primeiro corte) seria de 119,17 m<sup>3</sup> para volume comercial. A relação do volume do segundo ciclo (V2) com o volume do primeiro ciclo (V1) seria de 0,69, ou seja, o volume cobriria apenas 69% do volume comercial original. O incremento líquido seria de 59,00 m<sup>3</sup> e a recuperação líquida seria de 34%.

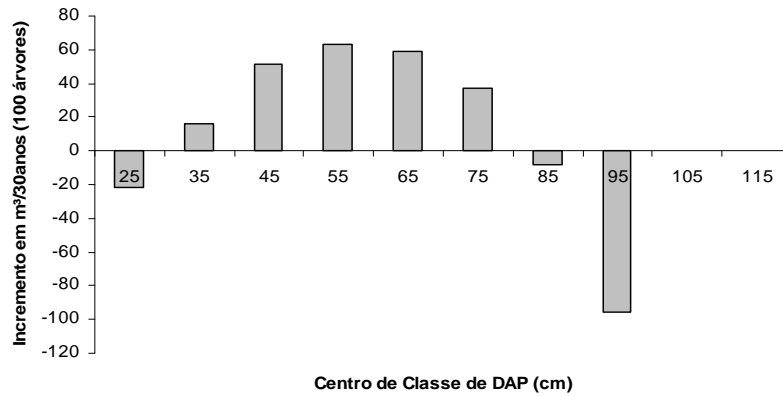


Figura 2 - Ponto de máximo rendimento das classes de origem com relação às classes de destino ao fim de 30 anos para 100 árvores.

Figure 2 - Maximum point yield of classes of origin with respect to the target classes at 30 years to 100 trees.

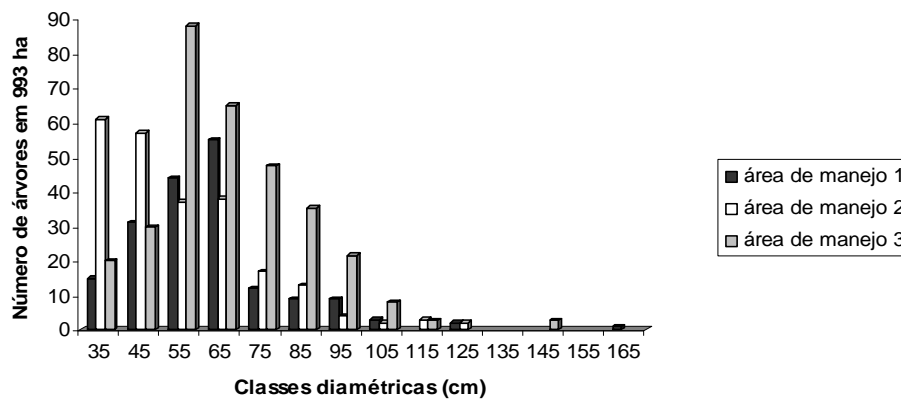


Figura 3 - Distribuição diamétrica nas áreas avaliadas em um compartimento de 993 ha.

Figure 3 - Diameter distribution in the areas evaluated in an enclosure 993 ha.

As tabelas 2, 3 e 4 mostram o número de árvores e sua função nas diferentes áreas de manejo.

Tabela 2 - Área de manejo 1.

Table 2 - Management area 1.

Classe DAP	n arvores	n app	Remanescente 1 para corte futuro	n corte 1	Remanescente 2 para corte futuro	n corte 2
35	15	9	6		6	
45	31	12	19		19	
55	44	18	22	4	26	
65	55	25	2	28	10	20
75	12	4	1	7	4	4
85	9	3	2	4		6
95	9	5		4		4
105	3	1		2		2
115						
125	2	2				
135						
145						
155						
165	1		1			1
175						
Total	181	79	52	49	65	36

Sendo: n = número de árvores; app = número de árvores na área da preservação permanente

A estratégia proposta consistiu em deixar mais árvores remanescentes principalmente nas classes de 55 e 65 cm, pois como visto na figura 2, são as mais produtivas. Aumentou-se também o número de árvores na classe de 75 cm. O corte foi direcionado para as árvores maiores.

Com o manejo proposto o corte simulado foi de 153,31 m<sup>3</sup> (apenas 11% menor que o proposto pela empresa). A simulação para o segundo ciclo indicou 161,83 m<sup>3</sup> para o volume acumulado comercial, sendo que a relação V2/V1 seria de 1,05, ou seja, o volume comercial seria ligeiramente superior ao do primeiro ciclo (figura 4). O incremento líquido seria de 62,42 m<sup>3</sup> e a recuperação líquida seria de 41%.

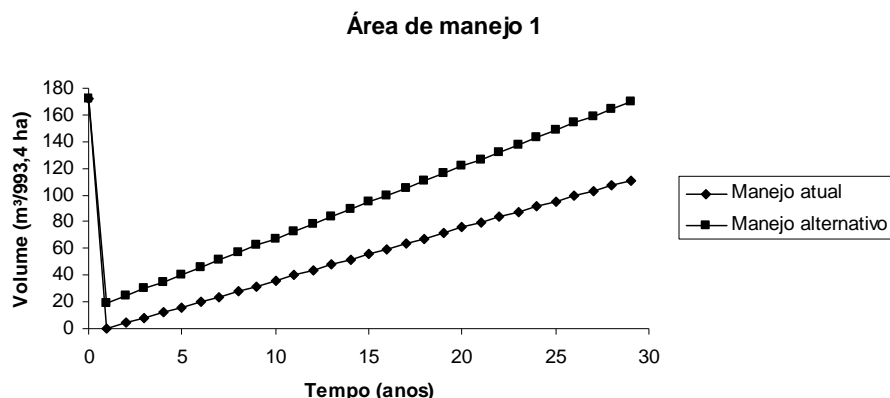


Figura 4 - Alternativas de manejo para a área 1.  
Figure 4 - Management alternatives for area 1.

Deve ser ressaltado que a redução da alternativa proposta para a área 1 seria de apenas 11%.

Tabela 3 - Área de manejo 2.  
Table 3 - Management area 2.

Classe DAP	n Árvores	n app	n remanescente para corte futuro	n corte
35	61	11	50	
45	57	10	47	
55	37	8	28	1
65	38	10		28
75	17	4		13
85	13	3		10
95	4	1		3
105	2			2
115	3			3
125	2	2		
Total	234	49	97	60

Sendo: n = número de árvores; app = número de árvores na área da preservação permanente.

Na área 2 de manejo (tabela 3), o corte previsto pela empresa foi de 241,33 m<sup>3</sup> e a simulação indicou para o segundo ciclo um volume comercial de 258,4941 m<sup>3</sup>, proporcionando uma relação V1/V2 de 1,07. Assim seria recuperado volume comercial inicial. O incremento simulado foi de 206,57 (figura 5) e a recuperação líquida seria de 85%. Não foi necessário propor novo sistema de manejo, porém, deve ser notado que a empresa tinha mantido a classe de 55 cm, e havia um bom número de árvores nas classes de 35 e 45 cm, classes estas que podem alcançar, dentro do tempo de ciclo, as classes comerciais. Havia assim, um balanço bastante positivo com relação às classes previstas para corte.

A área 3 de manejo tinha 518,38 m<sup>3</sup> de volume comercial, com 59,00 m<sup>3</sup> remanescente nas classes comerciais, e segundo o manejo proposto pela empresa, recuperaria para o novo ciclo 121,00 m<sup>3</sup> de volume comercial, obtendo a relação V2/V1 de apenas 0,26 (26%), com recuperação líquida de 11% (figura 6).

A nova proposta indicada também na tabela 4, nas duas últimas colunas, seria um corte de 420,00 m<sup>3</sup>, com uma redução no corte de 20% e recuperação em volume comercial para o novo ciclo de 341,80 m<sup>3</sup>. A relação V2/V1 seria 0,80 (80%), com uma recuperação líquida de 31%. Este seria o limite de recuperação comercial, pois após a classe de 75 cm, como visto na figura 2, não há mais incremento positivo do ponto de vista comercial durante o ciclo com relação às classes de origem e destino.

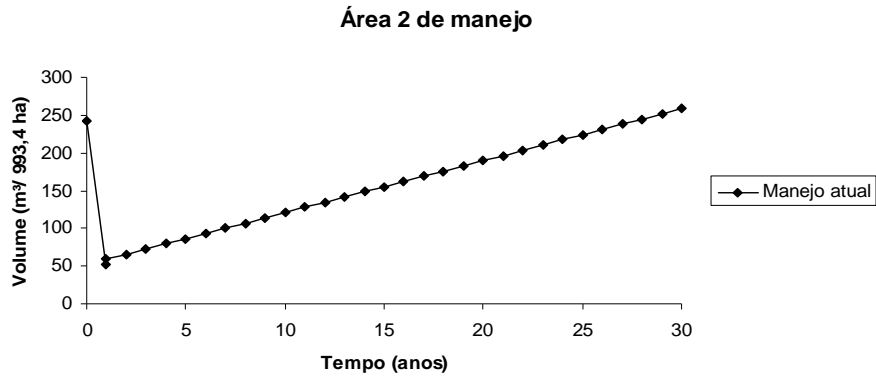


Figura 5 - Alternativas de manejo para a área 2.  
 Figure 5 - Management alternatives for area 2.

Tabela 4 - Área de manejo 3.  
 Table 4 - Management area 3.

Classe DAP	n Árvores	n app	Remanescente 1 para corte futuro	Corte 1	Remanescente 2 para corte futuro	Corte 2
35	20	12	8		8	
45	22	5	17		17	
55	65	18	30	17	47	
65	48	12		36	36	
75	35	6	1	28	15	
85	26	5		21		14
95	16	1		15		21
105	6			6		15
115	2			2		6
125						2
135						
145	2	1		1		1
155						
165						
175						
<b>Total</b>	<b>222</b>	<b>48</b>	<b>17</b>	<b>126</b>	<b>115</b>	<b>59</b>

Sendo: n = número de árvores; app = número de árvores na área da preservação permanente.

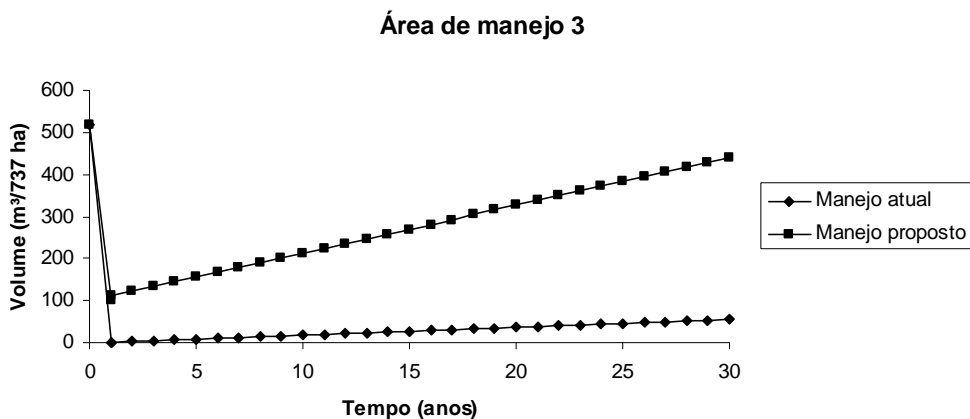


Figura 6 - Alternativas de manejo para a área 3.  
 Figure 6 - Management alternatives for area 3.

As recuperações estão de acordo com Gayot e Sist (2004). Somente o sitio 2 obteve recuperação bem alta, ressaltando que foram mantidas mais classes do que em uma exploração normal. As recuperações em volume

bruto, entretanto, podem oferecer uma melhor alternativa comercial (100%) para dois locais e com ligeira melhora na área 3.

Tem-se discutido recentemente a sustentabilidade do manejo sem considerar sobre que estruturas diamétricas estão inferindo. Dizer que o manejo madeireiro não é sustentável baseado em informações gerais resulta em conclusões equivocadas. Sem dúvida, extrações arbitrárias prejudicam a estrutura comercial futura e, assim, prejudicarão ciclos futuros (BRAZ, 2010). Por outro lado, é possível alterar a recuperação da floresta visando um retorno mais próximo ao volume do primeiro corte. Para tanto, deve-se observar a estrutura remanescente e adequar à taxa de corte. Obviamente, isto é uma decisão da empresa, do ponto de vista econômico.

Foram identificadas classes de DAP mais produtivas do ponto de vista de comporem as classes comerciais e volume final comercial. Estas classes, desde que viável economicamente, devem ser mantidas, pelo menos parcialmente. A partir da classe de 85 cm, sua manutenção na floresta não acarretará volume positivo. Por outro lado, em média, 74% das árvores da classe de 35 cm e 100% da classe de 45 cm conseguem atingir as classes comerciais dentro do ciclo. O tempo de passagem da classe de 45 cm para a comercial é de 17,2 anos. Na verdade, esta possibilidade de transição é que caracteriza a “recuperação sustentável”.

A questão da sustentabilidade madeireira só pode ser determinada a cada estrutura diamétrica analisada e de acordo com as estratégias utilizadas. Por outro lado, a preocupação exclusiva com a recuperação total do explorado, omite a existência de muitas árvores grandes e velhas estocadas nas classes superiores que desequilibram a possibilidade de recuperação do volume extraído em taxas e ciclos arbitrários. As florestas tropicais primárias sem intervenção, normalmente tem muito estoque acumulado nas classes mais velhas, que uma vez extraído, é improvável a recuperação deste mesmo volume durante um ciclo econômico de corte (OSMASTON, 1968; DAWKINS; PHILIP, 1998; BRIENEN; ZUIDEMA, 2007). Isso nada tem a ver com a sustentabilidade da floresta, pois se refere à uma “ponta de estoque”, difícil de ser atingida novamente. Para uma avaliação mais adequada do volume que deve ser recuperado, o volume pré-corte das árvores acima da classe de 95 cm por sítio deveria ser descontado do cálculo, pois estas classes são improdutivas, além de dificilmente as árvores da classe de 45 cm poderem atravessar mais 5 classes, devido à redução paulatina do incremento. Com essa consideração, a recuperação esperada deveria ser reduzida em 46% no primeiro local, 33% no segundo e 76% no terceiro local. Sob este novo prisma, as recuperações seriam para os locais 1, 2 e 3, respectivamente de 76%, 126% e 129%.

As classes mais produtivas da maçaranduba foram a de 55 cm, seguida da de 65 cm, assim sua manutenção na floresta pode aumentar a produção. Isto está de acordo com Gayot e Sist (2004) que sugerem a manutenção de duas ou três classes acima para garantir melhor recuperação. Os mesmos pesquisadores também sugerem a possibilidade do aumento do ciclo para 60 anos em estudo no Pará. No entanto, o aumento do ciclo para 60 anos acarretaria a possibilidade de muitas árvores atingirem as classes de 85 e 95 cm. Nestas classes eleva-se a mortalidade, o que ocasionaria produção de incremento líquido “negativo” (OSMASTON, 1968; NYLAND, 2002). O volume realmente factível de recuperação encontra-se abaixo desta classe. A mesma consideração deve ser feita para Azevedo (2007), que sugere 130 anos para recuperação da área basal total retirada. Com ciclos de 130 anos seria recuperado apenas incremento bruto similar ao inicial, mas não incremento líquido necessário para uma floresta de produção que depende de pontos econômicos. A figura 7 complementa a figura 2 e clarifica a explicação. Na figura 7 é mostrada a acumulação da área basal por classe diamétrica, considerando que a acumulação presente é similar a do passado (período inicial da maior classe), utilizando o menor tempo de passagem médio (17,2 anos) e a maior classe atingida (165 cm), é possível estimar que há aproximadamente 137 anos a população de *Manilkara huberi* atingiu a culminação de sua área basal máxima nos talhões considerados. Portanto, a exigência da recuperação inicial do ponto de vista de engenharia florestal de produção, equivale a exigir que se maneje para produção estagnada e não ótima.

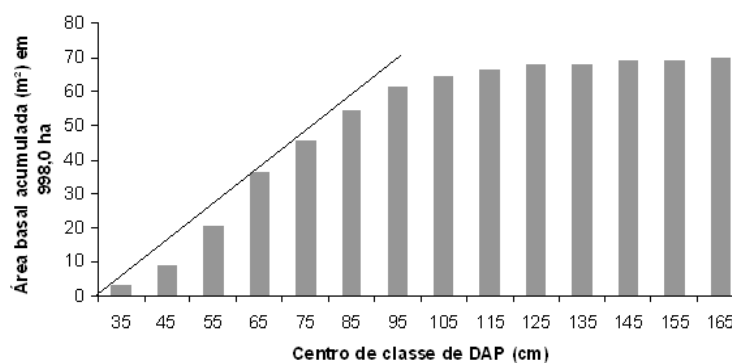


Figura 7 - Área basal média acumulada pela maçaranduba nos talhões.

Figure 7 - Average basal area accumulated by maçaranduba in the stands.



Se as recuperações são plausíveis economicamente, isto diz respeito às análises de viabilidade econômica, que seguramente devem passar também considerações sobre preço mínimo da madeira, entre outras variáveis.

Deve-se ressaltar também, que existe uma confusão entre sustentabilidade madeireira e sustentabilidade ecológica do sistema como um todo. Como foi visto, o número de árvores que permanecem nas APPs somadas às remanescentes para decisão no próximo ciclo, excedem em muito as árvores extraídas. A distância média teórica entre as árvores era de 234 m e após a simulação da exploração subiria apenas 10% (para 262 m), sendo nas APPs, a distância seria praticamente igual aquela antes do corte. Este valor está dentro do limite mencionado por Sebben et al (2008) que estabeleceram 800 a 3.500 m como “máxima distancia de vôo para polinização”

Pode-se perceber também que ficam muito mais árvores na população do que normalmente se supõe. A área conjunta de árvores remanescentes seria de 80%, sendo que apenas em APPs estão 44%.

É importante destacar que estas simulações tratam apenas do primeiro corte e segundo ciclo. No caso de avaliações com maior número de ciclos mais variáveis devem ser consideradas, mas com algumas ressalvas, pois prognoses de muitos ciclos e seus fatores envolvidos são irreais e resultam em maiores erros de modelo. Também não foi considerado o potencial dos tratamentos silviculturais, os quais poderiam melhorar o desempenho dos sistemas avaliados. Estes sistemas valem apenas para estas estruturas. Distribuições diferentes podem implicar sistemas mais complexos.

## CONCLUSÕES

A disposição da estrutura remanescente, considerando o volume de estoque e de corte, influi muito no quanto pode ser recuperado em volume.

É possível manejar as florestas nativas visando maior produção futura e, neste caso, o incremento diferenciado por classe de diâmetro tem papel fundamental.

Quando se trata de floresta de produção, existe um limite para determinação do ciclo balizado, principalmente pelo decréscimo em incremento e mortalidade das árvores em início de senescência.

A exigência da recuperação em volume ou área basal do primeiro corte não condiz com as necessidades produtivas e potenciais do manejo e dos povoamentos naturais. Deve-se calcular de antemão qual o volume é realmente factível para recuperação, para então otimizar a estrutura remanescente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACRE, Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico- Econômico do Acre Fase II**: documento síntese – Escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA, 2006. 354 p.
- ALDER, D. **Growth Modelling for Mixed Tropical Forests**. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1995.231 p. (Tropical Forestry Papers, n.30).
- ALDER, D.; SILVA, J. N. M. Sustentabilidade da produção volumétrica: um estudo de caso na Floresta nacional de Tapajós com auxílio do modelo de crescimento CAFOGROM. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. C. (Eds.). **A silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa-DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p. 325-337.
- ALDER, D. Simple methods for calculating minimum diameter and sustainable yield in mixed tropical forest. In: MILLER, F.M.; ADAM, K. L. **Wise management of tropical forests**. Oxford: Oxford Forest Institute, 1992.
- AMARO, M.A. 1996. **Análise da participação da Seringueira (*Hevea brasiliensis*), Castanheira (*Bertholletia excelsa*) e das principais espécies madeireiras na estrutura da floresta, no trecho Rio Branco-Cruzeiro do Sul (AC) da BR 364**. Dissertação de mestrado. INPA/FUA. Manaus. 78p.
- AZEVEDO, C. P. de. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação**. 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- AZEVEDO, V. C. R. **Desenvolvimento e aplicações de microssatélites, análise de cpDNA e modelagem computacional para estudos da estrutura e dinâmica genética de maçaranduba – *Manilkara huberi* (Ducke) Chev. Sapotaceae**. Brasília, 2007. Tese (Doutorado em Biologia Molecular) – Setor de Biologia Celular, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação. Santa Maria. 2010. 236p.
- BRAZ, E.M.; SCHNEIDER, P.R.; MATTOS, P.P. de; THAINES, F.; SELLE, G.L.; de OLIVEIRA, M.F.; OLIVEIRA, L.C. 2012. Manejo da estrutura diamétrica remanescente de florestas tropicais. **Ciência florestal**, 22(4):787-794.

- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 481–493, 2006.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUDIEMA, P. A. **Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. Research Communications. The Ecological Society of America.** <www.frontiersinecology.org>. *Front Ecol Environ* 2007; 5(6): 302–306.
- COSTA, D. H. M.; CARVALHO, J. O. P. de; VAN den BERG, E. Crescimento diamétrico de maçaranduba (*Manilkara Huberi* Chevalier) após a colheita de madeira. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 3, n. 5, jul./dez. 2007.
- DAWKINS, H.C.; PHILIP, M.S. **Tropical moist forest silviculture and management: a history of success and failure.** CAB INTERNATIONAL. Wallingford. UK. 1998. ISBN 0 85199 255 2. 359p.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos da Biometria Florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF-FATEC, 1992. 269p.
- OLIVEIRA, M. V. N. et al. Manejo sustentado de florestas na Amazônia Ocidental: o estudo de caso da empresa ST Manejo de Florestas. Ltda. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 3, p. 275-288, set. 2006.
- FUNTAC – Fundação de Tecnologia do Acre. **Inventário florestal e plano de manejo em regime de rendimento sustentado do Seringal Nova Olinda.** Relatório Técnico. Rio Branco: 167p. 1992.
- FUNTAC – Fundação de Tecnologia do Acre. **Manejo florestal sustentável da produção de uso múltiplo da reserva São Luiz do Remanso.** Projeto ATN/TF – 3934 – BR/BID Apoio às Reservas Extrativistas do Estado do Acre. Rio Branco: Funtac. 1997.
- GAYOT, M.; SIST, P. Vulnérabilité des espèces de maçaranduba face à l’exploitation em Amazonie brésilienne: nouvelles normes d’exploitation à définir. *Bois et Forêts des tropiques*, n 280. **Forêts Amazoniennes.** 2004.
- NYLAND, R.D. **Silviculture, concepts and Applications.** Waveland Press Inc. Long Grove, IL. 2007.
- OLIVEIRA, M. V. N. D'. Simulação de crescimento, rendimento e corte seletivo para o manejo florestal sustentado em pequenas propriedades no Estado do Acre, na Amazônia Brasileira. In: GONÇALVES, R. C.; OSMASTON, F.C. 2010. **The management of forests.** Upendra Arora, New Delhi. (First published 1968). pp. 147-148.
- PUTZ, F. E.; DYKSTRA, D. P.; HEINRICH, R. Why poor logging practices persist in the tropics. **Conservation Biology**, Malden, v. 14, n. 4, p. 951-956, Aug. 2000.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequilibradas Heterogêneas.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. 2000. 195p.
- SEBBENN, A.; DEGEN, B.; AZEVEDO, V. C. R.; SILVA, M. B.; LACERDA, A. E. B.; Ciampi, A. Y; KANASHIRO, M.; CARNEIRO, F. DA S.; THOMPSON, I.; LOVELESS, M. D. 2008. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, 254:335-339.
- SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F.A.; MELLO, J.M. de; OLIVEIRA FILHO, A.T. **Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado.** CERNE, Lavras, v.2, n.1, p. 112-137, 1996.
- SIST, P.; FERREIRA, F.N. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**. 243. February 2007. p.199-209.
- VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield applications to mixed tropical forests.** Utah: Walling-Ford, 1994. 304 p.
- VAN GARDINGEN, P. R.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajo’s National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 231. p. 184–195. 2006

POTENCIAL MADEIREIRO PARA EXPLORAÇÃO EM PLANO DE MANEJO FLORESTAL  
SUSTENTÁVEL EM PEDRA-BRANCA, AMAPÁ

POTENTIAL FOR EXPLORATION TIMBER IN SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT PLAN  
STONE-WHITE, AMAPÁ

Anderson Silva de Almeida<sup>1</sup> Fábio Lacerda Jucá Luana dos Santos Lima Julio Sá de Oliveira Perseu da Silva  
Aparício Robson Borges de Lima

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar os dados do Planos de Manejo Florestal Sustentável protocolado no IMAP no período de 2007 a 2013. O trabalho foi realizado com dados técnicos e jurídicos dos processos de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) do município de Pedra Branca do Amapari - Amapá. A partir da análise dos PMFS do município, as informações obtidas dos planos foram: área total (AT); área de efetivo manejo (AEM); área de preservação permanente (APP); volume madeireiro solicitado e autorizado para exploração. Utilizou-se a estatística descritiva para quantificar as informações obtidas de modo a caracterizar o perfil do Manejo Florestal no período de 2007 a 2013. Também foram tabuladas as espécies arbóreas de maior interesse nos Planos de Manejo Florestal Sustentável para o corte. Foram quantificados 51 Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) protocolados no órgão ambiental licenciador no período de 2007 a 2013, sendo 6 PMFS em 2007, 13 em 2008, 12 em 2009, 9 em 2010, 3 em 2011, 6 em 2012 e 2 em 2013, com a aprovação para execução de todos estes planos. Nos Planos de Manejo Florestal Sustentável protocolados no período de 2007 a 2013 no órgão ambiental licenciador, foi somado o quantitativo de 74.234,73 m<sup>3</sup> de madeira autorizados para exploração. As espécies mais solicitadas para o corte foram *Diniza excelsa* Ducke, *Dipteryx odorata* (Aubl) Willd., *Goupia glabra* Aubl, *Tabebuia* sp. Gomes ex DC, *Pachira* sp. Aubl.

**Palavras-chave:** produção volumétrica; licenciamento; exploração madeireira.

ABSTRACT

This work aims to analyze the data from the Sustainable Forest Management Plans filed with the IMAP from 2007 to 2013. The study was conducted with technical and legal data Plans processes Sustainable Forest Management (PMFS) of Pedra Branca county Amapari - Amapá. From the analysis of PMFS the municipality, the information obtained from the plans were: total area (TA); area of effective management (AEM); permanent preservation area (APP); timber volume requested and authorized for exploration. We used descriptive statistics to quantify the information obtained in order to characterize the profile of the Forest Management from 2007 to 2013. They were also tabulated tree species of greatest interest in Sustainable Forest Management Plans for cutting. 51 Sustainable Forest Management Plans were quantified (PMFS) filed with the licensing environmental agency from 2007 to 2013, with 6 PMFS in 2007, 13 in 2008, 12 in 2009, 9 in 2010, three in 2011, six in 2012 and two in 2013, with the approval for the execution of all these plans. Plans in Sustainable Forest Management filed from 2007 to 2013 as environmental licensing agency, it was added the amount of 74,234.73 m<sup>3</sup> of wood authorized for exploration. The species most requested for cutting were *Diniza excelsa* Ducke, *Dipteryx odorata* (Aubl) Willd., *Goupia glabra* Aubl, *Tabebuia* sp. Gomes ex DC *Pachira* sp. Aubl.

**Keywords:** volume production; licensing; logging.

INTRODUÇÃO

Segundo a Avaliação dos Recursos Florestais Globais (FRA, 2005), a cobertura florestal do Brasil corresponde a 477,7 milhões de hectares, dos quais, 89% estão na Amazônia, ou seja, 426,5 mil ha. Inventários realizados em 21 sítios diferentes mostram que o volume médio das florestas naturais na Amazônia é 262 ± 54 m<sup>3</sup>/ha, dos quais 10% são considerados comerciais. Apesar destes dados demonstraremos grande estoque madeireiro existente na região, atualmente este setor pouco contribui para o desenvolvimento da Amazônia. (CLEMENT e HIGUCHI, 2006).

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Discente de Engenharia Florestal - UEAP - Universidade do Estado do Amapá.

Email: andersonalmeida.asda@gmail.com

No entanto, é importante destacar que a região é uma das principais regiões produtoras de madeira tropical no mundo, atrás apenas da Malásia e Indonésia (OIMT, 2006). A exploração e o processamento industrial de madeira estão entre suas principais atividades econômicas, ao lado da mineração e da agropecuária (VERÍSSIMO et al., 2006).

A contribuição da Amazônia ao mercado internacional tem sido muito modesta apesar de produzir aproximadamente 25 milhões m<sup>3</sup> por ano. As razões para isso são várias, incluindo a exploração concentrada em poucas espécies conhecidas pelo mercado, a falta de infra-estrutura apropriada, e, principalmente, a baixa qualidade da madeira produzida na Amazônia devido ao baixo nível tecnológico, o que resulta em grande desperdício; apenas 30% de uma tora é aproveitado, ou seja, 70% vira lixo urbano e rural no ato de processamento. (CLEMENT e HIGUCHI, 2006)

No Amapá, o setor madeireiro ainda não contribui de forma significativa para a economia do Estado, quando comparado com os demais estados da Amazônia. Um dos motivos que contribuem para esta realidade é a exploração predatória. A maioria (70–90%) da madeira comercializada no Amapá é ilegal e produzida de forma insustentável (VIANA et al., 2014).

O Estado do Amapá (143.453 km<sup>2</sup>) é rico em florestas de valor madeireiro, sendo as principais formações florestais do Estado encontram-se na Região Fitoecológica da Floresta Ombrófila Densa, onde, especialmente, predominam as seguintes subformações: Densa Submontana, Densa das Terras Baixas e Densa Aluvial, com variações de dossel uniforme e emergente. (OLIVEIRA FILHO, 2004)

Com essa diversidade de formações florestais, conhecer o volume de madeira de uma floresta é de extrema relevância, pois a valorização da madeira e dos produtos florestais e a necessidade do uso social, ecológico e economicamente correto dos recursos florestais nativos e plantado aumentam cada vez mais. A preocupação com o planejamento, ordenamento e o uso da madeira, cada vez exigem uma maior precisão na quantificação do volume dos povoamentos florestais (MIGUEL et al., 2010).

Diante disto, a pergunta norteadora desta pesquisa é saber qual o volume madeireiro (em m<sup>3</sup>) é explorado e quais as espécies mais extraídas no município de Pedra Branca do Amapari, Amapá? Para responder este questionamento, este trabalho tem por objetivo analisar os dados dos Planos de Manejo Florestal Sustentável protocolado no IMAP no período de 2007 a 2013.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do objeto de estudo

O trabalho foi realizado com dados técnicos e jurídicos dos processos de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) do município de Pedra Branca do Amapari - Amapá, protocolados no período de 2007 a 2013 no órgão ambiental licenciador denominado Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial (IMAP), tendo em vista o posicionamento geográfico do município. Como destacado na figura 1, o município de Pedra Branca do Amapari, segundo o ZEE (2008) é um dos municípios com potencial florestal do Estado do Amapá.

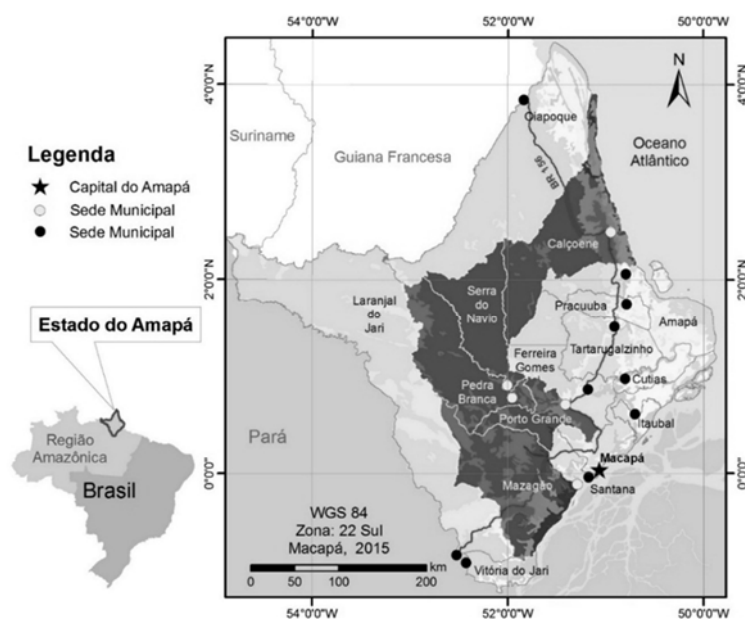


Figura 1: Municípios do Estado do Amapá com potencial florestal, Amazônia, Brasil. Fonte: ZEE (2008).

Figure 1: Amapá State municipalities with forest potential, Amazon, Brasil. Source information: ZEE (2008).

Pedra Branca do Amaparí possui floresta densa de terra firme, destacada em toda a sua extensão por tipologias de baixos platôs. Tendo como outras características desse domínio natural riquezas em essências madeireiras. Há atuação de grandes empresas mineradoras neste município, as quais foram responsáveis por 83% total da exportação no Estado com a extração de ferro, cromita e ouro, no ano de 2009 (WEISS; AMARAL, 2010).

### Inventário e análise dos dados obtidos dos PMFS

Inicialmente foram inventariados os processos protocolados no órgão ambiental licenciador. A partir da análise dos PMFS do município, as informações obtidas dos planos foram: área total (AT); área de efetivo manejo (AEM); área de preservação permanente (APP); volume madeireiro solicitado e autorizado para exploração. Utilizou-se a estatística descritiva para quantificar as informações obtidas de modo a caracterizar o perfil do Manejo Florestal no período de 2007 a 2013. Também foram tabuladas as espécies arbóreas de maior interesse nos Planos de Manejo Florestal Sustentável para o corte. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Microsoft Excel 2013©.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram quantificados 51 Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) protocolados no órgão ambiental licenciador no período de 2007 a 2013, sendo 6 PMFS em 2007, 13 em 2008, 12 em 2009, 9 em 2010, 3 em 2011, 6 em 2012 e 2 em 2013, com a aprovação para execução de todos estes planos.

A área total (AT) média quantificada nos PMFS no período estudado foi de 82,33 ha, com 89 ha em 2007, 82,48 ha em 2008, 83,49 ha em 2009, 83,07 ha em 2010, 78,28 ha em 2011, 86,94 ha em 2012 e 73,03 ha em 2013. A área de efetivo manejo (AEM), local destinado para a exploração, teve a média nos planos de 45,75 ha, variando da 36,81 ha em 2012 a 53,18 ha em 2009, sendo a menor e maior área respectivamente. Essa AEM representa 55,57% da média da AT. As AEM mínima, média e máxima dos planos por ano, assim como a porcentagem da AEM em relação a AT estão descritas na tabela 1.

TABELA 1: descrição das áreas de efetivo manejo dos planos protocolados no órgão ambiental licenciador, analisados no município de Pedra Branca do Amaparí, Amapá.

Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
AEM mínima (ha)	30,92	36,57	47,73	44,74	39,87	20,72	33,91
AEM média (ha)	45,27	45,79	53,18	52,82	45,68	36,81	40,69
AEM máxima (ha)	62,12	55,51	59,17	60,52	53,00	52,48	47,48
% AEM em relação a AT	50,87	55,52	63,70	63,59	58,35	42,33	55,73

A área de preservação permanente (APP), que segundo a Lei de Proteção a Vegetação Nativa (Lei 12.651/12), entende-se por área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, quantificou-se com a média de 8,92 ha nos anos analisados, variando da menor área com 5,44 ha em 2011 a maior área com 11,42 ha em 2012, essa APP média corresponde a 10,84% da AT. A tabela 2 mostra as informações da APP por anos.

Tabela 2. descrição das áreas de preservação permanente analisados nos PMFS protocolados no órgão ambiental licenciador no município de Pedra Branca do Amaparí.

Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
APP mínima (ha)	3,56	4,18	2,50	6,00	2,50	3,75	9,60
APP média (ha)	8,73	9,13	6,42	10,81	5,44	10,54	11,42
APP máxima (ha)	19,19	15,48	9,79	14,58	9,63	14,97	13,24
% da APP em relação a AT	9,81	11,07	7,69	13,01	6,95	12,12	15,64

Quantificou-se o volume de madeira solicitado nos PMFS e o volume de madeira em m<sup>3</sup> autorizado para a exploração pelo órgão licenciador. A média do maior volume madeireiro solicitado para exploração foi no ano de 2009, com 1569,99 m<sup>3</sup>, sendo autorizado para exploração 1467,12 m<sup>3</sup>, cerca de 94% do solicitado. O ano que registrou a menor solicitação de volume madeireiro para exploração foi em 2012, com 884,37 m<sup>3</sup>, sendo aprovado

100% deste volume para exploração. A figura 2 mostra o volume médio de madeira solicitado e autorizado para exploração por anos nos PMFS protocolados.

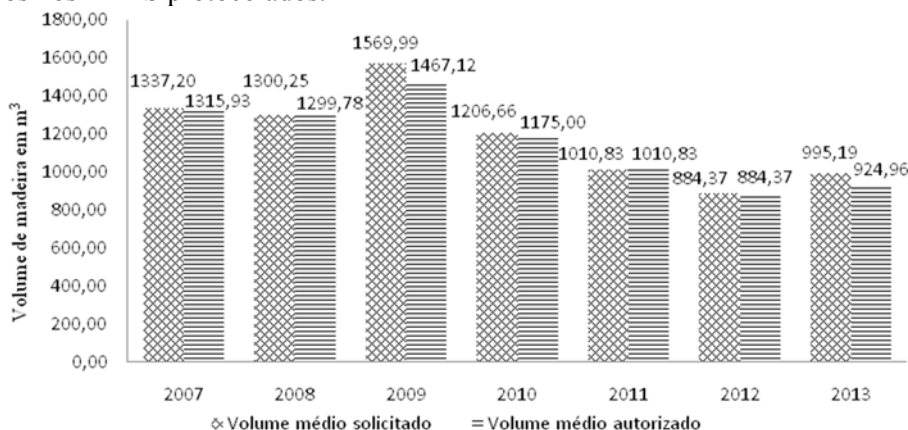


Figura 2: Volume madeireiro em m<sup>3</sup> solicitado e autorizado para exploração analisados no PMFS protocolados nos anos de 2007 a 2013 no município de Pedra Branca do Amapará, Amapá.

Nos PMFS foram identificados 47 espécies arbóreas escolhidas para a exploração madeireira, sendo 24 espécies em 2007, 29 em 2008, 20 em 2009, 30 em 2010, 18 em 2011, 15 em 2012 e novamente 15 em 2013. As espécies representaram, por ano, cerca de 51%, 62%, 43%, 64%, 38%, 32% e 32% respectivamente, do total de espécies solicitadas no período analisado.

## CONCLUSÕES

Nos Planos de Manejo Florestal Sustentável protocolados no período de 2007 a 2013 no órgão ambiental licenciador, foi somado o quantitativo de 74.234,73 m<sup>3</sup> de madeira autorizados para exploração.

As espécies mais solicitadas para o corte foram *Dinizia excelsa* Ducke, *Dipteryxodorata*(Aubl) Willd., *Goupia glabra* Aubl, *Tabebuia sp.* Gomes ex DC, *Pachira sp.* Aubl.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, **Lei nº12.651/12 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em :<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)> Acesso em 29 de junho de 2015.
- CLEMENT, C. R. & HIGUCHI, N. **A floresta amazônica e o futuro do brasil.** Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Ciência e Cultura *On-line version* ISSN 2317-6660. Cienc. Cult. vol.58 no.3 São Paulo July/Sept. 2006.
- OLIVEIRA FILHO, L. C. O. **Contribuição ao conhecimento das florestas do estado do amapá: Potencial Florestal e Características Fitossociológicas.** Relatório Técnico do Projeto Levantamento e Classificação do Uso da Terra da fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2004.
- MIGUEL, E. P.; CANZI, L. F.; RUFINO, R. F.; SANTOS, G. A. **Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de eucalyptusgrandis localizados no município de rio verde – GO.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11, Pág. 1. 2010.
- OIMT. **Reseña anual y evaluación de lasituación mundial de lasmaderas.** Organización Internacional de lasMaderasTropicales. Yokohama, Japon, p.210, 2006.
- VERÍSSIMO, A; SOUZA Jr. C; CELENTANO, D; SALOMÃO, R; PEREIRA, D; BALIEIRO, C. **Áreas para produção florestal manejada: Detalhamento do Macrozoneamento Ecológico Econômico do Estado do Pará. Relatório para o Governo do Estado do Pará,** 2006.
- VIANA, V.; VIANA, C.; EULER, A.; GRAN, M. G.; BASS, S. **Economia Verde no Estado do Amapá, Brasil: Avanços e perspectivas.** Relatório País: Julho 2014. IIED. 44 pág. 2014.
- WEISS, B. M; AMARAL, C. S. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Centro Oeste do Amapá.** Secretária de Desenvolvimento Rural. 2010. 90 p.
- ZEE - **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá:** primeira aproximação do ZEE/Equipe Técnica do ZEE-AP, Macapá., 2008.

**PRODUTIVIDADE E CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA DE POVOAMENTOS DE *Eucalyptus saligna* CULTIVADOS EM CLASSES DISTINTAS DE SOLOS**

**PRODUCTIVITY AND DENDROMETTRICH CHARACTERIZATION OF *Eucalyptus saligna* STANDS CULTIVATION IN DIFFERENT SOIL CLASSES**

Jean Pierre Cavalli<sup>1</sup> José Miguel Reichert Miriam Fernanda Rodrigues Elias Frank de Araújo

**RESUMO**

Objetivou-se avaliar a produtividade e as características dendrométricas de povoamentos de *Eucalyptus saligna* Sm. implantados em áreas com mesma condição climática, porém, distintas quanto às suas propriedades edáficas. Os povoamentos foram avaliados aos 54 e aos 76 meses de idade, em 34 unidades amostrais circulares de 400 m<sup>2</sup>, em dois tratamentos caracterizados por apresentarem Neossolos Quartzarênicos (T1) e Argissolos Vermelho-Amarelos (típicos e/ou latossólicos) (T2). Para a caracterização dendrométrica dos povoamentos foram medidas as circunferências à altura do peito (CAP) de todas as árvores de cada parcela, a altura das 10 árvores centrais (h) e a altura das 9 árvores de maior CAP (hdom). Para a determinação do volume, 13 árvores médias de cada tratamento foram derrubadas e cubadas; posteriormente realizou-se o ajuste da equação de Spür ( $v = b_0 + b_1 \cdot d^2 \cdot h$ ), utilizada na estimativa do volume das demais árvores. O T2 apresentou maior potencial produtivo em relação ao T1, exceto para o volume por hectare, aos 54 meses de idade. A diferença e superioridade do potencial produtivo verificado no T2 em relação ao T1 foi evidente para a altura média, que apresentou diferença de até 3 m aos 76 meses de idade, e para a área basal por hectare, em que o T2 apresentou valor médio de 35,7 m<sup>2</sup> aos 76 meses, enquanto o T1 apresentou 28,8 m<sup>2</sup> nos povoamentos de mesma idade. Os volumes quantificados apresentaram mesmo padrão, com o tratamento T2 apresentando maior potencial produtivo, evidenciado principalmente pela taxa de incremento, significativamente superior mesmo após o estabelecimento dos povoamentos.

**Palavras-chave:** Volume; Área basal; Altura; Produtividade de sítio.

**ABSTRACT**

It is aimed evaluate the productivity and dendrometric characteristics of stands of *Eucalyptus saligna* Sm. Deployed in areas with same climatic condition, however, different as to their soil properties. The stands were evaluated at 54 and 76 months of age in 34 circular sample units of 400 m<sup>2</sup> in two treatments characterized by having Quartzarenic Neosol (T1) and Yello Red Argisol (latosolic and/or typic) (T2). For dendrometric characterization of the stands were measured the circumferences at breast height (CAP) of all trees in each plot, the height of 10 central trees (h) and the height of nine trees of greater CAP (hdom). In determining the volume, 13 medium trees from each treatment were felled and cubed; then there was the adjustment of the spur equation ( $v = b_0 + b_1 \cdot d^2 \cdot h$ ), used to estimate the quantity of other trees. T2 showed higher yield potential with respect to T1, except for the volume per hectare at 54 months of age. The difference and the superiority of the productive potential verified at T2 related to T1 was evident for the average time, that presented a difference of 3 m in 76 months of age and the basal area per hectare in the averaged T2 of 35.7 m<sup>2</sup> in 76 months, while the T1 had 28.8 m<sup>2</sup> in the same age stands. The quantified volumes showed the same pattern, with the T2 treatment, showing higher productive potential, especially evidenced by the growth rate, significantly higher even after the stands establishment.

**Keywords:** Volume; Basal area; Height; Site productivity.

**INTRODUÇÃO**

A produtividade das distintas espécies de eucalipto no Brasil apresenta números historicamente elevados, principalmente devido a excelente adaptabilidade do gênero às condições climáticas e edáficas do país. As ações de manejo direcionadas ao melhoramento genético e aos tratamentos silviculturais têm possibilitado o aumento nas taxas de incremento por hectare, principalmente quando consideradas as propriedades edáficas dos sítios. Para uma mesma espécie e mesma condição climática, a variabilidade das propriedades morfológicas e físicas dos solos podem representar alterações significativas nas taxas de crescimento, principalmente por apresentarem

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. E-mail: jeancavalli@gmail.com.

relação direta com o fluxo de água, nutrientes, trocas gasosas e com o desenvolvimento do sistema radicular das árvores (PRETZSCH, 2009).

Os principais fatores ambientais que atuam sobre o desenvolvimento das plantas são a radiação solar, a temperatura e a disponibilidade de água no solo, sendo que destes, o último apresenta maior influência, pois por afetar as condições hídricas e o metabolismo das plantas, tem seu déficit diretamente relacionado às perdas em crescimento e produtividade (NOGUEIRA et al., 2001; STAPE et al., 2004; SOUZA et al., 2006). Esta restrição hídrica pode ocorrer mesmo em períodos de elevados índices pluviométricos, devido à baixa capacidade de armazenamento de alguns solos, logo, considerando que em média as espécies de eucalipto necessitam de volumes variando de 200 a 600 m<sup>3</sup> de água para produzir 1 m<sup>3</sup> de madeira (STAPE et al., 2004; FORRESTER et al., 2010), uma melhor condição edáfica poderá representar ganhos significativos na produtividade dos povoamentos, principalmente devido ao maior aproveitamento da água e nutrientes disponíveis. O decréscimo do volume de água disponível no solo, resultante de distintos níveis pluviométricos ou diferentes propriedades edáficas, acarreta na diminuição do potencial de água nas folhas, que influencia de forma negativa a condutância máxima do dossel, diminuindo a taxa de transpiração e, conseqüentemente, o crescimento da planta (WHITEHEAD; BEADLE, 2004).

Avaliações de crescimento de espécies arbóreas já comprovaram a relação das propriedades do solo com a produção de biomassa, assim, sabe-se que as propriedades edáficas, tal como, o nível de compactação dos solos, exercem influência significativa sobre o desenvolvimento das plantas, principalmente relacionado ao desenvolvimento do sistema radicular (VOCANSON et al., 2006; WATSON; KELSEY, 2006; STRUDLEY et al., 2008). No Brasil, estas propriedades edáficas apresentam ainda maior importância, pois apesar das condições climáticas serem extremamente favoráveis à cultura do eucalipto, muitas das florestas comerciais nacionais são implantadas principalmente em solos com baixa fertilidade e pouca reserva de minerais, predominando áreas com Latossolos de textura média e Neossolos Quartzarênicos (ABRAF, 2013; GONÇALVES et al., 2013). Estas deficiências nutricionais, associadas às distintas propriedades edáficas encontradas nos hortos florestais de eucalipto, podem resultar em taxas de crescimento e produção inferiores às das taxas biológicas máximas atingíveis, sendo tais resultados explicados pelo ineficiente aproveitamento dos recursos ambientais que influenciam a dinâmica de crescimento das árvores (STAPE et al., 2010).

Dentro deste contexto e considerando a importância em se avaliar a real magnitude das diferenças no crescimento e produção de clones de eucalipto implantados em solos com distinta estrutura e potencial produtivo, esta pesquisa teve como objetivo descrever as taxas de incremento e o padrão de desenvolvimento de florestas de eucalipto cultivadas sob mesmo tratamento silvicultural e condição climática, mas em classes distintas de solo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Descrição da área de estudo

A pesquisa foi realizada em povoamentos comerciais de *Eucalyptus saligna* pertencentes à empresa Celulose Riograndense do Brasil (CMPC), localizados nos municípios de Eldorado do Sul e Barra do Ribeiro, entre as coordenadas 30° 06" e 30° 25" de Latitude Sul e 51° 05" e 51° 40" de Longitude Oeste. Nas áreas de estudo predomina relevo plano a suave ondulado (declividade < 3°), com clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo "Cfa" subtropical úmido, sem estiagem. A precipitação anual varia de 111 a 1.355 mm (MORENO, 1961), com temperatura média anual em torno dos 18 °C, em que o mês mais quente apresenta valores superior a 22°C e o mês menos quente oscila entre 3 e 18°C.

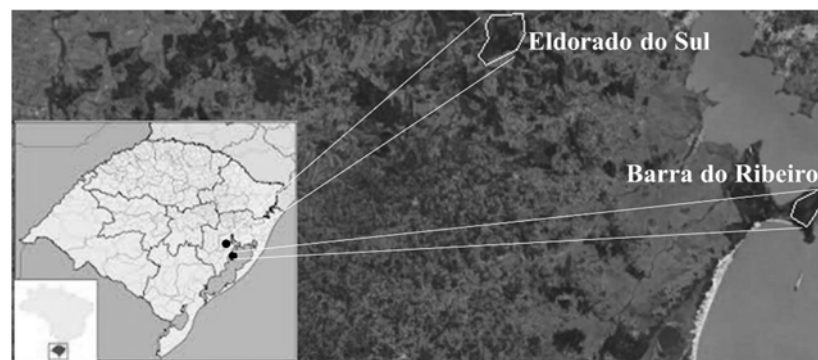


Figura 1 – Localização dos hortos florestais avaliados.  
Figure 1 – Localization of evaluated forest gardens.



### Avaliação do crescimento das árvores

Os povoamentos foram avaliados aos 56 e 76 meses de idade, sendo agrupados em dois tratamentos distintos quanto às propriedades e classes dos solos em que os mesmos foram implantados. Definiu-se como T1 os povoamentos cultivados em Neossolos Quartzarênicos e como T2 àqueles implantados em Argissolos Vermelhos com textura argilosa (típicos e latossólicos). Os dados de crescimento foram mensurados a partir de 32 unidades amostrais circulares (UA) de 400 m<sup>2</sup> alocadas em cada tratamento, nas quais foram medidas às circunferências à 1,3 m (CAP) de todas as árvores, as alturas das dez (10) árvores centrais e a altura das 9 árvores com maior CAP (hdom). Para a determinação dos volumes individuais e por hectare foram derrubadas e cubadas, pelo método de Smalian, 26 árvores médias (CAP), sendo utilizada a equação de Spür ( $v = b_0 + b_1 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$ ), ajustada, segundo os critérios estatísticos ( $R^2$ , CV%, SQR), na determinação dos volumes individuais das demais árvores amostradas.

### Análise estatística

A análise dos dados e o ajuste dos modelos volumétricos foram realizados utilizando-se o software Excel 2013® e o pacote estatístico SAS V.9.3 (SAS INSTITUTE, 2009). A análise estatística foi baseada na análise de variância, sendo utilizado o teste de Tukey e o teste *t*, ambos a 5 % de probabilidade, para a comparação de médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação dos sítios

Na avaliação dos povoamentos florestais de *E. saligna* a análise gráfica da variável altura dominante (hdom; m) em função do diâmetro à altura do peito (dap; m) comprovou a distinção no padrão de crescimento em cada tratamento (T1 e T2), tanto aos 54 (Figura 2a) como aos 74 meses de idade (Figura 2b).

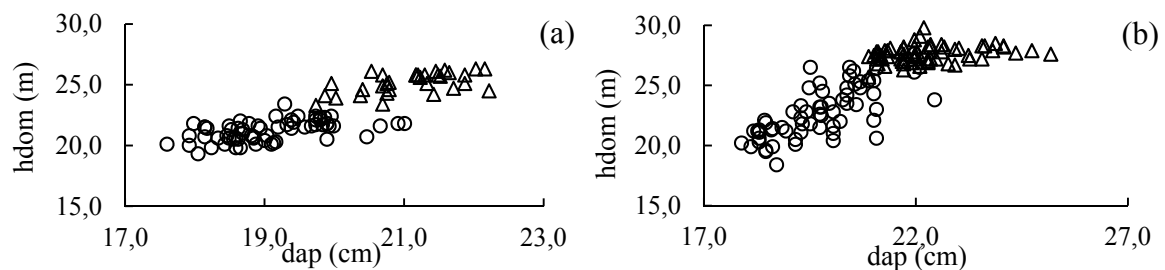


Figura 2 – Relação hdom/ dap nos tratamentos T1 (o) e T2 ( $\Delta$ ) mensurada aos 54 (a) e 76 (b) meses de idade.  
Figure 2 – Hdom/ dbh relationship in T1 (o) and T2 ( $\Delta$ ) treatments measured at 54 (a) e 76 (b) months old.

As diferenças observadas na análise gráfica indicaram a possibilidade de haver diferenças significativas na produtividade e no padrão de crescimento dos distintos tratamentos, com base na relação existente entre o potencial produtivo dos sítios e a altura das árvores (ASSMANN, 1970), o que foi então comprovado por meio das análises estatísticas.

### Área basal por hectare (G/m<sup>2</sup>)

Na avaliação da área basal por hectare ( $G$ , m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) os tratamentos apresentaram diferença significativa (*t*-teste;  $p > 0,05$ ) somente aos 76 meses de idade (Tabela 1), o que indica maior aumento nas taxas de incremento em área basal no tratamento T2 em relação ao T1, após os 54 meses de idade. Quando considerados todos os dados avaliados, com as duas idades dos povoamentos, as diferenças para variável  $G$  apresentaram-se da mesma forma altamente significativas (dados não apresentados).

Tabela 1 – Análise descritiva do crescimento em área basal ( $G$ ) nos tratamentos T1 e T2, avaliados aos 54 e 76 meses de idade.

Table 1 – Descriptive statistic for basal area growth ( $G$ ) in T1 and T2 treatments evaluated at 54 and 76 months old.

Tratamento/ $G$	Idades	Med (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Mín (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Máx (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Desv Pad	Teste-t ( $p > 0,05$ )
T1	54 meses	22,96	0,43	38,51	6,20	0,7900
T2	54 meses	23,07	0,50	43,94	7,78	0,7900
T1	76 meses	28,80	1,08	51,76	11,15	<.0001
T2	76 meses	35,72	0,89	66,47	10,23	<.0001

Sendo: Med, Min, Máx = valor médio, mínimo e máximo de  $G$ ; Desv Pad = desvio padrão.

Os resultados apresentados demonstram a diferença do potencial produtivo dos sítios, sendo que para uma mesma idade e mesmo tratamento silvicultural o valor médio da variável G foi em torno de 24% superior em T2 em relação a T1. Com o aumento da idade os povoamentos em T2 tendem a apresentar menor variância, indicada pelo menor valor do desvio padrão (Tabela 1). A área basal observada aos 76 meses foi superior àquela verificada em povoamentos de *E. urophylla* aos 8 anos de idade, plantados em Marília, SP, que apresentaram área basal de 28,4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (VILAS BÔAS et al., 2009).

Em avaliações realizadas em povoamentos comerciais de híbridos de *E. grandis* W. Hill ex Maiden x *E. urophylla* S. T. Blake, no estado do Pará, o valor médio de área basal observado aos 72 meses foi de 27,2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (CASTRO et al., 2013), valor este inferior aos observados neste estudo. Em um estudo realizado com o mesmo híbrido, em povoamentos comerciais no estado de São Paulo, os valores de área basal mensurados foram de 19,9 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, aos 48 e de 27,1 aos 72 meses de idade, em espaçamento 3,0 x 2,5 m (FERREIRA et al., 2014).

### Altura total (h)

Na avaliação do padrão de desenvolvimento vertical dos povoamentos, a análise da altura total, sem considerar a altura dominante, indicou mesmo padrão nas dois tratamentos e idades avaliadas (Tabela 2). Diferentemente da área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), os valores observados para altura (m) apresentaram-se significativamente superiores em T2, mesmo aos 54 meses de idade.

Tabela 2 - Análise descritiva do crescimento em altura (h) nos tratamentos T1 e T2, avaliados aos 54 e 76 meses de idade.

Table 2 - Descriptive statistic for height growth (h) in T1 and T2 treatments evaluated at 54 and 76 months old.

Tratamento/G	Idades	Med. (m)	Mín. (m)	Máx. (m)	Desv. Pad.	Teste-t (p>0,05)
T1	54 meses	19,8	10,8	22,2	1,52	<.0001
T2	54 meses	21,0	4,2	26,4	2,92	<.0001
T1	76 meses	22,7	7,7	26,3	3,24	<.0001
T2	76 meses	25,6	11,4	28,8	2,87	<.0001

Sendo: Med, Min, Máx = valor médio, mínimo e máximo de h; Desv Pad = desvio padrão.

No T2 os povoamentos apresentaram suas alturas de aproximadamente 1 m maiores do que as observadas em T1 (Tabela 2). Verifica-se também que esta diferença chega a quase 3 m aos 76 meses de idade. O comportamento da variância também apresentou grande distinção entre T1 e T2, tendo este apresentado menor desvio padrão aos 76 meses, enquanto T1 variou positivamente dos 54 para os 76 meses. Os maiores valores verificados em T2 são bem inferiores aos observados em povoamentos comerciais do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, que apresentaram h = 34,1 m, aos 72 meses de idade (CASTRO et al., 2013). Para o mesmo híbrido, *E. urophylla* x *E. grandis*, em avaliações realizadas em povoamentos comerciais no estado de São Paulo, aos 48 meses foram mensuradas alturas de 20,4 e 21,1 m, enquanto aos 72 meses de idade a altura total variou de 24,6 para 25,6 m, em espaçamentos de 3 x 2,5 e 3 x 2 m, respectivamente (FERREIRA et al., 2014).

### Crescimento volumétrico (m<sup>3</sup>)

Os volumes individuais apresentaram valores superiores no tratamento T2, com volumes médios individuais de 0,23 e 0,21 m<sup>3</sup> aos 54 meses de idade, em T2 e T1, respectivamente, similar ao observado para a altura média e a área basal. A diferença entre os tratamentos ficou mais evidente quando consideradas as análises realizadas aos 76 meses, nas quais T2 apresentou valores médios individuais de 0,34 m<sup>3</sup>, enquanto em T1 o volume médio por árvore ficou em torno de 0,26 m<sup>3</sup>. Este valor individual superou as estimativas verificadas em povoamento do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, que avaliados na região sudeste do país, aos 72 meses e em espaçamento 3 x 2,5 m, apresentou valor médio de 0,24 m<sup>3</sup> por árvore (FERREIRA et al., 2014).

O volume quantificado no T2, considerando o espaçamento de 3 x 3 m, resultaria numa produção total de aproximadamente 378 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ao final dos 76 meses, valor superior aos 319,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> verificado para a mesma espécie, avaliada aos 8 anos de idade na região sudeste do país (VILAS BÔAS et al., 2009). Já em avaliações realizadas no norte do Brasil foi observado valor médio de 353,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, em híbridos avaliados aos 72 meses de idade (CASTRO et al., 2013), sendo este montante superior à produção em T1 (289 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e muito próximo ao volume do tratamento T2, ambos avaliados aos 76 meses.

Os volumes indicaram um comportamento inverso aos 54 meses, em que o T1 apresentou produtividade de 50,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valor este 5% superior ao verificado para o T2, quando determinados por unidade de área, sem considerar a taxa de mortalidade dos povoamentos. Aos 76 meses, as análises que descrevem a produtividade dos tratamentos demonstraram o efeito do maior potencial produtivo para o T2, em que o volume de 74,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

ano<sup>-1</sup> superou em 20% o valor em T1, tendo sido desconsideradas as taxas de mortalidade em ambos os tratamentos.

Os valores de produção superam as estimativas médias nacionais, que em 2012 foram em torno de 40,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (ABRAF, 2013), porém, esses valores podem ser explicados pelas condições pluviométricas nas áreas de estudo, pelo aporte nutricional dos tratamentos silviculturais, e ainda, pelo relevo local predominantemente plano (STAPE et al., 2010; RIBEIRO et al., 2011). Estudos realizados em povoamentos comerciais de *E. grandis* x *E. urophylla*, no estado de Minas Gerais, Brasil, indicaram uma variação na produtividade para áreas distintas, com valores partindo dos 207,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> até 336,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para ciclo de corte de 7 anos (MACHADO et al., 2015).

### Incremento periódico anual (IPA)

As taxas de incremento periódico anual (IPA) apresentaram distinção nas duas idades analisadas, com os maiores incrementos observados para o T2 em relação ao T1. Os tratamentos foram visualmente diferentes em incremento periódico anual em área basal (IPAg) e em altura (IPAh), aos 76 meses (Figura 3), com notável distinção para a altura.

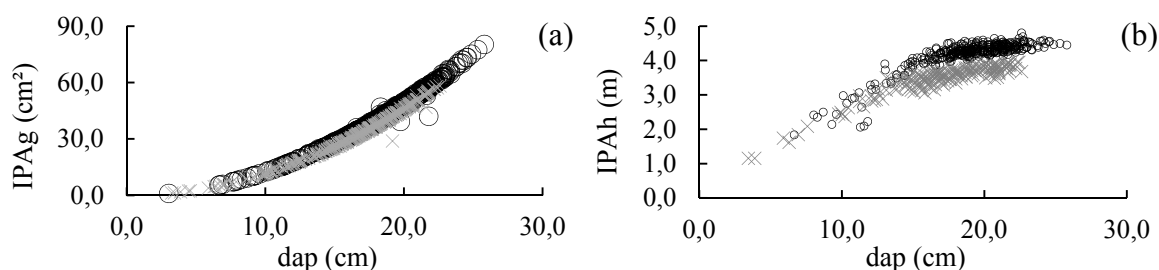


Figura 3 – Incremento periódico anual em G (a) e h (b), em função do dap, avaliados aos 54 (X) e 76 (O) meses.  
Figure 3 – Periodic annual increment in basal area (G) and height (h), both as a function of dbh, evaluated at 54 (X) and 76 (O) months old.

A magnitude das diferenças entre as taxas de incremento nos dois tratamentos pôde ser verificada pela análise descritiva dos dados, que apontou um padrão semelhante de incremento em área basal aos 56 meses de idade, tanto em T2 como em T1, que apresentaram valores médios individuais de 44,6 e 44,4 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Aos 76 meses, o T2 teve o IPAg significativamente superior, com taxa média individual de 43,1 cm<sup>2</sup>, o que representa mais de 30% da taxa de incremento verificada no T1. O incremento em altura foi significativamente superior para o T2 em relação ao T1, em que aos 54 e 76 meses apresentou IPAh de 4,6 e 4,2 m, respectivamente. Estes valores representam uma superioridade no potencial produtivo descrito por um IPAh 20% superior ao observado em T1.

Quando comparados os decréscimos nas taxas de incremento em altura dos 54 para os 76 meses, T2 apresentou déficit de aproximadamente 10%, enquanto T1 teve um déficit de até 20% no IPAh. Estes resultados diferem de outras análises realizadas para o IPAh de eucalipto, na região norte do Brasil, que indicaram provável estagnação do crescimento nas áreas de maior potencial produtivo (DEMOLINARE et al., 2007). O comportamento das taxas de incremento relacionado à variância, para ambas as variáveis avaliadas, apresentou-se semelhante nos dois tratamentos, sendo que em T2 observou-se tendência de maior homogeneidade dos povoamentos com o aumento da idade, indicadas pelo menor coeficiente de variação dos dados, enquanto no tratamento T1 a variância dos dados apresentou aumento.

### CONCLUSÕES

Os resultados apontaram um maior potencial produtivo no tratamento com a classes de solo de melhor estrutura. A pesquisa indicou que para uma mesma condição genética, de clima e de tratamento silvicultural, as propriedades edáficas podem representar pouco déficit nas taxas de incremento mesmo em povoamentos com mais de 54 meses de idade. Os volumes totais obtidos ao final dos 76 meses apontaram uma produtividade acima dos 70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, o que demonstra o potencial produtivo do eucalipto quando cultivado em boas condições de clima, relevo, trato silvicultural, sítio, e principalmente, com material genético de qualidade.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico, ano base 2012**. Brasília, 148p., 2013.

- ASSMANN, E. **Principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1970. 506 p.
- CASTRO, R. V. O. et al. Crescimento e produção de plantios comerciais de eucalipto estimados por duas categorias de modelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.3, p.287-295, 2013.
- DEMOLINARI, R. A. et al. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Dourado (PA). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, 2007.
- FERREIRA, D. H. A. A. et al. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 3, p. 431-440, 2014.
- FORRESTER, D. I. et al. Enhanced water efficiency in a mixed *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii* plantation. **Forest Ecology and Management**. v.259, p.1761-1770, 2010.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalyptus plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6-27, 2013.
- MACHADO, R. R. et al. Evaluation of forest growth and carbon stock in forestry projects by system dynamics. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 520-530, 2015.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alteração na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceloreiras submetidas à déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, p. 75-87, 2001.
- PRETZSCH, H. **Forest Dynamics, Growth and Yields**, 684p., 2009.
- RIBEIRO, C. A. D. et al. Delimitação de microrregiões agroclimáticas e suas relações com o potencial produtivo da cultura do eucalipto. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 779-786, 2011.
- SOUZA, M. J. H. et al. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, v. 30, p. 399-410, 2006.
- STAPE, J. L.; RYAN, M. G.; BINKLEY, D. Testing de utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. **Forest Ecology and Management**, n. 193, p. 219-234, 2004.
- STAPE, J. L. et al. The Brazilian Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1684-1694, 2010.
- STRUDLEY, M. W.; GREEN, T. R.; ASCOUGH, J. C. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. **Soil & Tillage Research**, v. 99, p. 4-48, 2008.
- VILAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 63-72. 2009.
- VOCANSON, A. et al. Effects of soil structure on pea (*Pisum sativum* L.) root development according to sowing date and cultivar. **Plant and Soil**, v. 281, p. 121-135, 2006.
- WATSON, G. W.; KELSEY, P. The impact of soil compaction on soil aeration and fine root density of *Quercus palustris*. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 4, p. 69-74, 2006.
- WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in Eucalyptus: a review. **Forest Ecology and Management**, v. 193, p. 113-140, 2004.

**PROPOSTA DE UM ALGORITMO PARA EXTRAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA DO FUSTE EM DADOS DE VARREDURA LASER TERRESTRE E DETERMINAÇÃO DO VOLUME COMERCIAL**

**PROPOSAL ALGORITHM FOR SEMI-AUTOMATIC TREE STEM EXTRACTION IN TERRESTRIAL LASER SCANNER DATA AND COMMERCIAL VOLUME DETERMINATION**

Rorai Pereira Martins Neto<sup>1</sup> Tiago de Conto André Leonardo Bortolotto Buck Christel Lingnau Vagner Alex Pesck Magda Lea Bolzan Zanon

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi propor um algoritmo para a extração semiautomática do fuste de uma árvore de *Eucalyptus* spp e determinação do seu volume comercial, por meio de dados da nuvem de pontos da varredura *laser* terrestre, que é uma nova alternativa para a coleta de dados, pois possibilita a construção tridimensional precisa da forma do fuste sem necessidade de abater a árvore. Os dados foram coletados em uma parcela circular de 400 m<sup>2</sup> de duas maneiras: varredura *laser* terrestre, utilizando o equipamento Trimble TX5 com as árvores em pé e depois cubagem pelo método de Smalian para determinação do volume rigoroso com a árvore derrubada. As etapas de processamento foram: registro da nuvem de pontos, recorte e isolamento da árvore na parcela. Com a árvore isolada foi implementado, utilizando pacotes em ambiente R, um algoritmo que isolou o fuste em 4 diferentes etapas para, no fim, determinar o volume comercial utilizando técnicas modelagem tridimensional. O algoritmo proposto realizou o isolamento do fuste de forma satisfatória e os resultados foram promissores, com uma superestimativa dos dados *laser* para o volume comercial de 2,9%, indicando a possibilidade do uso desta tecnologia para determinação dos volumes a nível de parcela.

**Palavras-chave:** plantios de eucalyptus; técnicas de modelagem 3d; linguagem de programação

**ABSTRACT**

The aim of this study was propose an algorithm for semi-automatic extraction of *Eucalyptus* spp. tree stem commercial volume determination by cloud points data of terrestrial laser scanning which is a new technology allows the precise three-dimensional reconstruction of the stem without tree felling. The data were collected in a circular plot with 400 m<sup>2</sup> for two ways: terrestrial laser scanning, using Trimble TX5 equipment then application of the Smalian's method for rigorous volume estimation with the felled tree. The data processing steps were: recording of the point cloud, clipping and tree isolation in the plot. With the isolated tree was implemented, using R statistical packages, an algorithm which isolated the stem in 4 different steps, for the end, determinate the commercial volume using tridimensional modelling techniques. The proposed algorithm performed stem isolation satisfactorily and the results were promising, with a volume overestimation of 2.9%, implying the possibility of use of the technology for volume estimation at plot level.

**Keywords:** eucalyptus plantations; 3d modeling techniques; r programming language.

**INTRODUÇÃO**

A cubagem das árvores é uma técnica destrutiva que consiste na divisão do tronco da árvore em várias seções, em que são mensurados os diâmetros ao longo de todo o tronco, e com o emprego de fórmulas matemáticas têm-se o volume dessas seções. Somando o volume individual de cada seção é determinado o volume da árvore (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Em plantios florestais o volume das árvores é economicamente a variável mais importante de ser obtida, e para isso são cubadas árvores que abrangem toda a classe diamétrica e servirão como variável dependente para o ajuste de equações volumétricas com o uso de variáveis mais simples de serem obtidas como DAP e a altura total.

A utilização de novas técnicas para obtenção de variáveis dendrométricas vem sendo abordadas por meio da tecnologia *Lidar* (Light detection and ranging), a qual utiliza a energia *Laser* (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) e é um novo método de aquisição de dados de modo a gerar resultados confiáveis. Além disto, esta tecnologia permite a obtenção de informações tridimensionais a cerca de superfícies e com alta precisão.

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Mestrando em Produção Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.

E-mail: rorai.neto@gmail.com

Dentre os benefícios de se utilizar a varredura *laser* terrestre para mensuração de árvores, destaca-se a confiabilidade posicional dos dados presentes na nuvem de pontos e a exclusão de erros advindos do operador do instrumento, cansaço da equipe ou até mesmo de dispositivos e métodos diferentes utilizados na medição (SIMONSE et al., 2003; HOPINKSON et al., 2004).

O processamento de dados *laser* em ambiente computacional permite a obtenção de variáveis dendrométricas e a geração de um modelo tridimensional do tronco da árvore, possibilitando a aquisição de diâmetros em diferentes alturas da árvore e estudos de volumetria sem empregar métodos destrutivos (BUCK, 2012). Muitas vezes o conhecimento do volume comercial das árvores, aquele que é destinado diretamente à indústria madeireira, é muito mais interessante para a tomada de decisões de planejamento e estoque fabril do que o volume total em si.

Com isso este trabalho teve como objetivo propor um algoritmo baseado em linguagem R para a extração semiautomática do fuste de uma árvore de *Eucalyptus* spp. na nuvem de *laser* e a posterior determinação do volume comercial por meio de modelagem tridimensional, comparando os resultados obtidos com a cubagem tradicional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta de Dados

O estudo foi realizado em um plantio de *Eucalyptus* spp. com um espaçamento 3,6 x 2,2 m pertencentes à empresa Eldorado Celulose e Papel S.A. localizada no município de Três Lagoas – MS. A coleta de dados foi realizada de duas formas: varredura *laser* em campo com as árvores em pé e cubagem rigorosa das árvores após serem derrubadas. A varredura *laser* foi realizada, com o equipamento Trimble TX5, equipamento de precisão milimétrica que pode alcançar velocidade de até 976.000 pontos de medição por segundo, com um campo de visão de 360° (horizontal) e 305° (vertical).

Foi instalada uma parcela circular de 400 m<sup>2</sup> (raio de 11,28 m), e nela realizados cinco posicionamentos com equipamento *laser*, sendo uma ao centro da parcela com giro de 360° e mais quatro varreduras nas extremidades da parcela com ângulo de 110°. A configuração acima foi adotada para a obtenção de dados de varredura múltipla, as quais foram unidas (registradas) por meio da instalação de alvos esféricos na parcela (Figura 1).

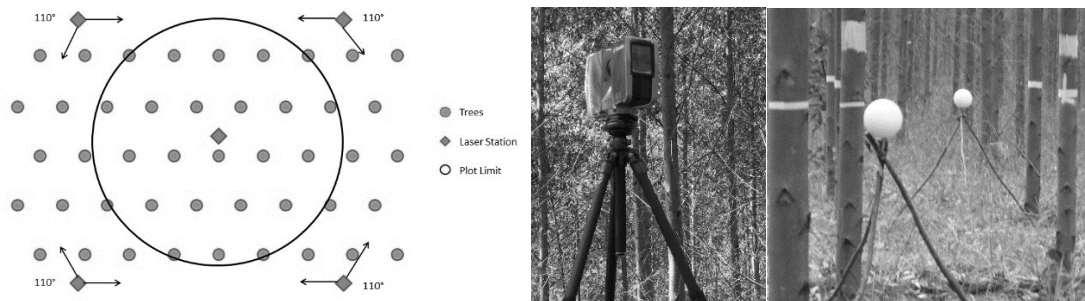


Figura 1 - Esquema das estações *laser* realizadas nas parcelas em campo (esquerda), equipamento *laser* em campo (centro) e alvos esféricos para o registro das diferentes nuvens (direita).

Figure 1 - Terrestrial laser scanning field sampling scheme (Left), laser equipment on field (center) and spherical targets for register of point clouds (right).

Após realizada a varredura, algumas árvores foram derrubadas para cubagem rigorosa utilizando o método de Smalian. Para a comparação entre o volume obtido pelo processamento dos dados *laser* e a cubagem rigorosa foi considerada a altura comercial, ou seja, até a inserção dos primeiros galhos, devido à limitação desta tecnologia em determinar variáveis dendrométricas em porções do fuste com presença de galhos e copa (HOPKINSON et al., 2004; BUCK et al., 2012; MARTINS NETO et al., 2013).

Posterior a coleta foi feito o processamento da nuvem de pontos gerada pela varredura *laser* que consistiu nas seguintes etapas: registro da nuvem de pontos, recorte e isolamento da árvore. A extração do fuste e modelagem tridimensional para determinação do volume comercial (remoção de *outliers* e isolamento do fuste na nuvem de pontos, criação de sólido tridimensional e volumetria) foram realizados em linguagem de programação R utilizando os pacotes adequados.

### Registro da Nuvem de Pontos

Para garantir que todos os fustes das árvores sejam recobertos por pontos laser e evitar zonas de sombra, são necessárias diferentes posições de varredura. Cada varredura desta adota um sistema de coordenadas local. Para uma análise destes dados em conjunto, faz-se necessária a transformação de todos os sistemas de coordenadas locais em um sistema de coordenadas de referência. Este processo é denominado de registro da nuvem de pontos (BIENERT; MAAS, 2009).

O registro da nuvem de pontos é baseado na transformação de Helmert com três translações e três rotações (sendo o parâmetro  $m$  um fator de escala fixo fornecido pela varredura laser de valor igual a 1). Para a construção do sistema de referência comum, são necessários pelo menos 3 pontos de amarração (*tie points*) para que a equação do sistema possa ser resolvida (Equação 1) (BIENERT; MAAS, 2009; BIENERT, 2013). Devido a isto é necessário que o equipamento *LASER* consiga visualizar no mínimo três alvos em cada estação (WEKYZ, 2012).

$$\begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + mR \begin{bmatrix} \bar{X}_n \\ \bar{Y}_n \\ \bar{Z}_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Onde:

$X_0; Y_0; Z_0$  = vetores de translação (m);  
 $m$  = fator de escala (igual a 1);  
 $R$  = matriz de rotação (radianos);  
 $\bar{X}; \bar{Y}; \bar{Z}$  = vetor inicial.

Para a operação de registro da nuvem de pontos foi realizada na versão demonstrativa do software FARO *Scene* (30 dias). Inicialmente foi feita a leitura da nuvem de pontos das cinco varreduras da parcela para a identificação dos alvos de forma semiautomática (Figura 2). O algoritmo busca e identifica automaticamente na nuvem de pontos o formato do alvo (aqui no caso esféricos), isso inclui demais objetos com formato próximo. Desta forma é necessário indicar manualmente na cena os objetos que correspondem aos alvos para proceder com a operação de registro. Então é feito o registro usando a varredura central como de referência, e as outras varreduras rotacionadas e transladadas para ficar em um mesmo sistema de referência.

### Recorte e Isolamento da Árvore

Após a operação de registro, a nuvem de pontos foi recortada para a área da parcela (400 m<sup>2</sup>) evitando a presença de árvores adjacentes. Posteriormente foi isolada uma árvore que tenha sido derrubada e cubada na coleta de dados em campo. O isolamento foi feito de maneira interativa (manual) utilizando ferramentas de seleção e recorte em *software* de processamento de dados laser e teve como objetivo selecionar uma árvore presente na parcela. Depois destes procedimentos os arquivos foram exportados em formato .txt para prosseguir o processamento via linguagem de programação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Modelagem Tridimensional e Estimativa do Volume

O registro da nuvem de pontos foi satisfatório com um erro médio de 0,0056 cm. O arquivo .txt consistiu de uma matriz com três colunas que contêm coordenadas x, y e z. O isolamento do fuste na nuvem de pontos consistiu nos seguintes passos: remoção de ruído e de *outliers*, remoção de pontos pertencentes ao solo, identificação e remoção de galhos e seções de dossel. Após o isolamento dos pontos de interesse, a nuvem de pontos restante (correspondente a superfície do fuste árvore) foi interpolada para a criação de um sólido 3D fechado, permitindo o cálculo do seu volume.

Uma série de funções foi desenvolvida dentro do ambiente estatístico R para processamento da (X, Y, Z) matriz da nuvem de pontos. Além das funções básicas, as embalagens utilizadas durante o processamento foram RGL (ADLER; MURDOCH, 2014) e alphashape3d (LAFARGE; PATEIRO-LOPEZ, 2014), para a visualização 3D e estimativa de volume, respectivamente.

O isolamento do fuste foi realizado em quatro etapas por meio de algoritmos computacionais. A nuvem de pontos inicial era composta por 1.088.965 pontos, enquanto que o fuste isolado é composto por 222.105 pontos (20,7% do total de pontos). A figura 2 mostra as nuvens de pontos durante as etapas do processamento. A construção lógica será descrita a seguir:

Etapa 1 –*Rough Filter*: O fuste é aproximadamente linear no eixo Z, para coordenar intervalos na nuvem de pontos da árvore contendo a maioria dos pontos em X e Y que deverão corresponder à superfície do tronco;

Etapa 2 – Filtro de Segmentação: Dados ruidosos (no momento da aquisição como pontos fantasmas, ou duplicados devido ao vento) foram encontrados ao longo do espaço da nuvem de pontos e eliminados;

Etapa 3 – Remoção dos Pontos de solo: A varredura *laser* captura também pontos pertencentes ao solo, que não tem interesse para a determinação do volume. Esses pontos estão espalhados por toda a nuvem de pontos, e podem obstruir o fuste;

Etapa 4 – Poda de Árvores: A maioria das árvores crescem seguindo uma curva de estreitamento, o que significa que os diâmetros ao longo do fuste ficam menores a medida que a altura aumenta. Para adaptar este conhecimento para o contexto da nuvem de pontos, temos que o diâmetro pode ser definido como a distância entre pontos extremos de dimensões horizontais dentro de um mesmo intervalo vertical. Portanto intervalos verticais do fuste isolado não devem aumentar em termos de variância horizontal. Para este passo, o algoritmo proposto é uma adaptação de Henning e Radtke (2006).

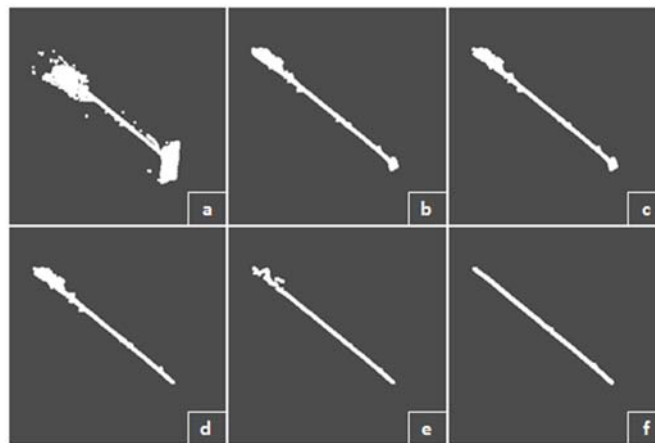


Figura 2 - Etapas do processamento da nuvem de pontos das árvores. A) Nuvem não processada; B) *Roughfilter*; C) Filtro de Segmentação; D) Remoção dos pontos de Solo; E) Remoção dos galhos; F) Fuste isolado.

Figure 2 - Processing steps of the tree point cloud (a: unprocessed tree cloud, b: rough filtering, c: segmented filtering, d: removal of ground points, e: branches removal, f: isolated stem).

O fuste isolado (Fig2f) foi interpolado por meio de triangulação em um sólido tridimensional e então o volume comercial foi calculado utilizando a função *alphashape3d* do pacote R. A figura 3 mostra a nuvem de pontos do fuste isolado em contraste com o sólido virtual.

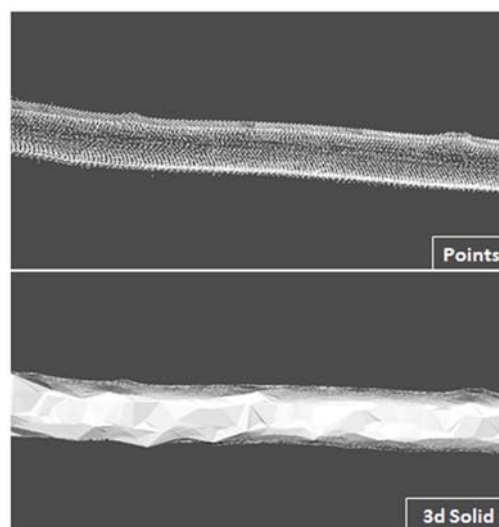


Figura 3 - Segmento do fuste na nuvem de pontos e o sólido tridimensional obtido por triangulação.

Figure 3 - Stem segment from the point cloud and from the 3D solid obtained by triangulation.

O volume comercial obtido pelo sólido 3D foi de 0.1304m<sup>3</sup>, 2,9% maior que o volume comercial obtido pelo método de cubagem de Smalian. Buck *et al.* (2012) determinaram o volume de uma árvore de *Pinus elliottii*



localizada em um povoamento inequiano, sem espaçamento regular estabelecido por meio da dispersão de sementes de indivíduos próximos, através de dados laser de varredura múltipla. A filtragem foi feita manualmente por meio de seleção e recorte dos *outliers* e posteriormente a árvore foi segmentada em toras de 1 m para então determinar o volume por meio da modelagem tridimensional utilizando rede triangular irregular (TIN).

Comparando os resultados obtidos pelo processamento dos dados laser com a cubagem pelo método de Huber e o volume real das toras pelo deslocamento de água, o volume foi bem estimado nas porções inferiores do tronco. Acima de 5 m a presença de galhos inseridos junto ao tronco ocasionou a superestimação do volume obtido com o modelo tridimensional. Este fato está ligado a deficiência no processo de filtragem, ficando caracterizada a dificuldade de determinar um limiar entre tronco e galhos.

Utilizando a mesma situação de plantio do presente estudo, Buck et al. (2014) determinou o volume de árvores de *Eucalyptus* spp. por meio do processamento de dados laser. A filtragem desta vez foi feita de maneira automática, com um filtro denominado de distância máxima, em que os pontos acima de certo limiar são considerados como *outliers* do tronco, e posteriormente utilizou-se a mesma metodologia de Buck et al. (2012) para a determinação do volume. Comparando com a cubagem pelo método de Smalian, foi possível modelar as toras até 40% da altura total, com uma leve subestimativa dos dados laser em relação à cubagem tradicional. Os autores relatam que pode ter havido problemas na coleta de dados como distribuição dos alvos e presença de vento, o que causa ambiguidade nas porções mais altas do tronco, impossibilitando a estimativa do volume pelo método automatizado nessas porções do tronco.

## CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que é possível a determinação do volume de árvores por meio de técnicas de modelagem tridimensional de dados TLS. Porém, devido as próprias limitações do ambiente florestal (como sub-bosque, densidade de copas, galhos, folhas), métodos mais eficientes de filtragem devem ser elaborados para estimar os pontos pertencentes as regiões da copa para resultados mais precisos.

Regiões mais nobres do tronco, localizadas na parte mais baixa da árvore, podem ser estimadas com muita precisão, fazendo com que o TLS ofereça uma grande vantagem em obter o volume comercial de maneira rápida para inventários pré corte.

O fuste da árvore foi obtido a partir da nuvem de pontos da varredura *laser* terrestre e seu volume foi estimado com razoável precisão pelas técnicas semiautomáticas. Outras melhorias devem ser desenvolvidas para algoritmos usados para o ponto de processamento da nuvem no setor florestal, visando à precisão de variáveis estimativa, a velocidade de computação e automação de processos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, D.; MURDOCH, D. **Rgl: 3D visualization device system** (OpenGL), 2014.
- BIENERT, A.; MAAS, H- G. Methods for the automatic geometric registration of terrestrial laser scanner point clouds in forest stands. **Laser scanner Workshop**, Paris, France, p. 93 – 98, 2009.
- BIENERT, A. **Automatische Extraktion Von 3D – Baumparametern aus terrestrischen Laserscannerdaten**. 2011. 203 f. Dissertação (Doktoringenieur) – Fakultät Umweltwissenschaften der Technischen Universität Dresden, Dresden, 2013.
- BUCK, A. L. B. **Análise de métodos de filtragem em dados laser scanner terrestre aplicados à modelagem tridimensional do tronco de *Pinus* spp.** 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, UFPR, Curitiba, 2012.
- BUCK, A. L. B.; SILVA, M. N.; LINGNAU, C.; MACHADO, A. M. L.; MARTINS NETO, R. P.; PESCK, V. A. Avaliação da modelagem tridimensional do tronco de *Pinus elliottii* a partir de dados *laser* terrestre. **Ambiência**. v. 8, p. 549-557, 2012.
- BUCK, A. L. B.; SILVA, M. N.; LINGNAU, C.; MACHADO, A. M. L.; MARTINS NETO, R. P.; PESCK, V. A. Mensuração de *Eucalyptus* spp. em uma parcela circular a partir de dados da varredura múltipla laser terrestre. In: XI SenGeF...**Anais**, Curitiba, Paraná, Brasil, p. 562 – 569, 2014.
- HENNING, J.G.; RADTKE, P.J. Detailed Stem Measurements of Standing Trees from Ground-Based Scanning Lidar. **Forest Science**, 52(1), pp. 67-80, 2006.
- HOPKINSON, C.; CHASMER, L., YOUNG-POW, C., TREITZ, P. Assessing forest metrics with a ground-based scanning lidar. **Canadian Journal of Forest Research**, 34, pp. 573-583, 2004.
- LAFARGE, T.; PATEIRO-LOPEZ, B. **Alpha shape 3d: Implementation of the 3D alpha-shape for the reconstruction of 3D sets from a point cloud**, 2014.
- MACHADO, S. DO A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2009.

- MARTINS NETO, R. P.; BUCK, A. L. B.; SILVA, M. N.; LINGNAU, C.; MACHADO, A. M. L.; PESCK, V. A. Avaliação da varredura *laser* terrestre em diferentes distâncias da árvore para mensurar variáveis dendrométricas. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 19, n° 3, p. 420 – 433, jul – set, 2013.
- SIMONSE, M.; ASCHOFF, T.; SPIECKER, H.; THIES, M. Automatic Determination of Forest Inventory Parameters Using Terrestrial *Laser scanning*. **Proceedings of the Scand Laser Scientific Workshop on Airborne Laser Scanning of Forests**, Umeå/Sweden, 2003. p. 251- 257, 2003.
- WEZYK, P. The integration of the terrestrial and airborne laser scanning Technologies in the semi – automated process of retrieving selected trees and forest stand parameters. **Ambiência**, Guarapuava, v. 8, Ed. Especial, p. 531 – 546, 2012.

QUALIDADE DE TORAS DE *Hyeronima alchorneoides* Allemão.

LOG QUALITY OF *Hyeronima alchorneoides* Allemão.

Jean Correia Geferson Elias Piazza<sup>1</sup> Alfredo Celso Fantini Renata Diane Menegatti

RESUMO

*Hyeronima alchorneoides* é uma espécie abundante nas Florestas Secundárias do litoral de Santa Catarina, com potencial de uso madeireiro amplamente difundido. Desta forma, sistemas de manejo florestal sustentável com a espécie podem ser uma alternativa para conter a substituição das áreas naturais por usos alternativos do solo, com base em uma estratégia de conservação. Visando auxiliar na redução da lacuna em torno das informações relacionadas aos potenciais sistemas produtivos da espécie, o presente estudo possui o objetivo de descrever de forma preliminar, a qualidade de toras da espécie, com base na Norma Brasileira para Medição e Classificação de Toras de Madeiras de Folhosas. Foram avaliadas as características de Achatamento e Conicidade, com base na norma, e de modo qualitativo a Tortuosidade, de um total de 30 toras da espécie, divididas em seis classes de comprimento. Em relação ao achatamento as toras foram classificadas entre as classes de qualidade Superior e Primeira Classe, e em relação à conicidade na Classe Superior. Para tortuosidade a maioria das toras foi classificada como a Classe I (de menor tortuosidade). Os resultados, embora preliminares, comprovam o potencial produtivo de madeira serrada da espécie, sendo indicado, porém, estudos mais aprofundados sobre as qualidades de toras da espécie, assim como o rendimento de madeira serrada e as correlações entre estas variáveis.

**Palavras-chave:** espécie florestal nativa; florestas secundárias; classificação.

ABSTRACT

*Hyeronima alchorneoides* is an abundant species in secondary forests of the coast of Santa Catarina, with timber use potential widespread. Sustainable forest management systems with the species can be an alternative to contain replacement natural areas for alternative uses, based on a conservation strategy for use. Aiming to reduce the gap around the information related to potential production systems of the species, this study has the objective of describing a preliminary basis, the quality of logs of the species, based on the Brazilian Standard for Measurement and Logs Timber Rating of hardwoods. Flattening of the features and taper were evaluated based on the standard, and tortuosity qualitative way, a total of 30 species of logs, divided into six length classes. Regarding the flattening logs were ranked among the classes of Superior and First Class quality, and in relation to taper in the Upper Class. Tortuosity for most of the logs was classified as Class I (lower tortuosity). The results, though preliminary, show the productive potential of sawn timber species and is indicated, however, further studies on the logs qualities of the species, as well as the yield of lumber and the correlations between these variables.

**Keywords:** forest native trees, secondary forests; classification.

INTRODUÇÃO

Historicamente retratada como uma espécie abundante e de grande potencial madeireiro nas florestas da região litorânea de Santa Catarina (REITZ et al., 1978), *Hyeronima alchorneoides* Allemão é uma das espécies mais abundantes nas formações secundárias da Floresta Ombrófila Densa do estado atualmente (SCHORN et al, 2012). Sua madeira é moderadamente pesada (0,69 g/cm<sup>3</sup>), de coloração avermelhada, clara ou escura (SMITH et al., 1988), com ampla utilização, inclusive para construções navais (CARVALHO, 2008).

No contexto do potencial de uso e da grande abundância da espécie nas florestas secundárias do litoral do estado, a mesma, juntamente com outras espécies de características similares, poderia compor um sistema de manejo sustentável, sendo uma alternativa para suprir a atual demanda por madeira serrada, evitando a substituição destas florestas por plantios de espécies exóticas, se enquadrando em uma estratégia de conservação pelo uso através do manejo de florestas secundárias. Porém, para que esses sistemas se tornem viáveis, há a necessidade de informações sobre as espécies foco, tanto do ponto de vista ecológico quanto produtivo.

Dentre as informações relacionadas às características produtivas, está a forma da árvore, diretamente expressa pela qualidade de toras, que influenciará diretamente no rendimento de madeira serrada da espécie

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Doutorando em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

E-mail: gefersonpiazza@gmail.com.

durante o processo de desdobro. Desta forma, a qualidade das toras de uma espécie pode auxiliar na tomada de decisões sobre a destinação correta dos sortimentos de produtos obtidos a partir do desdobro, assim como também a indicação de usos alternativos da matéria prima, visando o melhor aproveitamento da mesma.

Com base nestes conceitos, o presente trabalho possui o objetivo de caracterizar toras de *Hyeronima alchorneoides*, com base nas normas para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas (IBDF, 1984), com base em resultados preliminares de um projeto de pesquisa em manejo de Florestas Secundárias no Litoral de Santa Catarina.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As toras utilizadas nas avaliações são oriundas de uma pequena propriedade rural (42 ha) localizada no município de Guaramirim, na região norte de Santa Catarina, na qual está sendo executado, ainda em caráter inicial, um projeto de pesquisa em manejo de florestas secundárias. A área está inserida na Floresta Ombrófila Densa, de acordo com a classificação de Klein (1978), sendo composta por uma floresta secundária com aproximadamente 35 anos de idade. As avaliações foram realizadas com dados preliminares de 30 toras de *Hyeronima alchorneoides*, as quais foram distribuídas em seis classes de comprimento, de acordo com os sortimentos utilizados pelo proprietário da floresta e consumidor da matéria-prima, estando detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de toras amostradas por classe de comprimento (n), e seus respectivos Diâmetros Médios na Ponta Fina da Tora (Dpf).

Table 1 - Number of logs sampled by length class (n), and their average diameters in the lower end of the log (Dpf).

Classe	Comprimento (m)	n	Dpf (cm)	Desvio Padrão
1	2,00-2,49	2	28,0	10,9
2	2,50-2,99	5	24,1	4,9
3	3,00-3,49	11	25,8	5,0
4	3,50-3,99	4	28,8	9,5
5	4,00-4,49	6	28,3	9,6
6	4,50-4,99	2	23,3	6,0
Total		30	26,4	6,8

As características avaliadas foram o Achatamento e a Conicidade, segundo a Norma para Medição e Classificação de Toras de Madeiras de Folhosas (IBDF, 1984), sendo o Achatamento considerado na ponta fina da tora, visto que essa determinará o potencial de aproveitamento durante o processo de desdobro. Além destes, foi avaliado também a Tortuosidade das toras, de forma qualitativa, de acordo com a descrição posterior.

O Achatamento (A) é definido como a presença de diferentes diâmetros em uma mesma seção de tora, e deve ser avaliado nas duas extremidades da tora. O mesmo é definido pela seguinte expressão (IBDF, 1984):

$$A (\%) = \frac{d}{D} \cdot 100$$

Sendo:

d = diâmetro menor (cm);

D = diâmetro maior (cm).

Segundo as normas do IBDF (1984), toras com achatamento superior a 90% são incluídas na “Classe Superior (SU)”, valores abaixo de 90% e acima de 80% são incluídas na “Primeira Classe (I)”, valores abaixo de 80% e acima de 70% na “Segunda Classe (II)”, e valores entre 70% e 60% na “Terceira Classe (III)”.

A conicidade (C) é caracterizada pela diferença entre os diâmetros médios das duas extremidades de uma tora, sendo medida através da expressão (IBDF, 1984):

$$C (\%) = \frac{d_1 + d_2 - d_3 + d_4}{L_v \cdot 100} \cdot 100$$

Sendo:

$d_1$  e  $d_2$  = diâmetros perpendiculares entre si na ponta maior (cm);

$d_3$  e  $d_4$  = diâmetros perpendiculares entre si na ponta menor (cm);

$L_v$  = comprimento real da tora (m).

Para ser incluída na “Classe Superior (SU)”, os valores de conicidade (C) não podem exceder o limite de 3%, para a seguinte classe (Primeira Classe (I)) os limites são de 4% (IBDF, 1984).

A Tortuosidade foi classificada de modo subjetivo, em três classes distintas, sendo a classe I definida como a superior, se referindo a toras com tortuosidade praticamente não perceptível a olho nu. A classe III foi definida como a inferior, com clara tortuosidade, a qual influenciará diretamente do rendimento de madeira durante o processo de desdobro. Por fim, a classe II foi definida como intermediária entre estas.

Devido ao número pequeno da amostra, e por se tratar de dados preliminares, foram realizadas apenas análises descritivas dos dados obtidos, de modo a servir de base para futuros trabalhos mais aprofundados sobre a espécie.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o Achatamento (Tabela 2) indicam que as classes de comprimento 2; 3; 5 e 6 foram classificadas como “Classe Superior (SU)” de acordo com a norma utilizada, enquanto as classes 1 e 4 como Primeira Classe (I). Em relação à Conicidade Média (Tabela 2), todas as classes de comprimento foram classificadas como “Classe Superior”.

Poucas são as bibliografias que se referem à qualidade de toras, em especial de espécies nativas, sendo um destes o descrito por Garcia et al. (2012), para as espécies amazônicas Itaúba e Tauari, no qual obteve as classificações de “Classe Superior” e “Primeira Classe” para ambas espécies. Trabalhos descritos para seis espécies de Eucalipto no estado de Santa Catarina, também obtiveram todos os valores de conicidade incluídos na “Classe Superior” (HORNBURG et al., 2012). Para Achatamento não foram encontrados trabalhos para comparação. Estes valores comparativos comprovam o potencial de uso madeireiro da espécie, principalmente se comparado a espécies exóticas.

Tabela 2 - Classificação das toras de *H. alchorneoides* em relação às classes de comprimento, de acordo com as normas do IBDF (1984).

Table 2 - Classification of *H. alchorneoides* logs in relation to size classes, according to the rules of IBDF (1984).

Classe	Achatamento Médio (%)	Desvio Padrão	Conicidade Média (%)	Desvio Padrão
1	82,0	24,7	0,6	0,5
2	90,2	8,6	0,6	0,2
3	95,2	4,0	1,1	1,1
4	89,0	4,4	1,1	0,8
5	93,7	4,7	1,0	0,4
6	90,3	0,9	0,8	0,3

A avaliação qualitativa da Tortuosidade (Tabela 3), demonstra que a maioria das toras está incluída na classe de tortuosidade I (80% no total), sendo o resultado também comprovado para as classes de comprimento, exceto na Classe 1, no qual 50% das toras estão na classe de tortuosidade I, e 50% na classe II. Nenhuma tora foi incluída na classe de tortuosidade III (inferior). Os resultados contradizem o comportamento esperado de que toras de maior comprimento, acarretariam em toras mais tortas, especialmente para espécies nativas, na qual não são adotadas práticas silviculturais.

Tabela 3 - Porcentagem de toras de *H. alchorneoides* avaliadas nas três classes de tortuosidade avaliadas, em relação as classes de comprimento.

Table 3 - Logs percentage of *H. alchorneoides* evaluated in three classes of assessed tortuosity, for the length classes.

Classe comprimento	Tortuosidade (% toras)		
	1	2	3
1	50	50	0
2	80	20	0
3	82	18	0
4	100	0	0
5	67	33	0
6	100	0	0
Total	80	20	0

## CONCLUSÕES

Apesar de se tratar de resultados preliminares, o estudo demonstrou que em todos os casos a avaliação das características das toras indicou comportamento superior, o que comprova o potencial da espécie para uso madeireiro, principalmente se baseando no fato de que, por se tratar de indivíduos oriundos de florestas nativas, não possuem nenhum tipo de tratamentos silviculturais.

Estudos mais detalhados são indicados para ampliação da amostragem, além da avaliação de outros caracteres qualitativos, e do rendimento de madeira serrada da espécie, para que se possa correlacionar estas características com o real potencial de produção da espécie.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2008. v. 3.
- GARCIA, F. M. et al. Rendimento no Desdobro de Toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couratari guianensis*) Segundo a Classificação da Qualidade da Tora. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 468-474, 2012.
- HORNBERG, K. F. et al. Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Scientia forestalis**, v. 40, n. 96, p. 463-471, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. **Norma Para Medição e Classificação de Toras de Madeiras de Folhosas**. Brasília: Gráfica Brasileira Ltda., 1984.42 p.
- KLEIN R. M. Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. In: Reitz R, editor. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues; 1978.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n.28/30, p.3-320, 1978.
- SCHORN, L. A. et al. Síntese da estrutura dos remanescentes florestais em Santa Catarina. In: VIBRANS, A. C. et al. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Diversidade e Conservação dos Remanescentes Florestais**. Blumenau – SC: Edifurb. v.1. p.125-140. 2012.
- SMITH, L. B.; DOWNS, R. J.; KLEIN, R. M. HERBÁRIO "BARBOSA RODRIGUES". **Euforbiáceas**. Itajaí: Herbário "Barbosa Rodrigues", 1988. 408p. (Flora ilustrada catarinense).

QUANTIFICAÇÃO DE REBROTOS DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM POVOAMENTOS IMPLANTADOS, QUANDO SUBMETIDOS A DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTE

MEASUREMENT OF REGROWTH OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN STANDS IMPLANTS, WHEN SUBJECTED TO DIFFERENT THINNING INTENSITIES

Artur José Soligo<sup>1</sup> Paula Zanatta Fabiano de Oliveira Fortes

RESUMO

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, espécie de fácil propagação e de grande demanda do mercado madeireiro, atingindo o auge da exploração na década de 60 desperta ainda hoje interesse sob o ponto de vista conservacionista. O presente estudo teve como objetivo quantificar rebrotos em povoamentos implantados de *Araucaria angustifolia*, quando submetidos a diferentes intensidades de desbaste. A pesquisa foi realizada na Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS. Avaliou-se 4 talhões com idade e intensidade de desbaste distintos. Os plantios foram implantados em 1946, 1951, 1962 e 1965, os quais atualmente apresentam 4, 3, 1 e 2 desbastes, respectivamente. Em cada talhão, instalou-se 12 parcelas de área circular, com raio de 10 metros da árvore central, quantificando os rebrotos existentes juntamente com diâmetro e altura dos indivíduos presentes na alocação. Para fins de cálculos, considerou rebrote viável a se tornar um indivíduo adulto, aquele que apresentou altura superior à altura média dos próprios rebrotos. Com dados avaliados, encontrou-se mais brotações no talhão com 4 desbastes e de maior idade, representando 28,9% do total de indivíduos amostrados, dos quais, 70,4% são viáveis, ou seja, podem se tornar árvores adultas, seguido de 3, 2 e 1 desbastes. Assim, conduzindo o povoamento adequadamente estes valores serão superiores.

**Palavras-chave:** *Araucaria angustifolia*; rebrotos; manejo.

ABSTRACT

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze kind of easy propagation and high market demand logger, reaching the pinnacle of exploration in the 60s still arouses interest from the point of view of conservation. This study aimed to quantify sprout implanted in stands of *Araucaria angustifolia*, when subjected to different thinning intensities. The study was conducted in the National Forest of São Francisco de Paula-RS. We evaluated four areas with different age and number of thinning. The plantations were established in 1946, 1951, 1962 and 1965, which has respectively 4, 3, 1 and 2 thinning. In each area, we installed 12 circular parcels. Each parcel has a tree on its center and has 10 meters of radius. In each parcel, we quantified the regrowth and we measured the diameter and the height of all the *Araucaria angustifolia*. For calculation purposes, only the viable regrowth that will become adult were considered. The trees needed also to have a height greater than the average height of the regrowth themselves. According to the data collected, there were more regrowth in area that had four thinning and that were older. The regrowth represented 28.9% of the total individuals sampled, of which 70.4% were alive in other words that will possibly become mature trees, were observed with 3, 2 and 1 thinning. Thus, leading the settlement adequately these values will be higher.

**Keywords:** *Araucaria angustifolia*; regrowth; management.

INTRODUÇÃO

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é uma das espécies de maior valor comercial do estado do Rio Grande do Sul, sendo esta de fácil propagação e teve grande demanda do mercado madeireiro. *Araucaria angustifolia* conhecida como Pinheiro-do-Paraná ou Pinheiro-brasileiro é uma Gimnosperma da família Araucariaceae. Sua distribuição geográfica, de acordo com Backes e Irgang (2009) abrange de Minas Gerais, Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul, norte da Argentina e leste do Paraguai. É característica e exclusiva da Floresta Ombrófila Mista (VELOSO et al., 1991), sendo também encontrada nas áreas de tensão ecológica, com a Floresta Estacional Semi-decidual e com a Floresta Ombrófila Densa, sendo esta, heliófila e tolerante a baixas temperaturas (CARVALHO, 2003). Ocorre em locais de grandes altitudes, preferencialmente entre 500 e 1500 m, com temperatura média anual na faixa de 11,5 a 21° C (CARVALHO, 1994). Espécie de tronco reto, quase cilíndrico

<sup>1</sup>Autor para correspondência

Engenheiro Florestal, Mestre em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, FLONA São Fco.Paula RS. E-mail: asoligo@ibest.com.br.

e com copa caliciforme. Desenvolve-se melhor em solos mais ácidos e apresenta uma madeira moderadamente densa, com massa específica básica de 0,42 a 0,48g/cm<sup>3</sup> (JANKOWSKY et al., 1990).

Embora a capacidade de rebrote das coníferas seja, em geral, menor do que a de angiospermas a realização do corte de *Araucaria angustifolia* induz o crescimento de brotos, oriundos da cepa. Esta prática tem sido bastante utilizada para espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil, o qual, conforme Reis e Reis (1997) possuem grande capacidade de regeneração após o corte da parte aérea.

Dentre as formas de reprodução da espécie em questão, se destacam a estaquia e o plantio do pinhão. Contudo se a floresta for manejada em sistema de talhadia (corte de árvores), obtém-se outra alternativa de propagação da espécie, baseada na condução dos rebrotes, ocorrida pela indução de brotação ao realizar o corte.

Normalmente, para que se atinja um novo povoamento baseado na condução de rebrotes, busca-se árvores com alta capacidade de crescimento e manutenção das brotações, entretanto, segundo Rosse (1995), as árvores matrizes apresentam grande variação na capacidade de brotação das cepas. Portanto, o estudo realizado por Bond e Midgley (2003) mostrou que a capacidade de emissão de rebrotes pode variar com as condições abióticas, a energia armazenada, a idade ou o tamanho do indivíduo no momento da perturbação e a atividade meristemática. Tratos culturais deficientes e ataques de pragas também podem prejudicar a brotação e contribuir para a mortalidade das cepas (SIMÕES et al. 1981). Com relação à idade das árvores, Paiva (1983), verificou que as plantas diminuem a sua capacidade de brotação proporcionalmente ao seu envelhecimento.

Reis e Reis, 1997 apud Daniel et al., 1979 e Taylor et al., 1982, afirmam que a grande vantagem do manejo de florestas por talhadia é a alta taxa de crescimento inicial das brotações, quando comparada com a de mudas. Isto se deve à presença de um sistema radicular já estabelecido que facilita a absorção de água e nutrientes e serve como fonte armazenadora de reservas orgânicas e inorgânicas e, ao estímulo do crescimento promovido pelo desbalanço hormonal, especialmente aquele gerado devido ao corte da planta.

Com isso o presente estudo tem como objetivo quantificar rebrotes em povoamentos implantados de *Araucaria angustifolia* na Floresta Nacional de São Francisco de Paula – RS, quando submetidos a diferentes intensidades de desbaste, verificando se é válida a alternativa de propagar a espécie por condução de brotações oriundas das cepas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA – SFP), Rio Grande do Sul, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), situada entre as coordenadas 29°23' e 29°27' de latitude Sul e 50°23' e 50°25' de longitude Oeste, com altitude máxima de 930 metros. Encontra-se inserida na microrregião dos Campos de Cima da Serra, zona de transição entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, tendo ao norte a interface com os campos. Na FLONA-SFP são encontrados reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (307 ha, ou seja, 19,5% da área total), *Pinus taeda* e *P. elliottii* (205 ha, 13 % da área total), *Eucalyptus* (20 ha) e outras essências com fins comerciais, totalizando uma cobertura de pouco mais de 550 ha. Contudo, a floresta nativa ocupa mais de 800 ha. do total de 1572,7 ha. Também ocorrem pequenos trechos de campo nativo e banhado. Este mosaico de ambientes naturais e construídos, juntamente com o gradiente altitudinal, resulta em uma considerável riqueza de espécies.

Nessa região, durante pelo menos um mês, a temperatura média permanece inferior a 10°C, possuindo inverno acentuado cujo frio é uma constante de dia e de noite e, no verão, o calor é praticamente ausente, pelo efeito da altitude (NIMER, 1990). Os solos estão classificados de acordo com a taxonomia do IBAMA (2000) em Cambisol Húmico Álico (Cambissolo álico se deve aos elevados teores de alumínio trocável, com o horizonte A húmico ou proeminente e argiloso ou muito argiloso, com agravação de ocorrer em regiões de clima frio e úmido, sendo ideal para fruticultura de clima temperado, pastagens e reflorestamento), de textura argilosa, substrato basáltico, de teor ácido com teores de Alumínio trocável e o Chernossolo Argilúvico Férrico e Neossolo Litólico Eutrófico (STRECK et al., 2002).

Para o presente estudo utilizou-se 4 talhões de plantios de *Araucaria angustifolia*, os quais apresentam idades e intensidades de desbaste distintos sendo que nunca foi estimulado ou conduzido a rebrota (Tabela 1).

Em cada talhão instalou-se 12 parcelas de área circular, aleatoriamente, com raio de 10 metros da árvore central, sendo de 314,15 m<sup>2</sup> a área de cada parcela. Dentro das parcelas mediu-se a altura e o diâmetro a altura do peito (DAP) de cada árvore, e de cada rebrote presente na mesma, respeitando seus limites. Para fins de cálculos, considerou-se rebrote viável a se tornar um indivíduo adulto, aquele que apresentou altura superior a altura média dos próprios rebrotes.



Tabela 1 - Identificação do talhão, área de plantio, ano do plantio, número de desbaste e espaçamento do plantio inicial dos povoamentos de *Araucaria angustifolia* na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

Table 1 - Identification of the plot, acreage, year of planting, thinning the number and spacing of the initial planting of stands of *Araucaria angustifolia* in the National Forest of the São Francisco de Paula, RS.

Talhão	Área (ha)	Ano do plantio	Número de desbastes	Anos dos desbastes	Espaçamento inicial do plantio (m)	Número de árvores por hectare atual (N/ha)
T1	8,7	1946	4	66/71/75/87	2X1,5	403
T2	5,3	1951	3	66/71/91	2X1	917
T3	5,0	1962	1	91	1X1	1090
T4	10,4	1965	2	80/91	2X1,5	413

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme dados avaliados, o maior número de rebrotes ocorreu no talhão mais velho, T1, o qual possui 4 desbastes, representando 28,9% de rebrotes do total de indivíduos amostrados, dos quais 70,4% apresentam altura superior a altura média dos rebrotes, ou seja, são viáveis, podendo assim, se tornarem árvores adultas. Neste talhão os rebrotes viáveis apresentaram altura média de 4,95 m, área basal média de 1,14 m<sup>2</sup>/ha e volume médio de 8,99 m<sup>3</sup>/ha. Estes valores quando comparados à espécie *Eucalyptus dunnii*, são baixos, pois segundo Graça e Toth (1990), este gera 94,3% de capacidade de rebrote. Porém, se conduzidas as cepas de *Araucaria angustifolia*, de maneira que disponibilize condições adequadas ao seu crescimento, observando a época de corte, efetuando o controle de pragas e doenças, propiciando luminosidade adequada, entre outros fatores, estes valores podem ser aumentados e se tornar um meio de propagação viável a espécie em questão. Sendo para o manejo dos povoamentos um fato importante a ser considerado.

Os resultados de capacidade de brotações foram seguidos de T2, T4 e T3. Para o talhão T2, com 3 desbastes, os rebrotes representaram 20,8% do total de indivíduos do povoamento, comportando um volume médio de rebrotes viáveis de 9,33 m<sup>3</sup>/ha e área basal de 4,55 m<sup>2</sup>/ha. Os valores de área basal e volume médio foram mais altos que o talhão que apresentou mais brotações (T1), uma vez que o diâmetro e altura dos rebrotes encontrados apresentaram dimensões superiores aos demais talhões amostrados. Neste talhão podem-se observar melhores condições de luminosidade e aeração, possuindo ainda um bom índice de sítio. Diferentemente deste, os talhões T4 e T3, apresentaram volume de 4,21 m<sup>3</sup> e 0,18 m<sup>3</sup>/ha e área basal de 1,03 m<sup>2</sup>/ha e 0,07 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente. Resultados estes oriundos da menor quantidade de desbastes, quando comparado aos outros talhões. Para o T4 encontrou-se uma percentagem de rebrotes do total de árvores de 20,5% e de 6,8% para o T3. Cabe ressaltar que em nenhum povoamento ocorreu à condução dos rebrotes. A relação de volume e percentual de rebrotes associado ao número de desbastes demonstra o grau de relevância da luz no desenvolvimento das brotações. Esta relação também fica evidente em que ocorre um maior número de rebrotes no talhão com um menor número de plantas ratificando indicando que há uma dependência direta com a luminosidade. O número de plantas por hectare não determina a presença de um número de rebrotes T3, T4 e o mesmo ocorre se compararmos o T1 e T2 com semelhança nas idades. Estes dados podem ser melhor visualizados na Figura 1.

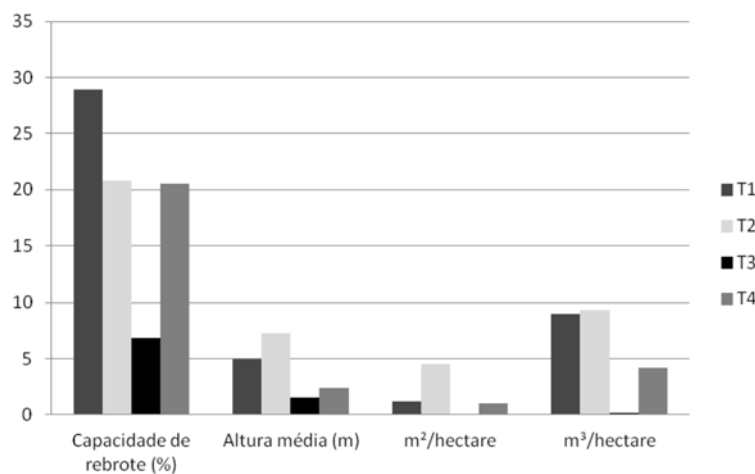


Figura 1 - Capacidade de rebrotes de *Araucaria angustifolia* para os talhões com diferentes desbastes.

Figure 1 - Capacity of sprouts for *Araucaria angustifolia* plots with different thinning.

A maior altura média dos rebrotes, foi de 7,26, 2,36 e 1,52 m, respectivamente. Pode se perceber que no T2 houve maior altura média que no T1, o qual apresentou maior número de brotações, isso ocorreu devido a possuir um melhor índice sítio e melhores condições de luminosidade para as cepas. Já o T3, obteve menor altura média pelo fato de ter sofrido desbaste único. O último desbaste ocorreu com uma diferença de 4 anos apenas T1 para os demais T2, T3, T4 sendo que neste últimos todos no mesmo ano.

Em todos os talhões, encontraram-se cepas com mais de um rebrote por cepa (Figura 2), fato este, que também deve ser avaliado no momento da condução. Portanto, quando feito o manejo recomenda-se deixar a brotação que tem maior condição de se tornar uma árvore adulta, aquela que apresenta maior vigor, maior diâmetro e altura, sem danos fitossanitários eliminando as demais. Pesquisas mostram que o gênero *Eucalyptus*, com apenas um broto na cepa, consegue-se um incremento médio anual de 44,84 m<sup>3</sup>/ha ano, quando comparado com mais brotos na mesma cepa, ou seja, há um declínio na produtividade quando deixadas todos os rebrotes (PAULA, 2010). Com a permanência de todos os rebrotes numa mesma cepa ocorreu perda de 40% no incremento e a inviabilidade das mesmas.



Figura 2 - Cepas de *Araucaria angustifolia* com mais de um rebrote.

Figure 2 - Strains of *Araucaria angustifolia* over a regrowth.

Foto: Artur José Soligo.

As Gimnospermas, quando comparadas as Angiospermas, possuem baixa capacidade de brotação após o corte da árvore, fato este confirmado no presente estudo. Contudo, é importante ressaltar que esses povoamentos de *Araucaria angustifolia* foram conduzidos no sistema de alto fuste regular objetivando produzir árvores altas e de grandes dimensões o que pode estar interferindo no grau e capacidade de estabelecimento das rebrotas. Percebe-se ainda, que nestas áreas tem-se *Araucaria angustifolia* com declínio em seu crescimento, ou seja, atingiram seu máximo desenvolvimento, portanto, passíveis de ser retiradas. Oportunizando a um aumento no número de rebrotes.

O Plano de Manejo da Floresta Nacional de São Francisco de Paula recomenda a transformação do sistema equiano em inequiano em povoamentos com *Araucaria angustifolia* estabelecida em sítios de boa qualidade antes do corte final, renovados com interplantios de mudas e manejo da regeneração natural (IBAMA, 1989). Os rebrotes podem também vir a contribuir na formação destes novos povoamentos no novo sistema.

Os rebrotes oriundos de cepas de *Araucaria angustifolia* tendem a ser uma nova alternativa para propagação da espécie, entretanto, exigem estudos de longo prazo para que estes fatores sejam avaliados. A época do ano em que é realizado o corte. As temperaturas extremas, a ausência de chuva, a insolação excessiva ou inadequada, os períodos com geada ou seca, podem reduzir grandemente o número de brotos obtidos. Ainda, a altura do corte e o diâmetro das cepas podem afetar a capacidade de rebrote.

Devido a poucos estudos realizados sobre brotações em coníferas, há necessidade de intensificá-los inclusive investigando em formações nativas para constatar a ocorrência e o grau para espécie como a *Araucaria angustifolia*, considerando os fatores ambientais, fatores inerentes à espécie, a condução e a qualidade da cepa já citados e ainda, associar aspectos de viabilidade econômica desta prática.

## CONCLUSÕES

Em povoamentos implantados de *Araucaria angustifolia*, em diferentes intensidades de desbaste encontrou-se um valor médio de 19,2% de capacidade de rebrotes. O sistema de talhadia para a espécie em questão tende-se a tornar um meio de propagação viável quando conduzidas e manejadas as cepas. Considerar este índice relevante para a espécie no manejo e condução dos povoamentos. Contudo torna-se necessário estudos a longo prazo, verificando a viabilidade técnica e econômica para esta prática.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul: guia de identificação e interesse ecológico**. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2009. 332p.
- BOND, W. J.; MIDGLEY, J. J. The Evolutionary Ecology of Sprouting in Woody Plants. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, n.3, p. 103-114, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa/CNPF; Brasília, DF: Embrapa/SPI, 1994. 640 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v.1, 1039 p.
- GRAÇA, M. E. C.; TOTH, V. B. R. Rebrotas de *Eucalyptus dunnii*: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 20, p. 49-57, 1990. 49-57.
- IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de Manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS**. UFSM-FATEC, Santa Maria:1989. 318p.
- IBAMA. Floresta Nacional de São Francisco de Paula - FLONA/RS. Brasília: 2000. (Folder).
- JANKOWSKY, I. P. (COORD.) **Madeiras Brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. Vol. 1.172p.
- NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), p.151-187, 1990.
- PAIVA, H. N. de; PAULA NETO, F. de; BRANDI, R. M.; VALE, A. B. do. Influência das idades de corte e de desbrota e do número de brotos sobre o desenvolvimento da brotação de cepas de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.7, p.1-10, 1983.
- PAULA R. N. IV Semana de atualização para Técnicos Florestal, 2010. Disponível em: [http://www.sif.org.br/arquivos\\_internos/downloads/RODRIGO+DE+PAULA.pdf](http://www.sif.org.br/arquivos_internos/downloads/RODRIGO+DE+PAULA.pdf). Acesso em: 27 de junho de 2015.
- REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. Piracicaba: IPEF. Série Técnica, v. 11, n. 30. 1997. 14p.
- ROSSE, L. N. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos da capacidade de rebrotamento e do enraizamento de estacas em clones de *Eucalyptus* spp.** 1995. 77f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.
- SIMÕES, J. W. et al. **Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília: IBDF, 1981. 131 p.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 107p.
- VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 123 pp. 1991.



REESTABELECIMENTO DO CRESCIMENTO DE ÁRVORES DE *Pinus taeda* L. ATACADAS POR ROEDORES SILVESTRES, SANTA CATARINA/BRASIL

REINSTATEMENT OF TREES GROWTH OF *Pinus taeda* L. ATTACKED BY WILD RODENTS, SANTA CATARINA / BRAZIL

Vilmar Picinatto Filho<sup>1</sup> Marcos Felipe Nicoletti Marcelo Bonazza Myrcia Minatti

RESUMO

Várias empresas florestais da região sul do país alertam sobre a ampliação e intensificação dos registros de injúrias em árvores na base dos troncos causados por roedores silvestres, causando redução no crescimento das árvores e comprometendo a sua rentabilidade. O objetivo do trabalho foi constatar se existe ou não a recuperação e restabelecimento do crescimento das árvores que foram atacadas por roedores silvestres, por meio da quantificação do crescimento de árvores pela metodologia de análise de tronco. A avaliação do crescimento em volume demonstrou diferença significativa para árvores atacadas e não atacadas ( $p=0,0235$ ) no teste de Tukey a 5% de significância, até o sétimo ano, reduzindo em média  $0,08794 \pm 0,00078 \text{ m}^3/\text{árvore}$  em volume nas arvores atacadas. No oitavo e nono anos não foram encontradas injúrias nas árvores e na maioria dos casos as lesões já haviam cicatrizado. Para essas duas idades não foram encontradas diferenças estatísticas no crescimento de árvores atacadas em relação às não atacadas ao nível de significância de 5% no teste de TUKEY, demonstrando que as árvores, a partir do momento que cessam os ataques, conseguem recuperar-se das lesões e restabelecer o crescimento.

**Palavras-chave:** lesões; perdas; recuperação.

ABSTRACT

Many forest companies in the south of the country warn about the expansion and intensification of injuries in trees at the base of the logs caused by wild rodents, causing reduction in tree growth and compromising the profitability of forestry companies. The objective of this study was to see if exists or not the recovery and reestablishment in the growth of trees which were attacked by wild rodents, by quantifying the growing by the tree log analysis method. The evaluation of volume growing was demonstrated significant difference for trees attacked and not attacked ( $p=0.0235$ ) in the Tukey test at 5% significance level until the seventh year, reducing on average  $0.08794 \pm 0.00078 \text{ m}^3/\text{tree}$  in volume at the attacked trees. In the eighth and ninth years there were no injuries in the trees and in most cases the lesions had already healed. For these two ages were not found significant differences in the growth of trees attacked in relation to not attacked at a significance level of 5% in the Tukey test, showing that trees, from the moment that attacks stopped, can recover from injuries and restore growth.

**Keywords:** injury; losses; recovery.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda de madeira para processamentos industriais e para geração de energia exige o florestamento com diferentes espécies florestais, visando atender os diversos segmentos florestais. No Sul do Brasil, as espécies mais plantadas para atender esta demanda são do gênero *Pinus*. O aumento de áreas com plantios florestais monoespecíficos favorece o aparecimento e a dispersão de várias espécies que se tornam causadoras de danos nos povoamentos florestais (SHIMIZU, 2008).

Várias empresas florestais da região sul do país alertam sobre a ampliação e intensificação dos registros de injúrias em árvores na base dos troncos. Gonçalves et al. (2007) assumem que essas injúrias em plantios de *Pinus* sp. são causados por roedores silvestres, o que também é descrito por (ANDREIV e FIRKOWSKI, 2006).

Os ataques ocorrem em toda área de plantio, porém com maior intensidade nas bordas do talhão em locais próximos das áreas nativas. A idade inicial está entre o terceiro e quarto anos de idade, nos locais onde há formação de microhabitats por ervas daninhas. Há reincidência de ataques até o sétimo ano, sendo que no oitavo ano se torna raro encontrar árvores com injúrias (PICINATTO FILHO, 2014).

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro Florestal, Doutorandos em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná-UFPR, PR. Av. Lothário Meissner, 900, Bairro Jardim Botânico, 80210-170, Curitiba, Paraná.

Email: vilmar@florestal.eng.br

Estudo referente aos ataques de roedores silvestres, principalmente em relação às implicações no crescimento das árvores, é encontrado no hemisfério norte descrito por Sullivat et al. (1993) e desconhecido para o Brasil.

O estudo de crescimento possibilita conhecer o potencial de produção florestal de uma determinada localidade e com isso, também a tomada de decisões sob vários aspectos, tanto na produção biológica, como na produção econômica (HOSOKAWA et al., 1998). Estas ferramentas do manejo florestal estão em função da produção econômica, dirigindo a produção do povoamento de tal maneira que sejam aproveitados ao máximo os fatores de produção ambientais do sítio (BURGER, 1976).

Para o estudo de crescimento e produção anteriores à época de medição é utilizado o artifício da coleta de dados através da Análise de Tronco Completa. Esta é uma técnica que permite o levantamento do crescimento passado pela medição de seus anéis de crescimento (HUSH et al., 1982).

O objetivo do trabalho foi constatar se existe ou não a recuperação e restabelecimento do crescimento das árvores que foram atacadas por roedores silvestres, por meio da quantificação do crescimento de árvores de *Pinus taeda* L. atacadas e não atacadas, verificando a influência dos ataques no crescimento em diâmetro, altura e volume das árvores e em quais idades isso ocorre.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Local de estudo

O estudo foi conduzido em duas fazendas denominadas Bom Retiro II e III, com plantios comerciais de *Pinus* spp. no município de Otacílio Costa, Santa Catarina.

A altitude do local é de 884 m em relação ao nível do mar. O clima da região é mesotérmico úmido, com ausência de estação seca (Hijmans et al., 2005). A temperatura média anual é de 16,5°C, máxima de 25,8°C e mínima de 7,2°C. Precipitação total anual entre 1.300 a 1.400 mm.

O manejo adotado pela empresa é o de *pulpwood*, cujas principais características são a ausência de podas nas árvores e desbastes. As florestas exóticas presentes nas fazendas são plantadas em mosaico com a vegetação nativa. A vegetação nativa destas áreas é composta basicamente por Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), denominadas áreas silvestres.

### Coleta de dados

Pela metodologia de análise de tronco (ANATRO) proposta determinou-se a diferença de crescimento entre plantas de *Pinus taeda* atacadas e não atacadas. Coletou-se dados referentes ao crescimento de 60 árvores de um talhão de 18,4 ha, implantado no ano de 2004.

A coleta foi precedida de inventário piloto por meio da amostragem sistemática onde foram definidos os centros de classe diamétrica e a frequência de cada classe. As árvores coletadas foram selecionadas aleatoriamente de acordo com a distribuição diamétrica do povoamento, e a intensidade de coleta foi ponderada de acordo com a frequência de cada classe diamétrica.

As árvores foram derrubadas e discos de quatro centímetros de espessura foram retirados das alturas: 0,0; 0,70; 1,30 m e a partir deste em distância de 2 em 2 metros até completar a altura total. Cada disco foi identificado, seco em estufa de ciclo lento (96 horas), polido com lixas e os anéis de crescimento foram medidos com régua de precisão.

Os dados foram tabulados e posteriormente analisados no programa ACT®, onde se calculou para cada idade (n=9) os valores de diâmetro, altura, área basal, volume e fator de forma. Para as análises de crescimento a comparou-se a diferença entre árvores atacadas e não atacadas. Diferenças no crescimento de árvores atacadas e não atacadas, foi testada através do Teste Tukey, ao nível de significância de 5% com auxílio do *software* estatístico R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do crescimento em volume demonstrou diferença significativa para árvores atacadas e não atacadas (p=0,0235) no teste de Tukey a 5% de significância, não apresentando segregação diamétrica nas perdas. Porém quando comparamos o crescimento em volume, diâmetro e altura em cada idade temos que: para as variáveis testadas nenhuma apresentou diferença significativa ao nível de 5% de significância no teste de Tukey para o primeiro, segundo e terceiro anos de idade, provando que as árvores cresciam igualmente no período antecedente aos ataques. Essa diferença no crescimento, causada pelo ataque de roedores silvestres está muito mais relacionada a lesão causado nas células de condução de seiva elaborada (floema) e células meristemáticas (câmbio).

O meristema primário está localizado nas extremidades dos galhos e ponteira da árvore e confere a ela o crescimento em altura. O meristema secundário está localizado na casa viva (câmbio) da árvore e confere a ela o crescimento em diâmetro (HUSCH et al., 1982). Quando relacionamos o ataque dos roedores silvestres, que proporciona a retirada da casca, o meristema secundário é diretamente afetado, causando a morte não somente das células dos vasos condutores de seiva elaborada (floema), mas também das células meristemáticas do câmbio. Com a destruição deste sistema a nutrição das raízes é comprometida e as reservas nutricionais localizadas no colo e raízes se torna deficiente. Logo nos períodos adversos (invernos rigorosos ou secas severas), com reservas deficientes, a parte aérea deixa de ser nutrida reduzindo a atividade meristemática, resultando na redução do incremento. Também deve ser levado em conta que o gasto com energia pra cicatrizar a área afetada é dispendioso (TAIZ e ZEIGER, 2012). Andreiv e Firkowski (2006), afirmam que o incremento médio anual da floresta é afetado devido ao esforço da planta em se recuperar do ferimento.

No quarto ano de idade as árvores atacadas apresentam diferença estatística ( $p=0,011$ ) somente para altura. As perdas em decorrência dos ataques amplificam-se ainda mais a partir do quinto ano de idade. No quinto, sexto e sétimo anos além da altura ( $p=0,003$ ) o diâmetro à altura do peito (DAP) ( $p=0,024$ ), a área basal ( $p=0,031$ ) e o volume ( $p=0,004$ ) também foram desiguais, resultando na redução média do crescimento em  $1,23\pm 0,12$  m na altura,  $2,1\pm 0,3$  cm no diâmetro,  $0,00445\pm 0,00022$  m<sup>2</sup>/árvore em área basal e  $0,08794\pm 0,00078$  m<sup>3</sup>/árvore em volume, nesses três anos.

Estudos conduzidos por Sullivant et al. (1993) corroboram parcialmente com esse resultado. Naquela ocasião eles avaliaram os danos causados pelos hábitos alimentares de roedores no crescimento em diâmetro e altura e qualidade de madeira de *Pinus contorta* em fase jovem, em Prince George, British Columbia, relatando que graves danos foram quantificados (50-99% da circunferência do tronco) com resultado na desaceleração do crescimento em diâmetro e altura das somente árvores de pequeno diâmetro (4,1 a 6,0 cm). Segundo os mesmos autores as árvores crescem 27,5% a menos em diâmetro e 30,5% a menos em altura, justificando a maior severidade dos danos.

Apesar de acumular grande perda em crescimento no oitavo e nono anos não foram encontradas injúrias nas árvores e na maioria dos casos as lesões já haviam cicatrizado. Para essas duas idades não foram encontradas diferenças estatísticas no crescimento de árvores atacadas em relação às não atacadas ao nível de significância de 5% no teste de TUKEY, demonstrando que as árvores, a partir do momento que cessam os ataques, conseguem recuperar-se das lesões e restabelecer o crescimento.

Este fato está diretamente relacionado à forte rusticidade desta espécie. Espécies de pínus são plantadas em vários países e são valorizadas pela cor clara da madeira, variando de branca a amarelada; pela fibra longa, apropriada para a fabricação de papel para embalagens para imprensa; pela rusticidade e tolerância a solos marginais à agricultura (AGUIAR et al., 2011). O restabelecimento do crescimento justifica o uso de técnicas que controlem os ataques de roedores silvestres em *Pinus taeda*, pois amplifica os resultados do manejo dessa praga.

## CONCLUSÕES

A avaliação do crescimento em volume demonstrou diferença significativa para árvores atacadas e não atacadas ( $p=0,0235$ ) no teste de Tukey a 5% de significância, até o sétimo ano, reduzindo em média  $0,08794\pm 0,00078$  m<sup>3</sup>/árvore em volume nas arvores atacadas. Porém existe recuperação e restabelecimento do crescimento das árvores que foram atacadas por roedores silvestres. Após o oitavo e nono anos não foram encontradas injúrias nas árvores e na maioria dos casos as lesões já haviam cicatrizado, não sendo encontradas diferenças estatísticas no crescimento de árvores atacadas em relação às não atacadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. V.; SOUZA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. **Introdução**. In: EMBRAPA FLORESTAS (Ed.). Cultivo de pínus. Colombo: Embrapa Florestas, Sistemas de produção 5, p. 1-25, 2011.
- ANDREIV J, FIRKOWSKI C. Técnicas de redução de danos causados por roedores em povoamentos de *Pinus*. **Rev. Floresta**, 36: 305-310, 2006.
- BATISTA, Elder Simões de Paula. *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) e seus inimigos naturais em *Pinus taeda* e caracterização morfológica de *Deladenus siricidicola*. 2014. viii, 85 p. **Tese** (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014.
- BURGER, D. **Ordenamento florestal**. 2.ed. Curitiba: UFPR, 1976.
- GONÇALVES GL, FARIA-CORREA, CUNHA AS, FREITAS TRO. Bark consumption by the spiny rat *Euryzomatomys spinosus* (G. Fischer) (Echimyidae) on a *Pinus taeda* Linnaeus (Pinaceae) plantation in South Brazil, Rio Grande do Sul, Brasil. **Rev. Bras. Zoologia** 24 (I): 260-263, 2007.

- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, England, v. 25, 2005.
- HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Editora UFPR, p. 162, 1998.
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. New York: Ronald Press Co, 410 p, 1982.
- PICINATTO FILHO, V. Avaliação de danos causados por roedores silvestres em *Pinus taeda* L. como subsídio ao manejo de pragas florestais, Santa Catarina/Brasil. **Dissertação**, Mestre em Engenharia Florestal. Universidade do Estado de Santa Catarina. p. 81. 2014.
- SHIMIZU, J. Y. **Pínus na silvicultura brasileira**. Embrapa Florestas. Colombo, PR. p. 223, 2008.
- SULLIVANT, T. P.; COATES, H.; JOZSA, L. A. Influence of feeding damage by small mammals on tree growth and wood quality in young lodge pole pine. **Canadian Journal of Forest Research**. v. 23, n. 5, p. 799-809, 1993.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Ed. Artmed. e. 5, p. 954, 212.



**RELAÇÃO DENSIDADE-DIÂMETRO EM POVOAMENTO DE *Acacia mearnsii* De Wild.**

**DENSITY-DIAMETER RELATIONSHIP IN *Acacia mearnsii* De Wild. STAND**

Junior Oliveira Mendes<sup>1</sup> Anelisa Pedroso Finger Régis Villanova Longhi Paulo Renato Schneider

**RESUMO**

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar a eficiência dos modelos que expressam a relação de densidade e diâmetro em povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild manejado em densidade completa e altamente estocado. Para isso, foram ajustados os modelos de Reineke, Yoda, Zeide e Tang, que relacionam a densidade de árvores por hectare com o diâmetro médio, por meio de dados originados de parcelas permanentes, medidas anualmente até os 9 anos, implantadas em espaçamento de 1,0x1,0 m e mantidas em densidade completa. Os resultados indicam que todos os modelos de densidade e diâmetro e autodesbaste apresentaram boa precisão estatística, porém o modelo de Tang foi mais eficiente que os demais na estimativa dos valores de densidade de árvores por hectare por diâmetro médio, tendo apresentado ótimo coeficiente de determinação igual a 0,9741, baixo erro padrão da estimativa igual a 0,0683, baixo coeficiente de variação igual a 0,8103%, mínima tendência com valor igual a 0,0050, elevada eficiência com valor igual a 0,9747, boa distribuição dos resíduos do número de árvores por hectare em função do diâmetro médio do povoamento.

**Palavras-chave:** autodesbaste, densidade, número de árvores, diâmetro médio.

**ABSTRACT**

The aim was to evaluate model efficiency describing density and diameter relationship in *Acacia mearnsii* De Wild trees managed in high density and fully stocked stands. Reineke, Yoda, Zeide and Tang patterns showing the connection between tree density per hectare and average diameter were tested in 1,031 trees, which came from permanent plots annually measured until they reached year 9. The trees were planted in a 1.0 x 1.0 m space and kept in a fully stocked stand. All size-density models had satisfactory statistical values; however, the nonlinear Tang model was more efficient, presenting an excellent adjusted coefficient of determination (0.9741); low standard error of estimate (0.0683); low coefficient of variation (0.8103%); and minimal tendency (0.0050) high efficiency level (0.9747) when compared to other models in tree density rating values per hectare. In conclusion, the Tang model best describes the relationship between density and diameter in black wattle stands and perhaps contributes to self-thinning management.

**Keywords:** self-thinning, density, number of trees, average diameter.

**INTRODUÇÃO**

A *Acacia mearnsii* De Wild., vulgarmente conhecida como acácia-negra é originária da Austrália e foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul em 1918, por Alexandre Bleckmann, sendo os primeiros plantios comerciais realizados em 1928, no município de Estrela (OLIVEIRA, 1960). A espécie atinge altura de 10 a 30 m e se desenvolve bem em solos suficientemente profundos (SHERRY, 1971).

A acácia-negra é considerada uma das principais espécies florestais plantada no Rio Grande do Sul, com área de superior a 160 mil hectares, beneficiando cerca de 40 mil famílias que cultivam a espécie em suas propriedades. Dentre as características da espécie, como rápido crescimento e propagação, destaca-se o aproveitamento integral da casca e da madeira. Com a casca é possível se obter o tanino, comumente utilizado para curtir o couro e peles. Já a madeira é destinada a produção de carvão e ainda para queima e geração de energia (MÜLLER, 2006).

A influência da densidade do povoamento sobre o crescimento de acácia-negra foi estudada por Schneider et. al., (2000). Os resultados mostraram que a densidade do povoamento afetou o crescimento em diâmetro, sendo este diretamente proporcional ao espaçamento utilizado.

O número de árvores do povoamento analisado em conjunto com o diâmetro médio mostra-se como uma alternativa ao manejador, fornecendo subsídios para a tomada de decisão quanto a finalidade do povoamento, seja

**<sup>1</sup>Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal, Bolsista de Mestrado do CNPq. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária, Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP 97015-900, Santa Maria (RS). E-mail: junioromendes@gmail.com

madeira de maiores dimensões, ou ainda, a produção de tanino. Conhecendo a variação do número de árvores em função do diâmetro médio do povoamento, é possível estimar o grau de competição existente entre estes indivíduos.

O presente estudo teve por objetivo relacionar o número de árvores por hectare em função do diâmetro médio para um povoamento de *Acacia mearnsii* através dos modelos de densidade-diâmetro propostos por Reineke, Yoda, Tang e Zeide.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área de estudo

Os dados utilizados no presente estudo são originados de plantios de *Acacia mearnsii* localizados nos municípios de Campo Bom, Estância Velha, Portão, Carlos Barbosa, Dois Irmãos, Gramado, Montenegro, Salvador do Sul, Cerro Grande do Sul, Arroio do Ratos, Taquara e Triunfo.

O relevo da região varia desde áreas planas a áreas fortemente inclinadas. Em relação ao nível do mar, a altitude varia de 29 m no município de Taquara a 850 m no município de Canela e distribuem-se sobre as unidades geomorfológicas Serra Geral, Patamares da Serra Geral, Depressão do Rio Jacuí, Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado Marginal (FLEIG, 1993).

O clima da região varia de superúmido a úmido. Na região não ocorre déficit hídrico, mas já foram registrados excedentes de até 870 mm de precipitação nas regiões mais altas. As chuvas distribuem-se uniformemente durante o ano todo. A precipitação média anual varia de 1.395 mm a 1.977 mm nos municípios de Taquara e Gramado, respectivamente. A temperatura média anual varia de 15,3°C, no município de Canela, a 19,9°C no município de Taquara. As geadas são frequentes nos meses mais frios, aumentando o número de ocorrência com a altitude (MORENO, 1961).

### Origem dos dados

Os dados são provenientes de plantios de acácia-negra implantados no ano 1980, utilizando como delineamento estatístico blocos ao acaso, com quatro repetições e sete tratamentos. As parcelas permanentes foram instaladas com espaçamentos iguais a 1x1, 1x1,33, 2x1, 2x2, 2x2,5, 3x1 e 3x2 m. Destes, o de 1x1 m foi utilizado por representar a relação de máxima densidade que o povoamento comporta em função da densidade inicial.

As parcelas foram medidas periodicamente até os 9 anos de idade. Em cada parcela foi medido a circunferência a altura do peito, altura total e o número de árvores por parcela.

### Metodologia empregada

O estudo entre a densidade-diâmetro foi realizado por meio do número de árvores por hectare e o diâmetro médio quadrático das árvores amostradas. Para isso, foram testadas as equações de Reineke (1933), Yoda et al. (1963), Tang et al. (1994) e Zeide (1995). Esses modelos de densidade são expressos por:

a) Modelo da densidade e diâmetro de Reineke (1933):

$$\ln(N) = a_1 - b_1 \ln(dg) \quad (1)$$

b) Modelo da densidade e diâmetro de Yoda et al. (1963):

$$\ln(N) = a_1 - b_1 \ln(d) - c_1 (\ln(dg))^2 \quad (2)$$

c) Modelo do autodesbaste de Tang et al. (1994):

$$\ln N(t) = \ln S_f - \frac{1}{\gamma} \ln \left[ (dg(t)/d_o)^{\beta\gamma} + \delta \right] \quad (3)$$

d) Modelo da relação densidade e diâmetro de Zeide (1995):

$$\ln(N) = \alpha - \beta \ln(dg) + \chi h \ln(dg) \quad (4)$$

Sendo que, “dg” é o diâmetro médio quadrático das árvores, “h” a altura total média, “N” o número de árvores por hectare; “t” a idade,  $\beta$  a taxa máxima de autodesbaste do povoamento em densidade completa, “N(t)” a densidade do povoamento no tempo “t” (número de árvores por hectare), “d(t)” o diâmetro médio das árvores no

tempo “t” (cm), “S<sub>r</sub>” índice de máxima densidade do povoamento,  $\gamma$  o índice de autodesbaste, e “d<sub>o</sub>” o diâmetro padrão igual a 15 cm.

O diâmetro médio do povoamento foi expresso pela equação:

$$d_g = \sqrt{\frac{4 * \bar{g}}{\pi}} * 100 \quad (5)$$

Em que:  $d_g$  = diâmetro médio em cm e  $\bar{g}$  = área basal média da parcela em m<sup>2</sup>.

Para verificação da precisão estatística dos modelos de densidade e diâmetro foi determinado o coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa e o coeficiente de variação.

Para validação das equações testadas para densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio quadrático do povoamento foram utilizados os critérios estatísticos citados por Cellini et al. (2002) e Palahi et al. (2002):

a) Tendência (Bias)

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (6)$$

b) Eficiência (E)

$$E = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \right] \quad (7)$$

c) Desvio padrão residual relativo (S%):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}} . 100 \quad (8)$$

d) Desvio médio relativo (D%):

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)}{n} . 100 \quad (9)$$

e) Qui-quadrado ( $\chi^2$ )

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\hat{y}_i} \quad (10)$$

Sendo que,  $y_i$  é o valor observado da densidade de árvores por hectare,  $\bar{y}_i$  o valor médio da densidade de árvores por hectare,  $\hat{y}_i$  o valor estimado da densidade de árvores por hectare, n o número de observações.

A seleção do modelo de densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio do povoamento foi realizado pela somatório dos escores estatísticos. Nessa etapa foram atribuídos pesos crescentes para cada equação, de acordo com a precisão apresentada. Quanto mais precisa a equação em dado critério estatístico, menor o peso atribuído. A equação selecionada foi a que apresentou o menor valor para o somatório dos parâmetros estatísticos.

### Processamento dos dados

Os procedimentos estatísticos para o ajuste das regressões lineares e não-lineares foram realizados com o auxílio do *software* estatísticos SAS (2004), através dos procedimentos NLIN, MODEL e REG. Os gráficos foram concebidos através do *software* “Microsoft Excel (2013)”.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Ajuste dos modelos de densidade de árvores por hectare

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios para as variáveis utilizadas no presente estudo. O total de observações utilizadas foi igual a 4605. O número médio de árvores foi de 5944 ha<sup>-1</sup> com desvio padrão de 2314 ha<sup>-1</sup>, valor mínimo de 2326 ha<sup>-1</sup> e máximo de 9514 ha<sup>-1</sup>. O diâmetro médio foi de 7,6 cm com desvio padrão de 2,9 cm, valor mínimo de 2,0 cm e máximo de 22,5 cm.

Tabela 1 - Resumo dos dados utilizados para estudo da densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio em povoamento de *Acacia mearnsii*.

Table 1. Summary of the data used to study the density of trees per hectare in average diameter function in *Acacia mearnsii* stand.

Variável	N	Média	Desvio padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Número de árvores (ha)	4605	5944	2314	2326	9514
Diâmetro (cm)	4605	7,6	2,9	2,0	22,5

Com os dados do número de árvores por hectare e o diâmetro médio foram ajustadas as equação de densidade e diâmetro, propostas por Reineke (1933), Yoda et al. (1963), Tang et al. (1994) e Zeide (1995), apresentadas equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos no ajuste destas equações, bem como as estatística para o coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup><sub>aj</sub>), erro padrão da estimativa (S<sub>yx</sub>) e coeficiente de variação em porcentagem (CV%).

Tabela 2 - Resultados estatísticos dos modelos de densidade de árvores em função do diâmetro médio.

Table 2 - Statistical results of size-density models of trees in function of average diameter.

Nº Eq.	Modelo	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	S <sub>yx</sub>	CV%
1	$\ln(N) = 11,73643 - 1,54714 \cdot \ln(d)$	0,9512	0,0937	1,1124
2	$\ln(N) = 8,07397 + 2,1093 \cdot \ln(d) - 0,89529 \cdot (\ln d)^2$	0,9732	0,0695	0,8249
3	$\ln(N) = \ln 1679,7 - \left(\frac{1}{131,3}\right) \cdot \ln \left[ \left(\frac{d}{15}\right)^{1,8222 \cdot 131,3} + \left(\frac{1679,7}{N_1}\right)^{131,3} \right]$	0,9741	0,0683	0,8103
4	$\ln(N) = 12,28652 - 1,99497 \cdot \ln(d) + 0,01409 \cdot h \cdot \ln(d)$	0,9529	0,0943	1,1198

De forma geral, todas as equações utilizadas apresentaram alto grau de ajuste e erros considerados baixos. O coeficiente de determinação ajustado variou de 0,9512 a 0,9741, o erro padrão da estimativa de 0,0683 a 0,0943 e o coeficiente de variação de 0,8103% a 1,1198%.

Dentre as equações utilizadas para analisar o número de árvores por hectare em função do diâmetro médio do povoamento, o modelo proposto por Reineke foi o que apresentou menor coeficiente de determinação ajustado, igual a 0,9512. O modelo de Zeide foi o que apresentou os piores resultados para as estatísticas erro padrão da estimativa e coeficiente de variação.

O modelo proposto por Tang apresentou excelente ajustado quando analisado pelas estatísticas apresentadas na Tabela 2, com coeficiente de determinação ajustado igual a 0,9741, erro padrão da estimativa de 0,0683 e coeficiente de variação de 0,8103%.

A validação das equações testadas é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Estatísticas de ajuste para validação e seleção dos modelos de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio.

Table 3 - Adjustment statistics for validation and selection of size-density models of trees per hectare in function of the average diameter.

Estatísticas	Modelo de densidade de árvore/ha			
	Reineke	Yoda	Tang	Zeide
Tendência (BIAS)	0,0091 (3)	0,0050 (1)	0,0050 (1)	0,0087 (2)
Eficiência (E)	0,9544 (4)	0,9614 (2)	0,9747 (1)	0,9563 (3)
Desvio padrão residual relativo (S%)	41,76 (1)	41,76 (1)	41,76 (1)	41,76 (1)
Desvio médio relativo (D%)	-0,0023 (2)	0,0286 (4)	-0,0187 (3)	-0,0001 (1)
Qui-quadrado ( $\chi^2$ )	-0,030 (4)	-0,0171 (2)	-0,0168 (1)	-0,0288 (3)
Soma dos escores	(14)	(10)	(7)	(10)

Com base nas estatísticas de validação dos modelos de densidade testados, o modelo de Tang foi o que gerou melhores resultados, com soma dos parâmetros igual a 7. Esse modelo apresentou as melhores estatísticas quanto a Tendência (BIAS) de 0,0050, Eficiência igual a 0,9747 e Qui-quadrado igual a -0,0168, demonstrando alta eficiência para demonstrar a relação existente entre o número de árvores por hectare em função do diâmetro médio do povoamento de acácia-negra.

O modelo de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio foi expresso por:

$$\ln(N) = \ln 1679,7 - \left(\frac{1}{131,3}\right) \cdot \ln \left[ \left(\frac{d}{15}\right)^{1,8222 \cdot 131,3} + \left(\frac{1679,7}{N_1}\right)^{131,3} - \left(\frac{d}{15}\right)^{1,8222 \cdot 131,3} \right]$$

Na Figura 1 é possível visualizar o comportamento da distribuição dos resíduos produzidos pela equação de Tang, em função do diâmetro médio do povoamento em que fica a eficiência do modelo é comprovada, apresentando valores residuais máximos de 1,84% para um diâmetro médio de 10 cm, demonstrando alta precisão e não apresentando ser tendenciosa.

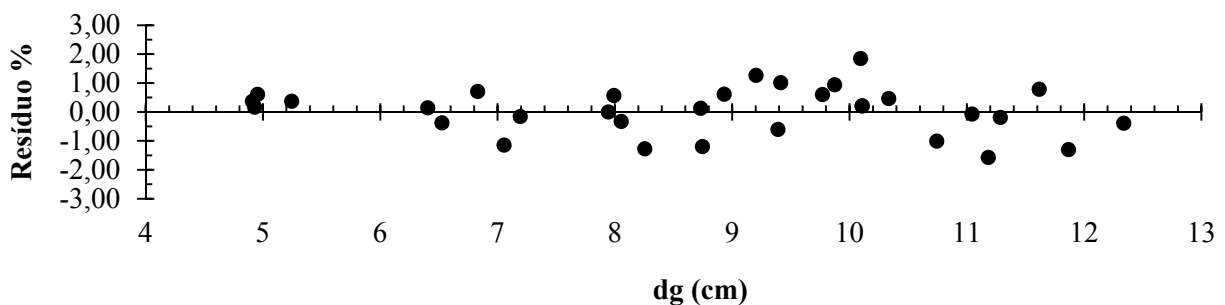


Figura 1 - Dispersão dos resíduos da densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio obtidos pelo modelo de Tang et al. (1994).

Figure 1 – Residual dispersion of density trees per hectare from average diameter fitted by Tang et al. (1994).

Com o modelo obtido pela equação de Tang e os demais modelos testados plotou-se a tendência de autodesbaste para o povoamento de *Acacia mearnsii* com diâmetro médio variando de 5 a 13 cm, valores que coincidem com os obtidos nos dados observados.

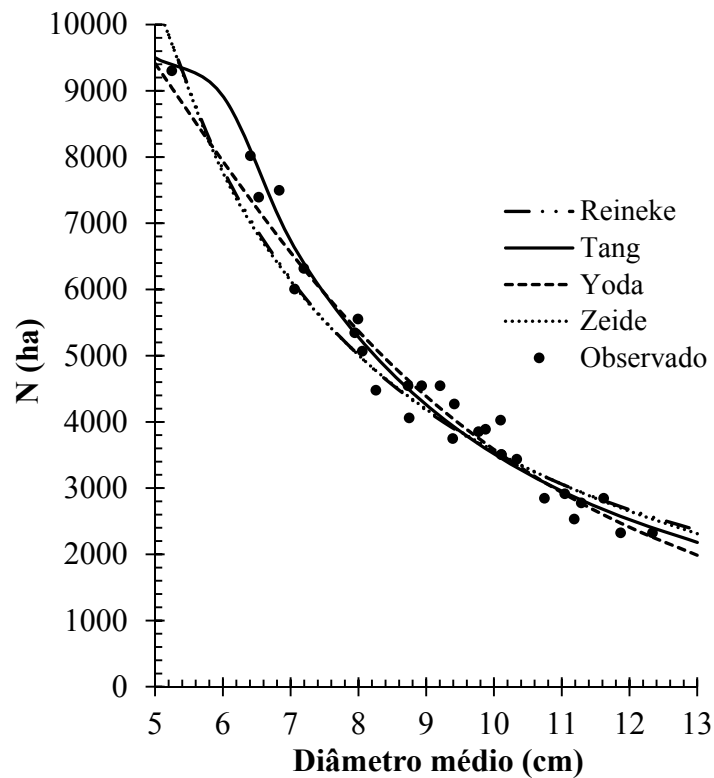


Figura 2 - Valores estimados para a densidade de árvores por hectare de *Acacia mearnsii* em função do diâmetro médio para os modelos de densidade e diâmetro ajustados.

Figure 2 - Estimated values for *Acacia mearnsii* trees density per hectare in function to average diameter to density models and adjusted diameter.

O modelo de Tang apresentou bom ajuste nos menores diâmetros, conseguindo se ajustar no ligeiro decréscimo que ocorre entre os diâmetros médios de 5 a 7 cm, o que não ocorre nos demais modelos ajustados. Os modelo de Zeide e Reineke geraram valores elevados nos menores diâmetros demonstrando característica de superestimar o número de árvores nestes diâmetros. A menor diferença na estimativa do número de árvores por hectare em função do diâmetro médio do povoamento de acácia-negra ocorreu com 10 cm, quando os valores preditos foram iguais a 3548, 3516, 3583 e 3562 para os modelos de Reineke, Tang, Yoda e Zeide, respectivamente. O número de árvores final foi de 2180 ha<sup>-1</sup> para um diâmetro médio de 13 cm, obtido pelo modelo de Tang.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, realizado para estudar o ajuste dos modelos de densidade e diâmetro e autodesbaste permitiram concluir:

- Os modelos propostos por Reineke, Tang, Yoda, e Zeide, apresentaram boa precisão estatística, com coeficiente de determinação superior a 0,95 e coeficiente de variação inferior a 1,13 %;
- Os modelos de Reineke e Zeide tiveram tendência a superestimar o número de árvores por hectare nas menores classes de diâmetro;
- As melhores estimativas para o número de árvores em função do diâmetro médio foram obtidas através dos modelos propostos por Tang e Yoda;
- O coeficiente angular da equação de Reineke foi igual a -1,54714, não correspondendo ao inicialmente postulado pelo autor como de -1,605, para todas as espécies;
- Entre todos os modelos estudados, o proposto por Tang, apresentou a melhor performance estatística, com ótimo ajuste, representado pelo baixo erro padrão da estimativa, menor coeficiente de variação, menor Tendência (Bias) e maior Eficiência, na estimativa dos valores de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CELLINI, J. M.; PASTEUR, G. M.; WADO, E. LENCINAS, M. V. Modelos de perfil de tronco en *Nothofagus pumilio* (Polpp. et Endl.) Krasser y su utilización en el cálculo del volumen total. **Invest. Agr. Sist. Recr. For.** v. 11, n. 2, p. 245-261, 2002.
- DEL RIO, M.; MONTERO, G.; BRAVO, F. Analysis of diameter-density relationships and self-thinning in nonthinned even-aged Scots pine stands. **Forest Ecology and Management**, n. 142, p. 79-87, 2001.
- FLEIG, F.D. **Análise econômica dos sistemas de produção com acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul.** (Dissertação de Mestrado), Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 1993.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 34p.
- MÜLLER, I. **Avaliação da produtividade da *Acacia mearnsii* De Wild. (Acácia negra) em função de diferentes espaçamentos.** 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- OLIVEIRA, H. A. de. **Acácia negra e Tanino no Rio Grande do Sul.** v.1. Publicação da Associação Brasileira de Acacicultores. Tipografia Mercantil, Porto Alegre - RS. 1960. 116 p.
- REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. **Jor. Agric. Res.**, n. 46, p. 627-638, 1933.
- PALAHÍ, M.; MIIMA, J.; MONTERO, E. Stand-level yield model for scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in North-East Spain. **Invest. Agr. Sist. Recr. For.** v. 11, n. 2, p. 409-424. 2002.
- SAS. **A simple regression model with correction of heteroscedasticity.** Cary: SAS Institute, 2004.
- SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M. Crescimento da acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal.**, v. 10 n. 2, p. 101-112, 2000.
- SHERRY, S. P. **The Black Wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.)** Pietermoritzburg: University of Natal Press, 1971, 402 p.
- TANG, S.; MENG, C. H.; MENG, F. R., A growth and self-thinning model for pure even-age stands: theory and applications. **Forest Ecology and Management**, n. 70, p. 67-73, 1994.
- YODA, K.; KIRA, T., OSAWA, H.; HOZUMI, K., Self-thinning in over crowded pure stands under cultivated and natural conditions. **Jor. Biol. Osaka City Univ.**, n. 14, p. 107-129, 1963.
- ZEIDE, B. A relationship between size of trees and their number. **Forest Ecology and Management**, n. 72, p. 265-272, 1995.





RELAÇÃO DO INCREMENTO MÉDIO ANUAL DE *Araucaria angustifolia* COM VARIÁVEIS DO AMBIENTE EM SANTA CATARINA

RELATIONSHIP OF ANNUAL INCREASE AVERAGE OF *Araucaria angustifolia* WITH ENVIRONMENTAL VARIABLES IN SANTA CATARINA

Isadora de Arruda Souza<sup>1</sup> André Felipe Hess Tásilla Magalhães Loiola Myrcia Minatti

RESUMO

A araucária sofre historicamente com a exploração desordenada devido ao seu potencial madeireiro, conhecer como ocorre seu desenvolvimento e as relações com as variáveis ambientais é de suma importância para o uso sustentável de seus recursos e também para a conservação desta espécie. A dendrocronologia é uma técnica eficaz na aquisição de informações dos eventos ocorridos na taxa de incremento a partir da análise dos anéis de crescimento, entender as relações entre o incremento e as variáveis ambientais é importante e contribui para o manejo sustentável das florestas. Este trabalho teve o objetivo de detectar as relações entre o incremento anual em diâmetro da araucária utilizando a correlação de Pearson, com variáveis climáticas do ambiente. Foram utilizados dados obtidos dos anéis de crescimento de 70 árvores situadas no município de Paineira, SC. As variáveis climáticas foram adquiridas da Rede do INMET. Os dados demonstram que há uma variabilidade do incremento em diâmetro com o passar do tempo. A correlação para temperatura ( $r = -0,43$ ), e para umidade relativa ( $r = -0,52$ ) foi negativa, demonstrando a influência do ambiente na variação das taxas de incremento anual. A correlação negativa indica que o excesso de chuva e temperaturas muito baixas afetam de forma negativa nas taxas de incremento. A análise dos anéis permitiu adquirir dados sobre o incremento e assim relacionar as variáveis climáticas, que demonstraram ter relação com o incremento médio anual em diâmetro da araucária, sendo esta espécie sensível aos fatores climáticos.

**Palavras-chave:** dendrocronologia; floresta ombrófila mista; anéis de crescimento.

ABSTRACT

The Araucaria historically suffers from uncontrolled exploitation due to its timber potential, meet in its development and relations with environmental variables is of paramount importance for the sustainable use of its resources and for the conservation of this species. Dendrochronology is an effective technique in the acquisition of information events occurring in the growth rate from the analysis of growth rings, understand the relationships between growth and environmental variables is important and contributes to sustainable forest management. This study aimed to detect the relationship between the annual increase in diameter of the Araucaria using Pearson's correlation with climatic variables of the environment. We used data obtained from growth rings of trees 70 located on the Paineira municipality, SC. Climate variables were acquired from INMET Network. The data demonstrate that there is an increment in diameter of the variability over time. The correlation to temperature ( $r = -0.43$ ), and relative humidity ( $r = -0.52$ ) was negative, showing the influence of the environment on the variation of annual growth rates. The negative correlation indicates that excess rain and freezing temperatures negatively affect the growth rates. Analysis of rings allowed to acquire data on the increase and so relate climate variables that demonstrated a relationship with the average annual increment in diameter of the Araucaria, which is sensitive species to climatic factors.

**Keywords:** dendrochronology; mixed ombrophilous forest; growth ring .

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) é uma das tipologias florestais ocorrentes no estado de Santa Catarina, sendo a *Araucaria angustifolia* a principal espécie. Esta tipologia apresentava uma vasta extensão com grande diversidade de espécies, muitas delas de grande potencial madeireiro, que por sua vez foram alvos de grande exploração no passado (STEPKA, 2012).

Grande parte dos dados usados para projetar o crescimento de árvores e seu uso em modelos de crescimento e produção é obtida de parcelas permanentes, especificamente, quando a espécie não possui anéis de

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Graduada em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

E-mail: Isa\_arruda17@hotmail.com

crescimento visíveis (BRIENEN; ZUDEIMA, 2006). Contudo, quando apresenta anéis visíveis a dendrocronologia é um método que possibilita a retrospectiva de eventos históricos ocorridos na taxa de incremento em uma floresta, através da análise dos anéis anuais de crescimento de algumas espécies, usando as sequências datadas dos anéis como um registro completo e indireto dos fatores ambientais e sua relação no crescimento das árvores (MATTOS et al., 2011).

As variações nos anéis anuais muitas vezes são causadas pela alteração de fatores meteorológicos, pois os anéis estão constantemente susceptíveis a variações e mudanças, devido a vegetação ser fortemente influenciada pelos fatores climáticos, este comportamento pode explicar a variabilidade do crescimento. Diversos fatores climáticos implicam diretamente no crescimento das espécies arbóreas, tais como a temperatura, incidência de luz, umidade, ventos, ocorrência de geadas, entre outros (JANISK; WATZLAWICK, 2014).

Os dados obtidos através da dendrocronologia oferecem informações importantes sobre o desenvolvimento da árvore, como os anos favoráveis ao crescimento e também os mais limitantes, em conjunto com dados climatológicos pode-se inferir também sobre as condições ambientais mais adequadas e cômodas ao crescimento e desta forma colaborar para o manejo florestal sustentável, o qual tem como base o estudo do crescimento dos indivíduos da floresta. (BURGER; RICHTER, 1991).

Neste sentido, o presente trabalho objetivou detectar as relações entre o incremento anual em diâmetro da araucária utilizando análise de Correlação de Pearson, com variáveis climáticas do ambiente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Sítio de Estudo

A área de estudo localiza-se no planalto catarinense, no município de Paineal no estado de Santa Catarina, que possui latitude 27°55'44" sul e longitude 50°06'18" oeste, estando a uma altitude de 1.145m (Figura 1). O sítio de estudo é um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana (IBGE, 2012) com 2,2ha e faz parte da rede de estudo do mapeamento do crescimento da espécie em sua região natural de ocorrência.

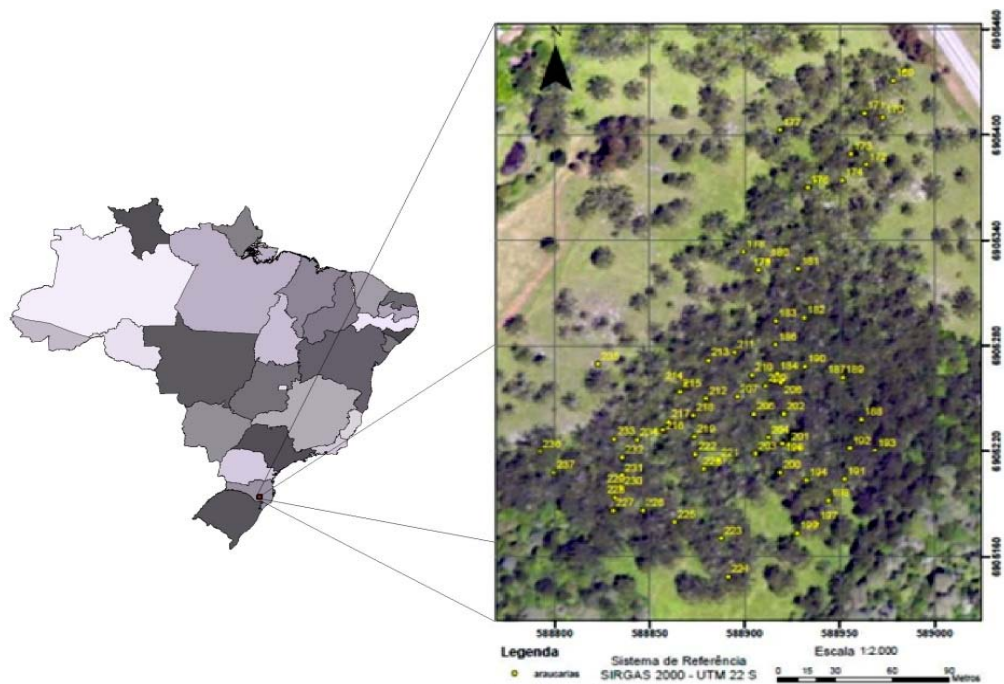


Figura 1. Localização da área de estudo e árvores amostra.

Figure 1. Location of the study area and sample trees.

O clima da região segundo Köppen é classificado como Cfb, temperado, invernos com temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C com possibilidade de geada e verões frescos com temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida. A temperatura média anual da região é de 15,5°C. A precipitação média anual é de 1.400 mm. A Figura 2 demonstra que para os anos entre 1991 a 2012 não houve oscilações discrepantes entre os valores de temperatura média e umidade relativa, oscilando entre 17 e 19°C e entre 75 a 83%, para a região do sítio em estudo.

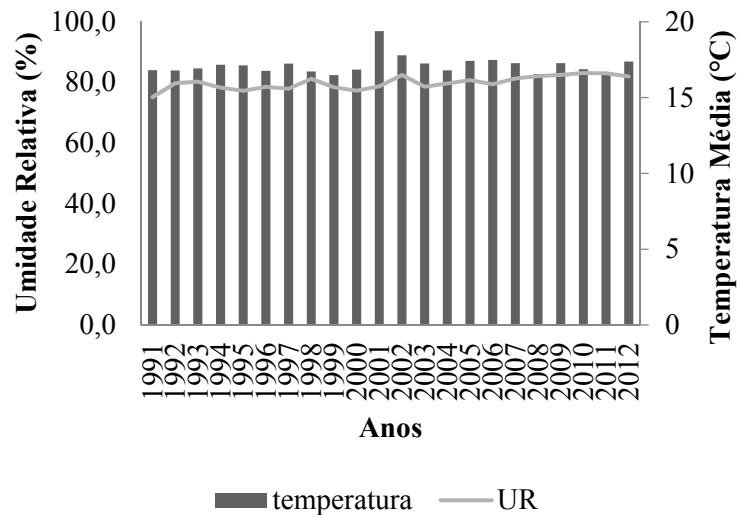


Figura 2. Umidade relativa e temperatura média dos meses de maio a abril para os anos de 1991 a 2012, para o município de Painel, SC.

Figure 2. Relative humidity and average temperature of the month from May to April for the years 1991 to 2012, to the Painel, SC municipality.

### Coleta de dados

Para este trabalho foram selecionadas 70 árvores amostras com diâmetro mínimo de 30 cm, com objetivo de obter maior número de anéis de crescimento e idade. Cada árvore foi plaqueteada, posicionada no terreno com GPS e medida suas variáveis dendrométricas.

Foram extraídas amostras não destrutivas de todas as árvores em análise, perfazendo dois rolos de incremento de cada indivíduo. Estes foram retirados a 1,30m e perpendicularmente um do outro, utilizado o trado de Presler (30 cm de comprimento e 5,15mm de diâmetro do núcleo e, para as árvores de maior diâmetro com trado de 40 cm).

Os rolos de incremento foram secos a temperatura ambiente, colados em baguetas e polidos com lixas de diferentes granulometrias para melhor visualização dos anéis de crescimento. Os dados climáticos foram obtidos da Rede do INMET, sendo a precipitação total, temperaturas médias (máxima e mínima) e umidade relativa do ar, referentes aos meses de maio e abril, período de crescimento da espécie.

### Análise de dados

Com o auxílio de um microscópio estereoscópio, com precisão de 0,0001mm os anéis de crescimento foram identificados e marcados para mensuração do incremento em diâmetro. A datação dos anéis foi realizada com auxílio da ferramenta Solver do programa *Action*, integrado ao Excel 2014.

Para verificar a relação existente entre o incremento e as variáveis climáticas, utilizou-se a correlação de Pearson, e desta forma foi possível identificar quais variáveis possuem maior interferência no crescimento. Para análise de correlação de Pearson com valor de correlação  $\geq 0,4$ . Após análise criação de gráficos para relacionar o incremento com as variáveis do ambiente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise dos anéis de crescimento nota-se uma grande variabilidade do incremento em diâmetro com o passar do tempo. O incremento médio anual máximo encontrado foi de 0,53 cm.ano<sup>-1</sup> e menor incremento de 0,22 cm.ano<sup>-1</sup>.

A relação do incremento com os parâmetros climáticos apresentou correlação negativa para temperatura ( $r = -0,43$ ), e para umidade relativa ( $r = -0,52$ ), demonstrando a influência do ambiente na variação das taxas de incremento anual. Ou seja, a correlação negativa indica que excesso de chuva e temperaturas muito baixas afetam de forma negativa nas taxas de incremento.

O crescimento das árvores é definido pela composição genética da espécie e pode ser influenciado pelas características desta interagindo com o ambiente (LAMPRECHT, 1990). As variáveis do ambiente expressam uma relação direta no crescimento, pois segundo Pretzsch e Biber (2010) e Wichmann (2001) a distribuição dos recursos entre as árvores é de difícil mensuração, mas assumindo-se que as taxas de crescimento podem ser

proporcionais ou absolutas, a relação entre crescimento-dimensão é usada como uma proximidade da relação recurso-dimensão.

A Figura 3a demonstra que a temperatura média máxima possui correlação negativa com o incremento médio, pois com o aumento da temperatura as taxas de incremento caíram, já na Figura 3b, nota-se que a umidade relativa possui fraca oscilação com o passar do tempo, e a sua relação com as taxas de crescimento é de pouca influência. Nos últimos anos ocorreu uma diminuição nas taxas de incremento e este processo pode estar associado às variações climáticas e ao avanço da idade das árvores, além disso as condições do sítio como a competição pelos fatores do ambiente e a densidade da floresta podem ter forte influência sobre as taxas de crescimento.

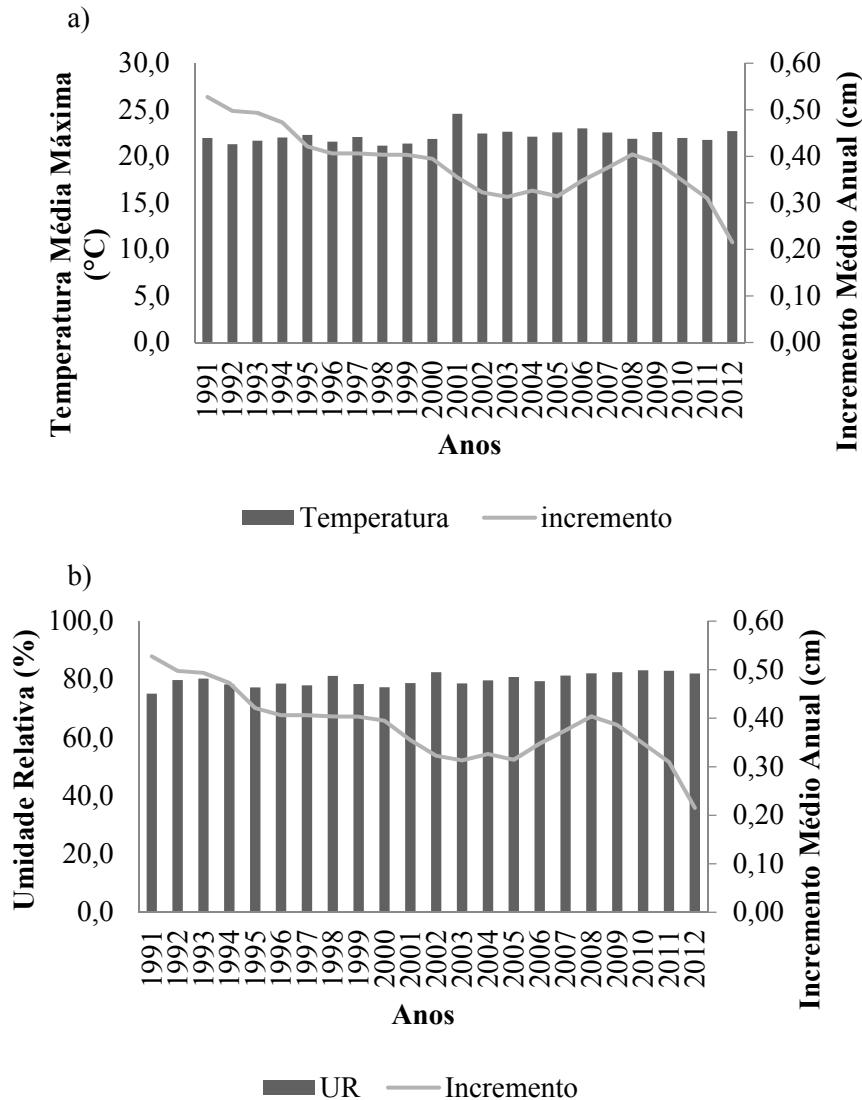


Figura 3. Relação entre as variáveis meteorológicas, a) Temperatura (°C), e b) Umidade relativa (%), com o incremento médio anual (cm).

Figure 3. Relationship between meteorological variables, a) Temperature (° C), and b) Relative humidity (%), with the average annual increment (cm).

Ao estudar a relação entre variáveis meteorológicas e o crescimento de indivíduos de *Araucaria angustifolia* na Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS, Zanon e Finger (2010) verificaram que o aumento da temperatura correspondia ao maior crescimento, cessando-o ou reduzindo-o naqueles períodos com temperaturas mais baixas, ocasiões em que também ocorria um excesso de água no solo. Os maiores incrementos foram então associados às maiores temperaturas médias mensais, como também aos períodos em que houve maior precipitação. (KANIESKI, 2012)

Stepka (2012) observou em seu estudo com araucária que há correlação negativa com a precipitação total ( $r = -0,30$ ) em Caçador, e com a temperatura máxima média correlação negativa ( $r = -0,40$ ;  $-0,42$  e  $-0,49$ ) em Caçador, São Francisco de Paula e Três Barras, respectivamente. A maioria correlacionou-se de maneira negativa com os valores de incremento, demonstrando que os dados meteorológicos em questão influenciaram

inversamente o incremento médio das árvores. Essas correlações baixas e negativas podem estar relacionadas às distâncias das estações meteorológicas com os locais das coletas de estudo.

## CONCLUSÕES

A análise dos anéis de crescimento das árvores amostradas se mostrou eficaz no que diz respeito à obtenção de dados da vida passada destes indivíduos, demonstrando a importância destas técnicas não destrutivas na aquisição de informações úteis para o manejo florestal.

As variáveis climáticas possuem relação com o incremento médio anual em diâmetro da araucária, sendo esta espécie sensível aos fatores climáticos. Contudo é importante ressaltar que deve-se considerar a influência de alguns fatores não abordados neste trabalho, tais como, competição e densidade da floresta, os quais causam variações no incremento médio das árvores.

## AGRADECIMENTOS

A minha família pelo apoio no dia a dia, ao orientador/professor que auxilia em todos os momentos e as mestrandas pela oportunidade de estar acompanhando seus trabalhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 159 p.
- JANISK, A., WATZLAWICK, F. L. Alterações Climáticas e Incremento em Diâmetro de Matayba Elaeagnoides Radlk. em Floresta Ombrófila Mista Aluvial. In: **XIX SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CAMPUS DE IRATI**. 2014.
- KANIESKI, M. R. SANTOS, T. L., NETO, J. g., Souza, T., GALVÃO, F., RODERJAN, C.V. Influência da Precipitação e da Temperatura no Incremento Diamétrico de Espécies Florestais Aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, jan./mar.;19(1):17-25, 2012.
- LAMPRECHT H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn:GTZ; 1990.
- MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; HESS, A. F.; SALIS, S. M. de, **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais**. Colombo: Embrapa Florestas; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011. 37 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 218); (Embrapa Pantanal, Documentos, 112).
- STEPKA, T. F. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de Araucaria angustifolia, Cedrela fissilis e Ocotea porosa no sul do Brasil**. 2012. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.
- ZANON M.L. B, FINGER C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**. ; 20(3): 467-476, 2010.



**RELAÇÃO ENTRE O DIÂMETRO DE COPA E O DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO DE *Luehea divaricata* Mart. & Zucc, DOIS VIZINHOS, PR**

**RELATIONSHIP BETWEEN DIAMETER CUP AND DIAMETER AT BREAST HEIGHT FOR *Luehea divaricata* Mart. & Zucc, DOIS VIZINHOS, PR**

Sandra M. Krefta<sup>1</sup> Danieli R. Klein Sandiane Carla Krefta Luana Maria dos Santos Tássilla M. Loiola Veridiana Padoin Weber Ana Cláudia da Silveira Mariane M. Andrade

**RESUMO**

O objetivo do presente trabalho foi avaliar e selecionar um modelo matemático para descrever a relação entre o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito para *Luehea divaricata* e avaliar se a estratificação dos dados desta relação nas diferentes vitalidades de copa melhora o ajustamento das equações lineares. Foram amostradas 306 árvores em uma floresta plantada no município de Dois Vizinhos, PR. Todos os indivíduos foram mensurados quanto ao diâmetro à altura do peito (DAP) e oito raios de copa seguindo as direções dos pontos cardeais, para que o diâmetro de copa fosse determinado dobrando-se o valor médio dos raios de copa. A classificação das árvores em relação à vitalidade de copa ocorreu através da observação da quantidade e da distribuição de folhas verdes na copa, assim como a fitossanidade das mesmas, em três grupos. Testaram-se 4 modelos que foram avaliados quanto às estatísticas de ajuste, precisão e análise gráfica dos resíduos. O diâmetro de copa em função do DAP expresso pelo modelo linear simples alcançou melhor ajuste e as árvores pertencentes às vitalidades de copa 2 e 3 não diferiram em inclinação e nível, portanto sendo possível o uso de uma única equação para essas duas variáveis.

**Palavras-chave:** análise de regressão; modelos matemáticos; manejo florestal.

**ABSTRACT**

Work gift objective was to evaluate and select hum paragraph mathematical model describing a relationship between the function in crown diameter to diameter at breast height paragraph *Luehea divaricata* and assess whether a stratification of this data ratio different crown vitalities improves the adjustment of linear equations. Were sampled 306 trees in a forest planted any municipality of Dois Vizinhos, PR. All of the individuals were as measured the diameter at breast height (DBH) and eight lightning cup following directions as the cardinal points. For that crown diameter was determined bending the middle value of Lightning cup. The classification of trees in relation to crown vitality occurred through observation of quantity and distribution of green leaves in the pantry, so as a fitossanidade the same in three groups. Were tested four models were evaluated regarding adjustment statistics, accuracy and graphical analysis of waste. The crown diameter in the DAP function expressed hair simple linear model has achieved best fit and how trees belonging at vitalities cup 2 and 3 not differed in slope and level, so being possible the use of a single equation paragraph these two variables.

**Keywords:** regression analysis; mathematical models; forest management.

**INTRODUÇÃO**

A morfometria das árvores, conforme Durlo e Denardi (1998) permite analisar o grau de competição, realizar a modelagem do crescimento, avaliar o espaço em que cada árvore ocupa para se desenvolver, bem como, sua vitalidade e produtividade, além de gerar estimativas de volume e de biomassa. Conhecer as relações morfométricas e a dinâmica da forma das árvores é importante para aperfeiçoar as práticas silviculturais, principalmente de espécies nativas.

O diâmetro de copa é uma variável que auxilia no entendimento de outras características das árvores e está intimamente relacionado com o crescimento em diâmetro do tronco (NUTTO, 2001). No entanto, a medição dos raios de copa de uma árvore para posterior cálculo do diâmetro de copa médio é um processo que consome muito tempo (LOCKHART; WEIH; SMITH, 2005).

Sendo assim, a determinação de uma relação entre o diâmetro a altura do peito e o diâmetro de copa é fundamental para realizar a projeção do espaço vital ocupado por uma árvore para ter bom desenvolvimento de maneira rápida e eficiente. Roman et al., (2009) ressaltam ainda que o conhecimento desse espaço permite

<sup>1</sup>**Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Mestranda em Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. E-mail: sandra\_krefta@hotmail.com

antecipar o número de indivíduos selecionados e conduzidos até o final da rotação, quando se tem o diâmetro como objetivo, auxiliando nas práticas de manejo.

A espécie *Luehea divaricata* Mart. & Zucc (Açoita-cavalo) pertence à família Malvaceae, e é uma árvore que pode atingir 20 a 25 m de altura e um diâmetro de 50 a 80 cm à altura do peito, tronco geralmente tortuoso e nodoso, com fuste curto, entre 4 a 6 m de comprimento (CARVALHO, 2003). Reitz et al. (1988) afirmam que é possível seu reflorestamento em populações puras, porém, é possível que exposta à luz direta, sua ramificação se verifique de modo precoce, impedindo o desenvolvimento suficiente do tronco e do fuste. Evidencia-se que essa espécie possui grande utilidade para construção de móveis, caixas, peças torneadas, e também na construção civil, para confecção de ripas, molduras, entre outros (LORENZI, 2008).

Com base nessas informações e aliando-se o fato de que poucos são os estudos realizados com espécies nativas em plantios homogêneos o presente trabalho teve como objetivo selecionar um modelo matemático para descrever a relação entre o diâmetro de copa em função diâmetro à altura do peito de *L. divaricata*, e avaliar a influência da vitalidade de copa nessa relação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O plantio de *L. divaricata* amostrado localiza-se em uma área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Dois Vizinhos (25° 41' 53,9" Latitude Sul e 53° 05' 57,3" Longitude Oeste) e tem aproximadamente 10 anos de idade. O clima da região segundo classificação de Alvares et al. (2013), é do tipo Cfa (clima subtropical úmido mesotérmico), com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e do mês mais quente acima de 22° C; com chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, sendo a média de 2.250 mm/ano (IAPAR, 2010). Conforme Embrapa (2006), o solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico típico de textura argilosa, com coloração vermelha acentuada.

O espaçamento empregado no povoamento de 0,5 ha é de 1,5 m (entre linhas) x 1 m (entre plantas), sendo mensuradas ao total, 306 árvores com circunferência à altura do peito superior a 15 cm. Todos os indivíduos foram mensurados quanto à circunferência a 1,3 m do solo (CAP) com o auxílio de uma fita métrica, que depois foi transformado em diâmetro à altura do peito (DAP).

Com o auxílio de uma bússola e da função Distance Measuring Equipment (DME) do hipsômetro Vertex IV, obtiveram-se os valores dos raios de copa, sendo que os mesmos foram mensurados em cada árvore amostrada a partir da posição Norte (N) e nas demais posições cardeais, sendo estas: Noroeste (NO), Oeste (O), Sudoeste (SO), Sul (S), Sudeste (SE), Leste (L) e Nordeste (NE), totalizando então 8 raios com ângulo fixo. O diâmetro de copa (dc) foi determinado dobrando o valor do raio médio da copa.

As árvores foram classificadas quanto à vitalidade de copa em função da quantidade e da distribuição de folhas verdes na copa, assim como a fitossanidade das mesmas. Dessa maneira essa variável recebeu valores de 1 a 3, sendo: 1 - vitalidade alta, grande quantidade de folhas saudáveis, verdes e com boa distribuição na copa; 2 - vitalidade média, com quantidade intermediária de folhas saudáveis, assim como distribuição mediana das mesmas na copa e 3 - vitalidade baixa, poucas folhas saudáveis e verdes, com distribuição irregular na copa (WEBER, 2013).

Para a seleção do melhor modelo, foram avaliados os seguintes critérios: distribuição gráfica dos resíduos, ajuste da regressão para os dados observados, menor coeficiente de variação (CV%), maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e maior valor de F. Para verificar a existência ou não de diferenças de inclinação e níveis na equação selecionada para as diferentes vitalidades de copa utilizou-se a análise da covariância. A análise foi processada no pacote estatístico SAS versão 9.2 (Statistical Analysis System) utilizando-se o procedimento GLM e Microsoft Office Excel® 2007.

Para estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito, foram analisadas as equações que podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelos lineares para estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito, para indivíduos de *Luehea divaricata* em Dois Vizinhos (PR).

Table 1 - Linear models to estimate the crown diameter depending on the diameter at breast height, for *Luehea divaricata* in Dois Vizinhos (PR).

Equação	Modelo	Autor
1	$dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i$	Longhi (1980)
2	$\ln(dc_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$	Durlo (2001)
3	$dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i^2$	Nutto et al. (2001)
4	$\ln(dc_i) = b_0 + b_1 \cdot d_i$	Orellana e Koehler (2008)

Onde:  $b_0$  e  $b_1$ : parâmetros dos modelos;  $\ln$ : logaritmo natural;  $dc_i$ : diâmetro de copa da  $i$ -ésima árvore;  $d_i$ : diâmetro à altura do peito da  $i$ -ésima árvore.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 podem-se observar quatro modelos, os coeficientes e estatísticas de ajuste que descrevem o comportamento do diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito para um povoamento de *L. divaricata*. Com base nestes dados pode-se perceber que as equações propostas por Durlo (2001) e Orellana e Koehler (2008) apresentaram resultados muito semelhantes, o mesmo aconteceu com as equações propostas por Longhi (1980) e Nutto et al. (2001), no entanto estas últimas obtiveram os melhores resultados.

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos para seleção do modelo à estimar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito de um povoamento de *L. divaricata* em Dois Vizinhos, Paraná.

Table 2 - Statistical parameters for model selection to estimate the crown diameter depending on the diameter at breast height of a population of *L. divaricata* in Dois Vizinhos, Paraná.

Equação	Coeficientes		$R^2_{aj}$	CV (%)	F
	$b_0$	$b_1$			
1	0,25824	0,16445	0,4588	36,41	254,50
2	-1,43568	0,8716	0,3574	82,76	167,30
3	1,10565	0,00696	0,4481	36,76	243,79
4	-0,34038	0,08504	0,3698	81,96	176,42

Onde: Equação 1 =  $dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i$ ; 2 =  $\ln(dc_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$ ; 3 =  $dc_i = b_0 + b_1 \cdot d_i^2$ ; 4 =  $\ln(dc_i) = b_0 + b_1 \cdot d_i$ ;  $b_0$  = coeficiente linear;  $b_1$  = coeficiente angular;  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

Ao comparar o desempenho das 4 equações aliando-se as estatísticas dos ajustes, com os valores observados em torno da curva dos valores estimados e também com a dispersão dos resíduos, percebeu-se que a equação 1 foi a que apresentou valores melhores ajustados como pode ser visualizado na Figura 1. Além disso, nota-se que a medida que aumenta o DAP, o diâmetro de copa também aumentou, enfatizando a correlação positiva entre essas duas variáveis. Cabe ressaltar ainda, que a vitalidade de copa revelou que as árvores em classes diamétricas maiores apresentaram maior quantidade de folhas verdes, assim como uma boa fitossanidade, o que resultou em um melhor desenvolvimento da copa dessas classes.

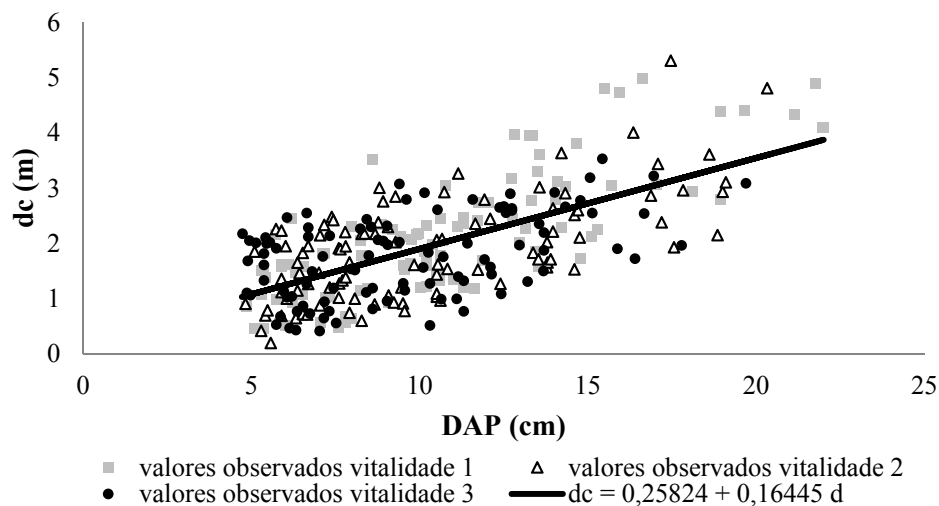


Figura 1 - Valores observados para *Luehea divaricata* nas três vitalidades estudadas e ajuste da linha de regressão do diâmetro de copa (dc) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) da equação selecionada ( $dc = 0,25824 + 0,16445 \cdot d$ ).

Figure 1 - Values observed for *Luehea divaricata* in the three studied vitalities and adjust the crown diameter of the regression line (dc) depending on the diameter at breast height (DBH) of the selected equation ( $dc = 0,25824 + 0,16445 \cdot d$ ).

Através da Figura 2 pode-se observar que o modelo proposto por Longhi (1980) apresentou resíduos pouco dispersos, sendo que grande parte dos erros enquadrou-se entre  $\pm 1,5$  m, podendo chegar até  $\pm 2$  m para a

estimativa do diâmetro de copa. Analisando-se todos esses fatores, optou-se pela equação proposta por Longhi (1980) para descrever o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito para *L. divaricata*.

Costa (2011) ao testar os mesmos modelos do presente estudo, para determinar o diâmetro de copa em função do diâmetro à altura do peito de *Araucaria angustifolia* percebeu que a equação proposta por Longhi (1980) foi a que apresentou melhor desempenho para as árvores classificadas como dominadas. Pereira (2011) também constatou que esta equação teve um bom resultado quando utilizada para determinar o diâmetro de copa em função do DAP para *Cedrela fissilis* (Vell.) na região de Santa Maria. Resultados estes que demonstram que a equação proposta por Longhi (1980) consegue adaptar-se à diversas espécies.

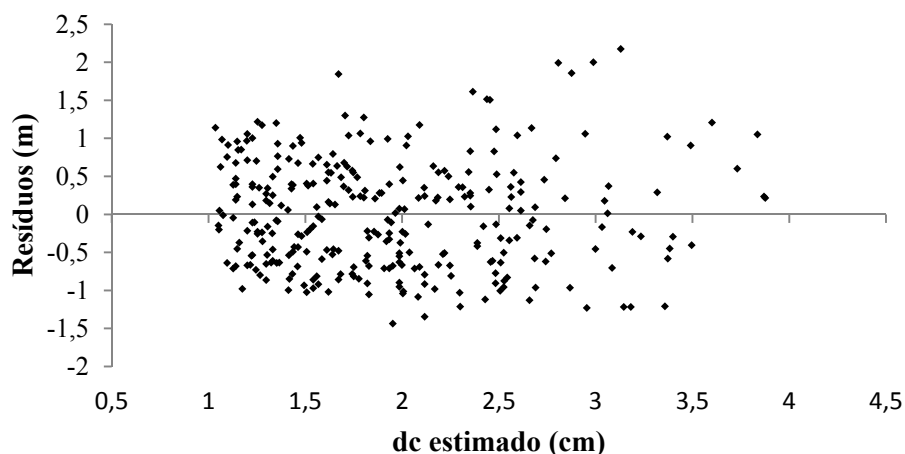


Figura 2 - Resíduos e valores estimados para diâmetro de copa de indivíduos de *L. divaricata*, Dois Vizinhos, Paraná.

Figure 2 - Wastes and estimated values for crown diameter of *L. divaricata*, Dois Vizinhos, Paraná.

Os resultados da análise de covariância que podem ser observados na Tabela 3, demonstram a possibilidade de uso de um único modelo para descrever o diâmetro de copa em função do DAP dos açoita-cavalos com vitalidade de copa 2 e 3, já que a reta que descreve esta relação possui mesmo nível e inclinação para essas duas categorias de vitalidade de copa a 5% de probabilidade de erro. Santos et al., (2006) salientam que a separação de árvores por características semelhantes, tem extrema importância no momento da modelagem, uma vez que modelos gerados para classes distintas apresentam maior precisão do que equações geradas com todas as árvores do povoamento.

Tabela 3 – Análise de covariância da equação de Longhi (1980) para verificar a diferença de nível e inclinação entre as diferentes vitalidades de copa pelo teste t, Dois Vizinhos, PR.

Table 3 - Analysis of covariance of Longhi (1980) equation to verify the level difference between the different slope and vitalities cup 's t test, Dois Vizinhos, PR.

Parâmetro	Valor estimado	Erro	Valor de t	Pr >  t
<i>dap</i> *v1	0,9153	0,2795	3,27	0,0012
<i>dap</i> *v2	0,4203	0,2816	1,49	0,1367
<i>dap</i> *v3	-	-	-	-
Parâmetro	Valor estimado	Erro	Valor de t	Pr >  t
v1	0,1073	0,0259	4,13	< 0,0001
v2	0,0464	0,0266	1,74	0,0825
v3	-	-	-	-

Em que: *dap* = diâmetro a altura do peito; v = vitalidade de copa; valor de t = valor de t calculado para a variável dependente; Prob.> |t| = nível de probabilidade de erro. Erro = erro padrão.

Aliando-se os resultados obtidos com a análise de covariância com a Figura 1, evidencia-se que as árvores das vitalidades 2 e 3 possuem desempenho muito semelhante, comprovando que são necessárias duas relações para descrever o diâmetro de copa em função do DAP, sendo uma para a vitalidade 1, e outra para as vitalidades 2 e 3. Para tanto, os modelos que expressam as relações entre diâmetro de copa e DAP são, para vitalidade 1:  $dc = 0,14367 + 0,21151.d$ , e para vitalidades 2 e 3:  $dc = 0,53526 + 0,13100.d$ .

## CONCLUSÕES

Conclui-se que o modelo  $dc = b_0 + b_1 * d$  é o mais apropriado para o uso em estimativa do diâmetro da copa (DC) em função do diâmetro à altura do peito para a espécie *Luehea divaricata* e que as árvores pertencentes às vitalidades de copa 2 e 3 não diferiram em inclinação e nível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil.** *Meteorologische Zeitschrift*. v.22, n. 6, 2013, p.711–728.
- CARVALHO, P. H. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1, 2003. 1039 p.
- COSTA, E. A. **Influência de variáveis dendrométricas e morfométricas da copa no incremento periódico de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Lages, SC.** 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2011.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabreala canjerana* em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, 1998, p. 55-66.
- DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabreala canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, v.11, p.141-149, 2001.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Embrapa: Rio de Janeiro, 2006, 306 p.
- IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná:** Classificação climática. 2010. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 18 de julho de 2015.
- LOCKHART, B. R.; WEIH, R. C.; SMITH, J. K. M. Crown radius and diameter at breast height relationships for six bottomland hardwood species. **Journal of the Arkansas Academy of Science**, v. 59, p. 110 - 115, 2005.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008, 384 p.
- NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, 2001, p. 9-25.
- NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, G. A.; MOSCOVICH, F. A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.42, p.110-122, 2001.
- LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no Sul do Brasil.** Curitiba: UFPR, 1980, 198 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1980.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, abr./jun. 2008.
- PEREIRA, L. D. **Dendroecologia de *Cedrela fissilis* (Vell.) na região de Santa Maria, RS.** 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul.** [S.l.]: Herbário Barbosa Rodrigues; Secretaria da Agricultura e Abastecimento-DRNR, 1988. 525 p.
- ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, 2009.
- SANTOS, K.; SANQUETTA, C. R.; EISFIELD, R. L.; WATZLAWICK, L. F.; ZILLOTTO, M. A. B. Equações Volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Irati (PR). v. 8, n.1, p. 99-112, 2006.
- WEBER, V. P. **Relação Morfométrica e de Competição no Crescimento de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex Nees) Liberato Barroso na região central de Santa Catarina.** 2013. 101 f. Tese (Doutorado Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.



**RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. EM OCORRÊNCIA NATURAL NO MUNICÍPIO DE SALTO DO LONTRA, PR**

**HYPSONOMETRIC RELATION TO NATURAL OCCURRENCE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. IN THE MUNICIPALITY OF SALTO DO LONTRA, PR**

Ana Claudia da Silveira<sup>1</sup> Danieli Regina Klein Sandra Mara Krefta Elisabete Vuaden

**RESUMO**

Na implantação de um planejamento florestal é fundamental o estudo da relação hipsométrica, pois esta possibilita conhecer com precisão a altura das árvores de forma indireta. Este trabalho teve como objetivo ajustar e selecionar modelos hipsométricos mais adequados para descrever a relação hipsométrica de *Cordia trichotoma* em ocorrência natural no município de Salto do Lontra, PR. Os dados foram coletados de uma área natural, sendo mensurado o DAP e altura total real de 29 árvores de louro-pardo, que se encontravam livres de competição. Para o ajuste hipsométrico foi avaliado o desempenho de nove modelos de regressão, ajustados no programa estatístico SAS. Na seleção da melhor estratégia de ajuste foi analisado o menor CV%, maior R<sup>2</sup><sub>aj</sub>, maior valor de F e a distribuição dos resíduos. Os resultados mostraram que o modelo 4 de Stofells, teve o melhor ajuste com (CV%) de 5,6, (R<sup>2</sup><sub>aj</sub>) de 0,4145 e 18,7 o valor de F.

**Palavras-Chaves:** altura total; espécie nativa; louro-pardo; modelos hipsométricos.

**ABSTRACT**

The implementation of a forest planning is fundamental to study the hypsometric relation, as this makes possible to know the precise height of the trees indirectly. This study aimed to adjust and select hypsometric models more suitable to describe the hypsometric relation of *Cordia Trichotoma* in naturally occurring in the municipality of Salto do Lontra, PR. Data were collected from a natural area, and measured the DAP and total height of 29 real trees bay-brown, which were free from competition. For Hypsometric adjustment was rated the performance of nine regression models, adjusted the SAS statistical program. In selecting the best-fit strategy was considered the lowest CV%, higher R<sup>2</sup><sub>aj</sub>, higher value F and the distribution of waste. The results showed that 4 of Stofells model with the best fit was (% CV) 5.6 (R<sup>2</sup><sub>aj</sub>) of 0.4145 and 18.7 the value of F.

**Keywords:** total height; native species; blond-brown; hypsometric models.

**INTRODUÇÃO**

*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. conhecida popularmente como louro-pardo é uma espécie nativa, com ocorrência desde o estado da Bahia até Rio Grande do Sul. A espécie tem como característica marcante o tronco reto e cilíndrico, o qual pode atingir até 35 m de altura e 100 cm de dap na idade adulta. (CARVALHO, 1988; CARVALHO, 2002).

A madeira do louro-pardo é bastante utilizada em móveis de luxo, revestimentos decorativos e lâminas faqueadas para móveis, por apresentar uma massa específica moderadamente densa, resistência mecânica média e também uma retratibilidade média. A espécie também é empregada na construção civil como vigas, caibros, ripas, entre outras utilidades (CARVALHO, 2003).

O louro-pardo apresenta um bom potencial madeireiro, sendo necessário investir em estudos que tornem a obtenção de dados para o manejo mais fácil e rápido dentro dos povoamentos naturais. Na implantação de um planejamento florestal é fundamental o estudo das relações biométricas, dentre as quais, a relação hipsométrica, pois esta possibilita conhecer com precisão a altura das árvores de forma indireta (ZANON et al, 1996).

O uso de equações hipsométricas em inventário florestal vem sendo uma operação rotineira para estimar a altura das árvores através do DAP. Sendo que a variável diâmetro à altura do peito é facilmente medida para todas as árvores, no entanto, a altura é obtida de modo indireto, com o auxílio de aparelhos apropriados, sendo uma operação onerosa, sujeita a erros e não econômica (BARTOSZECK et al., 2002). Assim, medem-se algumas alturas e através de relações hipsométricas, estima as demais.

**<sup>1</sup> Autor para correspondência**

Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina- UDESC. E-mail: anaclaudiadasilveira@hotmail.com

A partir do momento que se estabelece uma relação hipsométrica, as alturas das árvores de uma definida espécie em uma determinada área ou povoamento florestal podem ser estimadas a partir do DAP, variável esta de fácil mensuração.

Este trabalho teve como objetivo ajustar e selecionar modelos hipsométricos mais adequados para descrever a relação hipsométrica de *C. Trichotoma* em ocorrência natural no município de Salto do Lontra, sudoeste do Paraná.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área de estudo

Este estudo foi desenvolvido com dados de *Cordia Trichotoma* coletados de uma área natural, com intervenção antrópica, situada no município de Salto do Lontra, sudoeste do estado do Paraná. O qual fica a uma distância aproximada de 406 Km da capital, Curitiba, e situado entre as coordenadas geográficas 25° 47' 02" latitude Sul e 53° 18' 31" longitude Oeste, com uma altitude de 538 m (IBGE, 2013). O clima da região é Cfa, segundo a classificação climática de Köppen. O local pertence ao Bioma Mata Atlântica, sendo situado entre um ecótono florestal, formado pelas Florestas Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semi-decidual.

### Coleta de dados

Para realização do trabalho foram obtidos diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (h) reais de 29 árvores de louro-pardo, que se encontravam livres de competição. A altura de todas as árvores foi mensurada com um hipsômetro vertex e o DAP obtido através da circunferência a altura do peito, medido em cada indivíduo com o auxílio da fita métrica.

### Modelos avaliados

Para o ajuste da altura total (h) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) foi avaliado o desempenho de nove modelos de regressão, todos selecionados na literatura florestal. Os modelos foram ajustados, utilizando o programa estatístico SAS (SAS, 1996). A estrutura matemática dos modelos hipsométricos tradicionais utilizados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1- Estrutura matemática dos modelos hipsométricos avaliados para indivíduos de *Cordia Trichotoma*, em Salto do Lontra, PR.

Table 1- Mathematic structure of hypsometric models evaluated for individuals of *Cordia Trichotoma*, in Salto do Lontra, PR.

Modelo	Forma de ajuste	Autor
1	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i) + b_2 \cdot d_i$	Gramm
2	$\frac{1}{\sqrt{h_i}} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{d_i}$	-
3	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1/d_i) + b_2 \cdot (1/d_i^2)$	-
4	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$	Stofells
5	$h_i = b_0 + b_1 \cdot d_i + b_2 \cdot d_i^2$	Trorey
6	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1/d_i)$	Curtis
7	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i) + b_2 \cdot \ln^2(d_i)$	Backman Modificado
8	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(d_i)$	Henricksen
9	$h_i = b_0 + b_1 \cdot d$	Linear

Onde:  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$ : parâmetros dos modelos;  $\ln$ : logaritmo natural;  $h_i$ : altura total da i-ésima árvore;  $d_i$ : diâmetro à altura do peito da i-ésima árvore.

Para a seleção da melhor estratégia de ajuste foi analisado os seguintes parâmetros estatísticos: menor coeficiente de variação (CV%), maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), maior valor de F e a distribuição gráfica dos resíduos. A análise foi processada no pacote estatístico SAS versão 9.2 (Statistical Analysis System) e Microsoft Office Excel® 2007.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados provenientes dos ajustes dos 9 modelos hipsométricos testados para a estimativa da variável altura total (H), em função do DAP em indivíduos de louro-pardo, tiveram uma variação em CV% de 5,46 a 15,74, no  $R^2_{aj}$  de 0,3563 a 0,4768 e no valor de F de 10,9 a 18,7, valores estes que estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Coeficientes das equações ajustadas e resultados das estatísticas de ajuste para indivíduos de *Cordia Trichotoma* em Salto do Lontra -PR.

Table 2- Coefficients of the adjusted equations and results of fit statistics for individuals of *Cordia Trichotoma* in Salto do Lontra -PR.

Equação	Coeficientes			CV%	$R^2_{aj}$	Valor de F
	$b_0$	$b_1$	$b_2$			
1	39,6692	-13,3195	0,6715	14,92	0,4735	12,2
2	0,1997	1,7443		7,94	0,3563	14,8
3	3,9691	-60,5912	647,2069	5,46	0,4422	10,9
4	1,0191	0,4951		5,60	0,4145	18,7
5	14,5847	-0,2065	0,0068	14,87	0,4768	12,4
6	3,1759	-13,663		5,87	0,3566	14,9
7	108,8740	-62,9051	10,3369	14,96	0,4709	12,1
8	-11,8052	7,9405		15,74	0,4138	18,7
9	7,087	0,2611		15,06	0,4642	22,7

Onde:  $b_0$ ;  $b_1$  e  $b_2$ : parâmetros dos modelos; CV%: Coeficiente de variação;  $R^2_{aj}$ : Coeficiente de determinação ajustado.

Os baixos valores encontrados no coeficiente de determinação ajustado segundo Machado et al (1994), ocorrem pela relação hipsométrica não ser uma relação dendrométrica muito forte, devido a mesma classe diamétrica apresentar grande variação em altura, isso faz com que resultados estatísticos de ajuste apresentem valores muito baixos.

Na seleção do melhor modelo hipsométrico para a área estudada, foi levado em consideração o valor ponderado dos escores estatísticos, sendo que a equação que apresentou melhor desempenho para estimar a altura do louro-pardo foi a 4 de Stofells, com 5,6 de CV%, 0,4145 de coeficiente de determinação ajustado, 18,7 o valor de F e também a melhor distribuição gráfica dos resíduos.

Os valores estimados através da equação escolhida mostram que a mesma descreve de maneira adequada os valores observados. Além disso, o comportamento dos resíduos em relação a variável altura evidenciam que não houve tendência na dispersão dos dados (Figura 01).

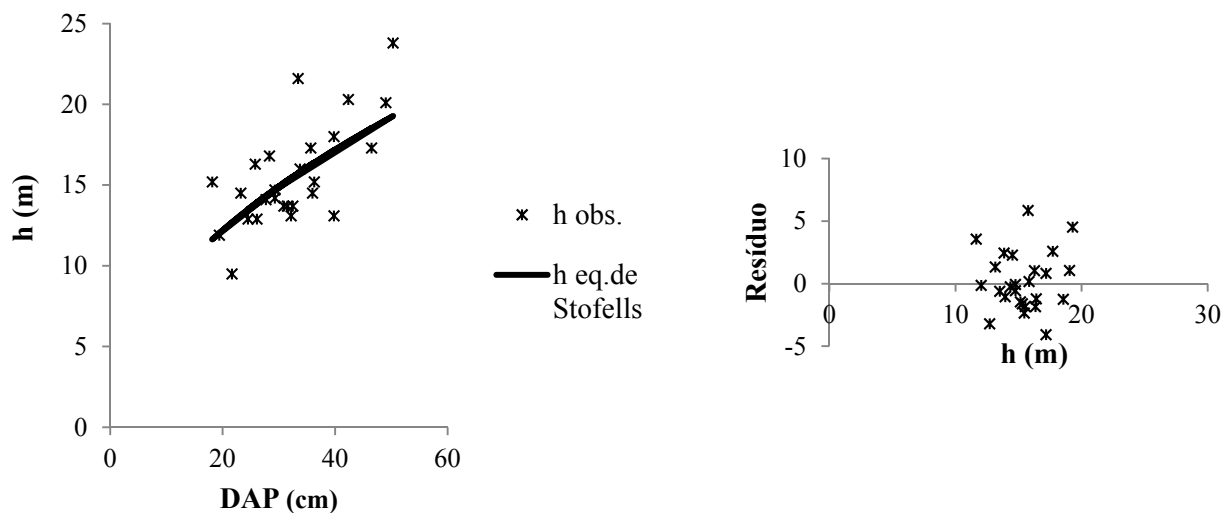


Figura 1 - Distribuição dos valores observados e estimados e dos resíduos do modelo de Stofells para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud no município de Salto do Lontra-PR.

Figure 1 - Distribution of observed and estimated values and Stofells model of waste to *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud in the municipality of Salto do Lontra-PR.

Segundo Hess (2006), a equação de Stofells foi a que melhor se ajustou para descrever a altura em função do diâmetro para a espécie de *Araucaria angustifolia*, em um povoamento natural na região da Serra do Sudeste no estado do Rio Grande do Sul.

A função de Stoffels também assumiu um bom desempenho para a araucária na fase inicial de crescimento em experimentos realizados em Tijucas do Sul, Paraná (Koehler et al., 2010). Demonstrando dessa forma, o bom potencial da equação para ajustar a altura em função do DAP em espécie nativa.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos conclui-se:

- A equação de Stofells apresentou um bom potencial na estimativa das alturas das árvores de louro-pardo.
- Torna-se necessário mais trabalhos com louro-pardo, bem como com as demais espécies nativas com potencial madeireiro, para facilitar a realização do manejo florestal sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTOSZECK, A. C. de P e S., MACHADO, S. do A., FIGUEIREDO FILHO, A. OLIVEIRA, E. B. de. Modelagem da Relação Hipsométrica para Bracatingais da Região Metropolitana de Curitiba – PR. **Floresta**, Curitiba, v.32, n.2, p. 189-204, 2002.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1, 2003, p. 1039.
- CARVALHO, Paulo E. R. **Louro pardo**. Curitiba: Embrapa Floresta, 2002, p. 16. (Circular técnica 66).
- CARVALHO, Paulo E. R. **Louro-pardo**. Colombo, n. 17, 1988, p. 63-66.
- HESS, A. F. **Inter-relações no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul**. 2006. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2006.
- KOEHLER, A. B.; CORAIOLA, M.; NETTO, S. P. Crescimento, tendências de distribuição das variáveis biométricas e relação hipsométrica em plantios jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Ktze., em Tijucas do Sul, PR. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 53-62, 2010.
- MACHADO, S.; BAILEY, R.; BASSO, S.; BEVILACQUA, V. Análise do comportamento da relação hipsométrica com respeito a idade para plantações de *Pinus eliotti* no estado do Paraná. **Cerne**, v. 1, n. 1, p. 5-12, 1994.
- SAS. **The SAS System for Windows**. Copyright (c) 1999-2001 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1999.
- ZANON, M.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; KLEIN, J. E. M.; COELHO, M. C. B. Funções para descrever a relação altura e diâmetro de *Eucalyptus dunni* Maiden. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n.1, p. 87-90, 1996.



RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* EM SOLOS ARENIZADOS NO BIOMA PAMPA

HYPSONOMETRIC RELATION TO *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* PLANTED IN SANDY SOIL OF THE PAMPA BIOMA

Bernardo Corso Frantz<sup>1</sup> Mauro Valdir Schumacher Rudi Witschoreck Aline Aparecida Ludvichak Huan Pablo de Souza Claudinei Couto Guimaraes Kristiana Fiorentin dos Santos Grasielle Dick Felipe Oselame Schiochet

RESUMO

A medição das alturas de um povoamento, seja em uma amostragem ou em censo, demanda muito mais tempo e custos que a medição dos diâmetros, desde modo, o uso de equações hipsométricas para a estimativa das alturas é uma ferramenta muito útil e confiável quando bem ajustada. Com isso o presente trabalho visou ajustar modelos de relação hipsométrica para o híbrido de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* aos sete anos de idade, plantados em um talhão de aproximadamente cinco hectares sob Neossolos Quartzarênicos no município de São Borja – RS, dentro do Bioma Pampa. Para tanto, realizou-se o inventário de cinco parcelas amostrais de 15 m x 20 m, distribuídas de forma sistemática dentro do talhão, onde foram mensurados todos os diâmetros e a altura de 30% das árvores. Para análise da relação hipsométrica foram testados sete modelos, retirados da literatura afim. Na seleção dos melhores modelos foram considerados três parâmetros, o coeficiente de determinação ajustado, o erro padrão da estimativa e os valores de F, os quais foram utilizados para calcular o valor ponderado de escores estatísticos, que por sua vez indicou como melhores modelos para estimativa da altura deste povoamento os modelos de Curtis e Stoffels.

**Palavras-chave:** modelos hipsométricos; relação altura/diâmetro; solos arenizados.

ABSTRACT

The heights measurement of a stand, either in a sample or in census, requires more time and costs than a diameter measurement, therefore, the use of hypsometric equations to estimate heights is a very useful and reliable tool when well adjusted. Thus, the present study aim to adjust hypsometric relation models to the hybrid of *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*, which was seven years old, planted on a plot of about five hectares, grown in a Quartzarenic Neossoil in the city of São Borja - RS, inside the biome Pampa. Under these circumstances, an inventory was carried out of five sample plots of 15 m x 20 m, distributed systematically within the plot, where were measured all diameters and 30% of the trees height. To analyse the hypsometric relation, were tested seven models, taken from the literature. Then, three parameters were considered to select the best models: the adjusted coefficient of determination, the standard error of the estimate and the F values. They were used to calculate the weighted value of statistical scores, which in turn has indicated as better models to estimate the height of this settlement the models of Curtis and Stoffels.

**Keywords:** hypsometric models; relationship height/diameter; sandy soils.

INTRODUÇÃO

Os plantios do gênero *Eucalyptus* têm crescido significativamente nos últimos anos, segundo dados do IBÁ (2014) no ano de 2013 havia no Brasil cerca de 7,6 milhões de hectares com florestas plantadas, onde 72% dessas áreas eram compostas por plantios de eucalipto, uma área de 5.473.176 hectares, o que representa um crescimento de 3,2% em relação à área plantada com a espécie em 2012.

Segundo Streck (2008) a arenização consiste em um processo de mobilização de solos arenosos pela ação dos ventos e das águas, o que dificulta o estabelecimento da vegetação, gerando a expansão de áreas com solo desnudo. Segundo o mesmo autor, esse processo ocorre no município de São Borja e região desde os tempos da colonização espanhola e é, portanto, um processo natural nas áreas ocupadas por Neossolos Quartzarênicos Órticos. A silvicultura de espécies nativas e exóticas é vista como uma alternativa para a recuperação e uso destas áreas, desde que adotadas as práticas de manejo adequadas (Streck, 2008).

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro Florestal, Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFSM Bolsista CAPES. E-mail: bernardocfrantz@gmail.com

Em povoamentos muito extensos a medição de todas as alturas das árvores gera custos elevados, deste modo, é indicado o uso de relações hipsométricas, que relacionam variáveis de fácil medição, como o diâmetro, com a altura (CAMPOS E LEITE, 2006; BATISTA, 2001)

As relações hipsométricas de um plantio florestal são influenciadas pelo sítio, densidade do plantio, tratos silviculturais, idade do povoamento, entre outros. Deste modo, é imprescindível o ajuste de tais modelos às diferentes condições de cultivo para poder realizar a estimativa das alturas. (RIBEIRO et al., 2010; SOUSA et al., 2013).

Considerando isto, o objetivo do presente trabalho foi testar modelos de relação hipsométrica para um plantio de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em solos arenizados no município de São Borja, Estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado no município de São Borja – RS, em uma área plantada com o híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*Eucalyptus urograndis*), localizada na Fazenda São Luiz das Éguas Morochins, propriedade da empresa StoraEnso Florestal – RS

A precipitação média anual no município é de 1523 mm, a temperatura média anual é de 20,1°C e a média do mês mais frio é de 14,1°C (Maluf, 2000). O solo, no talhão estudado, é classificado como Neossolo Quartzarênico, apresenta baixa fertilidade natural e teores de argila próximos a 10%.

### Aspectos silviculturais

O plantio foi realizado em um talhão de cerca de cinco hectares com densidade inicial de 1142 plantas ha<sup>-1</sup> (2,5 m x 3,5 m) e foram realizadas quatro adubações pós-plantio, aos 30 dias, 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O de 06-30-06 + 0,2 % Cu + 0,3% B. Aos 90 dias, 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O de 22-01-18 + 0,2 % Cu + 0,3% B. Aos 120 dias pós-plantio, 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O de 22-01-18 + 0,2 % Cu + 0,3% B. E a última adubação aos 36 meses após o plantio com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O de 22-15-18 + 0,2 % Cu + 0,3% B.

### Coleta de dados

Foi realizado o inventário de cinco parcelas amostrais de 15 m x 20 m distribuídas de forma sistemática dentro do talhão. Em cada uma das parcelas foram medidos todos os DAP's (diâmetro a 1,3 m do nível do solo) e a altura de aproximadamente 30% dos indivíduos. Os diâmetros foram mensurados com trena diamétrica e as alturas foram obtidas com o auxílio de um hipsômetro Vertex.

### Modelos hipsométricos

Para a realização da análise de equações hipsométricas foram selecionados sete modelos (Tabela 2), citados na literatura florestal. A análise dos modelos foi realizada no software SAS.

Tabela 1 – Modelos hipsométricos selecionados para estimativa da altura total de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 7 anos de idade, estabelecidos em solos arenizados.

Table 1 - Selected hypsometric models to estimate the total height of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, at 7 years old, planted in sand soils.

Nº	Modelo	Autor
1	$\ln H = b_0 + b_1 \cdot \ln DAP + e$	Stoffels <sup>1 2 3</sup>
2	$\ln H = b_0 + b_1 \cdot DAP^{-1} + e$	Curtis <sup>1 2 3</sup>
3	$H = b_0 + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot DAP^2 + e$	Parabólico <sup>2 3</sup>
4	$H = b_0 + b_1 \cdot DAP + e$	Linha reta <sup>3</sup>
5	$H = b_0 + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot DAP^2 + b_3 \cdot DAP^3 + e$	Loestch et al., (1973)
6	$H = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{DAP^2} + e$	Monografia
7	$H = b_0 + b_1 \cdot DAP^2 + e$	Azevedo et al., (1999)

Onde: b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> e b<sub>3</sub> = coeficientes dos modelos; H = altura total (m); DAP = diâmetro à altura do peito (cm); ln = Logaritmo neperiano; e = erro da estimativa. Modelos citados por: <sup>1</sup>Bartoszeck et al. (2002); <sup>2</sup>Sanquetta et al. (2009); <sup>3</sup>Sousa et al. (2013).

### Critérios de seleção dos modelos

Para a seleção dos melhores modelos hipsométricos foi utilizado o Valor Ponderado de escores estatísticos (VP), onde foram considerados o erro padrão da estimativa (Syx %), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e os valores de F. Para cada um destes critérios, foi atribuído peso um para a equação mais eficiente, e pesos crescentes para as outras. Ao final, foi realizado o somatório dos pesos de cada equação onde os resultados de menores valores representam as melhores equações.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos no software SAS para os coeficientes e estatísticas dos modelos hipsométricos testados para a estimativa da altura total (H) em função dos valores do DAP, para cada um dos sete modelos analisados, são apresentados na Tabela 2.

Podemos observar que os valores do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$  %) variaram entre 71,95% a 84,95%, e que dos sete modelos testados apenas três apresentaram valores abaixo de 80%, sendo eles os modelos 4, 5 e 6. O modelo 2 apresentou o melhor coeficiente de determinação ajustado.

Os valores do erro padrão da estimativa (Sy.x%) apresentaram valores de 3,86, para o modelo 2, até 11,70, no modelo número 7. Neste critério apenas os modelos 1 e 2 apresentaram valores menores que 5%, e os modelos 4, 5 e 6 obtiveram valores superiores a 10%. Para os valores de F os melhores modelos foram o 1 e o 2, com 464,89 e 599,23, respectivamente. Enquanto os modelos 3 e 5 demonstraram os piores valores, de 230,08 e 163,83, respectivamente.

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos das equações hipsométricas ajustadas para estimativa das alturas *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 7 anos de idade, plantados em solos arenizados do Bioma Pampa  
Table 2 - Statistical parameters of the equations adjusted to estimate the total height of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, at 7 years old, planted in sand soils of the Bioma Pampa.

Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	F	R <sup>2</sup> aj %	Sy.x (m)	Sy.x (%)	VP
1	0,81530	0,76194			464,89	81,40	0,1071	4,29	9
2	3,19020	-6,04316			599,23	84,95	0,0963	3,86	3
3	-0,98589	1,99093	-0,05620		230,08	81,21	1,1626	9,58	13
4	3,59498	0,93660			392,01	78,67	1,2386	10,21	13
5	-9,19269	4,93755	-0,38496	0,01151	163,83	82,13	1,1339	9,34	11
6	15,47967	-213,02400			308,94	74,39	1,3573	11,18	16
7	7,91365	0,04714			272,96	71,95	1,4204	11,70	19

Onde: b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> e b<sub>3</sub> = coeficientes dos modelos; Sy.x = erro-padrão da estimativa (m); Sy.x % = erro-padrão da estimativa (%); R<sup>2</sup>aj%= coeficiente de determinação ajustado; VP = valor ponderado dos escores estatísticos.

Analisando todos os critérios considerados observa-se que o modelo 2 (Curtis) apresentou os melhores resultados para as três estatísticas, o que resultou no melhor valor ponderado de escores estatísticos (VP). O segundo melhor modelo, segundo o VP, foi o número 1 (Stoffels), que embora tenha apresentado valor inferior de coeficiente de determinação ajustado em comparação ao modelo 5, obteve maior valor de F e menor erro padrão da estimativa.

De modo geral, todos os modelos apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação ajustado (valores maiores que 70%), porém o erro padrão da estimativa dos modelos 3 a 7 foi consideravelmente maior que nos modelos 1(Stoffels) e 2 (Curtis).

### CONCLUSÕES

De acordo com os valores dos coeficientes de determinação ajustados, os valores de erro padrão da estimativa, valores de F e o conseqüente valor ponderado (VP), pode-se concluir que os modelos mais indicados para estimar a altura total de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos sete anos de idade plantados em solos arenizados foram os modelos de Curtis e Stoffels.

## AGRADECIMENTOS

À empresa Stora Enso Florestal – RS pela disponibilização da área de estudo e todo o suporte necessário à realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, C. P.; MUROYA, K.; GARCIA, L. C.; LIMA, R. M. B.; MOURA, J. B.; NEVES, E. J. M. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazonia ocidental. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 5-29, 1999.
- BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Modelagem da relação hipsométrica para bracatingais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Floresta**, v.32, n.2, p.189-204, 2002.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. **Scientia Forestalis**, n.60, p.149-163, 2001.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 470 p
- IBÁ. **IBA – Indústria Brasileira de Árvores 2014**. Disponível em: <<[http://www.iba.org/images/shared/iba\\_2014\\_pt.pdf](http://www.iba.org/images/shared/iba_2014_pt.pdf)>>. Acesso em 20 jul. 2014.
- LOETSCH, F., SÖHRER, F., HALLER, K.E. **Forest Inventory**. München: BLV. Verlagsgesellschaft, 1973, 469p.
- MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p. 141-150, 2000.
- RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; MELO, J. M. de; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **CERNE**. v.16, n.1, p.22-31, 2010.
- SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; DALLA CÔRTE, A. P.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. Curitiba, PR. Ed. Multi-Graphic, 2009, 316p.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; JUNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptusurophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4, p. 1-7, 2013.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, EMATER/RS, 2008. 107p.

**RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE x *Eucalyptus grandis* HILL (EX MAIDEN) SOB REGIME DE TALHADIA NO MUNICÍPIO DE DOM AQUINO, MT**

**HYPOMETRIC RELATION FOR *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE x *Eucalyptus grandis* HILL (EX MAIDEN) UNDER REGIME OF COPPICE AT CITY DOM AQUINO, MT**

Joao Paulo Sardo Madi Anatólya dos Santos Ribeiro Cyro Matheus Cometti Favalessa Karen Janones Rocha<sup>1</sup>

**RESUMO**

A altura é uma das variáveis dendrométricas mais importantes para estimar o volume de árvores, porém, sua medição demanda mais tempo que o diâmetro. Para obtermos essa variável de modo rápido e econômico utilizamos modelos de relações hipsométricas. Este trabalho teve como objetivo ajustar modelos de relação hipsométrica para árvores do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob regime de talhadia no município de Dom Aquino, MT. Os modelos utilizados foram os de Curtis, Curtis logaritimizado, Stoffels, Trorey, Prodan, Henriksen. Para avaliação da correlação das variáveis diâmetro e altura foi calculada a correlação de Kendall além de um estudo descritivo dos dados observados. Para verificar a adequacidade dos modelos foi elaborada uma classificação em função do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), BIAS e eficiência, assim como calculados os condicionantes de regressão da homogeneidade de variâncias, normalidade e independência dos resíduos pelos testes de White (LW), Kolmogorov-Smirnov (D) e o Durbin-Watson (DW) respectivamente, além da análise gráfica dos resíduos e os intervalos de confiança para a curva média estimada. Os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram Curtis logaritimizado e o de Stoffels que apresentaram  $R^2_{aj}$  e  $S_{yx}$  0,52 e 0,53 e 1,9802 e 1,9486, respectivamente, e atenderam a todos os condicionantes de regressão com distribuição residual homogênea e todas as observações dentro dos intervalos de confiança. Quando classificados ambos os modelos obtiveram resultados semelhantes, com seleção do modelo de Curtis logaritimizado em função da simplicidade de ajuste.

**Palavras-chave:** ajuste, altura, diâmetro.

**ABSTRACT**

The height is one of the dendrometrics variables more used mainly at volume estimation, however is a variable costlier and take more time than diameter. A strategy utilized to obtain this variable faster and cheaper is using models of hypsometric relations. The aim of this study was fit models that are found at the literature, in population of *Eucalyptus camaldulensis* under regime of coppice at city of Dom Aquino, MT. The models used were Curtis, Logarithmic Curtis, Stoffels, Trorey, Prodan, Henriksen. The Kendall's correlation was used to evaluate the correlation of diameter at breast height and total height, besides a descriptive study of observed data. To verify the adequacy of the models we created a classification based on the adjusted coefficient of determination, standard error of estimate, BIAS and efficiency, as well as regression constraints of homogeneity of variance, normality and independence of waste by White (LW), Kolmogorov-Smirnov (D) and the Durbin-Watson (DW) tests respectively, as well as graphical analysis of waste and confidence intervals for the estimated average curve. The models that best fit the data was Logarithmic Curtis and the Stoffels who had  $R^2_{aj}$  and  $S_{yx}$  0.52 and 0.53 and 1.9802 and 1.9486, respectively, and met all regression constraints with residual distribution homogeneous and all observations within the confidence intervals. When classified both models had similar results, with selection of Logarithmic Curtis model due to the setting of simplicity.

**Keywords:** fit, height, diameter

**INTRODUÇÃO**

Normalmente a predição do volume de madeira em florestas é realizada por meio de um inventário florestal, na qual procura-se relacionar variáveis como diâmetro à altura do peito (d) e a altura total da árvore para obtenção do volume (SILVA et al., 2007). Dentre essas duas variáveis, o diâmetro é uma variável de fácil obtenção em campo e menos onerosa que a altura.

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Engenheira Florestal, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS. E-mail: karennjr@hotmail.com

A fim de tornar a obtenção da variável altura mais econômica utiliza-se de relações hipsométricas ajustadas a partir de dados obtidos do inventário florestal e aplicadas nas demais árvores que não foram mensuradas (RIBEIRO et al., 2010). Tais relações podem ser definidas como uma relação matemática entre a altura da árvore e o diâmetro a altura do peito (HOSOKAWA et al., 2008). Esses modelos matemáticos empregados para obtenção da altura são empíricos sendo necessário ajustá-los através de análise de regressão para encontrar seus coeficientes e, posteriormente, testá-los para verificar o quanto a relação entre as variáveis é explicada pelo modelo ajustado e qual o erro cometido ao usá-lo (SANQUETTA et al., 2014).

Porém para a utilização adequada de modelos hipsométricos alguns fatores devem ser levados em consideração como o sítio, a idade, dimensões da copa, a espécie e a posição sociológica (ARAUJO et al., 2012). Outro fator de influência é o sistema de manejo adotado, pois dependendo do sistema aplicado há alteração nos tratamentos silviculturais empregados, que segundo Ribeiro et al. (2008), é um fator que deve ser observado no ajuste de tais modelos. Com base nesses fatores deve-se ter cuidado na escolha das árvores que irão fazer parte da amostra que será utilizada no ajuste das relações hipsométricas, por isso a composição e tamanho da amostra devem ser determinados de forma criteriosa (SILVA et al., 2007). Bartoszeck et al. (2002) ressaltam que os modelos hipsométricos que consideram esses fatores são de difícil aplicação, o que justifica o uso de equações tradicionais disponíveis na literatura florestal.

Neste contexto, o objetivo foi aplicar modelos de relação hipsométrica em um povoamento do híbrido de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob regime de talhadia no município de Dom Aquino, MT.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) com 232,8855 hectares, localizado no Município de Dom Aquino – MT, região Centro-Sul do estado de Mato Grosso, circunscrito à coordenada 15°34'58,1'' S e 54°53'35,1'' W. O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, tropical com estação seca, precipitação anual de aproximadamente 1.750 mm.ano<sup>-1</sup> e temperatura média anual de 22°C (ALVARES et al., 2013). O solo é Latossolo Vermelho Distrófico (IBGE, 2009).

O povoamento foi implantado em 2001 em espaçamento 3m x 2m com primeiro ciclo de corte em 2008 e condução por talhadia com corte final em 2014. A base de dados foi composta por dados de inventário florestal pelo processo de amostragem sistemática com intensidade de uma unidade amostral para cada 5 hectares, e o método de amostragem foi de área fixa com unidades amostrais retangulares de 20m x 30m (600 m<sup>2</sup>). Foram mensurados todos os diâmetros a altura do peito das árvores dentro das parcelas e mensuradas as alturas totais com hipsômetro Haglof de 10% do total de árvores encontradas nas parcelas.

Um estudo descritivo foi realizado para interpretar o comportamento das variáveis altura total e diâmetro à altura do peito. Foi calculada a correlação de Kendall para entender o comportamento das variáveis dendrométricas. Foram avaliados no presente estudo seis modelos disponíveis na literatura apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelos de relação hipsométrica ajustados a partir de dados obtidos de um povoamento de híbrido *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob regime de talhadia, Dom Aquino, MT

Table 1 - Models of hypsometric relation fitted by data obtained for population of hybrids *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice, Dom Aquino, MT

Nome	Modelo matemático
Curtis	$h = b_0 + b_1 * \frac{1}{d}$
Curtis logaritimizado	$\ln(h) = b_0 + b_1 * \frac{1}{d}$
Prodan	$h = \frac{d^2}{b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2}$
Henriksen	$h = b_0 + b_1 * \ln.d$
Stoffels	$\ln(h) = b_0 + b_1 * \ln d$
Trorey	$h = b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2$

em que:  $b_n$  – coeficientes estimados; h – altura total em metros; d – diâmetro altura do peito em centímetros

Para seleção dos modelos de regressão foram avaliados o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) corrigidos pelo índice de Meyer quando a variável dependente foi logarítmica. Além de testes para verificar as condicionantes da regressão, como o teste de White (LW) para homogeneidade das variâncias, de Durbin-Watson (DW) para verificar a independência dos resíduos, o teste de Kolmogorov-Smirnov (D) para verificar a normalidade dos resíduos, o valor de Inflação da Variância (VIF) e a significância para cada coeficiente como apresentado por Schneider et al. (2009).

$$R_{aj}^2 = 1 - \left( \frac{SQ_{res}}{SQ_t} \right) * \left( \frac{n-1}{n-p} \right) \quad S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2}{n-p}}$$

em que:  $R^2_{aj}$  – coeficiente de determinação ajustado;  $S_{yx}$  – erro padrão da estimativa;  $SQ_{res}$  – soma do quadrado dos resíduos;  $SQ_t$  – soma dos quadrados totais;  $n$  – número de dados observados;  $p$  – número de coeficientes do modelo;  $h_i$  – altura observada;  $\hat{h}_i$  – altura estimada

Para auxiliar na escolha do melhor modelo foi realizado análise gráfica dos resíduos, do intervalo de confiança e classificação com somatório de escores ponderados como apresentado por Schneider et al. (2009) utilizando as estatísticas  $R^2_{aj}$ ,  $S_{yx}$ , Biased (BIAS) e eficiência.

$$BIAS = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad Eficiência = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right]$$

em que:  $n$  – número de dados observados;  $y_i$  – variável dependente observada;  $\hat{y}_i$  – variável dependente estimada

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas podem ser observadas Tabela 2, e os coeficientes de curtose para o diâmetro e altura descreveram comportamento platicúrtico indicando que a curva da distribuição dos diâmetros e alturas observados apresentam um pico mais tênue, encorpado e uma cauda mais fina do que a distribuição normal, além de apresentar menor probabilidade de ter valores próximos a média e ter mais valores extremos do que a normal.

A assimetria, diferente da curtose, foi positiva (Tabela 2) e evidenciou que o diâmetro e a altura apresentam assimetria a esquerda com maior frequência dos dados observados nos maiores diâmetros e alturas.

Tabela 2 - Estatística descritiva do diâmetro à altura do peito e altura total observados para *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob regime de talhadia, Dom Aquino, MT  
Table 2 - Describe statistics of diameter breast height and total height observed to hybrids *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice, Dom Aquino, MT

Estatística descritiva	Diâmetro à altura	
	do peito (cm)	Altura total (m)
Média	9,60	14,6
Mediana	9,23	14,0
Desvio padrão	2,86	2,9
Mínimo	5,09	8,5
Máximo	17,19	22,0
Variância (cm <sup>2</sup> )	8,1605	8,2935
Coeficiente de curtose	-0,1094	-0,1664
Coeficiente de assimetria	0,6616	0,5011

As variáveis diâmetro à altura do peito e altura total não atenderam o condicionante de normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (P valor < 0,05), e coeficiente de correlação de Kendall foi de 0,5468 (Tabela 3), uma associação positiva indicando proporcionalidade direta entre as duas variáveis, porém fraca.

Tabela 3 - Correlação entre os valores de diâmetro à altura do peito e altura total para *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob regime de talhadia, Dom Aquino, MT

Table 3 - Correlation between the values of diameter breast height and total height to hybrids *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice, Dom Aquino, MT

	Diâmetro à altura do peito	Altura total
Diâmetro à altura do peito	1,0000	0,5468*
Altura total	0,5468*	1,0000

em que: d – Diâmetro altura do peito; h – Altura total; \* – significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro

Apesar das equações de Stofells e Curtis logaritimizado não apresentarem os melhores valores do  $S_{yx}$  e  $R^2_{aj.}$ , foram os únicos modelos que atenderam a todos as condicionantes da regressão, recomendando a utilização dessas equações (Tabela 4). Resultado semelhante foi obtido por Sanqueta et al. (2014), estas equações estiveram dentre as melhores testadas em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. nos municípios de Cristal e Piratini, RS.

Os demais modelos ajustados não atenderam aos condicionantes de regressão, as equações de Trorey e Henriksen obtiveram coeficientes não significativos e não atenderam ao teste homogeneidade das variâncias LW. De forma análoga ocorreu com o modelo ajustado de Prodan, porém foi a equação que apresentou o maior  $R^2_{aj.}$  (Tabela 4), Donadoni et al. (2010) obteve comprovação semelhante, em que a equação por Prodan alcançou o maior  $R^2_{aj.}$ , porém atendeu as restrições impostas em um trabalho realizado com *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis e *Pinus tecunumanii* (Schwd.) Eguluz e J.P. Perry.

Tabela 4 - Estatísticas de ajuste, precisão e condicionantes dos modelos ajustados e seus respectivos parâmetros estimados para relação hipsométrica de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob regime de talhadia, Dom Aquino, MT

Table 4 - Fit, precision and conditions statistics of fitted models and their respective parameters estimated to hypsometric relation of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice, Dom Aquino, MT

MODELO	b0	b1	b2	$S_{yx}$	$R^2_{aj.}$	DW	D	LW
Henriksen	-1,46718 <sup>ns</sup>	7,22993*	-	1,9553	0,54	1,93 <sup>ns</sup>	0,043 <sup>ns</sup>	16,78*
VIF	0	1,00000						
Curtis	21,66739*	-62,53005*	-	2,0119	0,51	1,83 <sup>ns</sup>	0,054 <sup>ns</sup>	20,19*
VIF	0	1,00000						
Stofells	1,56486*	0,49365*	-	1,9486	0,53	1,92 <sup>ns</sup>	0,057 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
VIF	0	1,00000						
Curtis Logaritimizado	3,15174*	-4,33373*	-	1,9802	0,52	1,87 <sup>ns</sup>	0,066 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>
VIF	0	1,00000						
Trorey	5,61346*	1,12263*	-0,018 <sup>ns</sup>	1,9552	0,54	1,95 <sup>ns</sup>	0,045 <sup>ns</sup>	16,80*
VIF	0	39,27703	39,2773					
Prodan	-0,90546 <sup>ns</sup>	0,52255*	0,0246*	0,9944	0,89	2,07 <sup>ns</sup>	0,087*	62,69*
VIF	0	39,27703	39,2770					

em que:  $b_n$  – coeficientes estimados; VIF – inflação da variância;  $S_{yx}$  – Erro padrão da estimativa;  $R^2_{aj.}$  – Coeficiente de determinação ajustado; DW – Teste de Durbin-Watson; D – Teste de Kolmogorov-Smirnov; LW – Teste de White

Observa-se que os modelos de Curtis logaritimizado e Stofells não se destacaram por tendenciosidade (Figura 1), além de apresentarem distribuição residual semelhante, do mesmo modo Jesus et al. (2015) obteve distribuição residual satisfatória trabalhando com os modelos de Trorey, Curtis, Henriksen, Prodan e Stoffel em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, utilizando-se de outros critérios para selecionar a melhor equação.

Foi observado na Figura 1 que as distribuições dos resíduos foram semelhantes com exceção do modelo ajustado de Prodan, que apresentou problemas para os maiores diâmetros, resultado semelhante ao trabalho realizado por Ribeiro et al. (2010) em plantios de *Eucalyptus* sp.

Observa-se que nos intervalos de confianças (Figura 2) os modelos ajustados de Stofells e Curtis logaritimizado apresentaram os valores observados dentro do limite de confiança diferindo dos demais (Figura 2), reforçando sua aplicabilidade.



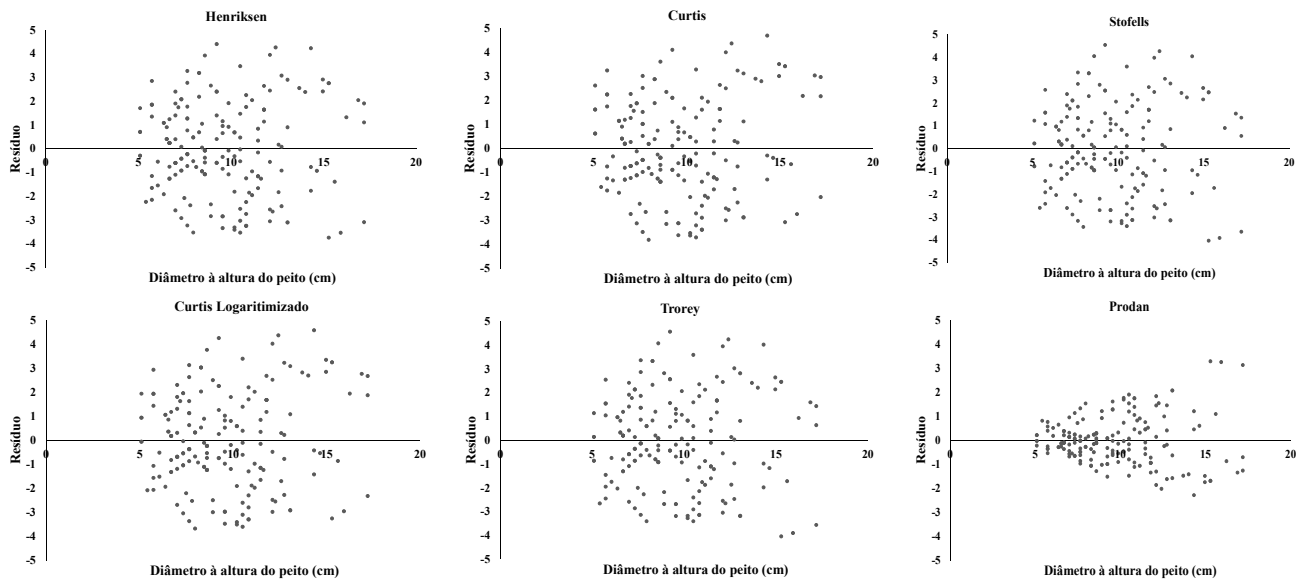


Figura 1 - Gráfico de dispersão dos resíduos corrigidos em função do diâmetro à altura do peito obtidos a partir de equações matemáticas empregadas para descrever a relação hipsométrica de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob regime de talhadia, Dom Aquino, MT

Figure 1 - Waste scatter plot corrected for diameter at breast height obtained from used mathematical equations to describe the hypsometric relation of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice, Dom Aquino, MT

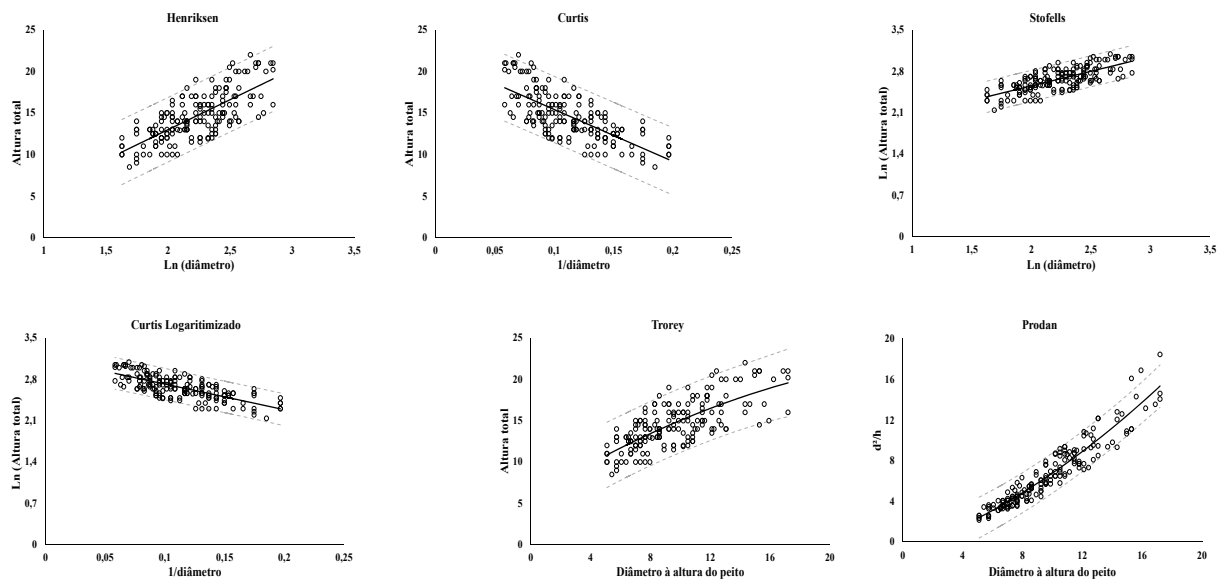


Figura 2 - Intervalos de confiança obtidos a partir de equações matemáticas empregadas para descrever a relação hipsométrica de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh sob regime de talhadia, Dom Aquino, MT

Figure 2 - Confidence intervals obtained from mathematical equations used to describe the hypsometric relation of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice, Dom Aquino, MT

Os modelos ajustados de Curtis logaritimizado e Stofells se mostraram os mais recomendados a serem utilizados, pois foram os modelos que atenderam a todos os condicionantes de regressão, melhores resultados para as estatísticas de ajuste e precisão assim como melhor distribuição residual, pois segundo Sanquetta et al. (2014) tais modelos demonstraram-se mais flexíveis, ou seja, conseguiram explicar melhor a variabilidade da altura em função do diâmetro à altura do peito. Foi verificado um empate na classificação dos modelos de Curtis logaritimizado e de Stofells (Tabela 5). O critério de desempate utilizado foi a facilidade no ajuste e aplicação da equação gerada, o modelo selecionado foi o de Curtis logaritimizado, pois seu ajuste se mostrou mais simples que o de Stofells. Os resultados dessa pesquisa se assemelham ao que foi relatado por Ribeiro et al. (2010) em ajuste

de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp em que o modelo selecionado foi o de Curtis com variável dependente na forma logarítmica.

Tabela 5 - Classificações por meio de estatísticas de seleção a partir do ajuste de modelos de dados obtidos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob regime de talhadia, Dom Aquino, MT

Table 5 - Rankings for statistics selection from the adjustment data models obtained from *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) under regime of coppice, Dom Aquino, MT

Modelo	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	S <sub>yx</sub>	BIAS	Eficiência
Stofells	0,5290	1,9486	0,031163	0,8725
Curtis Logaritimizado	0,5137	1,9802	0,028087	0,8739

Classificação					
Modelo	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	S <sub>yx</sub>	BIAS	Eficiência	TOTAL
Stofells	1	1	2	2	6
Curtis Logaritimizado	2	2	1	1	6

em que: S<sub>yx</sub> – erro padrão da estimativa; R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> – coeficiente de determinação ajustado

## CONCLUSÕES

Os modelos de Stofells e Curtis logaritimizado podem ser utilizados com segurança para estimar a altura total das árvores do híbrido de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob regime de talhadia, e recomendamos a utilização do modelo de Curtis logaritimizado em função de maior simplicidade de ajuste e aplicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. Gebruder Borntraeger, Stuttgart, 2013. p.18.
- ARAÚJO, E. J. G.; PELISSARI, A. L.; DAVID, H. C.; SCOLFORO, J. R. S.; NETTO, S. P.; MORAIS, V. A. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.32, p.257-268, 2012.
- BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Modelagem da relação hipsométrica para bracingais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 189-204, 2002.
- DONADONI, A. X.; PELISSARI, A. L.; DRESCHER, R.; ROSA, G. D. Relação hipsométrica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus tecunumanii* em povoamento homogêneo no Estado de Rondônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p. 2499-2504, 2010.
- HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B. de; CUNHA, U. S. da. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 2008. 164 p.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Mapa Exploratório do Estado de Mato Grosso- Pedologia**. 2009.
- JESUS, C. M.; MIGUEL, E. P. M.; AZEVEDO, G. B.; AZEVEDO, T. O. S.; PEREIRA, R. S. Modelagem hipsométrica em povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Distrito Federal. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v.11 n.21, p. 1298-1308, 2015.
- RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; MELLO, J. M.; FERREIRA, M. Z.; Diferentes estratégias de ajuste de modelo hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* spp. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 4, 2008, Santa Maria - RS. **Anais...** Santa Maria : UFSM, 2008. v. 4., 2008, p.16-22.
- RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; MELLO, J. M.; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v. 16, n.1, p. 22-31, 2010.
- SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; RUZA, M. S.; SIMON, A.; JOSÉ, J. F. B. de. Relação hipsométrica em inventários pré-corte em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.1, p.80-90, 2014.
- SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; WATZLAWICK, L. F. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 3.ed. Curitiba: Dos Autores, 2014. 406p.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. FACOS – UFSM, Santa Maria – RS, 2009.
- SILVA, G.F.; XAVIER, A.C.; RODRIGUES, F.L.; PETERNELLI, L.A. Análise da influência de diferentes tamanhos e composições de amostras no ajuste de uma relação hipsométrica para *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p.685-694, 2007.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P.A.B.; JÚNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v.9, n.4, p. 1-7, 2013.

RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA O HÍBRIDO *Eucalyptus urograndis* E *Acacia mearnsii* EM PLANTIO MISTO

HYSOMETRIC RELATION FOR HYBRID *Eucalyptus urograndis* AND *Acacia mearnsii* IN MIXED PLANTING

Aline Aparecida Ludvichak<sup>1</sup> Mauro Valdir Schumacher Kristiana Fiorentin dos Santos Grasielle Dick Bernardo Corso Frantz Catarine Barcellos Consensa Rudi Witschoreck Elias Frank de Araújo

RESUMO

Estudos ressaltam a importância do ajuste de modelos hipsométricos para estimar a altura sobre diferentes condições cultivos e manejo. Assim, o presente trabalho teve por objetivo ajustar modelos de relação hipsométrica para híbrido *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*, aos 9 anos de idade, estabelecidos em plantio misto no município de Pinheiro Machado, Rio Grande do Sul. O trabalho foi realizado em plantio misto 50% de eucalipto + 50% de acácia-negra, implantada em linhas alternadas, para isto realizou-se o censo da área e a amostragem de 80 indivíduos para a coleta de variáveis dendrométricas de DAP e altura. Para análise da relação hipsométrica ajustou-se sete modelos incluindo como variável independente o DAP e algumas transformações do mesmo. A seleção dos modelos obedeceu, inicialmente ao menor erro padrão da estimativa, ao maior coeficiente de determinação ajustado e ao valor ponderado dos escores estatísticos. Para ambas as espécies se verificou que dois modelos apresentaram ajuste adequado em termos estatísticos, com os maiores coeficientes de determinação ajustado, os menores valores para erro padrão da estimativa e os maiores valores ponderados dos escores. Assim, pode-se concluir que os modelos Parabólico e o proposto por Curtis são indicados para a estimativa da variável altura total para o híbrido *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* estabelecidos em plantios mistos.

**Palavras-chave:** modelos hipsométricos; relação altura/diâmetro; consórcio de espécies florestais.

ABSTRACT

Studies emphasize the importance of hypsometric models adjustment to estimate the height of different crops and management conditions. Thus, this study aimed to adjust hypsometric relation models for hybrid *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*, at 9 years old, set in mixed stands in the city of Pinheiro Machado, Rio Grande do Sul. The study was conducted in mixed planting 50% eucalipto + 50% acácia-negra, set in alternate rows, for it took place the census of the area and the sampling of 80 individuals to collect dendrometric variable DAP and height. For analysis of the hypsometric relation set seven models including independent variable DAP and some transformations of it. The selection of models obeyed initially the lowest standard error of the estimate, the higher adjusted coefficient of determination and the weighted value of statistical scores. For both species it was found that two models showed good fit in statistical terms, with the highest coefficients of determination adjusted, the lowest values for standard error of the estimate and the highest values to be weighted scores. Thus, it can be concluded that the parabolic models and are indicated by Curtis proposed for the estimation of the variable overall height for hybrid *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii* established in mixed stands.

**Keywords:** hypsometric models; relationship height/diameter; consortium of forest species.

INTRODUÇÃO

O plantio misto de eucalipto com espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio, como acácia, apresenta elevado potencial para o aumento da produtividade florestal (FORRESTER et al., 2006). Laclau et al. (2008), relatam que o plantio misto de eucalipto com espécies fixadoras de nitrogênio resultaram em um maior incremento da produtividade de ambas espécies envolvidas.

Entretanto, existem ainda algumas lacunas nas pesquisas para o manejo destes sistemas de plantios mistos. Muller et al. (2014) ressaltam a escassez de informações sobre modelagem de equações para estimativa de variáveis dendrométricas em sistemas agrossilvipastoris, o qual pode ser observado também em plantios mistos.

<sup>1</sup> Autor para correspondência.

Engenheira Florestal, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFSM. Bolsista FAPERGS. E-mail: aline\_lud@yahoo.com.br

Na realização de um inventário florestal é comum medir o diâmetro de todos os indivíduos do povoamento e altura de parte delas, estabelecendo assim uma relação da altura em função do diâmetro para estimar a altura dos demais indivíduos, relação esta denominada de relação hipsométrica (CALDEIRA et al., 2003).

A relação hipsométrica promove maior facilidade e economia na obtenção de dados já que possibilita uma redução no número de mensurações da variável altura sem perder consideravelmente a precisão dos valores estimados (AZEVEDO et al., 2011a; ARAÚJO et al., 2012).

Estudos ressaltam que a relação hipsométrica é influenciada por uma série de fatores, como idade, densidade, tratos silviculturais, sítio entre outros, ressaltando assim a importância do ajuste de modelos hipsométricos para estimar a altura sobre diferentes condições cultivos e manejo (BARTOSZECK et al., 2002; RIBEIRO et al., 2010; SOUSA et al., 2013).

Diante disto, o presente trabalho teve por objetivo ajustar modelos de relação hipsométrica para o híbrido *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*, aos 9 anos de idade, estabelecidos em plantio misto no município de Pinheiro Machado, Rio Grande do Sul.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em área experimental localizada no município de Pinheiro Machado, região extremo Sul do Estado do Rio Grande do Sul, situada nas coordenadas geográficas centrais de 31° 34' 42" latitude Sul e 53° 22' 52" longitude Oeste, com altitude média de 439 metros em relação ao nível médio do mar.

O clima predominante da região conforme a classificação climática de Köppen, é o Cfa (subtropical úmido), com precipitação média anual de 1.556 mm, normalmente bem distribuídos durante o ano, temperatura média anual de 17,9 °C, sendo a média das máximas de 23,8 °C e a média das temperaturas mínimas de 13,3 °C (MATZENAUER et al., 2011).

O solo da região caracteriza-se por ser predominantemente rasos com afloramentos rochosos. Já o relevo é suave-ondulado, coberto por vegetação de gramíneas ralas entre arbustos e árvores esparsas (CUNHA et al., 1998).

O trabalho foi desenvolvido em plantio misto do híbrido *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* (50% de eucalipto + 50% de acácia-negra) implantada em linhas alternadas com o espaçamento inicial de 3,0 m x 2,0 m aos 9 anos de idade.

### Coleta de dados

Realizou-se o censo da área com a amostragem de 80 indivíduos para a coleta das variáveis dendrométricas de DAP (diâmetro a altura do peito, medido a 1,30 m do nível do solo) e altura com auxílio de fita diamétrica e hipsômetro Vertex.

### Modelos hipsométricos

Para análise da relação hipsométrica ajustou-se sete modelos (Tabela 1) incluindo como variável independente o DAP e algumas transformações do mesmo. A estimativa dos parâmetros para o ajuste dos modelos foi feita através do software estatístico SAS.

Tabela 1 - Modelos hipsométricos selecionados para estimativa da altura total do híbrido *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*, aos 9 anos de idade, estabelecidos em plantios mistos.

Table 1 - Selected hypsometric models to estimate the total height of the hybrid *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*, at 9 years old, set in mixed plantings.

Nº	Modelo	Autor
1	$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}$	Linha reta <sup>3</sup>
2	$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}^2$	Azevedo et al., (1999)
3	$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Ln}(\text{DAP})$	Henricksen <sup>1 2 3</sup>
4	$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left[ \frac{1}{\text{DAP}^2} \right]$	Soares et al., (2006)
5	$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP} + \beta_2 \cdot \text{DAP}^2$	Parabólico <sup>2 3</sup>
6	$\text{Ln}(H) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left[ \frac{1}{\text{DAP}} \right]$	Curtis <sup>1 2 3</sup>
7	$\text{Ln}(H) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Ln}(\text{DAP})$	Stoffels <sup>1 2 3</sup>

Onde:  $\beta_i$  = coeficientes dos modelos; H = altura total (m); DAP = diâmetro à altura do peito (cm); Ln = Logaritmo neperiano. Modelos citados por: <sup>1</sup> Bartoszeck et al. (2002); <sup>2</sup> Sanquetta et al. (2009); <sup>3</sup> Sousa et al. (2013).

**Crítérios de seleção dos modelos**

A seleção dos modelos obedeceu, inicialmente ao menor erro padrão da estimativa  $Sy.x$  absoluto (m) e relativo (%), o maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ) e valor ponderado dos escores estatísticos (VP). A atribuição dos valores para o VP foi realizada somente para o  $Sy.x$  (%) e  $R^2_{aj.}$  (%), atribuindo pesos crescente do melhor (valor) para a pior valor de cada, ou seja, 1 para o maior  $R^2_{aj.}$ , 2 para o segundo maior  $R^2_{aj.}$ , e assim, sucessivamente, para todos os modelos, de modo que, no somatório final, o melhor modelo apresente o menor VP. Machado et al. (2008), ressaltam que quando variável dependente passou por alguma transformação, e necessário recalculá-la para que esse possa ser comparável com erro padrão dos modelos cuja variável dependente não sofreu transformação. Assim, utilizou-se a seguinte equação matemática para correção do  $Sy.x$ :

$$Sy.x \text{ recal. (m)} = \sqrt{\frac{\sum (ho - he)^2}{n - p}}$$

Desta forma, o erro padrão da estimativa em porcentagem ( $Sy.x\%$ ) e dado por:

$$Sy.x \text{ recal. (\%)} = \frac{Sy.x \text{ recal. (m)}}{h\bar{x}}$$

Onde:

$ho$  = Altura observada (m);  $he$  = Altura estimada pela equação (m);  $h\bar{x}$  = Média aritmética das alturas (m);  $n$  = Número de dados observados;  $p$  = Número de coeficientes do modelo.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os coeficientes e as estatísticas referentes aos sete modelos hipsométricos ajustados e testados para a estimativa da variável altura total (H) em função do DAP das duas espécies estão apresentados na tabela 2.

Para o eucalipto o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ) variou de 58,12 a 72,12% e para a acácia a variação foi entre 17,77 e 75,64%. De acordo com Scolforo (1998), é comum que o valor de  $R^2_{aj.}$  das relações hipsométricas não ultrapasse 80%, uma vez que a correlação entre altura/diâmetro não é tão forte quanto à altura/volume.

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos das equações ajustadas para estimativa da altura total do híbrido *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii*, aos 9 anos de idade, estabelecidos em plantios mistos.

Table 2 - Statistical parameters of the equations adjusted to estimate the total height of the hybrid *Eucalyptus urograndis* and *Acacia mearnsii*, at 9 years old, set in mixed plantings.

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	Sy.x (m)	Sy.x (%)	$R^2_{aj.}$ (%)	VP
<b>Eucalipto</b>							
1	5,25795	0,88609	-	1,9550	10,59	62,87	12
2	11,66590	0,02952	-	2,0763	11,25	58,12	14
3	-15,73741	12,75384	-	1,8500	10,02	66,75	9
4	24,41915	-1163,13575	-	1,7272	9,36	71,02	5
5	-20,20634	4,57353	-0,12808	1,7231	9,33	71,15	3
6	3,63707	-10,54620	-	1,8344	9,94	72,12	4
7	0,85820	0,76118	-	1,9382	10,50	68,61	9
<b>Acácia</b>							
1	10,06554	0,46987	-	3,2276	17,18	30,42	11
2	14,96354	0,01045	-	3,5090	18,68	17,77	14
3	-4,02468	7,92772	-	2,8360	15,09	46,28	9
4	20,12555	-272,88346	-	2,7734	14,76	48,63	7
5	-2,52772	2,04703	-0,04558	2,7358	14,56	50,01	4
6	3,35067	-7,41253	-	2,7510	14,64	75,64	3
7	0,85757	0,70990	-	3,3466	17,81	62,87	7

Em que:  $\beta_i$  = coeficientes dos modelos; Sy.x = erro-padrão da estimativa (m); Sy.x (%) = erro-padrão da estimativa em porcentagem;  $R^2_{aj.}$  (%) = coeficiente de determinação ajustado; VP = valor ponderado dos escores estatísticos: Sy.x +  $R^2_{aj.}$ .

Para o eucalipto verificou-se que três modelos apresentaram ajuste adequado em termos estatísticos, com o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ) superiores a 70%, os menores valores para erro padrão da estimativa (Sy.x) e os melhores valores ponderados dos escores estatísticos, sendo eles: os modelos 5, 6 e 4, o modelo parabólico, modelo indicado por Curtis e o modelo proposto por Soares et al. (2006), respectivamente.

Já para a acácia, observou-se que apenas os modelos 6 e 5, modelo parabólico e modelo indicado por Curtis, respectivamente, se destacaram na análise, apresentando assim os melhores valores ponderado dos escores estatísticos para a espécie.

Em geral, pode-se observar que o ajuste das equações para a acácia apresentou menores valores para o  $R^2_{aj}$  e maiores valores para o  $Sy.x$  quando comparado ao eucalipto, com exceção do modelo indicado por Curtis que apresentou  $R^2_{aj}$  maior para a acácia.

Em estudo com plantio misto com cinco espécies florestais nativas, Azevedo et al. (2011b) observou também que o modelo proposto por Curtis teve resultados mais satisfatórios a estimativa de altura total para todas as espécies estudadas, apresentando valores de coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) superiores a 67%, e baixo erro padrão da estimativa. Bartoszeck et al. (2002) ajustando equações hipsométricas para a bracatinga na região Metropolitana de Curitiba também observou que dentre os modelos tradicionais, o modelo de Curtis foi o mais o mais adequado para a estimativa das alturas dos povoamentos.

Analisando relações hipsométricas para *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* estabelecidos em sistemas agrosilvipastoris, Muller et al. (2014) observou que o modelo de Curtis e Henricksen apresentaram as melhores estatísticas para a estimativa da altura, com coeficiente de determinação variando de 69% a 89% para o eucalipto e entre 80% e 91% para a acácia valores maiores do que o encontrado pelo presente estudo, porém observando o erro padrão da estimativo observou que os autores encontraram valores maiores para o eucalipto (2,14 a 3,58 m) e menores para a acácia (0,90 a 1,28 m) que o presente estudo.

Sousa et al. (2013) ajustando modelos hipsométricos para estimativa da altura total em povoamentos de *Eucalyptus urophylla*, aos 5 anos de idade observou que os modelo proposto por Soares et al. (2006), o modelo parabólico e modelo indicado por Curtis apresentou valores de  $R^2_{aj}$  inferiores a 55%, porém com baixos valores para o  $Sy.x$  variando entre 0,96 e 1,21. Permitindo assim aferir que o modelo proposto por Curtis é o mais cotado entre a literatura para estimativa da altura através da relação hipsométrica.

## CONCLUSÃO

Conforme análise dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que os modelos Parabólico e o de Curtis são indicados para a estimativa da variável altura total para o híbrido *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* estabelecidos em plantios mistos. Todavia o modelo proposto por Soares et al. (2006) também proporcionou boas estimativas para o híbrido *Eucalyptus urograndis*, podendo ser este também indicado para a espécie.

## AGRADECIMENTOS

As instituições de pesquisa pela concessão de bolsa aos autores e a empresa Celulose Riograndense (CMPC) por todo apoio concedido para a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E. J. G.; PELISSARI, A. L.; DAVID, H. C.; SCOLFORO, J. R. S.; NETTO, S. P.; MORAIS, V. A. Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p.257-268, 2012.
- AZEVEDO, C. P.; MUROYA, K.; GARCIA, L. C.; LIMA, R. M. B.; MOURA, J. B.; NEVES, E. J. M. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazonia ocidental. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p.5-29, 1999.
- AZEVEDO, G. B.; SOUSA, G. T. O.; SILVA, H. F.; BARRETO, P. A. B.; NOVAES, A. B. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no Planalto da Conquista na Bahia. **Enciclopedia Biosfera**, Goiania, v.7, n.12, p.1-13, 2011b.
- AZEVEDO, L. T.; MELLO, A. A.; FERREIRA, R. A.; SANQUETTA, C. R.; NAKAJIMA, N. Y. Equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp. localizado na FLONA do Ibura, Sergipe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p.105-112, 2011a.
- BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Modelagem da relação hipsométrica para bracatingais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Floresta**, v.32, n.2, p.189-204, 2002.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SCHEEREN, L. W.; WATZLAWICK, L. F. Relação hipsométrica para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze na Região Oeste do Estado do Paraná. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 1, n. 2, p.79-88, 2003.

- CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C.; SEVERO, C. R. S.; SOARES, M. J.; SANTOS, C. N.; FONTOURA JÚNIOR, E. R.; VIEIRA, C. R. S. **Estudo dos solos do município de Pinheiro Machado**. Pelotas, RS. EMBRAPA-CPACT, Documentos: 45, 1998, 79p.
- FORRESTER, D. I.; COWIE, A. L.; BAUHUS, J.; WOOD, J. T.; FORRESTER, R. I. Effects of changing the supply of nitrogen and phosphorus on growth and interactions between *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii* in a pot trial. **Plant and Soil**, The Hague, v. 280, n. 1/2, p. 267-277, 2006.
- LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; SILVA, E. V.; JOURDAN, C.; CUNHA, M. C. S.; MOREIRA, M. R.; SAINT-ANDRÉ, L.; MAQUERE, V.; NOUVELLON, Y.; RANGER, J. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil 1. Growth dynamics and aboveground net primary production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 12, p.3905-3917, 2008.
- MACHADO, S. A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK A. L. D.; SILVA, L. C. R.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TEO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capao da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.5-16, 2008
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. de (Ed.). **Atlas Climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.
- MULLER, M. D.; SALLES, T. T.; PACIULLO, D. S. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. R. T. Equações de altura, volume e afilamento para eucalipto e acácia estabelecidos em sistema silvipastoril. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 3, p.473-484, 2014.
- RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; MELO, J. M. de; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **CERNE**. v.16, n.1, p.22-31, 2010.
- SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; DALLA CÔRTE, A. P.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. Curitiba, PR. Ed. Multi-Graphic, 2009, 316p.
- SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores**. Textos técnicos. UFLA. Lavras. 1998. 310p.
- SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2006, 276p.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; JUNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4, p.1-7, 2013.





SELEÇÃO DE EQUACÃO PARA RELAÇÃO HIPNOMÉTRICA EM POVOAMENTOS DE *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

EQUATION SELECTION FOR HYPNOMETRIC RELATION IN STANDS OF *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden IN THE NORTH OF THE RIO GRANDE DO SUL STATE

Luiz Henrique Natalli<sup>1</sup> Cleomar André Ganzer Fabiano de Oliveira Fortes Luis Paulo Baldissera Schorr  
Franciele Alba da Silva Kemely Alves Atanazio Mateus Basso

RESUMO

Este estudo avaliou a relação hipsométrica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* com aproximadamente 9 anos de idade, no município de Seberi, localizado no Estado do Rio Grande do Sul. Para o processo de amostragem de dados, foram alocadas 20 parcelas quadradas de 400 m<sup>2</sup>, distribuídas em uma área de quatro hectares, no qual foram plantadas no espaçamento 3x2m entre linhas. Para as 15 primeiras parcelas, escolhidas aleatoriamente, foram mensuradas as variáveis diâmetro a altura do peito (DAP) e altura de todas as árvores integrantes, e para, as últimas cinco parcelas foram mensuradas somente o DAP, as respectivas alturas foram estimadas através da relação hipsométrica dos modelos testados. Foram testados 07 modelos matemáticos de regressão onde os parâmetros estatísticos utilizados foram maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ); menor coeficiente de variação (CV%), maior valor de F calculado e o menor Erro padrão da Estimativa (Syx). A equação que melhor se ajustou para a espécie foi o modelo  $\log. h = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{d_i}$  que apresentou valores de  $R^2_{aj} = 0,5815$ ,  $CV(\%) = 4,7381$ , Erro Padrão(Syx) = 0,0656 e F calculado = 455,5046. Seus respectivos coeficientes  $\beta_0$  e  $\beta_1$  foram 1,6053 e -4,1969.

**Palavras-chave:** relação hipsométrica; *Eucalyptus grandis*; parâmetros estatísticos.

ABSTRACT

This study evaluated the hypsometric relation of a population of *Eucalyptus grandis*, approximately with nine years old, in the Seberi city, located in the Rio Grande do Sul State. To process sample data, they were allocated twenty installments of 400 m<sup>2</sup>, distributed in an area of 4 hectares, totaling 457 trees. For the first 15 installments, randomly chosen, the variables were measured diameter breast height (DAP) and then all trees members and for the latest 5 installments they were measured just the DAP, their heights were estimated by hypsometric relation of the tested models. They were tested 07 models mathematical of the regression, this parameters statistical used were higher adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ); lower coefficient of variation (CV %); higher F value calculated and the lower standard error of estimate (Syx). The equation that best adjusted for the kind it was the model  $\log. h = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{d_i}$  showed that values of  $R^2 = 0,5815$ ,  $CV(\%) = 4,7381$ , Standard error (Syx) = 0,0656 and F calculated = 455,5046. Yous respective coefficients  $\beta_0$  e  $\beta_1$  it was 1,6053 and -4,1969.

**Keywords:** hypsometric relation; *Eucalyptus grandis*; Statistical parameters.

INTRODUÇÃO

Atualmente o reflorestamento de espécies exóticas, se mostra uma forma eficiente de minimizar significativamente a exploração dos remanescentes de florestas nativas brasileiras. Estes povoamentos, geralmente de diversas espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, apresentam alta produtividade e qualidade adequada da madeira (HIGA et al., 2000).

De acordo com Trevisan (2006), o gênero *Eucalyptus* é recentemente uma das principais essências florestais encontradas no Brasil. Em meio às folhosas, este tem potencial de ser a matéria-prima com maior demanda no mercado, sendo utilizado para atender vários segmentos industriais, na confecção de múltiplos produtos de madeira, como a produção de celulose e papel, carvão, chapas de fibras e aglomerados.

Dentro do gênero *Eucalyptus* algumas espécies se destacam, como exemplo cita-se a espécie *Eucalyptus*

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen, Linha Sete de Setembro s/n, BR 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS).  
E-mail: natalli.luiz@hotmail.com.

*grandis*. Segundo Rocha (2000), este apresenta um bom desenvolvimento em todas as regiões do Brasil, possuindo alto potencial silvicultural e plantios em larga escala. Suas árvores proporcionam boa forma, fornecendo toras adequadas para produção de serrados e apresenta ainda, uma massa específica ideal para a produção de móveis.

Com o entrave cada vez maior dos recursos florestais disponíveis e, conseqüentemente, maior dificuldade de certificação para exploração de madeira nativa, o gênero *Eucalyptus* se torna cada dia uma cultura imprescindível para abastecer o âmbito florestal. Assim sendo, torna-se indispensável o uso de métodos de aproveitamento destes recursos de maneira mais eficaz (STERNADT, 2001).

Dentro do manejo dos povoamentos florestais, uma das variáveis de maior interesse de estudo é a relação hipsométrica. Essa relação, usualmente simbolizada por h/d pode ser representada por um modelo matemático decorrente da regressão da altura em relação ao diâmetro de um povoamento em determinada data. Fatores como: espécie, posição sociológica, idade, tamanho de copa, densidade, sítio e práticas silviculturais em geral, podem afetar e influenciar o vínculo das variáveis (FINGER, 1992)

Couto e Bastos (1986) descrevem a determinação da altura das árvores em pé por meio de instrumentos como uma operação onerosa e sujeita a erros. Em razão disso, o que se tem feito na prática é medir a altura de algumas árvores nas parcelas de inventário e, empregando relações hipsométricas, estimar a altura das demais.

Desta forma, a relação hipsométrica é bastante utilizada no inventário florestal, pois permite estimar a altura das árvores da parcela a partir da mensuração de pares de altura e diâmetro medido a 1,30m do solo (DAP) para posterior formulação de modelos matemáticos (RIBEIRO et al, 2008).

Sabe-se que a utilização da relação h/d é uma forma de eliminar o trabalho de campo. Porém, a seleção de equações e modelos mais adequadas para cada parcela ou povoamento é de grande valia para a redução do custo de processamento dos dados (CARDOSO, 1989).

O presente trabalho teve como objetivo testar modelos hipsométricos a partir dos dados de um inventário florestal realizado em um povoamento de *Eucalyptus grandis* localizado no município de Seberi, região do Médio Alto Uruguai do Rio Grande do Sul.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A área do presente estudo é pertencente a empresa Fabris Hulk e está localizada no município de Seberi, região do Médio Alto Uruguai do Rio Grande do Sul. Esta área é um povoamento de *Eucalyptus grandis* de aproximadamente 9 anos de idade e área total de quatro hectares, sendo os indivíduos espaçados em 3x2m entre linhas. A localização geográfica se dá em 27° 28' 40" S e 53° 24' 10" O, com altitude 327 m, localizando-se a 416 km da Capital do estado do Rio Grande do Sul (Porto Alegre).

### Fontes de Dados

Para a realização do respectivo estudo foram utilizadas 20 parcelas de 400m<sup>2</sup>. Estas perfazem o povoamento de *Eucalyptus grandis* com quatro hectares com nove anos de idade, nas quais foram mensuradas um total de 457 árvores subdivididas em suas respectivas alturas e diâmetros. Para realização da mensuração, utilizou-se o auxílio do hipsômetro Vertex.

Para testar os modelos matemáticos, foram utilizados os dados de lotes das árvores das primeiras 15 parcelas. A partir disto, as cinco parcelas finais, foram estimadas suas respectivas alturas através do melhor modelo matemático linear.

Os modelos utilizados foram todos lineares para assim, realizar a análise de regressão. Estes modelos podem ser analisados na Tabela 1. Os parâmetros estatísticos para a escolha do melhor modelo matemático foram, maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ); menor coeficiente de variação (CV%), maior valor de F calculado e o menor Erro padrão da Estimativa (Syx).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta de dados do respectivo povoamento de *Eucalyptus grandis*, estabeleceu-se uma fonte de dados com informações necessárias para testar os diferentes modelos matemáticos apresentados. O resultado dos parâmetros estatísticos analisados é descrito na Tabela 2.

Observa-se na tabela 02, que modelos testados apresentaram resultados semelhantes, com valores de  $R^2$  ajustado variando de 0,5296 até 0,5815. Os valores foram relativamente baixos, indicando heterogeneidade do povoamento. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) expressa a variação total que é explicada através da regressão, na qual o modelo quatro foi o que apresentou maior variação na regressão. Já os modelos que apresentaram menor variação foram o quinto e sexto modelo matemático estudado com o valor de 0,5815.

Tabela 1 - Modelos matemáticos a serem avaliados para ajustar a equação hipsométrica.

Table 1 - Mathematical models to be evaluated to adjust the hypsometric equation

EQUAÇÃO	MODELO MATEMÁTICO
1º	$h_i = \beta_0 + \beta_1(d_i)$
2º	$\frac{1}{\sqrt{h_i}} = \beta_0 + \beta_1 + \left(\frac{1}{d_i}\right)$
3º	$\sqrt{h_i} = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$
4º	$\ln(h_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$
5º	$\log h = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{d_i}$
6º	$\ln h = (\beta_0 + \frac{1}{d} \beta_1)$
7º	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \log d_i$

Onde:  $\beta_0, \beta_1$  são parâmetros dos modelos;  $\ln$  é o logaritmo natural;  $h_i$  corresponde à altura total da  $i$ -ésima árvore;  $d_i$  é o diâmetro à altura do peito da  $i$ -ésima árvore;

Tabela 2 - Parâmetros de Análise do melhor Modelo Matemático na Relação Hipsométrica

Table 2 - Analysis Parameters of the best model in the Hypsometric Relation

	Equação	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	CV(%)	Erro Padrão (Syx)	F	$\beta_0$	$\beta_1$
1º	$h_i = \beta_0 + \beta_1(d_i)$	0,5516	12,6628	3,1428	403,3889	12,3774	0,5947
2º	$\frac{1}{\sqrt{h_i}} = \beta_0 + \beta_1 + \left(\frac{1}{d_i}\right)$	0,5346	9,2526	0,0189	376,7601	0,1467	1,1012
3º	$\sqrt{h_i} = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$	0,5754	6,7619	0,3350	444,2040	1,1555	1,2680
4º	$\ln(h_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d_i)$	0,5296	5,0233	0,1601	369,2797	1,5324	0,5526
5º	$\log h = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{d_i}$	0,5815	4,7381	0,0656	455,5046	1,6053	-4,1969
6º	$\ln h = (\beta_0 + \frac{1}{d} \beta_1)$	0,5815	4,7381	0,1510	455,5046	3,6963	-9,6639
7º	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \log d_i$	0,5296	5,0233	0,1601	369,2797	1,5324	1,2724

De acordo com Scolforo (1998), tratando-se de relações hipsométricas, é comum que o valor de R<sup>2</sup><sub>aj</sub> não ultrapasse 80% no gênero *Eucalyptus*, uma vez que a correlação altura/diâmetro não é tão forte quanto a altura/volume. RUFINO et al. (2010), utilizando os modelos de Stofel ( $\ln h = \beta_0 + \beta_1 \log d_i$ ) e Curtis ( $\ln h = (\beta_0 + \frac{1}{d} \beta_1)$ ) para um povoamento de eucalipto conduzido pelo sistema de rebrota, obteve valores R<sup>2</sup><sub>aj</sub> variando entre 55% e 76%. Esses autores concluíram que o primeiro modelo (R<sup>2</sup><sub>aj</sub>=61%) apresentou estatísticas de ajuste e precisão sutilmente mais favoráveis aos demais.

Entretanto, Rocha et al. (2010), em plantio de *Eucalyptus urophylla* no Planalto da Conquista, em Vitória da Conquista - BA, obtiveram valores máximos do coeficiente de determinação em torno de 76% utilizando o modelo parabólico.

De acordo com a literatura, é importante salientar que, o modelo Curtis ( $\ln h = (\beta_0 + \frac{1}{d} \beta_1)$ ) também é utilizado em outras espécies. De acordo com Machado et al. (2008), que estudou relações hipsométricas em *Araucaria angustifolia*, obtiveram as melhores estimativas para a variável altura do fuste utilizando o modelo de Curtis.

Através do coeficiente de variação que é interpretado como a variabilidade dos dados em relação à sua média, pode observar que dentro dos modelos testados, os que apresentaram menor CV(%) conforme a tabela 02 foi o quinto e sexto modelo estudado, através disto, conclui-se que os mesmos apresentam maior homogeneidade em seus dados.

O Erro padrão informa a qualidade do ajuste e respectivamente, o quanto ele erra ao estimar a sua variável dependente  $y$  (altura). Para testar os modelos, o critério de seleção é através do menor valor de Erro padrão da estimativa (Syx). O modelo que apresentou menor Erro padrão, através da análise de regressão foi o segundo modelo testado, apresentando valor de 0,0189.

Sabe-se que, o valor de F é a razão entre o modelo e o seu erro. Este valor nos diz o quanto às médias desses modelos não são iguais, portanto, para a escolha do melhor modelo testado, utiliza-se o maior valor de F, que neste caso foi de 455, 5046 apresentados pelo quinto e sexto modelo.

De acordo com Bartoszeck (2000) e Barros (2000), fatores como idade, desbaste, sitio, material genético

e sistema da condução do povoamento podem interferir na relação entre o diâmetro e a altura. O sistema de rebrota (talhadia) afeta de forma negativa o crescimento relacional entre a altura e o diâmetro.

Conforme Sterba (1986) os coeficientes angulares de uma função de relação hipsométrica apresentam com o aumento da idade do povoamento somente variação ao acaso, enquanto que o intercepto tende a diminuir. No presente trabalho, na qual foram testados modelos para a espécie *Eucalyptus grandis*, obteve-se uma média geral de altura e diâmetro, respectivamente igual a 25,6186 e 21,0247.

## CONCLUSÕES

Por meio dos resultados estatísticos obtidos podemos concluir que para o povoamento de *Eucalyptus grandis* o modelo que melhor se ajustou para análise da relação hipsométrica (H/D) foi o quinto modelo matemático  $\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{a_i}$  testado, na qual obteve média de diâmetro e altura, respectivamente igual a 25,6186 e 21,0247. Tendo em vista que é notório que a relação hipsométrica apresenta níveis diferenciados com relação à idade, os dados do povoamento do presente trabalho na qual foram aferidos aos 9 anos de idade, concluiu-se que, o mesmo apresentou heterogeneidade de acordo com os resultados dos valores de  $R^2$  ajustado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTOSZECK, A. C. P. S. **Evolução da relação hipsométrica e da distribuição diamétrica em função dos fatores idade, sítio e densidade inicial em Bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba.** 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.
- CARDOSO, D. J. **Avaliação da influência dos fatores sítio, idade, densidade e posição sociológica na relação hipsométrica para Pinus taeda nas regiões central e sudoeste do estado do Paraná.** 1989. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, n.60, p.149-163, 1986.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2009. 412 p.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Pesquisas Florestais, 1992. 269p.
- HIGA, R.C.V.; MORA, A.L.; HIGA, A.R.; - **Eucalipto na Pequena Propriedade Rural.** DOCUMENTOS, 54 ISSN 1517-536X. Embrapa Florestas, Curitiba, PR, 2000.
- RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; MELLO, J. M.; FERREIRA, M. Z.; **Diferentes estratégias de ajuste de modelo hipsométricos em plantios de Eucalyptus spp.** 4º Simpósio Latino – Americano Sobre Manejo Florestal, UFMS-RS, v. p.16-22, 2008.
- ROCHA, M. P. **Eucalyptus grandis Hill exMaiden e Eucalyptus dunii Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias.** 2000. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- ROCHA, T. B., CABACINHA, C. D., ALMEIDA, R. C; PAULA, A.; SANTOS, R. C. Avaliação de métodos de estimativa de volume para um povoamento de *Eucalyptusurophylla* S. T. Blake no Planalto da Conquista- BA. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.10, 2010.
- RUFINO, R. F., MIGUEL, E. P., SANTOS, G. A., SANTOS, T. E. B., SOUZA, F. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucalipto conduzido sobre o sistema de rebrota. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.10, 2010.
- SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas.** LAVRAS: UFLA/FAEPE, 1998. v. 1. 443 p.
- STERBA, H. **Holzmeßlehre.** Wien: Univ. für Bodenkultue, 1986. 169p.
- STERNADT, G. H. **Cubagem de toras de mogno: comparação do processo do IBAMA e o adotado por madeireiras.** Brasília: IBAMA, 2001. 65 p.
- TREVISAN, R. **Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de Eucalyptus grandis Hill exMaiden.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós graduação em Engenharia Florestal, Universidade de Santa Maria, RS.

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO PARA O CONTROLE DO PLANTIO FLORESTAL

PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEM FOR FOREST PLANTING CONTROL

Philippe Ricardo Casemiro Soares<sup>1</sup> Bruna Martins Garcia Gustavo Silva Oliveira

RESUMO

Este trabalho objetivou a determinação de indicadores de desempenho (IDs) para a atividade de controle do plantio florestal de uma empresa atuante no segmento de celulose e papel. Para isso, foram levantados os fatores críticos de sucesso da operação, convertidos em indicadores de desempenho e analisados com as metodologias Desdobramento da Função Qualidade e Balanced Scorecard. Foram definidos 12 indicadores em quatro diferentes perspectivas: financeira; clientes; processos internos e aprendizado e crescimento. Destes, os que obtiveram maior peso foram custo de qualidade (prevenção), custo operacional e treinamento. Além disso, no geral os ID's apresentaram correlação positiva, em diferentes intensidades, indicando que melhorias em um grupo de indicadores podem influenciar positivamente os demais.

**Palavras-chave:** indicadores de performance; balanced scorecard; desdobramento da função qualidade.

ABSTRACT

This study aimed to determine performance indicators (PIs) for the control of forest planting activity of a company that act in the pulp and paper sector. For this, the critical success factors of the operation were collected, converted into performance indicators and analyzed using the Quality Function Deployment and Balanced Scorecard methodologies. It was defined 12 indicators in four different perspectives: financial; customers; internal processes and learning and growth. Of those, the indicators that had the highest weight were quality cost (prevention), operating costs and training. In addition, overall the PI's were positively correlated in different intensities, indicating that improvements in a group of indicators can positively influence others.

**Keywords:** performance indicators; balanced scorecard; quality function deployment.

INTRODUÇÃO

Em 2012, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB (2013) estimou que a área florestal do país era de 463 milhões de hectares, sendo aproximadamente 98,5% de florestas nativas e 1,5% de plantadas. Considerando apenas os plantios florestais, o Brasil totalizou, em 2014, uma área de aproximadamente 7,7 milhões de hectares. Destes, aproximadamente 9% são plantios de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ, 2015).

A aplicação dos conceitos da qualidade, no setor florestal, tem encontrado dificuldades devido à necessidade, principalmente da gestão, possuir uma visão de resultados em longo prazo. Apesar da crescente área, a preocupação de empresas florestais com a qualidade ainda pode ser considerada incipiente, e o treinamento das pessoas, para a sua utilização, não tem atingido os níveis inferiores na hierarquia das empresas, os quais são responsáveis pela qualidade (TRINDADE *et al.*, 2007).

Para garantir o desenvolvimento no mercado exigente e competitivo, a preocupação das empresas florestais com a manutenção da qualidade do processo silvicultural é fundamental na busca por sobrevivência. Para isso, torna-se importante o desenvolvimento de sistemas para a medição de desempenho que, de acordo com Macedo-Soares e Ratton (1999), devem ser alinhados aos objetivos estratégicos da organização, de maneira a auxiliar na tomada de decisões.

Essas medições são realizadas por meio de indicadores de desempenho (IDs), que, segundo Epstein e Manzoni (1998), quando isolados não permitem a mensuração total de sua performance. Dessa maneira, Kaplan e Norton (1992) propuseram o *Balanced Scorecard* (BSC), um sistema de medição de desempenho baseado não só em indicadores financeiros, mas também em outras três perspectivas: clientes; aprendizado e crescimento; e processos internos (KAPLAN; NORTON, 1996).

Uma alternativa para a definição desses indicadores é o uso da metodologia Desdobramento da Função Qualidade (QFD), método empregado no desenvolvimento de produtos e serviços, garantindo a qualidade desde

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Prof. Dr., Dpto. Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina. E-mail: philipe.soares@udesc.br

as fases iniciais dos projetos, pela tradução das exigências dos clientes em características técnicas mensuráveis (CARNEVALLI *et al.*, 2004).

Considerando a importância do tema, esta pesquisa teve como objetivo a definição de indicadores de desempenho para a atividade de controle de plantio de empresa atuante no setor florestal.

## MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido em unidade florestal de uma empresa atuante no segmento de celulose e papel, situada na região dos Campos Gerais, estado do Paraná. A organização, possui uma área de 135,2 mil hectares de efetivo plantio de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

### Identificação dos fatores críticos de sucesso

Nessa fase, uma equipe de trabalho, composta por colaboradores da empresa, pesquisadores e membros externos, se reuniu periodicamente, com a finalidade de definição dos FCS da operação de plantio executada por empresa terceira. Para isso, utilizou-se como base as exigências do cliente, compondo, na matriz QFD, a qualidade desejada para os serviços prestados pelas terceiras, conforme descrito por Govers (1996), Adiano e Roth (1994) e Milan *et al.* (2003).

Nas reuniões, utilizou-se a técnica de brainstorming, descrita por Trindade *et al.* (2007), em que todos os membros da equipe apresentam suas ideias e chegam a conclusões. Esses fatores foram organizados em diagramas de afinidades (Figura 1), tendo seus respectivos graus de importância definidos pela equipe, em termos médios, com escala variando de 1 (pouco importante) a 5 (muito importante), para definição das qualidades desejada e planejada, seguindo metodologia proposta por Govers (1996). Em função da dificuldade de comparações, não foi considerado na determinação da qualidade planejada o benchmark.

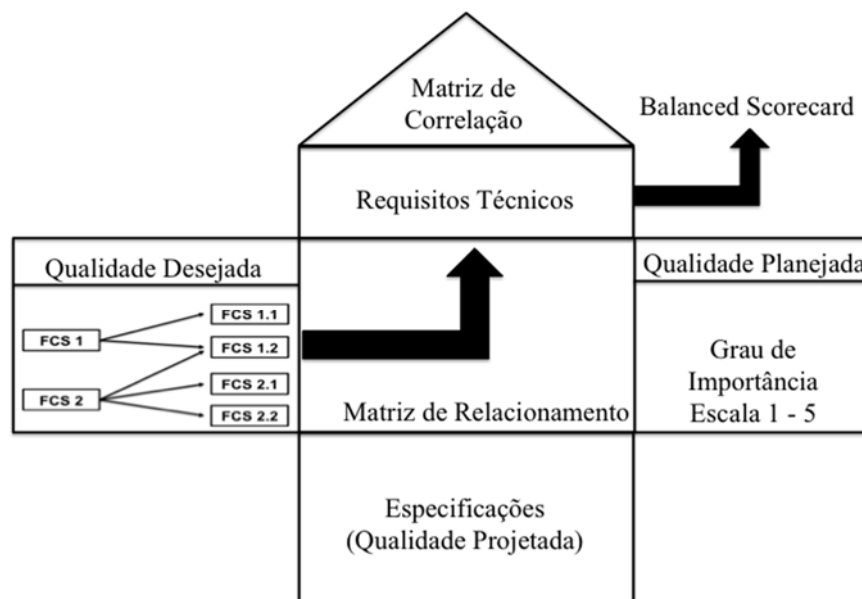


Figura 1. Esquema da matriz QFD, para definição dos requisitos técnicos.

Figure 1. Scheme of QFD matrix for defining technical requirements.

### Determinação dos indicadores de desempenho

Na sequência, os fatores críticos de sucesso foram convertidos em requisitos técnicos (Figura 1) para o plantio, conforme apresentado por Govers (1996), obtendo assim, indicadores de desempenho para a atividade. Nessa etapa, utilizou-se também a metodologia *Balanced Scorecard* (BSC) desenvolvida por Kaplan e Norton (1992). Assim, os indicadores de desempenho definidos para as diferentes atividades florestais foram agrupados em quatro perspectivas, descritas pelos autores (financeira, clientes, processos internos, aprendizado e crescimento).

Para isso, buscou-se manter uma relação entre os indicadores alocados nas diferentes perspectivas. Dessa maneira, melhorias em IDs de determinada perspectiva devem impactar positivamente as medidas de performance das demais. Tais relações foram avaliadas, a partir da matriz de correlação que representa o “telhado” da Casa da Qualidade, resultado da aplicação e organização das informações analisadas pela metodologia QFD. Para isso,

adaptou-se a metodologia descrita por Govers (1996), em que a análise é realizada por meio de símbolos, que originalmente avalia as relações em positiva ou relativa de diferentes graus.

Porém, o presente trabalho verificou somente a existência de influência positiva entre os indicadores, ou seja, se melhorias em um requisito técnico afetariam positivamente os demais, além da intensidade da relação. Nesse caso, considerou-se como correlação forte àquela existente entre indicadores que se influenciam de maneira direta; como moderada, quando a influência entre os IDs ocorria de maneira indireta e, por fim, a correlação fraca, era àquela que as medidas de desempenho que pouco se influenciam. No caso de não existência de correlação entre os indicadores, a matriz não era preenchida.

Na sequência, analisou-se a correlação entre os fatores críticos de sucesso e os indicadores de desempenho na matriz de relacionamento, de acordo com a metodologia “9-3-1” apresentada por Govers (1996).—Essa metodologia permite atribuir um peso para cada relação FCS-ID, com a finalidade de destacar os principais indicadores para os processos silviculturais da empresa avaliada, determinada a partir do produto entre o grau de importância, anteriormente definido, e o peso da relação entre fator crítico de sucesso e medida de desempenho, como na equação 1 (MILAN *et al.*, 2003).

$$W_{ij}=GI_i \times P_{ij} \quad (1)$$

Em que:

$W_{ij}$  = peso absoluto do relacionamento entre o  $i$ -ésimo FCS e o  $j$ -ésimo ID;

$GI_i$  = grau de importância do  $i$ -ésimo FCS; e

$P_{ij}$  = peso da relação entre o  $i$ -ésimo FCS e o  $j$ -ésimo ID, de acordo com metodologia 9-3-1.

Por fim, foram determinados os pesos absolutos e relativos de cada um deles. O peso absoluto da medida é obtido pelo somatório de seus respectivos pesos absolutos de relacionamento com os fatores críticos de sucesso ( $W_{ij}$ ), como demonstrado Milan *et al.* (2003).

$$AW_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} \quad (2)$$

Em que:

$AW_j$  = Peso absoluto do  $j$ -ésimo ID;

Já o peso relativo, em porcentagem, de cada medida de desempenho foi estimado pela equação 3.

$$RW_j = \frac{AW_j}{\sum_{j=1}^n AW_j} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

$RW_j$  – Peso relativo do  $j$ -ésimo ID.

Estes pesos permitiram identificar quais os indicadores mais importantes e críticos para o sucesso das diferentes operações silviculturais desenvolvidas pela empresa florestal e, dessa maneira, a qualidade projetada para o sistema a ser desenvolvido. Na sequência, realizou-se a avaliação dos possíveis desvios nos indicadores definidos nesta fase do trabalho.

### **Avaliação de desvios nos indicadores de desempenho**

Os possíveis desvios em algumas das medidas de desempenho, identificadas anteriormente e selecionadas pela relevância, foram avaliados com Digramas de Causa e Efeito ou de Ishikawa. De acordo com Trindade *et al.* (2007), esta ferramenta tem como objetivo facilitar a análise de problemas, por meio de uma relação entre causa e efeito de falhas ou desvios. Dessa maneira, foi empregada a metodologia 6M, em que as causas primárias dos problemas são: meio ambiente, medição, método, material, máquina e mão de obra.

Para isso, além dos membros da equipe, especialistas em plantio foram consultados, possibilitando a identificação das principais causas que geram um problema, sendo estas destacadas no diagrama.

Esta avaliação foi realizada com o objetivo de facilitar a identificação, por parte da empresa, dos possíveis fatores que geram os desvios nos indicadores de desempenho acima do tolerado pela organização, permitindo assim uma rápida ação visando corrigir as não conformidades existentes no processo produtivo, além de sua melhoria contínua.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Identificação dos fatores críticos de sucesso (FCS)

Para esta etapa, consideraram-se como fatores críticos de sucesso aspectos definidos como importantes pela empresa para atingir as metas para a atividade de plantio. Em função dos resultados obtidos nesta pesquisa, os fatores considerados como primários foram a eficiência e economia.

Assim, o diagrama de afinidades para o plantio florestal da empresa (Figura 2), atividade realizada de forma manual, mostra que para questões relacionadas à economia, destacaram-se os itens “evitar o descarte de mudas”, com maior grau de importância (4,6) pela influência direta sobre os custos, e “seguir os procedimentos operacionais”

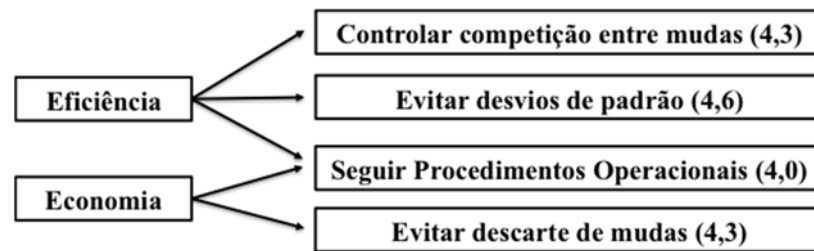


Figura 2. Diagrama de afinidades e grau de importância para os FCS da operação de controle de plantio.

Figure 2. Diagram of affinity and importance rating for the FCS of planting control.

Quanto à eficiência, além de “seguir os procedimentos operacionais”, foram considerados críticos o “controle da competição entre mudas” (GI=4,3), determinada pelo espaçamento na linha de plantio, conforme resultados de estudo apresentado por Leles *et al.* (2001) e Macedo *et al.* (2005), e “evitar desvios de padrão”, como por exemplo, mudas não firmes, com coleto afogado ou substrato exposto, quebrada, encoberta por resíduos, bem como covas sem muda e desvios de alinhamento.

### Determinação e análise dos Indicadores de Desempenho (ID)

Os indicadores definidos para a atividade, considerando seus fatores críticos de sucesso, estão relacionados na matriz QFD apresentada na Figura 3.

Perspectiva BSC		Financeira				Processos internos			Cliente		Aprendizado e Crescimento		
Indicadores de Desempenho	IMPORTÂNCIA	Custo Operacional	Custo da Qualidade (Prevenção)	Custo da Qualidade (Monitoramento)	Custo da Qualidade (Falha)	Não-conformidades no plantio	Mudas descartadas (m)	Espaçamento entre mudas (m)	Sobrevivência das mudas (%)	Replântio (%)	Produtividade	Rotatividade	Treinamento (horas)
Controlar competição entre mudas	4,3	○	●	○	○			●	●	●			
Evitar desvios de padrão	4,6	●	●	●	●	●	○	○	○	●	○	○	●
Seguir procedimentos operacionais	4,0	●	●	○	○	●	○	●	○	●	●	●	●
Evitar descarte de mudas	4,3	●	●	○	●	●	●	△					
<b>Peso Absoluto Processo</b>	<b>6725,3</b>	449,6	517,2	390,0	410,2	131,1	64,5	92,8	258,9	312,5	194,8	220,2	437,1
<b>Peso Relativo Processo (%)</b>	<b>100,0</b>	<b>6,7</b>	<b>7,7</b>	<b>5,8</b>	<b>6,1</b>	<b>1,9</b>	<b>1,0</b>	<b>1,4</b>	<b>3,8</b>	<b>4,6</b>	<b>2,9</b>	<b>3,3</b>	<b>6,5</b>
<b>Peso Relativo Operação (%)</b>	<b>100,0</b>	<b>12,9</b>	<b>14,9</b>	<b>11,2</b>	<b>11,8</b>	<b>3,8</b>	<b>1,9</b>	<b>2,7</b>	<b>7,4</b>	<b>9,0</b>	<b>5,6</b>	<b>6,3</b>	<b>12,6</b>

Figura 3. Matriz QFD para a operação de controle de plantio.

Figure 3. QFD matrix for the activity of planting control.

Nota: Correlação Forte (9) ●; Média (3) ○; Fraca (1) △

Na perspectiva financeira destaca-se o custo operacional (R\$.ha<sup>-1</sup>). Neste caso, computam-se as saídas de caixa referentes aos insumos, mão de obra, maquinário utilizados na atividade, além de outros gastos, como aqueles apresentados por Graça, Rodigheri e Conto (2000). Este indicador, na análise QFD, obteve um peso relativo de 6,7%, mostrando sua importância pela correlação com todos os fatores críticos de sucesso.

Além disso, por ser avaliada a qualidade das atividades, também foi considerado como indicador o custo da qualidade. Para isso, utilizou-se como base a divisão apresentada por Leite *et al.* (2005) em que tais custos são divididos em prevenção, avaliação ou monitoramento e falhas (interna e externa).



O custo de prevenção é o gasto da empresa para evitar não conformidades no processo, enquanto o de monitoramento é aquele relacionado à avaliação do grau de conformidade do produto ou processo. Já os custos de falhas são devidos aos erros no processo (GRYNA, 1998).

Estes indicadores também podem ser considerados importantes no processo das empresas do setor florestal, obtendo pesos relativos de 7,7% para prevenção, 5,8% para monitoramento e 6,1% para custos de falhas. Destaca-se a maior importância para os gastos de prevenção, uma vez que estes permitem a redução dos demais relacionados à qualidade.

Foram definidos para a perspectiva de processos internos os seguintes indicadores: não conformidades no plantio, mudas descartadas e espaçamento entre mudas. Já para a perspectiva dos clientes, definiu-se a sobrevivência e o replantio como medidas de desempenho.

Como não conformidades no plantio (peso relativo 1,9%), definiu-se mudas com coleto afogado, substrato exposto, não firmes, inclinadas, quebrada ou murcha, encoberta por resíduos, além de cova sem muda e desvios em relação à linha de plantio. Na análise das causas deste indicador (Figura 4), observa-se que os principais fatores que geram a falha são o treinamento dos funcionários e o não cumprimento dos procedimentos operacionais. Ainda são possíveis causas as falhas nos procedimentos e, para alguns casos, a qualidade da muda.

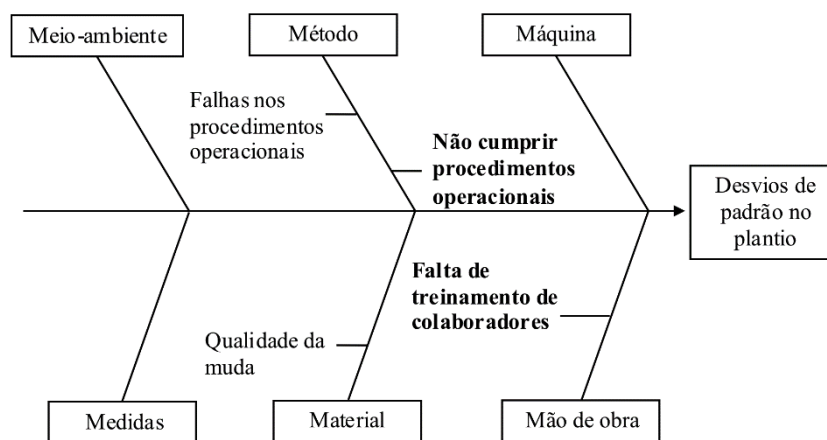


Figura 4. Diagrama de Ishikawa para desvios de padrão no plantio.

Figure 4. Ishikawa diagram for standard deviations in planting.

Outra medida de desempenho alocada nessa perspectiva foi o número de mudas descartadas, com peso relativo de 1,0%. Neste caso, pode ser apontada como as principais causas a qualidade da muda e a imperícia dos colaboradores, tanto na seleção quanto no manuseio. Este indicador está relacionado aos fatores críticos de sucesso para economia, apresentando peso relativamente baixo.

Além desses, a avaliação do espaçamento entre mudas também foi considerada importante para o sucesso da atividade, obtendo peso relativo de 1,4%. Esta medida é um indicativo da competição entre plantas, podendo interferir no desenvolvimento da floresta, conforme demonstrado nos estudos de Leles *et al.* (2001) e Macedo *et al.* (2005). O espaçamento também interfere nos custos operacionais.

Já na perspectiva do cliente, destacam-se os indicadores sobrevivência da muda e replantio, com pesos relativos de 3,8% e 4,6%, respectivamente. O segundo está diretamente relacionado ao primeiro, sendo o replantio, na empresa, realizado em função da sobrevivência. Esta, por sua vez, pode estar relacionada a diversos fatores, como danos às mudas pelo adubo ou herbicida, déficit hídrico e geadas.

A análise de correlação dos indicadores se mostra de moderada a forte para as perspectivas financeira, processos internos e clientes, indicando grande influência entre as medidas de desempenho. Entretanto a análise para aqueles IDs de processos internos, a correlação observada foi de fraca a moderada.

## CONCLUSÕES

Foram identificados 12 indicadores de desempenho para a atividade de plantio, alocados em quatro diferentes perspectivas do *Balanced Scorecard*. Dentre as medidas críticas, destacaram-se os custos da qualidade e operacional, e treinamentos. A maior importância indica que a empresa analisada deve atentar mais para estes IDs, que apresentaram alta correlação com os fatores críticos de sucesso e os demais indicadores.

Assim, sugere-se à empresa a adoção de tal sistema de medição de performance para o acompanhamento da qualidade da atividade. Além disso, é importante a ampliação do sistema, visando o controle das demais atividades do processo silvicultural da organização, bem como a definição dos limites de tolerância.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIANO, C.; ROTH, A. V. Beyond the house of quality: dynamic QFD. **Benchmarking for Quality Management and Technology**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 25 - 37, 1994.
- CARNEVALLI, J. A.; SASSI, A. C.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 33 - 49, 2004.
- EPSTEIN, M.; MANZONI, J. F. Implementing corporate strategy: from tableaux de bord to balanced scorecards. **European Management Journal**, Oxford, v. 16, n. 2, p. 190 - 203, 1998.
- GOVERS, C. P. M. What and how about quality function deployment (QFD). **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 46-47, p. 575 - 585, 1996.
- GRAÇA, L.R.; RODIGHERI, H.R.; CONTO, A.J. de. **Custos florestais de produção: conceituação e aplicação**. Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2000.
- GRYNA, F.M. Quality and Costs. In: JURAN, J.M.; GODFREY, A.B. **Juran's quality Handbook**. New York: McGraw Hill, 1998. p. 8.1-8.26.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Dados e estatística**. Disponível em: <<http://www.iba.org/pt/dados-e-estatisticas>>. Acesso em: 27 jul 2015.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The balanced scorecard – measures that drive performance. **Harvard Business Review**, Boston, p. 69 - 79, 1992.
- \_\_\_\_\_. **The Balanced Scorecard: translating strategy into action**. Boston: Harvard Business School Press, 1996. 322 p.
- LEITE, H.G. *et al.* Determinação dos custos da qualidade em produção de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 955-964, nov./dez. 2005.
- LELES, P.S.S. *et al.* Crescimento, produção e alocação de matéria seca de Eucalyptus camaldulensise E. Pellita sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, n. 59, p. 77-87, jun. 2001.
- MACEDO, R.L.G. *et al.* Desenvolvimento inicial de Tectona grandis L.f. (teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Cerne**, Lavras-MG, v. 11, n. 1, p. 61-69, jan./mar. 2005.
- MACEDO-SOARES, T. D. L. V. A. de; RATTON, C. A. Medição de desempenho e estratégias orientadas para o cliente: resultados de uma pesquisa de empresas líderes no Brasil. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 46 - 59, 1999.
- MILAN, M.; BARROS, J. W. D.; GAVA, J. L. Planning soil tillage using Quality Function Deployment (QFD). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 217 - 221, 2003.
- TRINDADE, C. *et al.* **Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal**. 2. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2007.

**SISTEMA DE TALHADIA PARA O MANEJO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL.**

**COPPICE SYSTEM FOR SECONDARY FOREST MANAGEMENT IN CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL.**

Evandro Alcir Meyer<sup>1</sup> Frederico Dimas Fleig

**RESUMO**

Boa parte da vegetação da região central do Rio Grande do Sul é composta por florestas secundárias, que apresentam em sua composição espécies com boa capacidade de rebrota. Isso faz com que seja possível conduzir essas florestas pelo sistema de talhadia. O presente trabalho tem como objetivo abordar e analisar a viabilidade e os desafios da implantação do sistema de talhadia para a condução e manejo de Florestas secundárias na região central do RS. As avaliações foram realizadas no município de Agudo, na região central do Rio Grande do Sul, em uma floresta secundária regenerada após a ocorrência de corte raso da floresta pré-existente, em 1993, com retirada da lenha e redução da biomassa residual com fogo e sem revolvimento do solo, sendo cultivada uma safra de milho seguida de pousio. Foi realizado um censo na área, mensurando o CAP, a altura, e contabilizando os indivíduos com múltiplos troncos. Os indivíduos de canela-preta foram cubados e pesados. Calculou-se o volume e biomassa para cada tronco, bem como para cada árvore. Verificou-se que aproximadamente 25% da população possuía múltiplos troncos, e que não houve diferença na produção entre os indivíduos com um ou múltiplos troncos. Assim, os resultados indicaram a viabilidade técnica do manejo de florestas secundárias no sistema de talhadia para a produção de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, mas mais estudos são necessários para obter informações que possam auxiliar no planejamento e a adoção do sistema de talhadia nas florestas secundárias.

**Palavras Chave:** rebrota. fumicultura. bioenergia.

**ABSTRACT**

Much of the vegetation of the central region of Rio Grande do Sul is comprised by secondary forests, which have in their composition species with good capacity for resprout. This makes possible to conduct these forests by coppicing system. This paper aims to address and analyze the feasibility and challenges of implementing the coppice system for conducting and management of secondary forests in the central region of RS. The evaluations were performed in acute district, in central Rio Grande do Sul, in a secondary forest regenerated after the occurrence of clear-cutting of pre-existing forest in 1993, with removal of firewood and reduction of residual biomass with fire and without soil disturbance, and cultivated a corn crop followed by fallow. A census was carried out in the area, measuring the CAP, height, and accounting for individuals with multiple trunks. The cinnamon-black individuals were cubed and heavy. The volume was calculated for each trunk and biomass as well as for each tree. It was found that approximately 25% of the population had multiple trunks, and that there was no difference in production between individuals with one or multiple trunks. Thus, the results indicate the technical feasibility of the management of secondary forests in the coppice system for the production of forest products timber and non-timber, but more studies are needed to obtain information that can assist in the planning and the adoption of coppice system in secondary forests.

**Key Words:** resprout. cultivation of tobacco. bioenergy.

**INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas ocorreu um significativo aumento na área florestal do Rio Grande do Sul. Esta recuperação se deve em grande parte ao abandono de lavouras decorrente do êxodo rural. Essas capoeiras oriundas das lavouras abandonadas são as responsáveis, em grande parte, por atingir os 17% da cobertura florestal atual e, sendo capoeiras, obviamente não contribuem com a oferta de mais madeira.

Mesmo assim não houve um aumento da oferta de madeiras nativas. Ao contrário, o Rio Grande do Sul passou de exportador de madeira de qualidade, à condição de importador de enormes quantidades de matéria-prima oriunda do Norte do País (ANDRAE, 2000). De acordo com o mesmo autor, a dimensão do mercado local

<sup>1</sup> **Autor para correspondência**

Engenheiro Florestal., Dr. Laboratório de Manejo Florestal – UFSM. E-mail: eam.meyer@gmail.com

e internacional de madeira, bem como a vocação natural de boa parte das áreas antes cobertas por ricas florestas, deveria servir de motivação para gerar um amplo movimento estadual em favor da utilização destas chances ecológicas e da potencialidade produtiva existente. O autor ressalta ainda que o conceito de uso múltiplo das florestas, isto é, a obtenção simultânea de matéria-prima, de proteção, do equilíbrio ecológico e de benefícios recreativos, alcançados com o manejo sustentável, apresenta-se como uma tendência mundial, tanto técnica, como científica para as florestas mistas inequiduais.

Apesar do mercado potencial para produtos oriundos das florestas, madeireiros e não-madeireiros, no Rio Grande do Sul, as florestas nativas não são vistas com a função de produtoras de matéria-prima. Isso acontece em decorrência da legislação que permite o corte de árvores apenas para o consumo no interior da propriedade.

Mesmo com a legislação extremamente restritiva quanto ao corte nas florestas nativas, com exceção das florestas localizadas em Unidades de Conservação, as demais áreas encontram-se bastante alteradas em sua composição e estrutura, depauperadas de suas árvores mais valiosas. O que se observa são verdadeiros mosaicos de estágios sucessionais pelos terrenos declivosos ou esgotados, distribuídos principalmente por regiões de minifúndios, vistos pela população rural como um estorvo ao aumento de receita da propriedade (ANDRAE, 2000), uma vez que a maioria dos proprietários tem em mente que a manutenção de áreas florestais nativas serve apenas para o cumprimento da legislação ambiental.

Uma das formas mais tradicionais de produção de madeira para energia é o sistema de talhadia. Porém, para que este sistema possa ser adotado, é necessário que os produtos a serem produzidos sejam de pequenas dimensões e que existam espécies capazes de rebrotar de maneira satisfatória após o corte das árvores.

No caso da região fumageira localizada no Rebordo do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul, estes pré-requisitos podem ser atendidos. Existe uma grande demanda de lenha para a cura das folhas de fumo, além de olarias e secadores de grãos, e há espécies com boa capacidade de rebrota, como a canela-guaicá (*Ocotea puberula* (Rich.) Nees), canela-amarela (*Nectandra lanceolata* Nees), angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), camboatá-vermelho (*Cupania vernalis* Cambess.) e, principalmente, a canela-preta (*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez).

O maior consumo de lenha comprada ocorre nas pequenas propriedades (FARIAS, 2010). Muitas vezes, estes proprietários não possuem área disponível para o plantio de espécies exóticas para a produção de lenha. Portanto, o manejo de espécies nativas que possuem potencial de rebrota pelo sistema de talhadia seria uma maneira destes proprietários produzirem, pelo menos em parte, a lenha que consomem, sem modificar o uso do solo e com menores custos de produção.

A capacidade de se regenerar por rebrota merece atenção, já que esse aspecto representa um crescimento inicial mais rápido devido à reserva de carboidratos no toco e pela melhor absorção de água do ambiente, pelo sistema radicular já estabelecido (REIS e REIS, 1997). Por isso, esta espécie pode ser manejada pelo sistema de talhadia, para atender a demanda por lenha, principalmente em pequenas propriedades rurais.

Por isso é importante estudar o comportamento das diferentes espécies após o corte e avaliar a sua capacidade de rebrotarem, bem como o seu ritmo de crescimento, produção de biomassa, folhas, além de identificar o número ideal de brotos que devem ser conduzidos por toco. Tais informações são fundamentais para planejar as atividades necessárias a utilização da talhadia, de modo a garantir o desenvolvimento para a regional.

Assim, este estudo tem como objetivo abordar e analisar a viabilidade e os desafios da implantação do sistema de talhadia para a condução e manejo de Florestas secundárias na região central do RS.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado no interior do município de Agudo. O clima da região é mesotérmico e úmido, conforme a classificação de Köppen, é do tipo fundamental Cfa, caracterizado como subtropical úmido, com verões quentes, sem estação seca definida, acumulando uma precipitação média de aproximadamente 1712 mm anuais. O verão é bastante quente, com média mensal normal das temperaturas máximas diárias do ar de 29,5°C, nos meses de dezembro a fevereiro. O inverno, por sua vez, é ameno, mas sujeito a ondas de frio provocadas pelo deslocamento de anticiclones polares migratórios, podendo causar geadas, por vezes, intensas (MORENO, 1961; HELDWEIN et al., 2009).

A vegetação da região pertence ao domínio da Floresta Estacional Decidual e é formada por fragmentos em diferentes estágios sucessionais. De acordo com Brena e Longhi (2002), o município de Agudo apresentou uma cobertura florestal de 154,33 km<sup>2</sup>, o que representa 29,64% do seu território. O solo é um Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário, que são solos pouco desenvolvidos, sem horizonte B, geralmente pouco profundos, com a camada de rocha inalterada situada a menos de 50 cm da superfície (PEDRON; DALMOLIN, 2011; STRECK et al., 2002). Estes solos apresentam uma boa fertilidade natural.

O local utilizado para este estudo possui uma área de aproximadamente 0,23 ha, localiza-se nas coordenadas geográficas Latitude 29°30'07" S e Longitude 53°10'14" O com uma altitude média de 260 m. A área é dividida por uma estrada, ao lado da qual, há muitos anos, foi plantada uma fileira de abacateiros (*Persea americana* Mill), que se desenvolveram e dispersaram na área.

Nesta área, foi realizado um corte raso no ano de 1993, mas a linha de abacateiros ao longo da estrada não sofreu corte. Realizou-se a retirada da lenha e redução da biomassa residual com fogo e sem revolvimento do solo foi cultivada uma safra de milho, seguido de pousio. Assim, a população encontrava-se com aproximadamente 18 anos, no início do estudo. Verifica-se um grande número de indivíduos de canela-preta originados por brotações dos tocos remanescentes, com diferentes números de troncos por toco. Além desta espécie, predominavam ainda a canela-guaicá e o abacateiro (MEYER, 2015).

### Coleta dos dados

Antes do corte da vegetação, foi realizado um censo, onde foram identificados e medidos todos os indivíduos cujo DAP fosse maior que 5 cm. Foram contados os indivíduos com mais de um tronco. Após o corte, os indivíduos de canela-preta foram cubados pelo método de Smalian, e tiveram sua biomassa mensurada a campo com uma balança de gancho. Coletaram-se amostras de peso verde conhecido, que foram secas em estufa de circulação de ar forçado, até peso constante. E a partir deste valor, calculou-se a massa seca de cada árvore.

Ao final, comparou-se indivíduos com um tronco e múltiplos troncos, para verificar se havia diferença na produção em função do número de troncos. Obteve-se também o volume total da área avaliada. Mais detalhes, podem ser obtidos em Meyer (2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área estudada foram mensurados 385 indivíduos, que produziram um volume equivalente a 244 m<sup>3</sup>/ha. Destes indivíduos, 98 (25,45%) possuíam mais de um tronco, mostrando que estes claramente se originaram por meio de brotações. Além disso, entre as árvores com tronco único, é possível que algumas também sejam provenientes de brotações. O fato de possuir apenas um tronco pode ser justificado pelo autodesbaste que as brotações sofrem durante o seu crescimento.

Analisando o número de indivíduos das principais espécies, observou-se que a *Nectandra megapotamica* apresentou a maior proporção de indivíduos com mais de um tronco (56%). As demais espécies analisadas seguiram o comportamento da população, com aproximadamente 25%, exceto *Persea americana* que teve apenas 13% dos indivíduos com multitruncos.

Além disso, os resultados das avaliações do volume e da biomassa dos indivíduos multitronco e com apenas um tronco, mostraram que não há diferença significativa na produção dos mesmos (Figura 1). Isso mostra que, independentemente do número de brotações conduzidas, a produção será a mesma. Assim, a decisão sobre o número de brotações a ser mantido deverá ser tomada pelo objetivo de produção. Se o objetivo for produzir materiais de grandes dimensões, deve-se conduzir uma brotação. Já para energia, podem ser conduzidos vários troncos. Porém, para evitar a existência de troncos suprimidos, com diâmetros muito pequenos, devem ser mantidos no máximo quatro brotações.

### Possibilidades de adoção da talhadia

A vegetação do Rebordo do Planalto Meridional, na Região Central do Rio Grande do Sul, atualmente encontra-se com várias áreas de florestas secundárias que crescem em locais antes ocupados por cultivos agrícolas. Esta vegetação é a principal responsável pelo aumento na cobertura florestal da região. Ao analisar a paisagem das encostas da região percebe-se a existência de diferentes fisionomias, variando de capoeiras com poucos anos de pousio, florestas secundárias, até florestas pouco alteradas, que são encontradas nas áreas de acesso mais difícil.

A mudança na fisionomia torna-se ainda mais evidente para os agricultores e pessoas que conheciam a região no início da década de 1980. De acordo com estas pessoas, houve um grande aumento da área florestal, que se deve a utilização de adubos químicos e a incorporação de novas tecnologias, que permitiram o cultivo em uma mesma área por muitos anos, mantendo uma alta produtividade. Com isso, houve uma diminuição na necessidade de abertura de novas áreas, bem como o abandono de locais de difícil cultivo, como em áreas declivosas.

Estas formações florestais apresentam uma composição de espécies que varia em função do grau de uso do solo antes do seu abandono. Mas em geral apresentam espécies com elevada capacidade de rebrota, como *Nectandra megapotamica*, *Cedrela fissilis*, *Cabralea canjerana*, *Ocotea puberula*, *Cordia americana*, *Apuleia leiocarpa*, *Balfuorodendrum riedelianum*, *Parapiptadenia rigida*, *Cupania vernalis*, *Matayba eleagnoides*, entre outras.

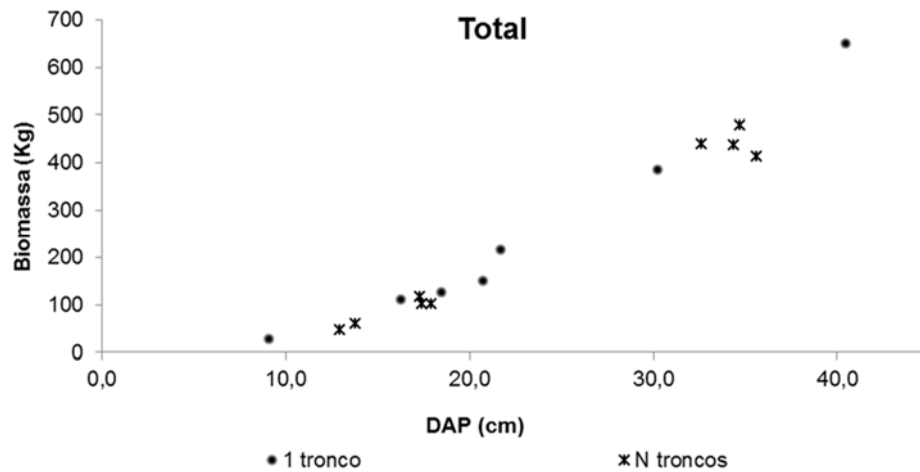


Figura 1- Tendência da produção de biomassa seca em função do diâmetro para indivíduos de *Nectandra megapotamica* com um ou múltiplos troncos, em uma floresta secundária, na Floresta Estacional Decidual, em Agudo – RS (2013-2014).

Figure 1- Trend of dry biomass production as a diameter function to *Nectandra megapotamica* individuals with one or multiple trunks in a secondary forest, in Seasonal Deciduous Forest (Agudo-RS, 2013-2014).

Além destas, há espécies das quais o potencial foi praticamente esquecido, como o pau-de-doce (*Vasconcellea quercifolia* A. St.-Hil.) cujo tronco era utilizado para a produção de chimias, doces, saladas e muitas vezes substituída o coco ralado em receitas, sendo por isso conhecido como “coco-de-pobre”. Esta espécie também apresenta uma boa rebrota após o corte. Além disso, os seus frutos são extremamente ricos em papaína, podendo fornecer diferentes produtos não madeireiros.

Além disso, a região Central do Rio Grande do Sul apresenta um mercado promissor para lenha, já que além da fuminicultura, existem outros empreendimentos que também utilizam biomassa para obtenção dos seus produtos, como as olarias e as secadoras de grãos. Ou seja, os requisitos para que a talhadia possa ser satisfatoriamente adotada estão presentes.

Assim, a talhadia pode ser a ferramenta pela qual será possível transformar as florestas secundárias do Rio Grande do Sul em florestas produtoras de madeira e produtos não madeiráveis. Como ficou comprovado, se for realizado apenas o corte raso de parte da floresta, tal área será rapidamente colonizada pelas rebrotas dos tocos e pelo banco de sementes de algumas pioneiras, como por exemplo, a *Trema micrantha*, *Manihot grahami*, entre outras.

Neste sentido, a talhadia poderá ser utilizada para dar início ao manejo das florestas nativas, bem como melhorar a qualidade das mesmas para atender os objetivos de produção estabelecidos. A escolha do melhor método a ser empregado deve considerar aspectos como a situação da floresta a ser manejada e os objetivos de produção.

Em áreas com indivíduos de espécies comerciais bem formados, e se o objetivo for a produção de toras de grandes dimensões, é recomendável utilizar a talhadia composta. Com este método, as árvores com as características desejadas são mantidas, enquanto as demais serão cortadas e terão a sua rebrota conduzida. Assim, a liberação das árvores selecionadas permitirá que as mesmas se desenvolvam de maneira satisfatória. Neste caso, inicia-se o manejo em um sistema policíclico, no qual são realizados cortes intermediários para a produção de lenha e folhas, e as árvores selecionadas são cortadas quando atingirem as dimensões necessárias para a sua utilização.

Já em áreas com espécies de pouco valor comercial e a presença de indivíduos tortuosos que não podem ser aproveitados para serraria, a utilização da talhadia simples torna-se interessante para a produção de biomassa para fins energéticos. Neste sistema, após o corte de todas as árvores, é realizada a condução da rebrota. A sua principal vantagem é a fácil implementação e, pelo corte de todos os indivíduos, a retirada dos produtos do interior da floresta é facilitada. Além disso, possui um baixo custo de implantação e manejo.

Em casos intermediários, no qual existam áreas com espécies de interesse comercial, mas com fustes de qualidade inferior, pode-se realizar o corte raso e a condução a rebrota destas espécies com apenas uma brotação, visando à produção de toras de grandes dimensões. As demais serão conduzidas com múltiplos troncos para a produção de biomassa.

Em resumo, se existir um mercado para lenha e palanques, a conversão de uma floresta secundária em um sistema de talhadia simples ou composta são alternativas de manejo. Estes produtos podem fornecer um retorno

rápido e regular (por exemplo, 15 anos), enquanto as remanescentes são liberadas para crescer. Tais indivíduos serão colhidos como toras para serraria em intervalos maiores (25-30 anos).

A talhadia também permite a produção de folhas e outros materiais para exploração de extrativos. Estes podem ser obtidos de duas formas distintas. A primeira, que produz a maior quantidade de material, é utilizar o material das árvores derrubadas na colheita da área. A segunda é utilizar o material retirado na desbrota. Assim, havendo a disponibilidade de área para a realização de cortes anuais, haveria uma produção constante destes produtos.

Além disso, existe a possibilidade da realização de plantios de enriquecimento após o corte. Desta forma, pode-se aproveitar o sombreamento e a competição por luz causados pelas espécies pioneiras e pelas brotações e introduzir espécies tolerantes ao sombreamento (como algumas espécies da família *Myrtaceae* que poderiam ser utilizadas para a produção de frutos e folhas). Outras espécies, como a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*) que necessitam de concorrência para produzir fustes retos poderiam ser introduzidas com sucesso neste sistema.

O manejo de florestas secundárias apresenta um enorme potencial para a geração de renda e de benefícios sócio-ambientais. Apesar disso, esta atividade possui dois grandes empecilhos. O primeiro é a questão legal e burocrática, e a segunda é a opinião pública, principalmente de formadores de opinião leigos no tema, que muitas vezes se posicionam contra a utilização das florestas nativas com viés produtivo.

Para o manejo das florestas nativas, principalmente como fonte de biomassa para energia, existe uma série de restrições legais, além de uma burocracia enorme, que dificultam a aprovação e desestimulam os interessados em tal atividade. Além disso, até os planos de manejo são vistos com desconfiança por profissionais dos órgãos responsáveis pela sua liberação.

Outro problema é a existência de certo preconceito em relação ao corte de árvores e ao manejo de florestas nativas, que são vistos pela sociedade e, principalmente por ONGs, como uma atividade destruidora das florestas. Assim, a utilização da madeira de espécies nativas frequentemente é associada ao desmatamento, danos ambientais, exploração de trabalhadores, causando uma imagem negativa para tais empreendimentos.

Autores como Brand (2010) concordam que esse preconceito é transferido até mesmo para os planos de manejo desenvolvidos com responsabilidade social, sustentabilidade econômica e ambiental. Isso faz com que parte da sociedade sem conhecimento técnico da área pressionem o governo e os órgãos responsáveis pela regulação destes planos para embargar projetos de grande potencial, que contribuiriam com a manutenção da floresta, desenvolvimento regional e melhoria das condições sociais pela geração de empregos, renda e a manutenção do homem no campo.

Há vários motivos que geram a desconfiança em relação ao manejo de florestas nativas. Mas são dois que merecem maior destaque. O primeiro é a carência de estudos e conhecimentos sobre as exigências e a autoecologia das espécies das florestas nativas, bem como a resposta das mesmas às intervenções de manejo. O segundo diz respeito a falta de um serviço de extensão florestal para levar o conhecimento produzido até a sociedade.

Para comprovar o potencial que o manejo de florestas secundárias possui, é necessário investir em pesquisas para entender a dinâmica e o crescimento de espécies nestes ambientes. Além disso, estudos que visem identificar o efeito da intensidade de uso do solo sobre a sucessão destas florestas também são importantes. Para isso deverão ser realizados estudos de maior duração em áreas que apresentavam diferentes usos do solo.

Em relação à opinião pública, a melhor maneira de desmistificar o manejo de florestas como responsável pelo desmatamento, é por meio de trabalhos de extensão, a exemplo do que ocorre em países como a Áustria. Para que seja possível que pessoas leigas possam entender a importância de manejar as florestas nativas, deverão conhecer áreas em diferentes estágios de manejo (logo após o corte, condução da rebrota e regeneração, 5 anos após o corte, 15-20 anos após o corte), de modo a acompanhar a recuperação da vegetação.

Para o correto planejamento do manejo das florestas secundárias pelo regime de talhadia, é necessário que mais estudos com esta temática sejam realizados para avaliar a capacidade de rebrota das diferentes espécies, época de realização dos cortes, e a capacidade de recuperação do volume depois de várias rotações.

Uma das formas de obter conhecimento sobre o assunto, bem como áreas para visitação, seria a criação de uma rede de florestas demonstrativas, que poderia ser compostas por diferentes tipos florestais, com diferentes manejos. Estas unidades demonstrativas poderiam ser transformadas em parcelas permanentes, e assim fornecer informações importantes sobre o manejo das florestas nativas.

Com trabalhos semelhantes ao realizado no presente estudo, será possível mostrar que o manejo de florestas nativas é viável e que a talhadia nestas florestas pode suprir parte da demanda por produtos florestais e energia, com benefícios ambientais, além da possibilidade de geração de renda para os agricultores, injetando recursos na economia de pequenas cidades, que dependem principalmente das atividades agrícolas.

Por fim, é necessária a criação de uma legislação que viabilize os planos de manejo, e que permita aos Engenheiros Florestais definir qual o melhor sistema silvicultural a ser adotado em cada situação. Esta seria uma

medida simples e de baixo custo, por meio da qual a sociedade poderia pagar pelos serviços ambientais prestados por aqueles que mantiveram as florestas em suas propriedades.

## CONCLUSÕES

Com este trabalho conclui-se que a condução da rebrota de espécies nativas pode atender parcialmente a demanda por lenha nas propriedades da região fumageira. Os resultados indicaram a viabilidade técnica do manejo de florestas secundárias no sistema de talhadia para a produção de produtos florestais madeireiros e não madeireiros. Devem ser realizados mais estudos para obter informações que possam nortear a adoção do sistema de talhadia nas florestas secundárias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F. H. Carta aberta aos interessados nas questões florestais do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, v. 20, p. 115-125, jan./jun. 2000.
- BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Inventário Florestal In: ITAQUI, J. (Org.) **Quarta Colônia: inventários técnicos**. Santa Maria: Condesus Quarta Colônia, p 34-136, 2002.
- BRAND, M.A. **Energia de biomassa floresta**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2010. 131 p.
- FARIAS, J. A. de. **Atividade florestal no contexto da fumicultura: oportunidade de desenvolvimento regional, diversificação, geração de emprego e renda**. 2010. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- HELDWIEN, A. B.; BURIOL, G.A.; STRECK, N. A. O Clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p. 43-58, jan./jun. 2009.
- MEYER, E. A. **Produção de madeira em regime de talhadia na Floresta Estacional Decidual 2015**. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41 p.
- PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R.S.D. Solos do rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In. SCHUMACHER et al. (Org.). **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização ecológica do Rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: [s. n.], 2011.p. 33-51.
- REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 9-22. 1997.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002. 107 p.



USO DE HIDROGEL E CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus saligna* SMITH EM ÁREA  
EXPERIMENTAL EM SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRASIL

HYDROGEL USE AND INITIAL GROWTH *Eucalyptus saligna* SMITH IN EXPERIMENTAL AREA  
IN SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRAZIL

Carline Andréa Welter<sup>1</sup> Jorge Antonio de Farias Fábio Eduardo Roesch

RESUMO

A utilização do gênero *Eucalyptus* para suprir a demanda do consumo de madeira está relacionada às vantagens que este oferece, como o rápido crescimento e grande diversidade de espécies, o que possibilita a adaptação desta cultura a diferentes tipos de clima e solo. O *Eucalyptus saligna* é destacado por apresentar elevado potencial de adaptação e crescimento. Na região de Santa Cruz do Sul, o reflorestamento está intimamente ligado a atividade da fumicultura, de grande expressão econômica, e que utiliza-se da lenha como insumo para o beneficiamento das folhas de tabaco no processo de secagem em estufas. Em espécies florestais, o hidrogel é amplamente utilizado, com o intuito de reduzir a mortalidade e o replantio, promover melhor sanidade das mudas e, conseqüentemente reduzir os custos. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento das plantas de *Eucalyptus saligna* com o uso de hidrogel no plantio; e encontrar uma equação que explique a relação hipsométrica para a espécie, facilitando os futuros inventários da área. Para a realização do inventário, foram amostradas 5% das plantas de cada tratamento, de forma sistemática, considerando-se distância de 10 metros entre as unidades amostrais. Foram medidos, aos 12 meses, o DAP e a altura de todas as árvores amostradas, com auxílio de suta e hipsômetro. Os dados foram processados no SAS 9.3. A presença de hidrogel não apresentou diferença estatística significativa em suas médias comparadas a testemunha. Porém, pode-se observar que nas áreas onde o hidrogel foi aplicado, não houveram falhas de plantio, já na testemunha esse número foi de 2,5%. Pode-se utilizar a mesma equação de relação hipsométrica para ambas as regiões, a qual apresentou bom coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa.

**Palavras-chave:** inventário florestal, reflorestamentos, relação hipsométrica

ABSTRACT

The use of *Eucalyptus* to meet the demand of wood consumption is related to the advantages it offers, such as the rapid growth and great diversity of species, which allows to adapt the culture to different types of climate and soil. The *Eucalyptus saligna* is highlighted by a high potential for adaptation and growth. In the region of Santa Cruz do Sul, reforestation is closely linked to activity of tobacco farming, of great economic importance, and that the wood is used as input for the processing of tobacco leaves in the drying process in greenhouses. In forest species, the hydrogel is widely used, in order to reduce mortality and replanting, promote better health of seedlings and hence reduce costs. Therefore, the aim of this study was to evaluate the development of *Eucalyptus saligna* plants using hydrogel at planting; and find an equation to explain the hypsometric relation to the species, facilitating future inventories of the area. To conduct the inventory, they were sampled 5% of the plants of each treatment, systematically, considering distance of 10 meters between the sampling units. They were measured at 12 months, the DAP and the height of all sampled trees with the aid of calipers and hypsometer. The data were processed using the SAS 9.3. The presence of hydrogel showed no statistically significant difference in their means compared the witness. However, it can be seen that in areas where the hydrogel was applied, there were no failures in planting, since the number in the control was 2.5%. Is possible to use the same equation hypsometric relation for both regions, which showed good determination coefficient and standard error of estimate

**Keywords:** forest inventory, reforestation, compared hipsometric

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do eucalipto iniciou-se em meados de 1909, pelo engenheiro agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, então funcionário da Cia. Paulista e foi inicialmente utilizado como dormentes para a construção das ferrovias. Além das excelentes qualidades mecânicas, o eucalipto apresenta ainda retidão no fuste,

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: carlinewelter@gmail.com

cor clara, não fendilham e permitem acabamento. Soma-se a isso características como rápido crescimento volumétrico e potencialidade para produzir árvores com boa forma, facilidade a programas de manejo e melhoramento, elevada produção de sementes e facilidade de propagação vegetativa; além de uma ótima adequação aos mais diferentes usos industriais e ampla aceitação no mercado (OLIVEIRA, 2014).

Em 2012, a área de plantios de eucalipto totalizou 5.102.030 ha (dos quais mais de 48% em Minas Gerais e São Paulo), representando crescimento de 4,5% (228.078 ha) frente ao indicador de 2011. O principal fator que alavancou esse crescimento foi o estabelecimento de novos plantios frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de Papel e Celulose (ABRAF, 2013).

A utilização do gênero *Eucalyptus* para suprir a demanda do consumo de madeira está relacionada às vantagens que este oferece, como o rápido crescimento e grande diversidade de espécies, o que possibilita a adaptação desta cultura a diferentes tipos de clima e solo, além de possibilitar sua utilização para diversos fins (AMPARADO et al., 2008).

O *Eucalyptus saligna* é destacado por apresentar elevado potencial de adaptação e crescimento; sendo típica de clima quente e úmido, onde a precipitação anual varia de 1.000 a 1.800 mm. Tolerar solos moderadamente férteis, com boa retenção de umidade, porém bem drenados. A espécie é bastante resistente à ocorrência de geadas, tolerando temperaturas abaixo de 8 °C, sendo mais resistente que o *Eucaçyptus grandis* (BARROS et al., 1990 apud BERGER, 2000).

Na região de Santa Cruz do Sul e Vale do Rio Pardo, o reflorestamento está mais intimamente ligado a atividade da fumicultura, de grande expressão econômica, e que utiliza-se da lenha como insumo para o beneficiamento das folhas de tabaco no processo de secagem em estufas. Nesse contexto, entidades como a Associação dos Fumicultores do Brasil (Afubra), desenvolvem a vários anos programas de extensão e fomento para a prática do reflorestamento nas propriedades de seus associados, não apenas para suprimento de lenha, mas também para a diversificação de renda para o produtor.

Em espécies florestais, o hidrogel é amplamente utilizado, inclusive no Brasil, onde várias empresas o utilizam em escala operacional, como é o caso de empresa reflorestadora que conseguiu reduzir os custos de plantio de eucalipto em 8% no primeiro ano, chegando ao final do ciclo de sete anos com economia de 3% (BOLETIM CELULOSE ON-LINE, 2007 apud SAAD et al., 2009). Através dele seria possível reduzir a mortalidade e o replantio, promover melhor sanidade das mudas, o que acarreta melhor resistência, bem como otimizar o processo de ciclagem de nutrientes, evitando lixiviação.

BUZETTO et al. (2002) verificaram a eficácia de hidrogel no plantio em covas manuais de *Eucalyptus urophylla*; após nove meses, a testemunha (sem hidrogel + 5 L de água) apresentou 24,3% de falhas, contra 2,7% no tratamento com adição de 0,8 litro de solução (4 g de hidrogel dissolvidos em 5L de água), embora não tenha havido diferença estatística.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar se existe diferença no desenvolvimento das plantas de *Eucalyptus saligna* com o uso de hidrogel no plantio; e encontrar uma equação que explique a relação hipsométrica para a espécie, facilitando os futuros inventários da área.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área localiza-se no Centro Mundial de Desenvolvimento Agrônomo, Extensão e Treinamento (ADET - JTI) na localidade de Cerro Alegre, em Santa Cruz do Sul-RS. O plantio foi realizado em 2013 e o espaçamento utilizado foi de 3 m x 2 m. O sistema de cultivo do solo foi na forma de camalhão sem uso de hidrogel (783 mudas) e com uso de hidrogel (860 mudas).

Para a realização do inventário, foram amostradas 5% das plantas de cada tratamento, de forma sistemática, considerando-se distância de 10 metros entre as unidades amostrais. Este foi realizado aos 12 meses. Devido ao reduzido tamanho das áreas, optou-se por utilizar a metodologia de pontos amostrais, isto é, cada ponto representou uma planta. Foram medidos o diâmetro a altura do peito - DAP (1,3 m) e a altura de todas as árvores amostradas, com auxílio de suta e hipsômetro Vertex III.

Os dados, então, foram processados no programa estatístico SAS System 9.3, com auxílio da variável Dummy para a verificação de diferença entre os tratamentos qualitativos e, pelo procedimento Stepwise, encontrou-se um modelo de equação para estimação de altura, com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que é a porcentagem da variação da variável dependente (altura) explicada pela variável independente (diâmetro) e o erro amostral.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Estatísticas do inventário

Na tabela 1, apresentam-se as estatísticas do inventário. Considerando-se um erro amostral aceitável de 10% para fins de inventário florestal, nota-se que se obteve suficiência amostral em todos os tratamentos.

Tabela 1 - Valores estatísticos do inventário florestal piloto em *Eucalyptus saligna*.Table 1 - Statistical values of the forest inventory in *Eucalyptus saligna*

Tratamentos	Sem hidrogel		Com hidrogel	
	DAP	H	DAP	H
<b>Falhas</b>	2,50%		0%	
<b>Média</b>	3,63	4,08	3,88	4,19
<b>Desvio Padrão</b>	1,01	0,88	0,70	0,59
<b>Variância</b>	1,03	0,77	0,49	0,35
<b>Erro amostral</b>	6,4%	4,9%	3,9%	3,1%
<b>Unidades Amostrais</b>	7	4	3	2

As unidades amostrais apresentadas na tabela referem-se ao número necessário segundo a variância dos dados, contudo, foram levantados um número maior de pontos amostrais, que totalizaram 5% de todas as plantas.

Conforme teste de comparação de médias (Tabela 2), a presença de hidrogel não acarretou diferença estatística significativa em suas médias comparadas a testemunha. Porém, pode-se observar que nas áreas onde o hidrogel foi aplicado, não houveram falhas de plantio, já na testemunha esse número foi de 2,5%, bem como o crescimento foi mais homogêneo, o que foi evidenciado na tabela anterior, com a estatística de desvio padrão e variância.

Tabela 2 - Teste de Tukey de comparação de médias a nível de significância 5%.

Table 2 - Tukey test at a significance level of 5%.

Tratamentos	DAP		Altura (H)	
	Médias	Signif	Médias	Signif
<b>Com hidrogel</b>	3,88	a	4,19	a
<b>Sem hidrogel</b>	3,63	a	4,08	a

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

## Modelagem com Stepwise e Regressão com Dummy

Na programação do SAS 9.3, a partir do procedimento Stepwise, houve apenas um passo e uma variável selecionada "ln D" para a estimação da altura. O modelo geral obtido foi altamente significativo, com um F calculado de 350,86 a uma probabilidade menor que 0,0001 (Tabela 3), o qual apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 81,43% e um erro padrão da estimativa de 0.090. Os parâmetros foram apresentados na Tabela 4, onde o intercepto e o coeficiente angular foram altamente significativos a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Análise de variância para o modelo, no delineamento inteiramente casualizado

Table 3 - Analysis of variance for the model, in a completely randomized design

Análise de Variância					
Causas	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
<b>Modelo</b>	1	2,84844	2,84844	350,86	<,0001
<b>Erro</b>	80	0,64947	0,00812		
<b>Total</b>	81	3,49791			

Porém, antes de validar o modelo gerado, foi verificado a existência de variáveis qualitativas interferindo no crescimento das plantas (quantitativo), ou seja, se houve diferença entre as regiões, devido ao uso de hidrogel

em uma delas. Para tanto, foram criadas as variáveis Dummy e suas interações para processamento no pacote estatístico SAS, resultando na tabela 5.

Tabela 4 - Parâmetros estimados para o intercepto e o coeficiente angular, seus valores de F e probabilidades  
Table 4 - Estimated parameters for the intercept and the slope, their F values and probabilities

Variável	Parâmetro Estimado	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercepto	0,58445	0,04475	1,38464	170,56	<,0001
ln D	0,63408	0,03385	2,84844	350,86	<,0001

Tabela 5 - Probabilidades das variáveis qualitativas Dummy  
Table 5 - Probability of qualitative variables Dummy

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
LND	1	2,84844101	2,84844101	346,36	<,0001
D1	1	0,00900670	0,00900670	1,10	0,2986
D2	0	0,00000000	.	.	.
X1	1	0,00719079	0,00719079	0,87	0,3527
X2	1	0,00003152	0,00003152	0,00	0,9508

Pode-se verificar que não houve diferença mínima significativa entre as regiões, sendo que a probabilidade foi maior do que 29% para as variáveis Dummy. Portanto, pode-se utilizar o mesmo modelo para ambas regiões, definido pela equação a seguir:

$$H = e^{0,58445+0,63408 \ln D}$$

## CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o inventário piloto foi suficiente para amostragem das áreas, visto que os erros foram inferiores a 10%, especialmente porque as plantas foram obtidas por sementes, o que acarreta em maior heterogeneidade.

O uso do hidrogel, apesar de ter apresentado menor mortalidade de mudas, não diferiu estatisticamente da testemunha em termos de desenvolvimento em diâmetro e altura das plantas. Porém, cabe salientar que o plantio não sofreu estresse hídrico acentuado. Um estudo nessa situação poderia ser mais conclusivo.

Pode-se utilizar a mesma equação de relação hipsométrica para ambas as regiões, a qual apresentou bom coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa.

## AGRADECIMENTOS

A JTI-Kannenberg pelo apoio financeiro e interesse em melhorar as condições dos reflorestamentos de seus integrados através da pesquisa científica em parceria com a núcleo acadêmico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013. 148 p
- AMPARADO, K. F.; CARVALHO, A. M.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F.. Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. **Revista Forestal Venezolana**, Año XLII, Volumen 52(1) enero-junio, 2008, pp. 71-76.
- BERGER, R. Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização. **Dissertação** – Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2000. 126 p.
- BUZETTO, F.A.; BIZON, J.M.C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. **Circular Técnica IPEF**, nº 195, 2002. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr195.pdf>>. Acesso em: 16 julho de 2015.
- OLIVEIRA, M. **Eucalipto**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/plantas/eucalipto/> Acesso em: 28 de julho de 2015.
- SAAD, J.C.C.; LOPES, J.L.W.; SANTOS, T.A.. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.404-411, jul./set. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v29n3/a07v29n3.pdf>. Acesso em: 29 de julho de 2015.

## UTILIZAÇÃO DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS PARA OTIMIZAÇÃO DA ESTIMATIVA DO VOLUME

### NEURAL NETWORKS USE OF ARTIFICIAL FOR OPTIMIZATION OF VOLUME OF ESTIMATE

Lucas Dalmolin Ciarnoschi<sup>1</sup> Aline Bernarda Debastiane André Felipe Hess Tásilla Magalhães Loiola Ana Maria Alves de Souza Ribeiro Geedre Adriano Borsoi Débora Dalmolin Ciarnoschi

#### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de uma Rede neural artificial com diferentes variáveis de entrada para a estimativa do volume total com e sem casca para um reflorestamento de *Pinus taeda*. Os dados utilizados consistiram da mensuração do diâmetro a altura do peito, altura total, altura comercial e volume total com e sem casca, calculado pelo método de Smalian, para 69 árvores. Utilizou-se uma RNA do tipo *multilayer perceptron* (MLP) com uma camada intermediária. Como entrada da rede neural artificial realizou-se todas as combinações e uso individual das variáveis das variáveis coletadas a campo afim de determinar se existe a possibilidade de com apenas uma variável se estimar o volume. O diâmetro a altura do peito foi a variável que se mostrou mais importante para a modelagem, seguida da altura comercial e altura total. A rede neural artificial se mostrou uma alternativa promissora para a modelagem e na diminuição de custos com o inventário florestal.

**Palavras-chave:** inteligência artificial; mensuração florestal; inventário florestal.

#### ABSTRACT

This work aimed to evaluate the performance of a RNA with different input variables to estimate the total volume with and without bark for a reforestation *Pinus taeda*. The data used consisted of measurement of DAP, total height (HT), commercial height (HC) and total volume with and without bark, calculated by the method Smalian to 69 trees. We used an RNA-type multilayer perceptron (MLP) with an intermediate layer. RNA as the entry was made all combinations and individual use of DAP variables, HC and HT. The DAP was the variable that was more important for modeling, followed by HC and HT. The RNA proved to be a promising alternative for modeling and cost savings with the forest inventory.

**Keywords:** artificial intelligence; forest measurement; forest inventory.

#### INTRODUÇÃO

O inventário florestal consiste em uma ferramenta importantíssima para o planejamento do uso dos recursos florestais, já que através do mesmo é possível caracterizar uma determinada área florestal tanto em dados qualitativos quanto em dados quantitativos. O inventário permite a tomada de decisões coerentes, de acordo com a realidade de cada povoamento, e engloba a volumetria das florestas, determinação de biomassa, carbono e sortimentos, possibilitando o uso racional e lucrativo da floresta.

A partir da medição do diâmetro e da altura das árvores determina-se o volume, sendo esta a variável mais utilizada no diagnóstico do potencial madeireiro de uma floresta (CUNHA, 2004). Segundo Finger (2006) o volume pode ser classificado quanto ao aproveitamento das árvores em: volume total (volume total de uma árvore, com ou sem casca) ou volume comercial (volume parcial do tronco, com ou sem casca). Para Cunha (2004) existem vários métodos de determinação de volume de uma árvore, como: deslocamento de água, peso e cubagem, sendo o último o mais utilizado para essa determinação.

De acordo com Rodrigues et al. (2010) a quantificação do volume de espécies florestais em geral é feita por equações alométricas obtidas por modelos de regressão, equações que consideram que a variável a ser prevista tenha relacionamento causa e efeito com as variáveis independentes. Na maioria das vezes, as variáveis independentes são fortemente correlacionadas e/ou obtidas por meio de medição, favorecendo a ocorrência de erros. Além disso, os modelos de regressão não são triviais e, apresentam dificuldades adicionais quando trabalham com variáveis não independentes.

---

#### <sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheiro(a) Florestal, Mestrando(a) em Engenharia Florestal pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC – CAV, Avenida Luiz de Camões, 2090 – Conta Dinheiro – Lages – SC, CEP: 88.520-000 E-mail: ciarnoschi@hotmail.com

Alternativa atrativa para representar relações não lineares em relação aos métodos estatísticos tradicionais tem sido a aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNAs) (LEK et al., 1996; PENG; WEN, 1999). As RNAs são sistemas que possuem semelhanças com o cérebro humano, como a aprendizagem e a generalização de informações, devido ao processamento paralelo e em razão da massiva conectividade dos elementos de processamento (“neurônios”) dispostos em uma ou mais camadas (BRAGA; CARVALHO; LUDERMIR, 2007).

A aplicação dessa ferramenta computacional no manejo de florestas aprimorando técnicas de biometria e inventário florestal permite maior acurácia na estimação da produção, dando maior suporte à tomada de decisão (PENG; WEN, 1999; CASTELLANOS et al., 2007).

Em alguns casos, as RNA têm apresentado desempenho superior aos modelos de regressão devido a diversos fatores, como: estrutura maciça e paralelamente distribuída (camadas); habilidade de aprender e generalizar, que as tornam capazes de resolver problemas complexos; são tolerantes a falhas e ruídos; podem modelar diversas variáveis e suas relações não lineares; possibilidade de modelagem com variáveis categóricas, além das numéricas; e analogia neurobiológica (HAYKIN, 2001).

A utilização de redes neurais artificiais (RNA) tem-se mostrado uma alternativa promissora em relação às técnicas de regressão no manejo dos recursos florestais. Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos visando à sua adaptação e parametrização para diversas situações, como a estimação do volume de árvores (SILVA et al., 2009), crescimento e produção (BINOTI, 2010), taper (DIAMANTOPOULOU, 2005), modelos hipsométricos (BINOTI et al., 2012a) e modelagem da distribuição diamétrica (BINOTI et al., 2014), entre outras aplicações.

Diante do potencial das RNA, o presente estudo tem como objetivo avaliar a eficácia de uma RNA do tipo *multilayer perceptron* (MLP) para a estimativa do volume com e sem casca de um reflorestamento de *Pinus taeda*, bem como o seu desempenho utilizando diferentes conjuntos de variáveis para o seu treinamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Dados

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de medições em uma área de aproximadamente 25 há a qual possui um reflorestamento de *Pinus taeda* com 12 anos, localizado no interior do município de Curitiba-SC. No local implantou-se 12 Unidades amostrais de 400m<sup>2</sup> onde foram mensuradas as variáveis de altura total (HT) (m), com uma média de 21,9m, e diâmetro a altura do peito (DAP) (cm) a qual apresentou um diâmetro médio quadrático de 30,04cm. Posteriormente 69 árvores foram cubadas e calculadas o volume total com e sem casca pelo método de Smalian.

Como análise exploratória dos dados foi realizada a correlação linear de Pearson entre as variáveis mensuradas.

Este conjunto de dados das 69 árvores foram subdivididos em três sub-conjuntos, para compor o treinamento da RNA (50%), validação cruzada (25%) e para avaliar o desempenho do teste (25%). Após o treinamento e validação, foi aplicado o aprendizado para todo o conjunto de dados.

### Processamento e avaliação da simulação do volume

A RNA utilizada foi do tipo *Multilayer perceptron* (MLP) aplicada no *software* MATLAB 2014a com o *Neural Network Toolbox*. O algoritmo de aprendizado utilizado foi o de retropropagação de Levenberg-Marquardt (Hagan e Menhaj, 1994), função de ativação tangente sigmoideal, taxa de aprendizado de 0,01 e foram testadas dez inicializações aleatórias dos pesos sinápticos. Os vetores de entrada foram normalizados com média 0 e desvio padrão igual a 1. A interrupção do treinamento foi controlada por um conjunto de dados distinto, sendo o processo de validação cruzada.

A arquitetura da RNA foi constituída de três camadas, i) a camada de entrada, é onde se apresenta o conjunto de dados, o número de neurônios foi igual ao número de vetores de entrada da RNA; ii) camada oculta, é onde ocorre o processamento, o número de neurônios nessa camada variou uma amplitude de 5 neurônios em torno do número satisfatório (HEATH, 2013); iii) a camada de saída é onde é apresentado o resultado correspondente ao volume total, com um único neurônio.

Foi realizado o treinamento buscando determinar o volume total com casca e outro para o volume sem casca. Como entrada da modelagem utilizou-se todos os parâmetros mensurados (DAP, HT, HC), bem como todas as formas de variações e combinações desta, buscando determinar a eficiência e diminuir possíveis custos com inventário florestal.

A eficiência da estimativa do volume total com e sem casca foi avaliada pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (Equação 1), Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE) absoluto (dado em m<sup>3</sup>) (Equação 2), RMSE percentual (Equação 3) e erro percentual (Equação 4).

$$R^2 = \frac{[\sum (V_{Obs} - V_{méd_{Obs}}) * (V_{Sim} - V_{méd_{Sim}})]^2}{\sum (V_{Obs} - V_{méd_{Obs}})^2 * \sum (V_{Sim} - V_{méd_{Sim}})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{Sim} - V_{Obs})^2} \quad (2)$$

$$RMSE(\%) = \frac{RMSE}{V_{\max_{(obs)}} - V_{\min_{(obs)}}} \quad (3)$$

$$erro\% = \frac{(V_{obs} - V_{sim})}{V_{obs}} * 100 \quad (4)$$

Nas quais:  $V_{Obs}$ : Volume total observada;  $V_{Sim}$ : Volume simulada pelo modelo;  $V_{méd_{Obs}}$ : média dos Volume observadas;  $V_{méd_{Sim}}$ : média dos Volume simuladas;  $V_{\max_{(obs)}}$ : Volume máximo observado;  $V_{\min_{(obs)}}$ : Volume mínimo observado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 consta a correlação linear entre as variáveis mensuradas e utilizadas para compor os tratamentos.

Tabela 1 – Matriz de correlação linear entre as variáveis utilizadas para compor os tratamentos.

Table 1 - Linear correlation matrix between the variables used to compose the treatments.

	DAP	HT	HC	Volume total com casca	Volume total sem casca
DAP	1,000				
HT	0,852	1,000			
HC	0,889	0,957	1,000		
Volume total com casca	0,974	0,832	0,849	1,000	
Volume total sem casca	0,968	0,834	0,845	0,994	1,000

A matriz de correlação linear apresentou correlações positivas e significativas para todas as variáveis mensuradas, o que serve de indicador como alta dependência das mesmas.

Na Tabela 2 constam os índices de eficácia da RNA em cada uma das combinações de vetores de entrada, para a estimativa do volume total com casca e na Tabela 3 para a estimativa do volume sem casca.

Aproximadamente 100 treinamentos foram realizados para cada conjunto de vetores de entrada, variando-se o número de neurônios na camada oculta e os valores iniciais das matrizes de pesos sinápticos, para se inferir a respeito dos desempenhos. Para cada conjunto de vetores de entrada foi escolhido a simulação com melhor  $R^2$  na fase de teste a fim de comparação com os demais conjuntos de vetores de entrada.

Todos os tratamentos avaliados geraram modelo significativo a 95% de confiança (p-valor).

Com exceção do tratamento 6, todos os  $R^2$  da fase de treinamento foram superiores ao  $R^2$  encontrado na fase de teste.

Para a estimativa do volume total com casca, o melhor  $R^2$  na fase de teste foi para a utilização de todos os vetores (DAP, HT, HC), com  $R^2$  de 0,936 e RMSE de 0,545%. Se levar em consideração o RMSE para a escolha do melhor resultado, o tratamento 5 (DAP, HC) possui o melhor resultado, tendo RMSE de 0,133%.

Quando avaliada a contribuição dos vetores individualmente para a estimativa do volume com casca, o DAP foi superior aos demais alcançando  $R^2$  de 0,883, seguido do vetor HC com  $R^2$  de 0,603, e com o menor desempenho o vetor HT com  $R^2$  de 0,433. Da mesma forma, quando combinado os vetores com melhor desempenho individual (tratamento 5) o resultado foi superior aos tratamentos com os vetores menos relevantes (tratamento 2 e 7).

Na figura 1 é apresentado os valores do volume com casca estimados e observados para cada indivíduo.

Tabela 2 - Índices de eficácia da simulação do volume total com casca para as sete combinações de vetores de entrada.

Table 2 - Efficiency Indexes simulation of the total volume with bark to seven input vectors combinations.

N	Tratamentos: Vetor de entrada da RNA	Arquitetura Num de neurônios na camada de entrada/oculta/saída	Treinamento			Teste		
			R <sup>2</sup>	RMSE (m <sup>3</sup> )	RMSE (%)	R <sup>2</sup>	RMSE (m <sup>3</sup> )	RMSE (%)
1	DAP, HT, HC	3/4/1	0,975	0,076	0,219	0,936*	0,119	0,545
2	DAP, HT	2/4/1	0,940	0,030	0,086	0,828*	0,094	0,435
3	HT	1/4/1	0,899	0,026	0,094	0,433*	0,066	0,453
4	DAP	1/4/1	0,954	0,035	0,103	0,883*	0,095	0,438
5	DAP, HC	1/4/1	0,936	0,023	0,185	0,833*	0,016	0,133
6	HC	1/5/1	0,444	0,084	0,244	0,603*	0,063	0,292
7	HT, HC	2/3/1	0,799	0,072	0,208	0,577*	0,065	0,301

\* p-valor < 0,05

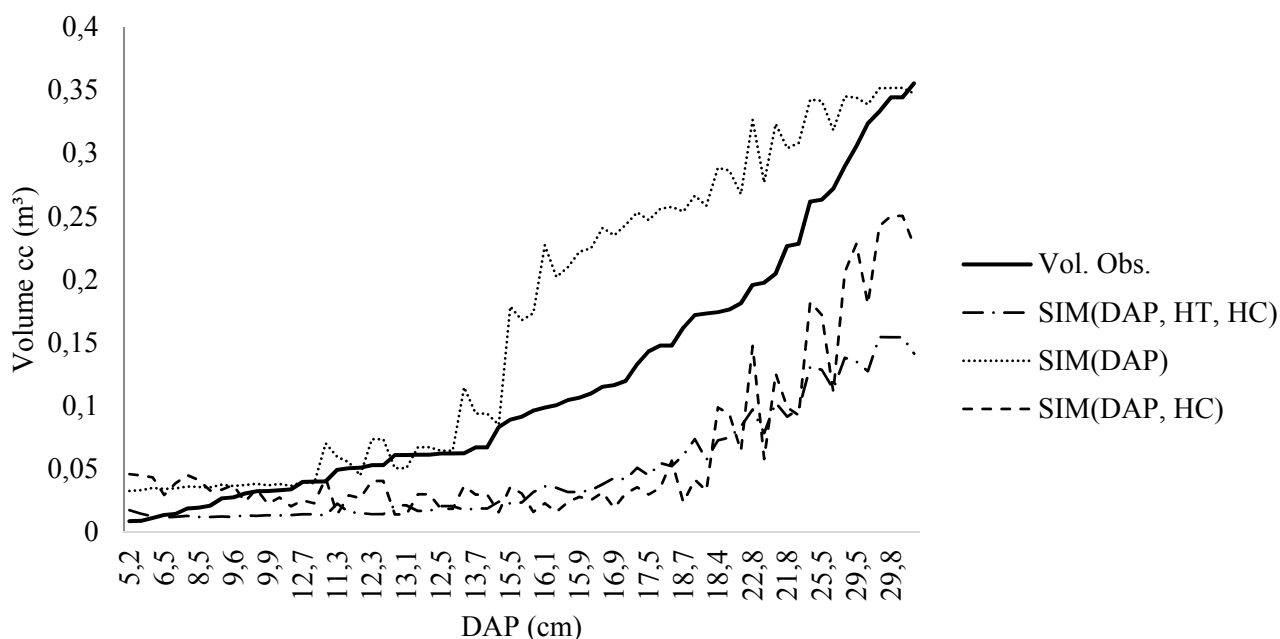


Figura 9 - Volumes com casca simulados para os indivíduos levando em consideração cada função treinada pela rede neural artificial.

Figure 1 - Volumes with simulated bark for individuals considering each function trained by artificial neural network.

Analisando a figura 1, podemos perceber que as simulações dos volumes quando em classes de diâmetros inferiores são bastante precisas sendo elas próximas as da realidade, porém quando chegam as classes intermediárias ou próximas a classe do diâmetro médio quadrático existe uma discrepância dos dados ocorrendo um erro maior, porém quando se aproxima de valores de diâmetros maiores ele volta a se aproximar da realidade. Desta forma os dados simulados pela rede neural artificial não apresentam uma ótima estimativa para volumes com casca. Como solução para tentar aumentar a acurácia das estimativas pode-se ter como uma alternativa a estratificação dos dados, para tentar dar uma melhor representatividade dos dados simulados e diminuindo o erro das simulações e aumentando a viabilidade do seu uso, que pode ser de muita valia para a área florestal.

Os modelos gerados pelos tratamentos 6 e 7 não foram significativos a 95% de confiabilidade, ao contrário dos demais modelos.

Levando em consideração o R<sup>2</sup>, o melhor modelo foi encontrado no tratamento 5, na utilização do DAP e HC, alcançando R<sup>2</sup> de 0,964, porém se levar em consideração o RMSE o melhor modelo é o do tratamento 1, utilização de todos os vetores de entrada, sendo RMSE de 0,097%.

Quando avaliado o desempenho da utilização dos vetores individualmente, observou-se o mesmo comportamento da estimativa do volume com casca, sendo o DAP o vetor mais importante, seguido da HC e HT. Este resultado pode ser justificado pela correlação, onde a correlação do DAP com o volume total é maior, seguido do HC e HT (Tabela 1).



Tabela 3 - Índices de eficácia da simulação do volume total sem casca para as sete combinações de vetores de entrada.

Table 3 - Indices effective simulation of the total volume shelled for seven input vectors combinations.

N	Tratamentos: Vetor de entrada da RNA	Arquitetura Num de neurônios na camada de entrada/oculta/saída	Treinamento			Teste		
			R <sup>2</sup>	RMSE (m <sup>3</sup> )	RMSE (%)	R <sup>2</sup>	RMSE (m <sup>3</sup> )	RMSE (%)
1	DAP, HT, HC	3/5/1	0,965	0,041	0,145	0,918*	0,014	0,097
2	DAP, HT	2/4/1	0,937	0,023	0,082	0,833*	0,062	0,423
3	HT	1/4/1	0,899	0,433	0,094	0,433*	0,066	0,453
4	DAP	1/5/1	0,954	0,027	0,097	0,896*	0,051	0,350
5	DAP, HC	2/4/1	0,984	0,018	0,067	0,964*	0,019	0,136
6	HC	1/6/1	0,769	0,052	0,185	0,638	0,079	0,545
7	HT, HC	2/5/1	0,921	0,033	0,119	0,638	0,046	0,316

\* p-valor &lt; 0,05

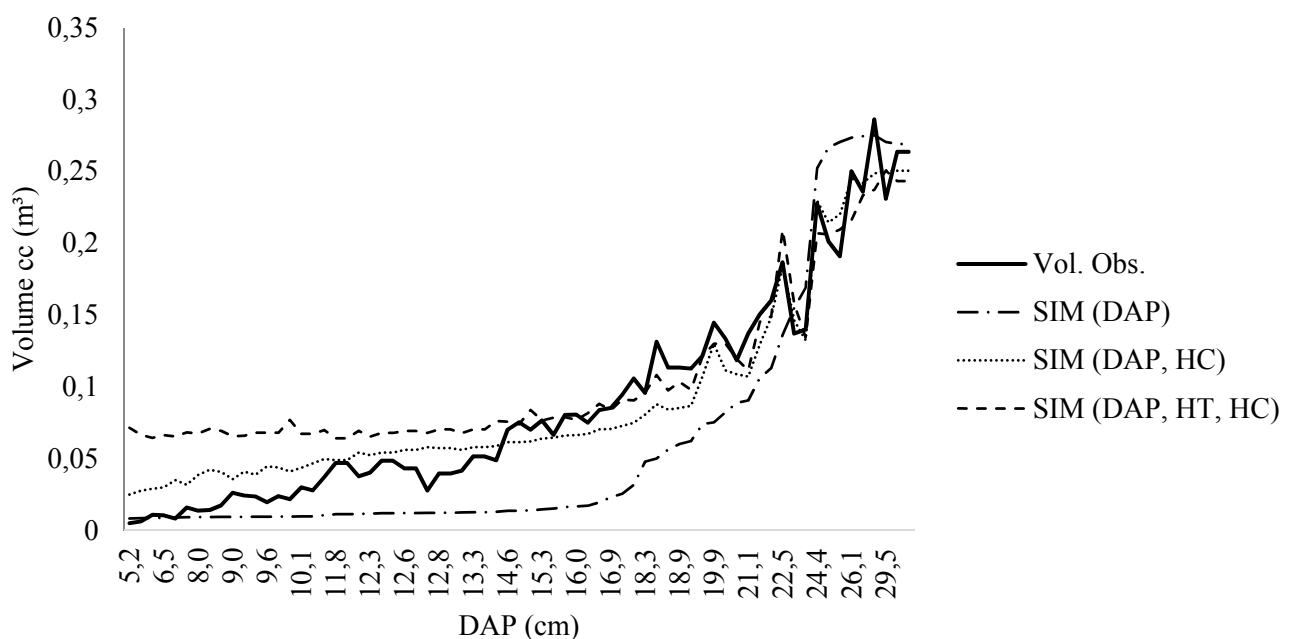


Figura 10 - Volumes sem casca simulados para os indivíduos levando em consideração cada função treinada pela rede neural artificial.

Figure 2 - Volumes with out simulated bark for individuals considering each function trained by artificial neural network.

Com a análise da figura 2, podemos perceber que as simulações dos volumes quando em classes de diâmetros superiores são bastante precisas sendo elas próximas as da realidade, porém quando chegam as classes inferiores apresentam uma discrepância do erro muito grande. Porém o treinamento via rede neural artificial teve um alto ajuste indicando ser uma ótima alternativa para a estimativa de volume. Porém ainda pode-se diminuir a discrepância dos erros aplicando uma estratificação dos dados, para tentar dar uma acurácia maior aos dados simulados e diminuindo o erro das simulações.

## CONCLUSÕES

Com esta pesquisa é possível concluir que a utilização das variáveis de DAP, altura total e altura comercial produzem o melhor desempenho. A ordem de desempenho quando utilizadas individualmente acompanha a ordem de correlação, sendo DAP a variável que estima o volume de forma mais precisa, seguida da altura comercial e altura total.

Os resultados apontam que a RNA obteve bom ajuste e estimativa do volume, e sendo o DAP interessante por ser uma variável de fácil mensuração, se torna uma alternativa viável para a estimativa do volume de novos indivíduos para a mesma idade e mesmas condições de sítio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BINOTI, S. M. L. M. et al. Utilização de redes neurais artificiais para a projeção da distribuição diamétrica de povoamento equiâneo. **Agrária**, v. 8, p. 125- 129, 2012a.
- BINOTI, D. H. B. et al. Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos utilizando redes neurais artificiais. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 38, n.4, p. 747- 754, 2014.
- BINOTI, M. L. M. S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDERMIR, T. B. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- CASTELLANOS, A.; BLANCO, A. M.; PALENCIA, V. Applications of radial basis neural networks for area forest. **International Journal Information Theories and Applications**, v.14, p.218-222, 2007.
- CUNHA, U. S. **Dendrometria e inventário florestal**. Série técnica. Manaus, 2004. p. 37-39.
- DIAMANTOPOULOU, M. J. Artificial neural networks as an alternative tool in pine bark volume estimation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 48, n.3, p. 235-244, 2005.
- FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal**. Santa Maria-RS, 2006. Departamento de Ciências Florestais UFSM. p. 124.
- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. Porto Alegre: 2001. 900p.
- HAGAN, M. T.; MENHAJ, M. Training feed-forward networks with the Marquardt algorithm. *IEEE Transactions on Neural Networks*, v.5, n.6, p.989-993, 1994.
- HEATH, G. E. Training, testing and validating data set in Neural Network. 2010. Disponível em: [http://www.mathworks.com/matlabcentral/newsreader/view\\_thread/295781#917734](http://www.mathworks.com/matlabcentral/newsreader/view_thread/295781#917734). Acesso em: 04 de jul.2013.
- LEK, S.; DELACOSTE, M.; BARAN, P.; DIMOPOULOS, I.; LAUGA, J.; AULAGNIER, S. Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. **Ecological Modelling**, v.90, n.1, p.39-52, 1996.
- PENG, C.; WEN, X. Recent applications of artificial neural networks in forest resource management: an overview. In: AMERICAN ASSOCIATION FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE WORKSHOP, 1999, Orlando. Disponível em: <<http://www.aai.org/Library/Workshops/1999/ws99-07-003.php>>. Acesso em: 22 de julho, 2015.
- RODRIGUES, F. E.; OLIVEIRA, F. T.; MADRUGA, R. M.; SILVEIRA, M. A Um método para determinar o volume comercial do *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke utilizando redes neurais artificiais. **Revista Brasileira Biomassa**, São Paulo - SP, v.28, n. 1, p.16– 23, 2010.
- SILVA, M. L. M.; BINOTI, B. H. D.; GLERIANI, M. J.; LEITE, G. H. Ajuste do modelo de schumacher e hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1133-1139, 2009.

VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM POVOAMENTO HOMOGÊNEO DE *Araucaria angustifolia*  
(Bertol.) Kuntze

ECONOMIC FEASIBILITY OF A HOMOGENEOUS SETTLEMENT OF *Araucaria angustifolia*  
(Bertol.) Kuntze

Fabiano de Oliveira Fortes Franciele Alba da Silva<sup>1</sup> Luis Paulo Baldissera Schorr Robson Júnior Bach  
Simone Rigo

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a rentabilidade econômica em um plantio homogêneo de *Araucaria angustifolia* presente na Floresta Nacional de Passo Fundo (RS). Para a análise econômica foram utilizados os seguintes métodos indicadores econômicos: Valor Presente Líquido (VPL), Razão Benefício Custo (B/C), Benefício custo Periódico Equivalente (BcPE) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Foi calculado o projeto com diferentes valores de terra na região: R\$ 10.000,00/ha; R\$ 15.000,00/ha; R\$ 20.000,00/ha, usando uma taxa de juro de 6 % ao ano. Para os critérios de avaliação econômica foram encontrados os seguintes valores: VPL de R\$13537,7/ha, R\$9023,89/ha e R\$ 4510,0/ha. Razão Benefício/Custo de 1,58; 1,32 e 1,14. BcPE R\$ 899,74/ha; R\$ 599,74/ha e 299,74/ha e TIR de 7,92%, 7, 11% e 6,49 % . O preço mínimo da madeira foi de R\$ 522,78/ha a R\$ 770,61/ha. Pode-se avaliar que o preço pago pela madeira está abaixo do esperado para uma rentabilidade de 9% a.a. Os resultados mostraram que a implantação de plantio homogêneo de *Araucaria angustifolia* possui uma boa viabilidade econômica.

**Palavras-chave:** viabilidade econômica; *Araucaria angustifolia*; valor da terra; receitas.

ABSTRACT

The present work was aimed to evaluate the economic profitability in a homogeneous plantation of *Araucaria angustifolia* present in the National Forest of Passo Fundo (RS). To analyze the economic analysis were used the criteria of Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (B / C), Internal Rate of Return (IRR) and Cost Equivalent Periodic Benefit (BcPE). The project was calculated using different land values of the region R\$10,000.00/ha; R\$15,000.00/ ha; R\$ 20,000.00/ha, and using interest rate equal to 6% per year. For economic evaluation criteria were found the following values NPV of R\$13,537.7/ ha , R\$9,023.89/ha and R\$4,510.0/ha. Benefit / Cost Reason 1.58; 1.32 and 1.14. BcPE R\$899.74/ha; R\$599.74/ha and 299.74/no TIR and 7.92%, 7,11% and 6.49%. The minimum wood price was between R\$ 522,78/ha and R\$ 770,61/ha. We can evaluate that the price paid by the wood is below of the expectations for a return of 9% p.a. The results showed that the homogeneous plantation project of *Araucaria* has a good economically profitability.

**Keywords:** economic profitability; *Araucaria angustifolia*; Land value; revenue.

INTRODUÇÃO

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze popularmente conhecida como pinheiro-do-paraná, é o principal componente fitofisionômico da Floresta Ombrófila Mista (MANTOVANI et al., 2004). Destaca-se pela beleza e importância de seu porte, pela alta qualidade de sua madeira e por ser fonte de importante recurso alimentar para fauna e para o homem (BALZON et al., 2004). Devido a exploração indiscriminada que vem sendo submetida nos últimos anos, o pinheiro-do-paraná foi incluído na lista de espécies que necessitam de atenção, além de participar da lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção (CARVALHO, 2003).

Acompanhou-se nos últimos anos a mudança sofrida pela atividade madeireira, devido à exploração indiscriminada da matéria-prima florestal. A redução da *Araucaria angustifolia*, vem sendo alvo de diferentes estudos nas áreas da ciência florestal, devido ao grande interesse comercial, e com isso é de grande importância que sejam desenvolvidos novos estudos e métodos para otimizar o seu potencial, além de melhorar o planejamento e aproveitamento da matéria prima derivada dessa espécie.

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, Linha Sete de Setembro s/n, BR 386, Km 40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS). E-mail: francielealba47@gmail.com

São apresentados alguns métodos indicadores econômicos usados para análise de investimentos, tais como o Valor Presente Líquido (VPL), sendo ele a concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero (SOUZA; CLEMENTE, 1999). É um dos métodos mais utilizados na avaliação de investimentos segundo Silva (1992), por obter o valor da produção em termos atuais, considerando uma taxa de juros, e por ser isento de falhas técnicas.

Já a Razão Benefício/Custo, segundo Souza e Clemente (1999), é uma medida de quanto se ganha por unidade de capital investido. É, na verdade, um aprimoramento da taxa média de remuneração do capital investido no projeto e uma variante do método do Valor Presente Líquido.

A Taxa Interna de Retorno é definida como a taxa de desconto que faz com que o valor atualizado dos benefícios seja igual ao valor atualizado dos custos, sendo um método que depende exclusivamente do fluxo de caixa do sistema de produção (REZENDE; OLIVEIRA, 1995).

Para Ferreira (2001), o Benefício Custo Periódico Equivalente é a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL da opção de investimento em análise, ao longo de sua vida útil.

Segundo Berger (1985), a adição do Custo de Oportunidade da Terra aos resultados econômicos provocará um deslocamento proporcional em toda a extensão da função de receita total e como consequência no valor da mesma.

A araucária, considerando somente a produção de volume, perde economicamente para gêneros exóticos de crescimento extremamente rápido. A justificativa para o uso da araucária é encontrado em vantagens como o alto valor ecológico, a sua ocorrência em florestas nativas, madeira de alta qualidade e valor nos mercados nacionais e internacionais, entre outras características (STERBA, 1998).

Partindo da premissa da grande importância econômica da espécie *Araucaria angustifolia*, e buscando novos dados técnicos para um bom manejo e da ampla variação do crescimento de produtos florestais na economia, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a rentabilidade econômica em um plantio homogêneo de *Araucaria angustifolia* presente na Floresta Nacional de Passo Fundo (RS).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de implantação do povoamento florestal para estudo está situada na Floresta Nacional de Passo Fundo, Planalto Médio do Estado do Rio Grande do Sul, com latitude de 28° 30' S, longitude de 52° 20' W e altitude de 700 m no município de Mato Castelhano. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical Cfa, caracterizado por uma elevada umidade do ar, temperatura média anual inferior a 18°C e a precipitação em torno de 1.700 mm, ocorrendo chuvas no inverno (MORENO, 1961).

Como fonte para as avaliações, foram utilizados os custos nos seus respectivos anos de implantação, como gastos com mão-de-obra e insumos, e as receitas (comercialização da madeira) por meio de valor médio pago nas serrarias. Todas informações (custos/receitas) foram realizadas por meio de análise dos valores médio cobrados da região Norte do Estado. Todo o processo de implantação do povoamento foi realizado de forma manual.

Foi adotado a taxa de desconto de 6% com diferentes valores da Terra na região (R\$ 10.000,00/ha; R\$ 15.000,00/ha; R\$ 20.000,00/ha), por serem os valores que mais influenciam nas variáveis analisadas.

Todas análises serão realizadas até o carregamento do caminhão na propriedade, não sendo incluído o custo de transporte até a fábrica/serraria.

Para a análise da viabilidade financeira foram calculados o Valor Presente Líquido (VPL), a Razão Benefício/Custo (B/C) a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Benefício custo Periódico Equivalente (BcPE) (Tabela 1).

A Tabela 2 descreve as atividades realizadas desde a implantação até a colheita, com valores cobrados na região para operações florestais. O valor da mão de obra R\$75,00/dia.

Tabela 1- Descrição das fórmulas dos indicadores econômicos.

Table 1- Description of formulas of economic indicators.

Valor Presente Líquido (VPL)	$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}$
Razão Benefício/Custo (RB/C)	$\frac{RB}{C} = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}}$
Taxa Interna de Retorno (TIR)	$TIR = \sum_{j=0}^n (R_j - C_j)(1+i)^{-1} = 0$
Benefício custo Periódico Equivalente (BcPE).	$BcPE = \frac{VPL * i}{[1 - (1+i)^{-n}]}$
Valor Esperado da Terra (VET)	$VET = \frac{VPL(1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]}$

Sendo:  $R_j$  = receitas no período  $j$ ;  $C_j$  = custos no período  $j$ ;  $i$  = taxa de desconto;  $j$  = período de ocorrência do custo e da receita;  $t$  = tempo (anos);  $n$  = número total de anos do fluxo de caixa.

Tabela 2 - Descrição dos custos operacionais em um plantio florestal - RS.

Table 2 - Description of the operating costs on a reforestation project - RS.

Atividades	Descrição	Ano	R\$/ha
Capina química pré-plantio + M.O	Eliminação de plantas indesejáveis com o uso de herbicidas, com pulverizador costal antes do plantio.	0	200,00
Combate formigas cortadeiras + M.O	Distribuição de formicidas de forma manual, com início dois meses antes do plantio.	0	90,00
Coveamento e Plantio (2 Pessoas)	Fase da abertura das covas na área e plantio das mudas. Realizado de forma manual com o uso de enxadão.	0	160,00
Adubação cobertura e arranque + M.O	Distribuição a lanço de 100g/cova aproximadamente 30 cm. Tipo e dosagem do adubo conforme análise do solo.	0 e 1	160,00
Plantio/replantio (25%)	Valor da muda (R\$ 3,80) plantio/replantio. Espaçamento 3x4m, (834 plantio + 209 replantio).	0	3960,00
Coroamento e roçada pós-plantio	Realizada de forma manual com enxada (raio de 50 cm), já a roçada é limpeza do terreno com foice das plantas indesejáveis. (4 pessoas / 2 dias)	1 e 2	480,00
Corte, Extração e carregamento	Etapa da colheita florestal com motosserra (derrubada e toragem). Extração, deslocamento da madeira do local de corte até a estrada. Carregamento dos veículos para o transporte da madeira. Etapa realizada manualmente.	18; 30; 40	50/m3
Administração	Custos que não estão incluídos nos itens acima	1,... 40	300
*Valor Terra	Serão considerados os valores 10.000; 15000; 20.000	1,... 40	10.000

Os valores do m<sup>3</sup>/ha foram baseados no preço pago pelas serraria na região (Tabela 3). O ano dos desbastes teve por base a tabela de produção da Flona de Passo Fundo.

Tabela 3 - Descrição das receitas em um plantio florestal - RS.

Table 3 - Description of recipes in a forest plantation - RS.

Atividades	Volume (m3)	Preço (R\$) m3	Ano	R\$/ha
1º Desbaste	87	300	18	9143,97
2º Desbaste	130	500	30	11317,16
Corte final	340	500	40	16527,77
TOTAL	557			36988,90

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise econômica da produção de madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Indicadores econômicos com 6% a.a de taxa de desconto, com espaçamento 3x4m.  
Table 4 - Economic indicators with 6% discount rate.

Valor da Terra	10.000	15.000	20.000
*Preço mínimo madeira	522,78	646,70	770,61
VLP	13537,7	9023,89	4510,0
B/C	1,58	1,32	1,14
BcPE	899,74	599,74	299,74
TIR	7,92	7,11	6,49

\*para rentabilidade de 9%

O plantio homogêneo de *Araucaria angustifolia* mostrou-se economicamente viável, nos diferentes valores de terra cobrados na região. Hoje, com o aumento no valor da terra no Rio Grande do Sul nos últimos 3 anos, tornou-se quase inviável o plantio de espécies florestais, somado a taxas abusivas no valor de desconto para empréstimo do dinheiro para esse fim. No entanto, com a taxa de juros utilizada (6% a.a sem carência) o VPL nas três situações (Tabela 4) foi positivo, indicando a viabilidade do projeto para esse fim.

De acordo com a razão Benefício/Custo para cada valor para produzir uma unidade, terá o retorno entre 1,58 a 1,14, podendo ser constatado a viabilidade do projeto por este critério também, porém, o tempo imobilizado (40 anos) para este retorno financeiro torna-se uma problemática para o cultivo dessa espécie, sendo substituída por espécies exóticas de rápido crescimento, como por exemplo, eucalipto e pinus.

O BcPE que demonstra o quanto irá render anualmente esse plantio, indica que com o menor preço da terra (R\$ 10.000) se torna algo atraente (R\$ 899,74) para investidores. Constata-se a influência do preço da terra nos indicadores de viabilidade dos projetos.

Com variação na taxa de juros de 6% para 7% a.a em 40 anos o VLP diminui entre 7.000 e 8.000, praticamente o atual valor da terra. Ao verificar a TIR mostrou-se acima dos 6%, no entanto está muito próxima ao valor pago pela poupança. Com base nos indicadores podemos avaliar que o preço pago pela madeira está abaixo do esperado para uma rentabilidade de 9% a.a (R\$ 522,78). Para esta rentabilidade a madeira deveria ser comercializada próximo dos R\$ 600/m<sup>3</sup> colocada no caminhão na fazenda.

Por meio dos custos, constatou-se que o valor da terra é o que mais inviabiliza o plantio florestal, seguido pela implantação, colheita e administração da empresa (Figura 1). Outro fator interessante, é a importância do governo financiar florestas com taxas de juros próximo aos 4% para tornar atrativo aos investidores o plantio, assim, mesmo com valores de terra alto, compensaria o risco e a TIR estaria próximo a 3% acima do valor mínimo de atratividade (poupança).

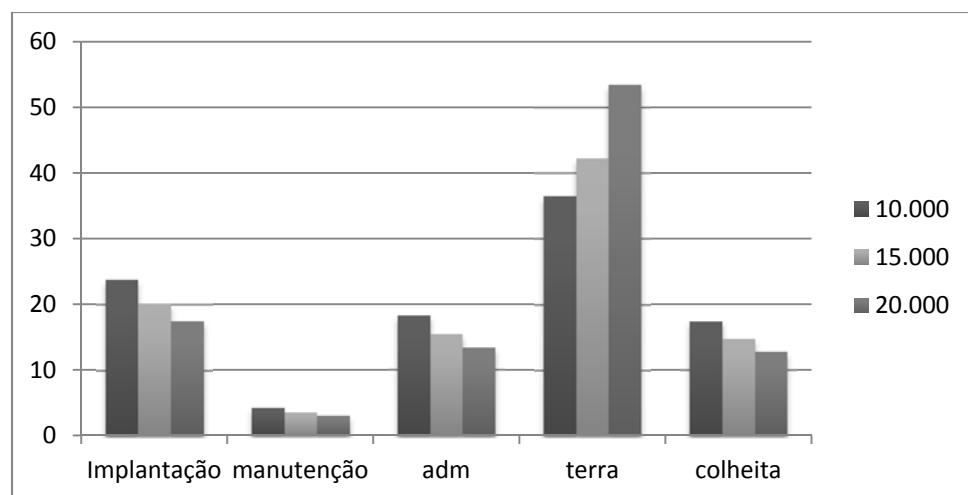


Figura 1 - Porcentagem dos custos em um plantio de *Araucaria angustifolia* com diferentes valores da terra.  
Figure 1 - Percentage of costs in a plantation of *Araucaria angustifolia* with different values of the land.

## CONCLUSÕES

Apesar da característica do retorno financeiro de longo prazo, implantação de povoamentos homogêneos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é uma boa alternativa de produção de madeira, uma vez que as análises indicaram a viabilidade econômica dos projetos analisados.

Com base nos indicadores podemos avaliar que o preço pago pela madeira está abaixo do esperado para uma rentabilidade de 9% a.a.

Pode-se verificar também que o valor da terra é o que mais inviabiliza o plantio florestal na Região Norte do Estado /RS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGER, R. **Aplicação de critérios econômicos para determinação da maturidade financeira de povoamentos de eucaliptos**. 185f. Tese (Professor titular) – Departamento de Economia e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1985.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas 2003. v. 1, 1039 p. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 1).
- FERREIRA, T. C. **Análise econômica de plantios de eucalipto para a produção de celulose**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, P.C.; REIS, M.S. Reproductive phenology and seed production of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 27, n. 4, p. 787-796, 2004.
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Avaliação de projetos florestais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 47p.
- SILVA, R. P. **Simulação e avaliação econômica de um programa plurianual de reflorestamento para fins de planejamento da empresa florestal**. 56p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 3.ed. São Paulo: Atlas. 1999. 142p.





VOLUME DE CASCA EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* E *Pinus elliottii* NA REGIÃO CENTRO SUL DO ESTADO DO PARANÁ

BARK VOLUME IN *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* STANDS IN SOUTH CENTRAL REGION OF PARANÁ STATE

Sintia Valerio Kohler<sup>1</sup> Renata Carvalho Rodrigo Otávio Veiga de Miranda Afonso Figueiredo Filho Edson Luis Serpe

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento do volume de casca ao longo do tronco para árvores de *Pinus taeda* L. e *Pinus elliotti* Engelm. aos 16 anos de idade, na região Centro Sul do Paraná. Foram amostradas 102 árvores, sendo 50 árvores de *Pinus elliottii* e 52 de *Pinus taeda*, abrangendo todas as classes de diâmetro da população. A cubagem das árvores foi realizada pelo método de Smalian, medindo-se os diâmetros nas alturas absolutas (0,1 e 1,30 m) e relativas (10, 15, 25, 35, ..., 95% da altura total). Foram medidos os diâmetros com casca e sem casca ao longo do tronco das árvores amostradas, e calculados os volumes totais com casca e sem casca. Para determinação do percentual do volume de casca, utilizou-se dois métodos diferentes. O método tradicional, que utiliza os volumes com casca e sem casca das árvores e o método proposto por Meyer (1946). A média de volume de casca para as árvores de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, aos 16 anos, foi de, respectivamente, 14% e 20% do volume total. O percentual do volume de casca não foi constante ao longo do tronco das árvores, sendo maior na base e na porção final do tronco. O percentual de volume de casca é maior nas menores classes de diâmetro, com tendência à estabilização nas classes maiores. O volume de casca determinado pelo método de Meyer diferiu estatisticamente do volume real de casca das árvores para as árvores de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. **Palavras-chave:** volume de casca, fator de casca, método de Meyer.

ABSTRACT

The aim of this study was evaluated the bark behavior along the stem for *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* trees with 16 years old, in South Central region in Paraná state. It was sampled 102 trees, 50 trees of *Pinus elliottii* and 52 of *Pinus taeda*, covering all the population diameter classes. The cubing was performed by Smalian's method, measuring diameters in absolute heights (0.1 and 1.30 m) and relative (10, 15, 25, 35, ..., 95% of the total height). The diameters inside and outside bark along the stem were measured and calculated the total volumes inside and outside bark. For determining the volume percentage of bark, was used two different methods. The traditional method, which uses the volumes inside and outside bark and the method proposed by Meyer (1946). The bark volume average for the trees of *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* at age 16, was, respectively, 14% and 20% of the total volume. The percentage of bark volume was not constant along the stem of the tree, being higher at the base and end portion of the stem. The bark volume percentage is higher in the smaller diameter classes, with a tendency to stabilization in the larger classes. The bark volume by Meyer's method differed statistically from actual volume of the bark of *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* trees.

**Keywords:** bark volume, bark factor, Meyer's method.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a área de árvores plantadas para fins industriais totalizou 7,74 milhões de hectares em 2014. Desse total, os plantios de pinus representam 20,6%, ocupando 1,59 milhões de hectares distribuídos, em maior concentração, na região sul do país. Em 2014, a produtividade dos plantios de pinus foi de 31 m<sup>3</sup>/ha/ano, o que contribui para o setor brasileiro de árvores plantadas ser responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país (IBÁ, 2015).

Machado e Figueiredo Filho (2009) afirmaram que para a elaboração de planos de manejo são necessárias informações sobre a floresta, uma avaliação do estoque atual e a produtividade do estoque em crescimento, bem como sua produção esperada. Tendo o conhecimento de seu estoque e produtividade, o proprietário florestal tem condições para planejar o abastecimento de indústrias florestais.

<sup>1</sup> Autor para correspondência

Engenheira Florestal, Me., Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: sintiakohler@yahoo.com.br

O volume constitui uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial disponível em um povoamento florestal. O volume individual fornece subsídios para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas (THOMAS et al., 2006).

A comercialização da madeira para serraria é realizada pelo volume da madeira sem casca, portanto, é relevante para o setor industrial florestal as estimativas de volume de casca das árvores. Esse valor pode ser conhecido por meio da diferença do volume com casca pelo volume sem casca, porém, essa prática pode ser algumas vezes onerosa. O método mais utilizado e de maior acurácia para determinar o volume de casca foi desenvolvido por Meyer (1946), que utiliza apenas medições de diâmetro à altura do peito (DAP), com e sem casca (MACHADO et al., 2006). Determinar o volume de casca é uma operação trabalhosa, portanto, gera a necessidade de se obter o volume de casca a partir da medição de variáveis fáceis de serem mensuradas no campo (FIGUEIREDO FILHO; BERNARDI, 1993).

O trabalho teve como objetivo analisar o comportamento do volume de casca ao longo do tronco para árvores de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* e avaliar a eficiência do método de Meyer (1946) para a estimativa do percentual de volume de casca.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para o estudo foram obtidos de um povoamento de *Pinus* spp., com área de 44,01 hectares e 16 anos de idade. O povoamento pertence a empresa REMASA Reflorestadora S.A., e está localizado no município de Bituruna, região Centro Sul do estado do Paraná.

Foram amostradas 102 árvores no povoamento, sendo 50 de *Pinus elliottii* e 52 de *Pinus taeda*, abrangendo todas as classes de diâmetro da população. A cubagem das árvores foi realizada pelo método de Smalian, medindo-se os diâmetros nas alturas absolutas (0,1 e 1,30 m) e relativas (10, 15, 25, 35, ..., 95% da altura total – h).

As classes de diâmetros utilizadas e o número de árvores amostradas por classe estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Frequência das árvores amostradas por classe de diâmetro

Table 1. Frequency of sampled trees by diameter classes

Classe de DAP	Limites (cm)	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Pinus taeda</i>
1	12 - 17	6	-
2	17 - 22	7	4
3	22 - 27	8	6
4	27 - 32	8	8
5	32 - 37	6	10
6	37 - 42	7	7
7	42 - 47	8	6
8	47 - 52	-	7
9	>52	-	4
Total		50	52

Foram medidos os diâmetros com casca e sem casca ao longo do tronco das árvores amostradas, e calculados seus respectivos volumes totais. O comportamento do percentual de volume de casca ao longo do tronco das árvores e por classe de diâmetro foi analisado para as duas espécies estudadas.

Para determinação do percentual do volume de casca, utilizou-se dois métodos diferentes: o tradicional, que utiliza os volumes com casca e sem casca das árvores, e o método proposto por Meyer (1946). O método de Meyer utiliza apenas a medição do DAP com casca e DAP sem casca para determinação do percentual de volume de casca da árvore, sem a necessidade de se calcular o volume.

$$V_c \%(Tradicional) = \left( \frac{V_{c/c} - V_{s/c}}{V_{c/c}} \right) \cdot 100$$

$$V_c \%(Meyer) = (1 - K^2) \cdot 100$$

em que:  $V_c\%$  = percentual do volume da casca;  $V_{c/c}$  = volume total com casca ( $m^3$ );  $V_{s/c}$  = volume total sem casca ( $m^3$ ) e  $K$  = fator de casca.

O fator de casca  $K$  é determinado pela razão entre o diâmetro com casca e o diâmetro sem casca. Para determinar, estatisticamente, se os volumes de casca obtidos pelo método de Meyer são iguais aos obtidos pelo método tradicional foi aplicado o teste “ $t$ ” de Student. O teste “ $t$ ” determina se duas amostras podem ser provenientes de duas populações que possuem a mesma média.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média de volume de casca para as árvores de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* foi de, respectivamente, 14% e 20% do volume total. O comportamento da porcentagem de casca ao longo do tronco das árvores é semelhante para as duas espécies (Figura 1). As árvores apresentaram um maior percentual de volume de casca na base, chegando até 23% para o *Pinus elliottii* e 19% para o *Pinus taeda*, diminuindo na porção central do tronco e aumentando novamente a partir de 65% da altura total do tronco.

Essa mesma tendência de percentual de casca ao longo do tronco foi encontrada por Gonçalves et al. (2010) em estudos sobre o percentual de casca em eucaliptos. Os autores observaram tendência de declínio na porcentagem de casca a partir da base com aumento a partir dos 9 m de altura no tronco.

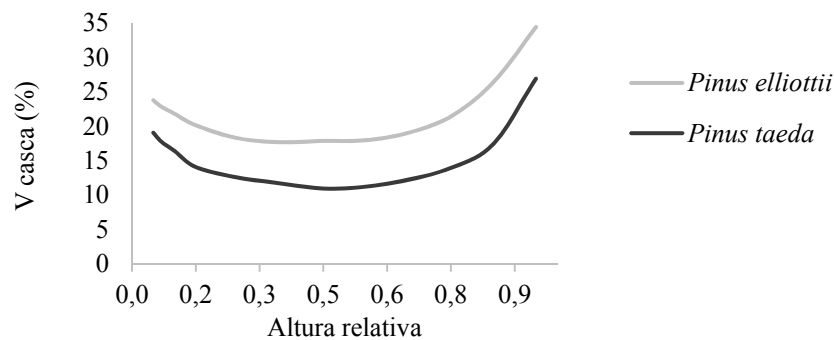


Figura 1. Percentual de volume de casca ao longo do tronco para árvores de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*  
Figure 1. Percentage of bark volume along the stem to *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* trees

O fator de casca ( $K$ ), determinado pela razão entre o diâmetro sem casca e diâmetro com casca, não foi constante ao longo de todo o tronco (Tabela 2), como sugerido inicialmente por Meyer (1946). Valores constantes são observados apenas entre 25 e 65% da altura total no tronco. Segundo Loetsch et al. (1973), a relação entre o diâmetro sem casca e diâmetro com casca depende da espécie e pode, ou não, ser constante ao longo do tronco.

Tabela 2. Média do fator de casca ( $k$ ) obtido ao longo do tronco para árvores de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*  
Table 2. Average bark factor ( $k$ ) obtained along the stem tree to *Pinus taeda* and *Pinus elliottii*

Alturas	<i>Pinus taeda</i>	<i>Pinus elliottii</i>
0,1	0,87	0,89
1,3	0,88	0,91
0,1h	0,88	0,91
0,15h	0,89	0,92
0,25h	0,90	0,93
0,35h	0,91	0,94
0,45h	0,90	0,94
0,55h	0,91	0,94
0,65h	0,90	0,94
0,75h	0,89	0,93
0,85h	0,86	0,91
0,95h	0,81	0,85

Avaliando o fator de casca (k) e o volume da casca em porcentagem para as diferentes classes de diâmetro (Figura 2), observa-se que nas classes de menores diâmetros o percentual de casca foi maior e, conseqüentemente, menor é valor do fator de casca. Paula Neto et al. (1992) observaram que o aumento dos fatores de casca nas menores classes de DAP é maior que nas maiores classes.

Para as árvores de *Pinus elliottii*, o percentual de casca diminui gradativamente com o aumento do diâmetro, representando 27,3% de casca na classe 1 (12 – 17 cm), reduzindo para 17,3% na classe 7 (42 – 47 cm), evidenciando o maior crescimento da parte lenhosa dessas árvores. Para as árvores de *Pinus taeda*, o volume de casca é maior nas classes de menores diâmetros e reduz-se até a classe 6 (37 – 42 cm), onde representa 13,7% do volume total das árvores e, nas classes seguintes, volta a aumentar representando até 15,6% do volume total na maior classe (diâmetros maiores que 52 cm).

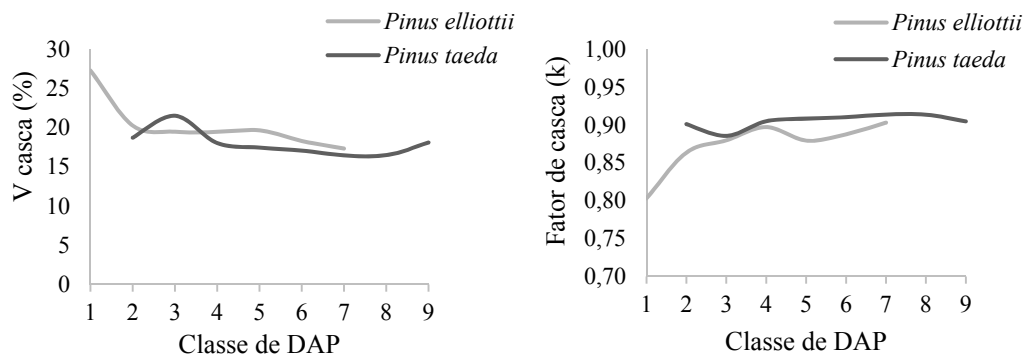


Figura 2. Percentual de volume de casca e fator de casca (k) para as classes de diâmetro

Figure 2. Percentage of bark volume and bark factor (k) to the diameter classes

Os percentuais de volume de casca obtidos, por classe diamétrica, pelo método tradicional e pela fórmula de Meyer estão apresentados na Tabela 3. O teste “t”, aplicado nas estimativas de volume de casca das duas espécies, mostrou que existe diferença significativa entre os dois métodos.

Tabela 3. Volumes de casca em porcentagem pelo método tradicional e pelo método de Meyer

Table 3. Bark volumes in percentage by the traditional method and the Meyer's method

Espécie	Classe de DAP	V casca % Tradicional (m <sup>3</sup> )	V casca % Meyer (m <sup>3</sup> )
<i>Pinus elliottii</i>	1	27,29	35,42
	2	20,26	25,36
	3	19,48	22,56
	4	19,45	19,45
	5	19,67	22,58
	6	18,31	21,17
	7	17,34	18,41
<i>Pinus taeda</i>	2	15,22	18,72
	3	14,29	21,53
	4	14,88	18,04
	5	13,99	17,46
	6	13,14	17,08
	7	13,68	16,49
	8	14,80	16,49
	9	15,57	18,11

Com base no percentual de casca determinado pelo método tradicional, observa-se que o método de Meyer apresentou tendência em superestimar a porcentagem de casca para as duas espécies. Para as árvores de *Pinus taeda*, o método de Meyer, em média, superestimou em 24% o volume da casca e, para as árvores de *Pinus elliottii*, superestimou em 15%. Houve uma maior superestimativa do volume de casca, pelo método de Meyer, nas classes de diâmetros menores de *Pinus elliottii*, e variou entre as classes de diâmetro do *Pinus taeda*.

Outros trabalhos também demonstram a superestimativa do volume de casca que ocorre quando se aplica o método de Meyer. Machado e Garcia (1984) verificaram que o método superestimou o volume da casca, para

todas as classes de diâmetro, de um povoamento de *Pinus taeda*. Silva et al. (2000), encontraram uma superestimativa do volume de casca na ordem de 33,9% para árvores de eucaliptos.

## CONCLUSÃO

A média de volume de casca para as árvores de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, aos 16 anos de idade, foi de, respectivamente, 14% e 20% do volume total. O percentual do volume de casca não foi constante ao longo do tronco das árvores, sendo maior na base e na porção final do tronco. O percentual de volume de casca é maior nas menores classes de diâmetro, com tendência à estabilização nas classes maiores. O volume de casca determinado pelo método de Meyer diferiu, estatisticamente, do volume real de casca das árvores para as árvores de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FIGUEIREDO FILHO, A.; BERNADINI, A. R. Comportamento da casca ao longo do tronco em plantios de *Pinus elliottii* estabelecidos no litoral e planalto do Estado de Santa Catarina. In: Congresso Florestal Brasileiro, 7, Congresso Florestal Panamericano, 1, Curitiba. 1993, **Anais...**, v.2, São Paulo: Sociedade Brasileira da Silvicultura, p.495-498.
- GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, G. F.; NAPPO, M. E.; TOMAZELO FILHO, M. Parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.947-959, 2010.
- IBÁ. **Indústria Brasileira de Árvores**. Disponível em: <www.iba.org>. Acesso em: 29 de Julho 2015.
- LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. München: BLV. Verlagsgesellschaft, v.2, 1973. 469p.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2 ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316p.
- MACHADO, S. A.; GARCIA, E. R. Determinação do volume da casca em plantações de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, PR, v.15, n.12, p.17-25, 1984.
- MACHADO, S. A.; SILVA, L. C. R.; URBANO, E.; FIGURA, M. A.; TÊO, S. J.; JARSHEL, B. Análise do volume da casca em porcentagem em bracingais de regeneração natural induzida da região metropolitana de Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v.36, n.1, p.1-11, 2006.
- MEYER, H. A. Bark Volume determination in trees. **Journal of Forestry**, v.44, n.12, p.1067-1070, 1946.
- PAULA NETO, F.; LEITE, H. G.; NUNES, J. R. S.; CAMPOS, J. C. C. Variação da percentagem de casca ao longo do tronco e entre árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.3, p.309-318, 1992.
- SILVA, J. A. A.; MACHADO, S. A.; MEUNIER, I. M. J.; FERREIRA, R. L. C. Modelagem volumétrica de *Pinus elliottii* Engelm. no Planalto do Estado de Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n.1, p.91-96, 2000.
- THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.319-327, 2006.