



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**2º SIMPÓSIO
LATINO-AMERICANO
SOBRE MANEJO FLORESTAL**

SANTA MARIA - RS - BRASIL

**13 e 14
DE SETEMBRO
DE 2001**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA FLORESTAL**

**2º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO
FLORESTAL**

Realizado de 13 a 14 de setembro de 2001

**Centro de Ciências Rurais
Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – RS – Brasil**

Santa Maria – RS – Brasil

S612a Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal (2.: 2001:
Santa Maria)

Anais / 2. Simpósio Latino-Americano sobre Manejo
Florestal; comissão editorial Paulo Renato Schneider, César
Augusto Guimarães Finger - Santa Maria: UFSM. CCR.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2001.

704 p. : il.

1. Manejo florestal. 2. Silvicultura. 3. Engenharia
florestal. I. Schneider, Paulo Renato. II. Finger, César
Augusto Guimarães.

CDU: 630*2
630*2(063)

Catálogo na publicação preparada por Luzia de Lima Sant'Anna,
CRB-10/7728,
Biblioteca Central da UFSM


PROMOTORES


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL


Centro de Ciências Rurais

Campus da UFSM

97119-900 – Santa Maria – RS

 (0xx55) 220-8336

 (0xx55) 220-8336


 ppgef@creta.ccr.ufsm.br

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS

Centro de Ciências Rurais

Campus da UFSM

97119-900 – Santa Maria – RS

 (0xx55) 220-8444


CENTRO DE PESQUISAS FLORESTAIS – CEPEF


Centro de Ciências Rurais


Departamento de Ciências Florestais

Campus da UFSM

97119-900 – Santa Maria – RS

 (0xx55) 220-8444

 (0xx55) 220-8336

 cepef@ccr.ufsm.br

APOIO

**PPGEF, DCFL, CEPEF, BOKU, SOSEF, CREA/RS, TODESFLOR,
TECNOPLANTA, CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

COMISSÃO EDITORIAL

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger

COMISSÃO ORGANIZADORA

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger
Prof. M. Sc. Juarez Martins Hoppe
Prof. Dr. Doádi Antônio Brena
Prof. Dr. Solon Jonas Longhi
Prof. Dr. Mauro Valdir Schumacher
M. Sc. Frederico Dimas Fleig
M. Sc. Ivanor Müller
M. Sc. Luciano Weber Scheeren
M. Sc. Ronaldo Drescher
M.Sc. Geedre Borsoi
M. Sc. Hélio Tonini
M. Sc. Edson Bolfe
Eng^o Florestal Erwin Hugo Resel Filho
Acad^o Eng^a. Florestal Paulo Sergio Pigatto Schneider
Acad^a Eng^a. Florestal Juliana Lorensi do Canto
Acad^a Eng^a. Florestal Elizete Fontana
Acad^a Eng^a. Florestal Gabriel Medeiros

COMISSÃO TÉCNICA

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger
Prof. Dr. Doádi Antônio Brena

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

PREFÁCIO

O Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal - PPGEF - da Universidade Federal de Santa Maria, dentro de suas atribuições de ensino, pesquisa e extensão, tomou a iniciativa de promover o 2º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal como forma de incentivar o intercâmbio dos mais recentes resultados de pesquisas entre as instituições, empresas e profissionais participantes do evento.

Assim, o 2º Simpósio Latino-Americano Sobre Manejo Florestal teve por objetivo geral divulgar os mais recentes desenvolvimentos técnicos e científicos das instituições de pesquisa e empresas privadas na área de manejo florestal. No evento, procurou-se, principalmente, levantar, discutir e analisar os principais problemas relacionados ao manejo florestal, buscando promover a difusão e o intercâmbio de experiências entre os participantes.

O Simpósio, dirigido à comunidade técnico-científica contou com expressiva participação de representantes vinculados à instituições públicas e privadas, organismos governamentais e não-governamentais, profissionais e acadêmicos atuantes no setor florestal nacional e internacional.

Neste evento, os organizadores contaram com a participação de lideranças e especialistas que representam importantes instituições empresariais, técnico-científicas e governamentais do Brasil e do Exterior, em particular as empresas brasileiras atuantes no setor florestal, além dos segmentos de tecnologia industrial.

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger

Coordonadores do Simpósio

PREFACE

The graduate program in forest engineering – PPGEF- of the Federal University of Santa Maria, in its attributions of knowledge, research and extension, had the initiative to promote the 2st Latin-American Symposium about Forest Management as a way to incentive the interchange of the most recent results of the researches among institutions, industries and professionals that were taking part of the event.

The 2st Latin-American Symposium about Forest Management had the main objective showing the most recent technical and scientific development in the research institutions and private industries, connected to the forest management area. The center objective was to: recognize, determine, discuss and analyze the principal problems related to the forest management, researching for ways to reach the solutions.

This symposium was directed to the technical-scientific community connected to public organisms, public institutions and private, governmental organizations and non governmental, professionals and students working in the national and international forest sector.

In this event, the organizers had the participation of leaderships and specialists that represented important industrial institutions, technical-scientific and governmental of Brazil and abroad, in particular the Brazilian industries working in the forest sector, besides the segments of industrial technology.

Prof. Dr. Paulo Renato Schneider
Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger

Coordinators of the Symposium

SUMÁRIO / CONTENTS

PREFÁCIO	v
PREFACE	vi
PALESTRAS / LECTURES:	
USING PERMANENT SAMPLING OF INDIVIDUAL TREES AS SOURCE OF INFORMATION FOR FOREST MANAGEMENT O EMPREGO DE OBSERVAÇÕES CONTÍNUAS DE ÁRVORES INDIVIDUAIS COMO FONTE DE INFORMAÇÕES PARA O MANEJO FLORESTAL Hubert Sterba	19
CONCEPTS WITHIN FOREST ECOSYSTEM MODELING AND THEIR APPLICATION O USO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO COMO APOIO ÀS DECISÕES DE MANEJO FLORESTAL – TIPOS DE MODELOS EXISTENTES E ESTRATEGIAS DE EMPREGO Hubert Hasenauer	39
BENEFIT AND DISADVANTAGES OF DIFFERENT METHODS TO ESTIMATE FOREST ATTRIBUTES VANTAGENS E DESVANTAGENS DE DIFERENTES PROCEDIMENDOS DA TAXAÇÃO EMPREGADOS NO MANEJO FLORESTAL Otto Eckmuellner	55
MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE MADEIRA NA INDÚSTRIA FLORESTAL – QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME, PESO E SORTIMENTOS COMO VÍNCULO ENTRE PRODUÇÃO DA FLORESTA E A QUANTIDADE, TRANSFORMADA NA	

INDÚSTRIA	68
WOOD MENSURATION METHODS IN FOREST INDISTRY - VOLUME, WEIGHT AND ASSORTMENT DETERMINATION AS INTERFACE BETWEN FOREST PRODUCTION AND THE QUANTITY TRANSFORMED IN THE INDUSTRY	
Franz Andrae	
MANEJO DAS UNIDADES DE USO SUSTENTÁVEL SUBORDINADAS AO IBAMA	80
MANAGEMENT OF THE SUSTAINABLE USE UNIT UNDER IBAMA ADMINISTRATION	
Ana Luísa Fagundes Salomão	
PAINEIS / PANEL:	
PLANEJAMENTO FLORESTAL NA CELULOSE NIPO- BRASILEIRA S.A.-CENIBRA	97
FORESTRY PLANNING IN CENIBRA	
Antonio S. Alipio; José M. Cardoso; Fabiano da R. Stein	
O PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO NA DIVISÃO FLORESTAL DA RIGESA	119
FOREST YIELD PLANNING IN RIGESA	
Altair Negrello Jr.	
PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL NA KLABIN RIOCELL S.A.	131
FORESTRY PRODUCTION PLANNING AT KLABIN RIOCELL S.A.	
José A. Totti; Jorge E. M. Klein; Rute Berger; Joselito R. Junqueira	

PLANEJAMENTO FLORESTAL NA DURATEX S.A. 141

FORESTRY PLANNING IN DURATEX

Antônio Joaquim de Oliveira; Roberto Pinto da Silva

TRABALHOS VOLUNTÁRIOS / CONTRIBUTED PAPERS:

EFFECTOS DE LA INTENSIDAD Y OPORTUNIDAD DE RALEO EN *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN EN EL NOROESTE DE MISIONES, ARGENTINA 153

EFFECTS OF INTENSITY AND OPPORTUNITY OF THINNING IN *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ON THE GROWTH AND THE PRODUCTION IN THE NORTHWESTERN MISIONES PROVINCE, ARGENTINA

Ernesto H. Crechi; Hugo E. Fassola; Ramón A. Friedl; Roberto A. Fernández; Luis Dalprá

DETERMINAÇÃO DO CILINDRO COM DEFEITOS EM TORAS PODADAS DE *Pinus taeda* L. E SUA RELAÇÃO COM O RENDIMENTO EM MADEIRA LIVRE DE NÓS 173

DEFECT CORE DETERMINATION IN PRUNED BUTT LOGS OF *Pinus taeda* L. AND ITS RELATIONSHIP WITH CLEAR WOOD YIELD

H.E. Fassola; J. Fahler; P. Ferrere; D. Aleganza; J. Bernio

EFFECTOS DE LA INTENSIDAD Y OPORTUNIDAD DE RALEO EN *Pinus taeda* L. SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN EN EL NOROESTE DE MISIONES, ARGENTINA 189

EFFECTS OF INTENSITY AND OPPORTUNITY OF THINNING IN *Pinus taeda* L. ON THE GROWTH AND THE PRODUCTION IN THE NORTHWESTERN MISIONES PROVINCE, ARGENTINA

Ernesto H. Crechi; Ramón A. Friedl; Hugo E. Fassola; Roberto A. Fernández; Jorge C. Fahler

ESTRUCTURA DIAMETRICA DE BOSQUES EN
REGENERACION DEL CHACO SEMIARIDO SANTIAGUEÑO 211
STRUCTURE DIAMETRICA OF THE FORESTS IN
REGENERATION OF THE CHACO SEMIARIDO
SANTIAGUEÑO

Araujo, P.A.; Roldán, A.M.; Pedenovi, A.; López, J.A.

PREDIÇÃO DO DIÂMETRO ACIMA DOS MUNHÕES EM
ÁRVORES PODADOS DE *Pinus taeda* L. ORIGEM MARION NO
NE DE CORRIENTES, ARGENTINA 231

PREDICTION OF DIAMETER OVER STUBS IN PRUNED TREES
OF *Pinus taeda* L. PROVENANCE MARION IN THE NE REGION
OF CORRIENTES, ARGENTINA

H. E. Fassola; P. Ferrere; F. Rodríguez A.

ATIVIDADES FLORESTAIS E SUAS RELAÇÕES COM O SIG
NA FORESTAL BOSQUES DEL PLATA S.A. 245

FORESTRY ACTIVITIES AND THEY RELATIONSHIPS WITH
THE GIS IN FORESTAL BOSQUES DEL PLATA S.A.

R. Trujillo; R. Pezzutti; S. Schmidt; F. Rodríguez

PLANEJAMENTO DE INVESTIMENTO EM UMA
PROPRIEDADE REFLORESTADA COM ACÁCIA-NEGRA
(*Acacia mearnsii* De Wild.) 257

PLANNING OF INVESTMENT IN A PROPERTY REFORESTED
WITH BLACK WATTLE (*Acacia mearnsii* De Wild.)

Luciano Weber Scheren; Helio Tonini; Paulo Renato Schneider; Ivanor
Muller; Ronaldo Drescher

ESTIMATIVAS DE MULTIPLOS VOLUMES UTILIZANDO
MODELOS TIPO POVOAMENTO TOTAL 279

ESTIMATES OF MULTIPLE VOLUMES USING WHOLE STAND MODELS

Carlos Pedro Boechat Soares; Helio Garcia Leite; João Carlos Chagas Campos

PLANEJAMENTO FLORESTAL OTIMIZADO: UMA ABORDAGEM SOB MÚLTIPLOS CRITÉRIOS

287

OPTIMIZED FOREST PLANNING: A MULTICRITERIA APPROACH

Flávio Lopes Rodrigues; Gilson Fernandes da Silva; Heleno do Nascimento Santos; Carlos Pedro Boechat Soares

EFFECTOS DE LA INTENSIDAD DE TRANSITO DURANTE LA TALA RASA SOBRE EL CRECIMIENTO DEL *Pinus taeda* Y LA DENSIDAD APARENTE DE SUELOS ROJOS DEL NORESTE DE ARGENTINA.

305

RAFFIC INTENSITY EFFECTS DURING CLEARCUTTING, ON THE GROWTH OF *Pinus taeda* AND RED SOIL BULK DENSITY IN NOREARSTEN ARGENTINA.

R. Fernández; A. Lupi; P. Mac Donagh; E. Crechi; N. Pahr; H. O'Lery; R. Martiarena; J. Falher

EFEITO DA EXPLORAÇÃO EM FLORESTA SOB MANEJO SUSTENTÁVEL EM ESCALA COMERCIAL NA AMAZÔNIA CENTRAL

319

LOGGING EFFECT IN FOREST UNDER SUSTAINABLE MANAGEMENT ON COMMERCIAL-SCALE IN CENTRAL AMAZONIA

Luiz Marcelo Brum Rossi; Celso Paulo de Azevedo; Josué Rogério de Souza; Mônica Suani Barbosa da Costa

EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA NA MORTALIDADE DE PLÂNTULA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DOIS ANOS APÓS O PLANTIO, NO MUNICÍPIO DE MOJU-PA

335

THE EFFECT OF GAPS' SIZE ON THE MORTALITY OF TWO FOREST SPECIES SEEDLINGS, TWO YEARS AFTER PLANTATION, IN MOJU-PA

Lia Mara Rabêlo Vasconcelos; Paulo César Silva Vasconcelos; Fernando Cristóvam da Silva Jardim

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DIMENSIONAL DE FLORESTA AMAZÔNICA EM INTERVALOS DE CLASSE COM TAMANHO DIFERENTE: DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA 345

CHARACTERIZATION OF THE DIMENSIONAL STRUCTURE OF AMAZON FOREST IN INTERVALS OF CLASS WITH DIFFERENT SIZE: DIAMETER DISTRIBUTION

Eduardo Coutinho da Cruz; Roberto Tuyoshi Hosokawa

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CASTANHEIRA (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), BARRAGEM DO GELADO, FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS, PARÁ 367

PATTERN OF SPATIAL DISTRIBUTION OF CASTANHEIRA (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), BARRAGE OF THE FROZEN IGARAPÉ, NATIONAL FOREST OF CARAJÁS, PARÁ

Maristela Machado Araujo; Hortência Osaqui; Rosiane Silva de Melo

SISTEMA DE INFORMAÇÕES APLICADO A FLORESTAS DE ARAUCÁRIA EM PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO NO BRASIL 377

AN INFORMATION SYSTEM APPLIED TO ARAUCARIA FORESTS UNDER CERTIFICATION PROCESS IN BRAZIL

Carlos R. Sanquetta; Luciano F. Watzlawick; Ana P. Dalla Côte; Flávio Felipe Kirchner

QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO EM FLORESTA DE *Acacia mearnsii* DE WILD EM DIFERENTES IDADES 387

ESTIMATING OF ORGANIC CARBON IN FOREST OF *Acacia mearnsii* DE WILD IN DIFFERENT AGES

Mauro Valdir Schumacher; Hamilton Luiz Munari Vogel; Leonir Rodrigues Barichello; Marcos Vinícios Wincler Caldeira

ESTUDO COMPARATIVO DA DIVERSIDADE ARBÓREO-
ARBUSTIVA E DAS SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE
SEMENTES EM DOIS FRAGMENTOS FLORESTAIS 401

COMPARATIVE STUDY OF THE ARBOREAL AND SHRUBBY
DIVERSITY AND SEEDS DISPERSION SYNDROMS IN TWO
FOREST FRAGMENTS

André R. Terra Nascimento; Solon Jonas Longhi; Luís Cláudio da
Silva

RELAÇÕES INDIVIDUAIS DE BIOMASSA E CONTEÚDO
CARBONO EM PLANTAÇÕES DE *Araucaria angustifolia* E *Pinus*
taeda NO SUL DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL 415

INDIVIDUAL BIOMASS AND CARBON CONTENT IN *Araucaria*
angustifolia AND *Pinus taeda* PLANTATIONS IN SOUTHERN
PARANÁ STATE, BRAZIL

Carlos R. Sanquetta; Luciano F. Watzlawick; Mauro Valdir
Schumacher; Anabel A. de Mello

LEVANTAMENTO SOCIOAMBIENTAL DA MICRO-BACIA DO
IGARAPÉ ARAPIRANGA, MUNICÍPIO DE LARANJAL DO JARI,
SUL DO ESTADO DO AMAPÁ 429

SOCIO-ENVIRONMENT SURVEY OF MICRO-BASIN OF
TRIBUTARY OF THE RIVER ARAPIRANGA, IN THE TOWN OF
LARANJAL DO JARI, IN SOUTHERN AMAPÁ

Gemaque, R. C. R.

DETERMINAÇÃO DE ESTRATÉGIAS EM UM PLANO DE
MANEJO SUSTENTADO ATRAVÉS DA PROGRAMAÇÃO
LINEAR – UM ESTUDO DE CASO 451

DETERMINING STRATEGIES IN A FOREST MANEGEMENT PLAN USING LINEAR PROGRAMMING

Ricardo Trevisan Vasconcellos; Helio Tonini; Paulo Renato Schneider

ANÁLISE ECONÔMICA DO CRESCIMENTO DA ACÁCIA-NEGRA, *Acacia mearnsii* De Wild. EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

475

ECONOMIC ANALYSIS ON THE GROWTH OF ACACIA-NEGRA, *Acacia mearnsii* De Wild. IN DIFFERENT SPACINGS

Irene Seling; Frederico Dimas Fleig; Peter Spathelf

CRESCIMENTO DO AÇOITA-CAVALO (*Luehea divaricata* Mart.) NA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL
GROWTH OF THE AÇOITA-CAVALO (*Luehea divaricata* Mart.) IN THE CENTER DEPRESSION IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

488

Paulo Sérgio Pigatto Schneider; Juliana Lorenzi do Canto; Paulo Renato Schneider; César Augusto Guimarães Finger; Luciano Weber Schereen

ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St Hil.)

509

ESTIMATES OF TOTAL MATE (*Ilex paraguaiensis* St Hil.) TEA LEAVES AREA

Fabio Luiz Fleig Saidelles; Dalvan José Reinert; Gilberto Sobroza Pedroso

ASPECTOS FITOSSOCIOLÓGICOS EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL: AGRUPAMENTO E ASSOCIAÇÃO DE ESPÉCIES

519

PHYTOSSOCIOLOGICAL ASPECTS IN FRAGMENT OF DECIDUAL SEASONAL FOREST: GROUPING AND ASSOCIATION OF SPECIES

Maristela Machado Araujo; Solon Jonas Longhi; Mônica Brucker Kelling; Geedre Adriano Borsoi; Juarez Martins Hoppe; Ivanor Müller

EFICIÊNCIA NA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA EM ÁRVORES DE *Pinus elliottii*, NA REGIÃO DE CURITIBANOS, SANTA CATARINA 539

VOLUMETRICAL ESTIMATE EFFICIENCY IN TREES OF *Pinus elliottii* AT CURITIBANOS, SANTA CATARINA

HelioTonini; Geedre Adriano Borsoi

RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA *Araucaria angustifolia* (Bert.) Otto Kuntze. NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ 562

HIPSOMETRIC RELATION FOR *Araucaria angustifolia* (Bert.) Otto Kuntze. IN THE WEST REGION OF PARANÁ STATE

Mauro Valdir Schumacher; Ademar Capra; Jonas Inoé Hernandez; Marcos Vinicius Winckler Caldeira; Luciano Weber Scheeren

COMPARAÇÃO ENTRE OS HIPSÔMETROS VERTEX E BLUME-LEISS QUANTO AO TEMPO GASTO NA DETERMINAÇÃO DA ALTURA DE ÁRVORES 578

VERTEX AND BLUME-LEISS HIPSOMETERS COMPARISONS AT THE TIME SPENDS IN THE DETERMINATION OF THE TREE HEIGHT

César Augusto Guimarães Finger; Paulo Renato Schneider; Igor da Silva Narvaes; Luciana Martins Esber; Luciano Fábio Cassol

ESTIMATIVA DA BIOMASSA E DO COMPRIMENTO DE RAÍZES FINAS EM *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA (RS) 589

ESTIMATING OF BIOMASS AND LENGTH OF FINE ROOTS IN *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. IN THE COUNTY OF SANTA MARIA (RS)

Rudi Witschoreck; Mauro Valdir Schumacher

DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ALTURA/DIÂMETRO DE *Eucalyptus grandis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. citriodora*, NA REGIÃO DE SANTA MARIA - RS.

603

DETERMINATION OF THE HEIGHT/DIAMETER PROPORTION OF *Eucalyptus grandis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* and *E. citriodora*, IN SANTA MARIA - RS.

Cáren Andreis; Adroaldo Dias Robaina; Marcelo Camponogara Pippi; Robson Fumagalli Lima

CRESCIMENTO JUVENIL DE *Eugenia involucrata* D.C. EM CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO NATURAL

616

JUVENIL GROWTH OF *Eugenia involucrata* D.C. IN NATURE SHADING CONDITIONS

Elci T. Henz Franco; Edson Perrando

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Cedrella fissilis* VELLOZO

624

INFLUENCE OF DIFFERENT PHOSPHORUS DOSES IN THE GROWTH OF PLANTS OF *Cedrella fissilis* VELLOZO

Marcia d'Avila; Mauro Valdir Schumacher; Hamilton Luiz Munari Vogel; Leonir Rodrigues Barichello; Oscar A. Torres Figueredo

EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA GLIFOSATE, APLICADO EM JATO DIRIGIDO, NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS MONOCOTILEDÔNEAS E DICOTILEDÔNEAS NA CULTURA DO PINUS (*Pinus taeda*).

637

EFFICIENCY AND SELECTION OF HERCIDIIDE GLYPHOSATE APLIED IN DIRECT JACTO FOR THE CONTROL OF WEED IN PINUS (*Pinus taeda*).

Sylvio Henrique Bidel Dornelles; Sérgio Luiz de Oliveira Machado; Cleantônio Guerra; Heleno Maziero; Diogo Brondani; Giovani Greigh de Brito

- AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA GLIFOSATE NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO EUCALIPTO (*Eucalyptus saligna*) 651
VALUATION OF EFFICIENCY AND SECTIN BY HERCIDE GLYPHOSATE TO CONTROL OF WEEDEN EUCALIPTO (*Eucalyptus saligna*)
Sylvio Henrique Bidel Dornelles; Sérgio Luiz de Oliveira Machado; Cleantônio Guerra; Heleno Maziero; Diogo Brondani; Giovani Greigh de Britto
- POTENCIAL DE DANO DA FORMIGA PAMPA, *Acromyrmex aspersus*, EM MUDAS DE EUCALIPTO 665
DAMAGE INTENSITY OF THE LEAF CUTING ANT, *Acromyrmex aspersus*, ON EUCALYPTUS SEEDLINGS
Dionisio Link; Fabio Moreira Link; Adriana Alves de Oliveira
- POTENCIAL DE DANO DA FORMIGA PRETA, *Acromyrmex crassipinus*, EM MUDAS DE EUCALIPTO E DE PINUS 671
DAMAGE INTENSITY OF THE LEAF CUTING ANT, *Acromyrmex crassispinus*, ON EUCALYPTUS AND PINUS SEEDLINGS
Dionisio Link; Fabio Moreira Link; Adriana Alves de Oliveira
- O MANEJO FLORESTAL E SEUS ASPECTOS LEGAIS 677
LEGALS ASPECTS OF TROPICAL FOREST MANAGEMENT
Gilson Fernandes da Silva; Nilton Cesar Fiedler; Gustavo Stancioli C. Pinho; Fernando E. Kutschenski Jr; Fábio Venturoli
- PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Urbanus acawoios* (LEPIDOPTERA: HESPERIIDAE) ALIMENTADAS COM FOLHAS DE FABÁCEAS 685

BIOLOGICAL PARAMETERS OF *Urbanus acawoios*
(LEPIDOPTERA: HESPERIIDAE) FED WITH FABOIDEAE
LEAVES

Jonas de Miranda Pinto; Acacio Geraldo de Carvalho

INIMIGOS NATURAIS DE *Urbanus acawoios* (LEPIDOPTERA:
HESPERIIDAE)

697

NATURAL ENEMY OF *Urbanus acawoios* (LEPIDOPTERA:
HESPERIIDAE)

Acacio Geraldo de Carvalho; Liliam Karla Figueira da Silva; Jonas de
Miranda Pinto

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

**USING PERMANENT SAMPLING OF INDIVIDUAL TREES AS A
SOURCE OF INFORMATION FOR FOREST MANAGEMENT**

**O EMPREGO DE OBSERVAÇÕES CONTÍNUAS DE ÁRVORES
INDIVIDUAIS COMO FONTE DE INFORMAÇÕES PARA O
MANEJO FLORESTAL**

Hubert Sterba¹

ABSTRACT

Individual tree observations are needed in permanent plots in order to contribute total volume change to increment, removals and mortality, to better define different thinning strategies and to get more detailed information on the result of different treatments. Since Rio we are more aware that species diversity and structural diversity are a better base for a widened scope of sustainability. Thus mixed species and/or uneven-aged stands are more in the focus of research and should be in forest management. To detect “growth laws” and formulate growth models that help in silvicultural decision making, in these stand types permanent individual tree observations are needed. These observations have to be organised in an appropriate design, avoiding confounding of growth factors. The variables to be observed should be decided on their importance in the growth process rather than on the base of their easy accessibility. It is important to be aware of the fact that also individual trees have to be related to an area. For later evaluation and interpretation of the field data, “free decisions” of the field crew should be kept at a minimum. “Opinionated” views must be avoided by giving exact definitions for the assessed variables in the keys. Forms which demand one digit per column and need no commas or decimal points to be written in the sheets help to avoid misinterpretation of the assessed data.

¹ Prot. Tit. *Dr.* Institute of Forest Growth Research. University of Agricultural Sciences in Vienna. Peter Jordanstraße 82, A-1190 Vienna, Austria

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

RESUMO

Observações de árvores individuais em parcelas permanentes são necessárias para proporcionar a mudança de volume ao incremento, aos cortes e à mortalidade, para definir melhor as estratégias diferentes de desbastes e para obtenção de informações mais detalhadas quanto aos resultados de tratamentos diferentes. Desde a conferência do Rio, em 1992 estamos cientes que a diversidade de espécies e de estruturas são fundamentais para uma percepção mais ampla de sustentabilidade. Consequentemente, povoamentos mistos e/ou inequívocos estão sendo mais considerados em pesquisas e também deveriam ser levados em conta pelo manejo florestal. Para descobrir “leis de crescimento” e construir “modelos de crescimento”, que ajudam em decisões silviculturais, precisa-se de observações permanentes de árvores individuais. Estas observações devem ser organizadas em estruturas apropriadas, evitando estratos incompletos de fatores de crescimento. As variáveis observadas deveriam ser selecionadas devido a sua importância para os processos de crescimento e não devido a facilidade de sua medição. É importante considerar o fato que, também árvores individuais devem ser relacionadas com uma área. Para avaliações e interpretações posteriores dos dados levantados, as chamadas “decisões livres”, feitas pelas equipes de campo deveriam ser evitadas. Para eliminar subjetividades no levantamento das variáveis, será preciso elaborar chaves com definições exatas. Formulários, aceitando um único dígito por coluna e que não exigem o uso de vírgulas, nem de decimais, estão muito úteis para evitar que os dados levantados sejam interpretados erradamente.

1. INTRODUCTION

The objectives of Growth and Yield Science is, and has been the study of tree growth, how it depends on site (quality) and management. Among the three main methods of growth and yield studies, i.e. permanent plots, stem analysis and growth series analysis, the long term observation of permanent plots has been most successful. A number of “growth laws” (Assmann, 1961) have been detected after many decades of permanent plot observations:

- The density growth relationship, exhibiting an optimum, and the shape of the curve depending on species and age in a way that early and heavy thinning may increase growth distinctly while in higher ages the same

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

treatment will lead to increment losses (basal area-growth relationship and growth acceleration according to Assmann, 1956).

- The fact that in stands of equal site index and equal thinning regime, the total volume growth may vary considerably, depending on site factors, not sufficiently represented in site index. (Assmann's 1959 yield level).

- The asymptotic, or maximum density concept (Assmann, 1956, Reineke, 1933, Yoda et al. 1963, Sterba 1987), describing the relationship of average tree volume or- diameter and tree number in overcrowded stands, and thus mortality and potential density.

Nevertheless, in the way, these permanent plots had been established, treated and observed, they provided only information on sums (total volume, stem number, basal area) and means (quadratic mean diameter, dominant height) of pure even-aged stands. In order to contribute total volume change to increment, ingrowth, mortality and removal (Equation 1), and to better define different thinning regimes (thinning from below, from above, selective thinning) the trees in these plots were enumerated, and thus at least for dbh individual trees could be identified and thus diameter distributions and their change through growth and management became describable.

$$V_{t+\Delta t} = V_t - V_{\text{removed}} - V_{\text{mort}} + \text{Increment}_{\text{remain}} + \text{Ingrowth}$$

Nevertheless – after the widened definition of sustainable management in the Rio-Conference in 199x, diversity, i.e. species diversity and structural diversity became an important measure for sustainability, thus enhancing or at least encouraging mixed species- and/or uneven-aged management in forestry. Management decisions in these kinds of stands need now information on individual tree growth how it depends on site and management alternatives. The expected results will be “individual tree growth laws”, and – if mathematically formulated - individual tree growth models, the ultimate goal of individual tree growth and yield research.

2. HOW TO MAKE INDIVIDUAL TREE OBSERVATIONS

In order to deduct individual tree growth laws, and – models, observations have to follow a few, but important principles.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

The following rules for individual tree observations are not the result of any moral authority but rather the result of experiencing troubles in data interpretation if we ourselves did not keep to these rules. Thus behind every statement, saying what should be done stands an error we ourselves have committed.

2.1 DESIGN OF INDIVIDUAL TREE OBSERVATIONS

An appropriate design and any observations must be oriented towards a certain problem, towards hypotheses and expected results. If the data of permanent regional or national inventories shall be used for growth and yield research, strict representativity is the main aim of such investigations. When the growth reaction to certain treatments are the main question, it needs to be defined in which stage of stand development and on which sites the treatment potentially should be performed. A – rather general – design of such studies is given in Table 1. There the growth reactions of two species on three sites and in two development stages (ages) to four treatments should be tested. It is very important that such a design is “balanced”. Restricting the whole design to only one site, or to only one age, to only one species or to only one treatment or even no treatment could as well be appropriate, as long as there is no confounding of effects, i.e. for example if on one site only one treatment and on the other site, another treatment is planned (Tab. 2). Then the effect of site cannot be distinguished from the treatment effect anymore.

As an example, the permanent plots established in *Eucalyptus grandis* and *E. saligna* at Riocell can be taken (Finger, 1991). One of the questions there was the effect of initial stem number in *Eucalyptus* plantations. But unfortunately the wider spacing was used only in the better sites and the narrower spacing in the poorer ones. Thus Finger (1991) – with these data – was not able to decide if the higher increments were caused by the narrower spacing or by the better site index.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABLE 1: A generalised design to study the effect of four treatments on the growth of two species on three sites and in two stages of stand development (ages).

TABELA 1: Estrutura generalizada para estudar o efeito de quatro tratamentos no crescimento de duas espécies em três sítios e em dois estágios de desenvolvimento (idades)

		Site #1		Site #2		Site #3	
		Age #1	Age #2	Age #1	Age #2	Age #1	Age #2
Species #1	Treatment #1	×	×	×	×	×	×
	Treatment #2	×	×	×	×	×	×
	Treatment #3	×	×	×	×	×	×
	Treatment #4						×
Species #2	Treatment #1						
	Treatment #2						
	Treatment #3						
	Treatment #4						

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABLE 2: Four more valid designs and one invalid design. The last design is invalid because there site and treatment are confounded.

TABELA 2: Mais quatro estruturas válidas. A quinta estrutura não serve, porque os sítios e os tratamentos contém observações incompletas.

		Site #1		Site #2		Site #3	
		Age #1	Age #2	Age #1	Age #2	Age #1	Age #2
Treatment #1		x	x	x	x	x	x
Treatment #2		x	x	x	x	x	x
Treatment #3		x	x	x	x	x	x
Treatment #4		x	x	x	x	x	x
		Site #1		Site #2		Site #3	
		Age #1	Age #2	Age #1	Age #2	Age #1	Age #2
Species #1		x	x	x	x	x	x
Species #2		x	x	x	x	x	x
		Site #1		Site #2		Site #3	
		Age #1	Age #2	Age #1		Age #1	
Species #1	Treatment #1	x	x		x	x	
	Treatment #2	x	x		x	x	
Species #2	Treatment #1	x	x		x	x	
	Treatment #2	x	x		x	x	
		Site #1		Site #2			
		Age #1	Age #2	Age #1	Age #2		
Species #1	Treatment #1	x	x	<i>no plots</i>			
	Treatment #2	<i>no plots</i>		x	x		
Species #2	Treatment #1	x	x	<i>no plots</i>			
	Treatment #2	<i>no plots</i>		x	x		

2° Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Designing the plots where individual tree data shall be assessed also includes planning plot size and plot shape. It might appear that if individual trees are the subject of observation, the plot size can be small. Nevertheless it has to be taken into account that with decreasing plot size and increasing deviation of the shape from a circle or a square, the edge effects become more important. Thus in Figure 1 it can be seen, that the observation of trees at the border of the plot need to be measured, because they are competitors of the non-border trees. But they cannot be evaluated in the further analysis, because their total neighbourhood is unknown, they might have competitors outside the plot, which influence their growth.

If only certain tree species or certain crown classes of trees are the subject of an investigation, there exists a temptation to use such trees as plot centres. In this case at least it has to be taken into account that all area-related figures (stem number, basal area and volume per hectare) are biased. Because by a random choice of the plot centre, there is a quite high probability left that no tree is hit by the centre, and thus all "per hectare-values" will be overestimated if the centre is forced to lie in a certain tree.

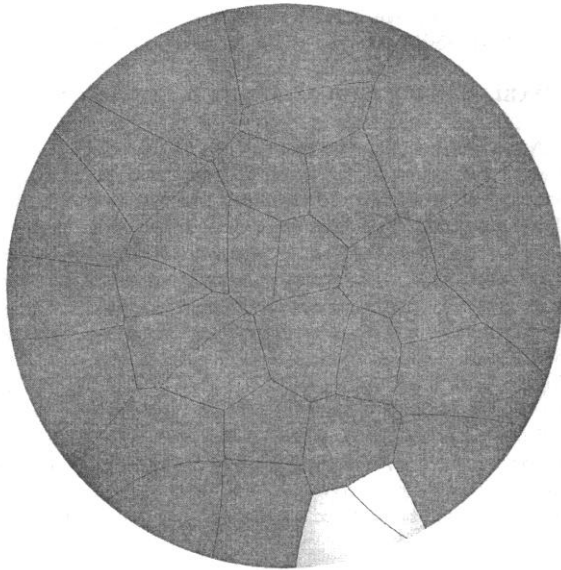
2.2 VARIABLES IN INDIVIDUAL TREE OBSERVATIONS

Again, depending on the problem and on the objective of a study, the variables that have to be repeatedly measured in individual tree investigations have to be selected carefully. The selection of the variables has to be based on the hypotheses on which variables may influence tree growth. Even in even-aged pure species plots it may lead to misinterpretation of data if only "easy to measure variables" are assessed. It is well known, that the parameters of height curves (tree height, h , depending on breast height diameter, dbh) depend on species, age, the social position of trees, and thus thinning strategies (Sterba, 1999a). With increasing age tree height for a given dbh increases. The height-diameter-ratio of trees increases with decreasing social position (Fig. 2). Thus in individual tree observations using one height curve even within one stand and one species hides an important competitive behaviour of trees. The important variables for competition are tree heights and crown measures, which thus should not be replaced by smoothing height, crown length and crown width over dbh .

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

FIGURE 1: The edge effect in individual tree observation. The most important competitors of the trees on the plot edge might be outside the plot. (The lines mark the limit between the area occupied by between the individual trees, calculated according to Römisch 1995, with procedure ACRE, developed by Kindermann, 1998).

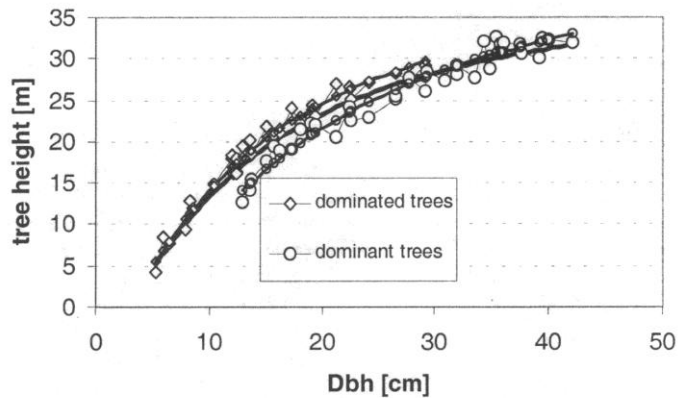
FIGURA 1: O efeito de borda em observações de árvores individuais. Os concorrentes mais importantes das árvores perto da borda da parcela podem se encontrar fora dela. (As linhas marcam os limites entre a área ocupada pelas árvores individuais, calculados segundo Römisch 1995, usando o procedimento ACRE, desenvolvido por Kindermann, 1998).



2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

FIGURE 2: Smoothing one height curve for dominated and dominant trees together hides an important effect of social position of trees within stands.

FIGURA 2: Ajustando uma única relação hipsométrica sobre as árvores dominantes e dominadas camufla o efeito importante da posição sociológica das árvores dentro do povoamento.

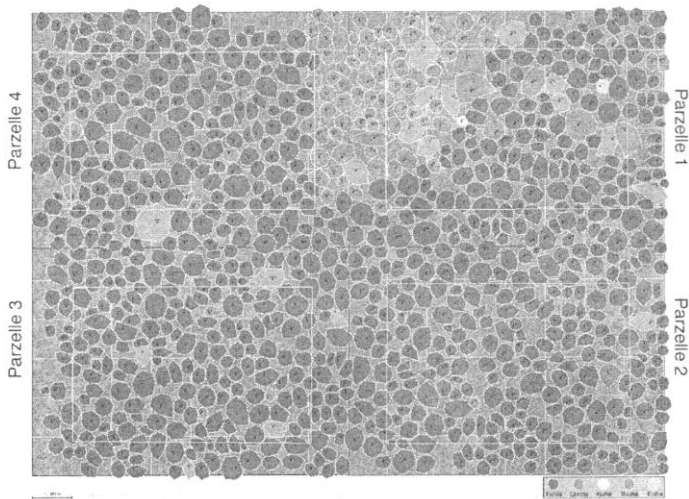


Furthermore it has to be considered that individual tree growth as well as total stand growth has to be related to area. Stand density, which affects individual tree growth is only defined when related to stand area (basal area per hectare, crown coverage = crown projection area per plot area) and even some competition measures, like basal area of larger trees (Wykoff, 1990) are "per hectare values". Therefore individual tree observations have to be performed in well defined plots and should not comprise only "important competitors" with whatsoever definition. The best way to relate individual tree data to areas is to assess tree coordinates of all trees in the plot (Fig. 3). New developments of Faber (1982) and Römisch (1995) even allow to define the area occupied by individual trees in a way that the sum of these areas gives the plot- or stand area (Fig. 1).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

FIGURE 3: Stem charts with individual tree crowns in the 110 year old Hauersteig-experiment (Pollanschütz, 1974). Courtesy of M. Neumann, Austrian Federal Forest Research Station, Vienna.

FIGURA 3: Planta baixa de copas individuais das árvores do experimento Hauersteig, num povoamento de 110 anos. Cortesia de M. Neumann, Estação Federal de Pesquisas Florestais, Viena.



2.3 DATA ASSESSMENT IN THE FIELD

For future evaluation and interpretation of any field data, and even more for individual tree data, it is important to plan the forms where the data will be filled in, in a way that the data can be assessed reliably by different persons, and that scientists using the data later on, (may be even some 50 or 100 years later on) understand well what is meant. Therefore each variable, that is to be assessed must be defined exactly and the definition must be written down in a “key”. As far as possible data should be the results of measurements or counts, and no “ocular estimates”. A key to assess

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

browsing on plots in an Austrian forest management districts asked for “browsing percentage”. The figures, assessed on the same plots by 5 different, well experienced foresters where correlated as poorly as $r^2 \sim 0.09$ (Wildt, 1995). The assessments improved by much when the “key” asked for the “number of unbrowsed Norway spruce plants within a radius of 1 m”. Through meanwhile 5 observation periods the Austrian National Forest Inventory reports increasing areas that “urgently need thinning”. This is not only an effect of an on and on decreasing interest of forest owners to tend their forests, but as well reflects that the opinion what needs to be thinned changed over the years through teaching at the university and the forestry schools in Austria. Thus “opinionated guesses”, like the necessity to thin, or e.g “important damages” are of no use in data acquisition. Never a key should ask to assess “soil moisture” without exact definition how to distinguish what is “dry”, “moist” or “wet”. If soil types are assessed, at least a reference to soil type definitions should be given.

The “keys” and the forms should not allow the field crew to write down categorical variables like “between dominant and co-dominant” or “wet to very wet”. Whatever they cannot decide in the field, cannot be decided on the desk by anybody else afterwards. The best way to avoid such indecisive figures is, to provide forms, which allow only one digit per column (Tab. 4).

TABLE 4: Inappropriate (left) and appropriate form for tree variable assessment.

TABELA 4: Formulário inadequado (e.) e adequado (d.) para um levantamento de variáveis.

Tree #	Species	dbh [cm]	h [m]	h _{commercial}	Tree #	Species	dbh [mm]	h [dm]	h _{commercial} [dm]
1	Spruce	23,3	14,2	16,5	1	1			
2	Fir	7,8	10,2	4	2	4			
3	Spruce	45,3	33	18	3	1			

2° Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

3. EVALUATION OF REPEATED INDIVIDUAL TREE OBSERVATIONS – EXPECTED RESULTS

The evaluation of individual tree observations leads to

3.1 INDIVIDUAL TREE “GROWTH LAWS”,

such as

$$CW = f(\text{Species}, dbh, \dots) \text{ with } CW = \text{Crown width.}$$

With this, the space needed for a tree of a given species and dimension can be determined and thus the number of such trees per hectare can be estimated (e.g. Abetz and Klädtke, 1997, Spiecker, 1983, Durlo, 1997).

The figures:

$$\text{Crown efficiency} = \frac{\text{growth}}{\text{Crown projection area}}$$

(Fig. 5) or even better

$$\text{Area efficiency} = \frac{\text{growth}}{\text{occupied stand area}}$$

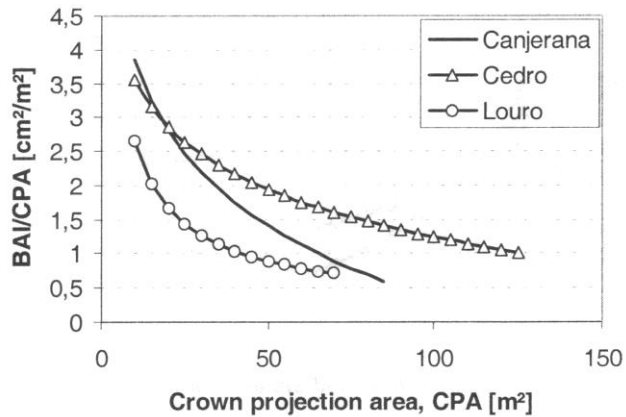
(Fig. 6 and 7),

which may depend on species, tree- and crown-dimensions, describe how efficiently certain trees are able to use space which is given to them by releasing their crowns. This may help in deciding which trees to release and which ones to remove, and thus help defining individual tree thinning guidelines (selection thinning).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

FIGURE 5: Crown efficiency of predominant Canjerana (*Cabralea glaberrima*), Cedro (*Cedrela fissilis*), and Louro (*Cordia trichotoma*) after Durlo (1997). Small crowns of Canjerana and Cedro are equally efficient, while such of Louro are less efficient. Larger crowns of Canjerana and Louro are equally efficient, while such of Cedro are more efficient.

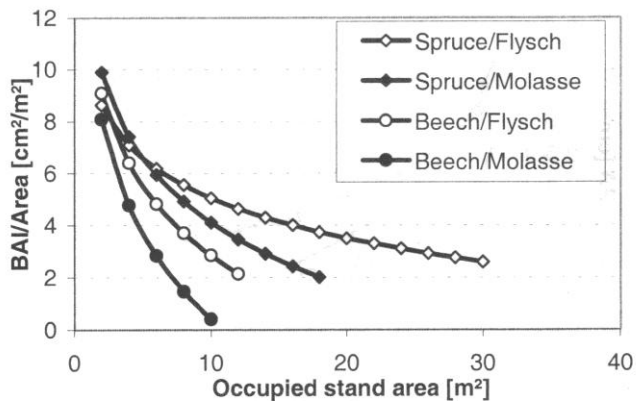
FIGURA 5: Eficiência de copa de canjerana, cedro e louro predominantes segundo Durlo (1997). Copas pequenas de canjerana e cedro possuem eficiência igual, enquanto as do louro são menos eficientes. Se as copas são maiores, as da canjerana e do louro possuem a mesma eficiência, enquanto as do cedro são mais eficientes.



2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

FIGURE 6: Area efficiency of pole stage Norway spruce (*Picea abies*, L. Karst.) and Common beech (*Fagus silvatica* L.) on two geological sites after Walch (2001). With increasing area efficiency decreases generally. Spruce generally grows more efficient than beech, and both species use their space less efficiently on the poorer sites in the Molasse.

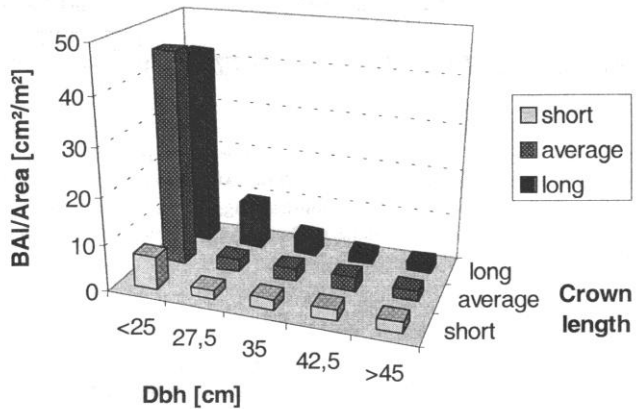
FIGURA 6: Eficiência em área de píceas (*Picea abies*, L.Karst.) e de fáiás (*Fagus silvatica* L.) na idade de desbaste, em duas regiões de material de origem diferente. A píceas em geral possui crescimento mais eficiente do que a fáiás; ambas as espécies usam a espaço menos eficiente nos sítios mais pobres oriundos de “Molasse”.



2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

FIGURE 7: Area efficiency of Norway spruce (*Picea abies*, L. Karst.) depending on dbh and crown size after Sterba (1999b). Especially with long crowns, smaller spruce trees use their space more efficiently.

FIGURA 7: Eficiência em área de píceas (*Picea abies*, L.Karst) dependendo de dbh e copa, segundo Sterba 1999b. As píceas mais finas e de copas longas usam o espaço disponível mais eficientemente.



3.2 INDIVIDUAL TREE GROWTH MODELS

From a large number of plots with repeated individual tree observations, equations, describing growth of different tree dimensions, depending on site, tree size and competition (Equations 3-8) can be combined to formulate individual tree growth models, which allow for the simulation of different treatment scenarios, to help silvicultural decision making.

$BAI = f(SITE, SIZE, COMPETITION)$ Equation 2

$ih = f(SIZE, COMPETITION, BAI)$ Equation 3

$CR = f(SITE, SIZE, COMPETITION)$ Equation 4

$Mort = f(SITE, SIZE, COMPETITION)$ Equation 5

$Ingrowth = f(SITE, SIZE, COMPETITION)$ Equation 6

There is already a large number of such growth models of different types (Stage, 1973, Ek and Monserud, 1975). For Austrian tree species the simulators MOSES (Hasenauer, 1994) and PROGNAUS (Monserud et al. 1997) have been developed. First steps for constructing such a growth model for secondary natural forests in southern Brasil have been done by Durlo (1997).

4. SUMMARY

Individual tree observations in even-aged stands help to better define thinning strategies and to give more detailed results (not only sums and averages). In uneven-aged and mixed species forests are necessary to describe "growth laws" for individual trees, and to formulate individual tree growth simulators which must replace the "yield tables", which cannot be used in these kind of forests.

In order to enable efficient use of such observations they have to follow some rules:

- The design and layout for plots have to be adapted to the aim of the research, and must not contain confounding between tree growth affecting factors.

- *The decision which variables to measure on the plots and of the individual trees have to be steered by the hypotheses which measures will be most important in the growth process, rather than by the question if they are easy to measure.*

- In order to allow long term evaluation and interpretation of the

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

data, the variables must be defined meticulously in forms and keys, so that there is no freedom left for the field crew to invent new terms and/or definitions, and to put their "opinions" into the way they assess data.

5. REFERENCES:

- Abetz, P., J. Klädte, 1997: Anhand von Z-Baum-Normen. Bewirtschaftung von Mischbeständen beliebiger Struktur und Zielsetzung. AFZ Der Wald 52(4):203-205
- Assmann E., 1956: Natürlicher Bestockungsgrad und Zuwachs. Fw.Cbl. 75:257-269.
- Assmann, E., 1959: Höhenbonität und wirkliche Ertragsleistung. Fw.Cbl. 78:1-20.
- Assmann, E., 1961: *Waldtragskunde. BLV München.*
- Durlo, M. 1997: Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrella fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwäldern Südbraziliens. Dissertation. Universität für Bodenkultur, Wien. 175 pp.
- Ek, A.R. and Monserud R.A., 1975: Methodology for modeling forest stand dynamics. Department of Forestry University of Wisconsin-Madison Staff Paper Series #2
- Faber P.J. , 1982: Die Standflächenschätzung über den Distanzfaktor. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 54(1):11-15
- Finger, C.A.G. 1991: Ein Beitrag zur Ertragskunde von *Eucalyptus grandis* und *Eucalyptus saligna*. Dissertation. Universität für Bodenkultur Wien. 135 pp.
- Hasenauer, H., 1994: Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-
- Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. Forstl. Schriftenreihe Univ. f. Bodenkultur, Wien. Bd. 8.
- Kindermann, G.E. 1998: *Die Flächenanteile der Baumarten, Dipl.Arb. Univ. f. Bodenkultur Wien.45 pp.*
- Monserud R.A., H. Sterba and H. Hasenauer 1997: The Single-Tree Stand

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Growth Simulator

- PROGNAUS. In: Teck, R., M. Moer & J. Adams (eds): Proceedings: Forest vegetation simulator conference. 1997: Feb. 3-7, Fort Collins, CO. INT-GTR-373. Ogden, UT. USDA. For.Serv. Int.Res.Stn: 50-56.
- Pollanschütz, J. 1974: Erste ertragskundliche und wirtschaftliche Ergebnisse des Fichten-Pflanzweiteversuches Hauersteig. In: Egger, J. (Ed.): 100 Jahre Forstliche Versuchsanstalt Wien. Eigenverlag der FBVA Wien:99-171.
- Reineke, L.H. , 1933: Perfecting a Stand-Density index for even aged forests. Journal of Agricultural Research. Washington D.C. 46(7):627-638
- Römisch, K. , 1995: Durchmesserwachstum und ebene Bestandesstruktur am Beispiel der Kiefernversuchsfläche Markersbach. Hempler, J. (Hrsg.): Deutscher Verband forstl. Forschungsanstalten, 8. Tagung Tharandt/Grillenburg.
- Spiecker, H. , 1983: Durchforstungsansätze bei Eiche unter besonderer Berücksichtigung des Dickenwachstums. AFJZ 154(2):21-36
- Stage A.R. , 1973: Prognosis model for stand development. USDA Forest Service Research Paper INT-137.
- Sterba H. 1987: Estimating Potential Density from Thinning Experiments and Inventory Data. For. Sci. 33:1022-1034.
- Sterba, H. 1999a: Genauere Höhenmessungen – Bedeutung des Höhenzuwachses in der Waldwachstumskunde. Cbl. ges. Forstw. 116:141-154.
- Sterba, H. 1999b: 20 Jahre Zielstärkennutzung in der "Hirschlacke", Stift Schlägl. AFJZ 170(9):170-175.
- Walch, St. 2001: Standflächeneffizienz und Schirmflächenleistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Dipl.Arb. Univ.f.Bodenkultur Wien. 53 pp.
- Wildt, R. J. 1995: *Operationalität eines Verjüngungsaufnahmeverfahrens.* Dipl.Arb. Univ. f. Bodenkultur Wien. 97 pp.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Wykoff, W. R. , 1990: A Basal Area Increment Model for Individual Conifers in the Northern Rocky Mountains. Forest Science Vol.36 Nr.4 S.1077 – 1104

Yoda, K. Kira, T. Ogawa, H. Hozumi, K. , 1963: Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural condotions.(Intraspecific competition among higher plants XI). Journal of Biology; Osaka City University; 14:107-129

CONCEPTS WITHIN FOREST ECOSYSTEM MODELING AND
THEIR APPLICATION

O USO DE MODELOS DE SIMULAÇÃO COMO APOIO ÀS
DECISÕES DE MANEJO FLORESTAL – TIPOS DE MODELOS
EXISTENTES E ESTRATEGIAS DE EMPREGO

Hubert Hasenauer¹

SUMMARY

Forest ecosystem models are designed to reproduce, quantify and describe forest ecosystem processes. Conflicting interests such as simplicity, observability and biological realism must be addressed to ensure a well balanced modeling approach. Three major modeling concepts have been developed and successfully applied within forest ecosystem modeling: (1) Management models, (2) Succession models and (3) Biogeochemical models (BGC-Models). The objective of this paper is to introduce the different concepts, explain the main components, address advantages and disadvantages in assessing specific end-user needs and to discuss possible improvements to enhance the different modeling approaches. As a result it is concluded, that the development of one “supermodel” seems to be tempting, but too complex and thus neither feasible nor reasonable. From a scientific point of view, it is important to allow each modeling concept to evolve separately so that the innovative strength of each approach can be further developed and improved.

Key words: Forest growth, system analysis, forest models, sustainability

ABSTRACT

Modelos de ecossistemas florestais estão estruturados para reproduzir, quantificar e descrever processos. Há conflitos de interesse entre simplicidade, objetividade e realismo biológico que devem ser considerados para garantir uma aproximação bem balanceada. Distingue-

¹ Dr. Institute of Forest Growth Research, University of Agricultural Sciences. Peter Jordan Str. 82, A-1190 Wien.

se três conceitos maiores que foram empregados com êxito na modelagem

de ecossistemas florestais: (1) modelos para produção florestal, (2) modelos de sucessão e (3) modelos bio-geo-químicos (modelos BGQ). O objetivo da contribuição presente é dar uma introdução aos conceitos diferentes, explicando os componentes principais, mencionando vantagens e desvantagens, para ir ao encontro das necessidades específicas do usuário e para discutir possíveis adaptações a fim de aperfeiçoar os diferentes acessos à modelagem. Concluímos que, parece tentador querer desenvolver um “supermodelo”, mas por ser demasiadamente complexo não é realizável nem apropriado. Do ponto de vista científico é importante deixar evoluir-se cada conceito de modelagem separadamente para que o potencial inovativo de cada método possa desenvolver-se e aprimorar-se no futuro.

Palavras-chave: Crescimento florestal, análise de sistemas, modelos florestais, sustentabilidade

1. INTRODUCTION:

Forest Ecosystem models are developed to describe and quantify forest ecosystem processes. According to the objectives and the scientific background of the model developer they assess the dynamic of forest ecosystems. Conflicting interests such as (1) simplicity, (2) observability and (3) biological realism are important constraints for model building and application. Because field observations are usually only available for a short time periods, models are an important tool to extrapolate in space and time (Pacala et al. 1996).

An important constraint in our modeling efforts is that in some areas the knowledge of the ecosystem functioning is poor. In such situations models help to detect research needs. Simple input - output approaches are used until a comprehensive understanding of missing knowledge is available.

Within science the term model is defined as the simplified reproduction of a much more complex reality (Shugart 1998). Thus models will always include a more or less high level of abstraction. Within a model we create a system which is less complex than the reality, but still describes the pattern and behavior of the considered area of a real world scenario. Models are available in a wide variety of forms ranging from conceptual models, to graphical models as well as computer models (Kimmins 1987).

Building models needs a system analytical approach (see Figure 1). First a problem has to be formulated. According to the criteria simplicity, observability and biological realism, the objectives have to be defined. In this

step the framework of the model functioning in terms of its application and reliability of expected model output is defined. Once the problem and the objectives are clear the planning of resources are an important step because data collection is expensive and time consuming. Thus a lot of our modeling efforts are often limited by the availability and the accuracy of the data available. This limits the scaling in space and time. If models should be applied on a larger scale or a longer time period the data structure used for calibration and initializing models have a major impact to the reliability of the expected output.

Every modeling work has to include a model validation or evaluation. This step is a continuous process because each model represents the combination of the latest available knowledge and has to be evaluated and enhanced to ensure reliability. Usually data not used for calibration should be used for assessing the expected error range for key output variables. Please note that one important objective of modeling building is to mimic nature as good as possible e.g. the biological realism of the model output.

Within forest ecosystem modeling it is important to understand the function of ecosystem processes (1) under undisturbed „regular“ conditions before (2) scenario analysis (assumed disturbances) are performed. Such scenario simulations are important for sensitivity analysis and thus they are a major step in evaluating and testing the reliability of expected model output. The level of detail and the scaling have resulted in a typical model structure

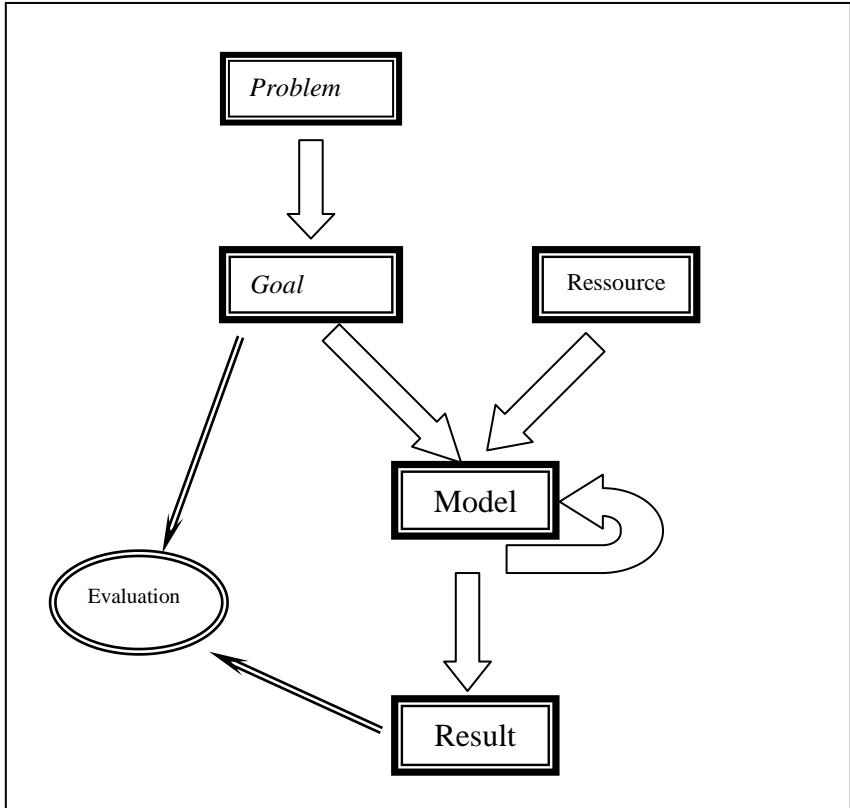


FIGURE 1: System analytical approach to design forest ecosystem models.
FIGURA 1: Classificação analítica para estruturar modelos de ecossistemas florestais

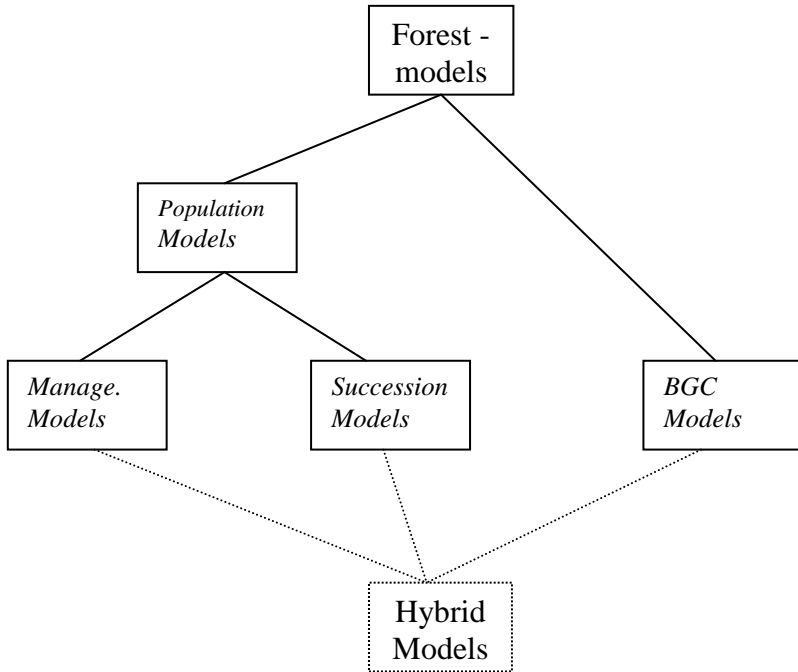


FIGURE 2: The three most common forest ecosystem modeling concepts.
FIGURA 2: Os três conceitos mais comuns de modelagem de ecossistemas florestais

Forest ecosystem processes have a wide variety in space and time. While some processes may be on a leaf or tree level (such as photosynthesis etc.) other may act on regional or even global scale (e.g. expected climate change, etc.). The same holds for time. Some processes are finished within seconds or even less (e.g. gas exchange within the stomata) while other take years or centuries to have an impact on a forest ecosystem (e.g. soil processes, etc.). These differences in scaling are very critical if we wish to combine different processes. Here the conceptual combination and implementation of the three major modeling criteria simplicity, observability and biological realism are important for ensuring a „well balanced“ model. Furthermore each model needs to have a unit.

Models are developed to combine existing knowledge, describe interactions between key ecophysiological processes, formulate hypotheses, identifying gaps in our knowledge and perform scenario analyses to support decisions. With the development of the computer industry and the improvement of our ecological understanding a wide variety of models have been developed. Nevertheless from a conceptual point of view we may distinguish between the following forest ecosystem modeling concepts (Hasenauer 2000 – see Figure 2).

2. MANAGEMENT MODELS:

Forest conditions are assessed by periodical forest inventories. For forest planning, however, models are needed to predict the future forest development and to ensure sustainable cuttings and income.

Forest management has traditionally relied on yield tables to estimate yields for forest management decisions (Weise 1880, Schwappach 1890). The main assumptions concerning yield tables are that the forest stands they describe are pure, even aged and have no or only one stand treatment. Based on a given site quality (e.g. site index) the mean stand development over time – one rotation period – is described.

With the movement toward uneven-aged forest management and based on the general understanding that uneven-aged mixed species stands increase or at least maintain soil fertility, increase biodiversity and improve stand resilience, existing yield tables are increasingly unreliable. One possibility to forecast yield within such stands is to develop stand growth models that operate at the individual tree level (see Pretzsch 1992, Hasenauer 1994, Sterba et al. 1995, Nagel 1999). The main advantage of tree models is that they are independent from any specific mixture, age and stand treatment, because the growth and mortality of each tree within a stand is described over time.

From a conceptual point of view we may distinguish between tree models which predict the periodical 5 year growth rates (diameter and height increment) based on a given potential which is reduced to actual growth of a tree versus those who predict periodical tree growth directly. Tree mortality is determined by a survival probability within a given period. Such models have been developed mainly to have an alternative tool (replace yield tables) within uneven-aged mixed species stands and to ensure sustained forest management.

TABLE 1: Yield tables versus tree growth models a comparison.

TABELA 1: Comparação de tabelas de produção versus modelo de crescimento

Yield table	Tree Growth Model
Operate on a stand level	Operate on a tree level
Site index	Site index, site descriptors
Mean stand development (height, DBH, Volume, etc.)	Development of each tree within the stand
Only one treatment	No limits
Only one tree species	No limits
Mean stand age	Age independent
No regeneration model	Regeneration or ingrowth models

3. SUCCESSION MODELS:

Succession, Gap or Patch models describe the reproduction growth and mortality of trees (Botkin 1993). Old trees die which results in forest gaps or patches in which new trees will grow (Shugart 1998). The first and most famous succession model was JABOWA (Botkin et al. 1972) developed for describing the stand dynamics of the Hubbard Brook experimental forest in the Northeastern US. Since than numerous applications have been developed (Shugart 1998, Paccala et al. 1996, Lexer and Hönninger 2001).

Similar to the site specific “growth potential” of management models a predefined species specific growth potential considered as the maximum growth is calculated. Next reduction factors for assessing the competition for light, temperature water, and nutrients (nitrogen) are driven in form of so called response functions. These response functions are multiplies between 0 and 1 and reduce the species specific potential growth to actual values according to site variation and the competitive status of the trees. Thus, succession models explicitly assess the impact of temperature, water and nutrients on tree growth by applying multipliers while management models use individual tree competition measures to predict the 5 year growth rates of trees.

Although tree growth is simulated the main goal of succession models is to describe vegetation patterns over time. The stand dynamics as it has evolved during centuries was and still is one of the main features. The

regeneration, growth and death of individual trees and the interaction between different tree species are key features. Management impacts are usually not assessed and the interaction between the different main driving forces of growth (energy, temperature, water, nutrients) are main research areas to enhance the functioning of this model type. Today such models are used for assessing the potential vegetation pattern and changes in the vegetation distribution under expected climate change.

4. MECHANISTIC MODELS:

Mechanistic models describe the circulation, transformation and accumulation of energy, within and through a forest ecosystem. Their main goal is to describe the interaction between plants and the surrounding environment therefore such models are often called process or biogeochemical models (BC-Models). In contrast to tree population models such as management or succession models, BGC models incorporate a mechanistic description of the interaction between plants and the surrounding environmental conditions (Waring and Running 1998). Consequently they are designed to be responsive to changes in environmental conditions.

BGC Models operate on a monthly to daily time resolution to simulate the cycles of carbon, water and nitrogen for generalized biome types (Thornton 1998) or species (Pietsch and Hasenauer 2001). Leaf area index (LAI, m² leaf area per m² ground area) controls canopy radiation absorption, water interception, photosynthesis, and litter inputs to detritus pools. BGC models operate on a stand level and simulate net primary production (NPP) calculated using a photosynthesis routine (Farquhar et al. 1980) minus the autotrophic respiration. The autotrophic respiration comprises of the maintenance respiration, calculated as a function of tissue nitrogen concentration and growth respiration and a function of the amount of carbon allocated to the different plant compartments (leaf, root and stem).

NPP is partitioned into the leaves, roots and stems as a function of dynamical allocation patterns, considering limitations due to availability of and competition for nitrogen. BGC models require meteorological input data, such as daily minimum and maximum temperature, incident solar radiation, vapor pressure deficit and precipitation.

BGC have been successfully applied particularly for large scale applications. Their specific strength is the description of the carbon cycle. Thus BGC models are considered as the classical carbon cycle models used

for assessing growth responses to environmental impacts (see Hasenauer et al. 1999). The monthly daily time resolution adequately addresses the annual patterns of weather events. Other applications of BGC models are the description of the water cycle (Running and Coughlan 1988) and the nutrient cycle as it may depend of the tree population. Major attempts in improve mechanistic modeling techniques is to enhance the species representation (Pietsch and Hasenauer 2001) and to include management scenarios.

5. APPLICATION EXAMPLES:

In this chapter a typical stand management oriented example, and a example for applying mechanistic modeling techniques will be presented.

5.1. Thinning Scenarios within Scots pine stands:

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is an important commercial tree species in Austria. Natural regenerated pine stands are quite dense and from a commercial point of view this may be important because it ensures pruning. However, dense pine stand are highly susceptible to storm or wind damage. Small tree crowns, and a high height/diameter ratio of greater than 80 (an expression for tree or stand stability) indicate this high risk for dense pine stands.

The purpose of this study was to investigate the growth and risk potential of pine stands planted with 2500 trees per hectare versus a very dense planted pine stand with 10.000 trees per hectare. Three different site classes (poor, middle and good) are assumed and at a top height of 15 m stands were thinned according to the following scenarios: (1) no thinning, (2) thinning from below with about 20 % basal area removal, and (3) thinning from above with about 35 % basal area removal. The last option additionally assumes that a harvester should be used for logging. The harvester line is assumed to be 4 m in width and every 20 m one harvester line is needed. After thinning the stand development will be simulated for the next 20 years for comparing the different scenarios.

The appropriate model chosen is MOSES (Modeling Stand rESponse) a distance dependent individual tree growth model developed for management scenario assessments (Hasenauer 1994). The model consists of a diameter increment, height increment model, a crown model and a mortality function. The approach for predicting tree growth over time is based on the assumption, that the current annual height and diameter

increment depends on the potential height driven from dominant tree height functions and the potential diameter increment as it results from open grown trees (Hasenauer 1997). This potential is reduced by a function of the crown ratio representing the growing conditions in the past, the competition index according to Monserud (1975) and the change in competition as it may result from stand treatments. Additionally the model has included a risk assessment tool as it depends on the stand stability parameters and the random appearance of snow damages. The time interval is 5 years. Because the change of each tree according to its specific competition situation within a stand is formulated the model is an appropriate tool for assessing growth response to different stand densities.

Table 2 gives the results for the scenarios of the dense (planted with 10.000 trees/ha) and a very good site class and Figure 3 shows the stand situations of the stand at time of planting and at the end of the scenario run 20 years after thinning.

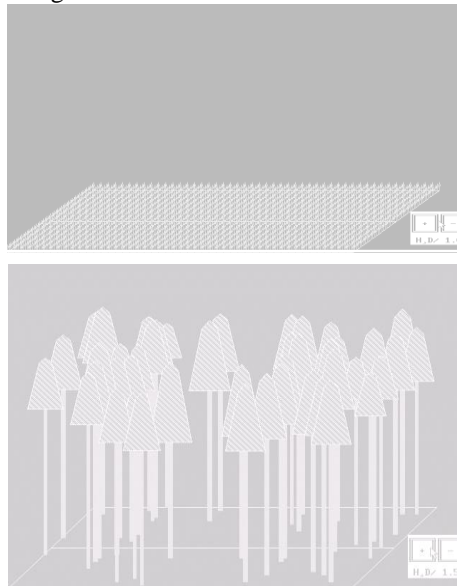


FIGURE 3: Simulated stand situation with MOSES. Left the stand situation at the time of planting (10.000 trees/ha) and right 20 years after thinning.
FIGURA 3: Simulação para um povoamento usando MOSES. Situação para a época do plantio (esquerda), e 20 anos depois de um desbaste (dir.)

TABLE 2: Results of the simulation example for the Scots pine stand planted with 10.000 trees/ha, thinned at 15 m top, 20 years after thinning.

TABELA 2: Resultado de simulação para um povoamento de *Pinus sylvestris*, com 10.000 árvores plantados por ha; desbastado aos 15 m de altura dominante, mostrando-se as características dendrométricas 20 anos depois.

Treatment	dg	N/ha	BA	V	% snow
no thinning	25.8	556	29.0	312.9	30.1
20 % removed	26.2	677	36.6	395.2	10.8
35 % removed	27.2	486	28.3	305.2	12.1

5.2. Modeling Forest Ecosystem Restoration

For centuries, European Forests have been influenced by humans resulting in a reduction of forest covered land area, changes in forest species distribution and soil conditions. Fast growing tree species such as Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) were promoted in large areas typically covered with broadleaf or mixed species stands to increase commercial timber growth. Accumulation of poorly degraded litter and other negative effects have reduced the resilience of such secondary coniferous stands and have increased their susceptibility to environmental stress factors such as air pollution, pathogen infection, wind and snow damage (Führer 1990). Thus the assessment of ecosystem processes within secondary coniferous stands, as well as their potential to restore the resilience to biotic and abiotic stress factors is an important challenge within forest ecosystem research.

One method to assess the effects of species composition and how its impact may change over time, is the use of mechanistic models. Such models integrate the main biogeochemical and physiological processes based on the current understanding of key ecophysiological mechanisms and incorporate a mechanistic description of the interaction between plants and the surrounding environment (Waring and Running 1998). The objectives of this application was to change the key ecophysiological parameters so that the model adequately addresses the energy, water, carbon and nitrogen flux using published literature for Norway spruce and common beech (*Fagus sylvatica* L.), evaluate these changes with daily, seasonal and long term data from four intensive research sites; and finally evaluate the new species parameter settings.

To assess the water-, carbon- and nitrogen- cycle by species data from two Norway spruce and common beech stands were available. For each species we adapted the transpiration rates, carbon allocation patterns, respiration and finally species related changes concerning the nitrogen cycle (Pietsch and Hasenauer 2001). Because four plots are not enough for a thorough validation of the model we obtained 26 spruce and 18 beech plots established within the research program Forest Ecosystem Restoration (Sterba and Hasenauer 2000). The plots varied in site index, stand density and stand age and represented an excellent data source for model validation. on each plot soil nitrogen and soil carbon as well as the standing tree volume per hectare were available for model comparison. No systematic trend between model output and the field data was detectable. The results for predicted vs. observed tree volume as well for soil nitrogen are shown in FIGURES 4. and 5. For further details see Pietsch and Hasenauer (2001).

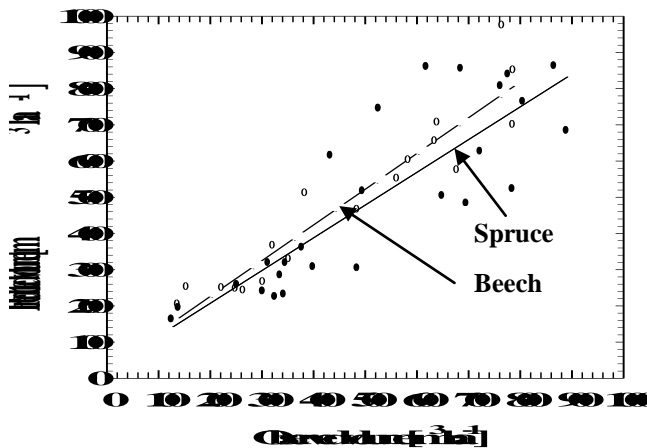


FIGURE 4: Predicted vs. observed tree volume including the regression lines using the independent validation data.

FIGURA 4: Volume por ha prognosticado versus observado, incluindo as regressões, usando dados independentes de avaliação

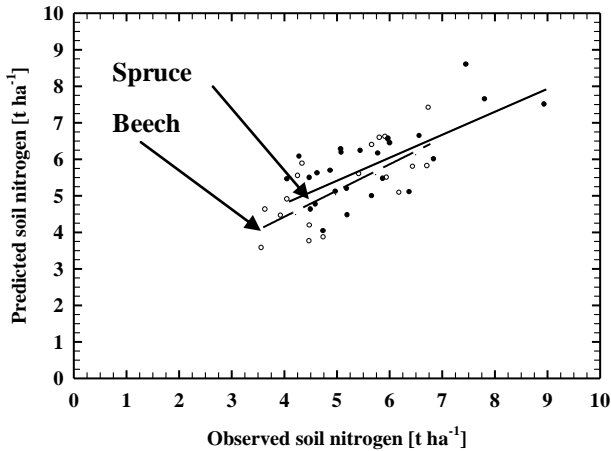


FIGURE 5: Predicted vs. observed soil nitrogen including the regression lines using the independent validation data.

FIGURA 5: Nitrogênio do solo prognosticado versus observado, incluindo as regressões, usando dados independentes de avaliação

6. DISCUSSION AND CONCLUSION:

Forest Ecosystem models assess forest ecosystem processes. They are designed to detect, quantify and reproduce the dynamic within our forests. Because ecosystems evolve or change slowly and the data collection is expensive, models are an important tool to extrapolate forest ecosystem processes in space and time. The scaling from a point to the landscape (bottom up approach) or down from the landscape to a plot (top down approach) is important for a successful application. According to the background of the model developer, the main subjects of interests and the basic principles for building models (simplicity, observability, biological realism), three main formalisms or modeling concepts have been developed (see Figure 2).

Management models are the classical growth and yield models used for forest management. Their main goal is to forecast timber growth and to ensure sustained forest management. Succession models assess vegetation patterns and are used to understand the tree population dynamics as it has evolved over the last centuries. Mechanistic models, explicitly designed to

understand the complex interaction between the energy, water and nutrient cycle within forest ecosystems, are used for assessing the interactions and flows among forests and the surrounding environment. They are also considered as the classical carbon cycle models.

In this paper two different modeling concepts were applied. The management oriented tree growth model MOSES (Hasenauer 1994) was used to develop treatment scenarios within Scots pine stands. The main results of this modeling exercise can be summarized as follows: The highest current stand value was reached with the stand of 2500 planted trees versus those planted with 10.000 trees per hectare. The diameter distribution and thus the percentage of saw timber was very good, suggesting that pine plantations with 2500 trees and a thinning treatment at 15 m top height significantly increased the value of the standing tree volume. The highest stand risk was evident for the untreated very dense (10.000 trees/ha) stand.

In our second example a biogeochemical model was used to assess the carbon and nitrogen budget within spruce and beech stands. As a result we can conclude (see Figures 4 and 5) that the model adequately predicts the stem carbon and the soil nitrogen as well as the soil carbon (not shown) and that no bias was evident (Pietsch and Hasenauer 2001).

It is shown that both mechanistic as well as management oriented modeling can be applied successfully for scenario calculations. Please note that the level of detail and thus the complexity was different but adequately addressed the objectives and expected needs. The correct choice of model complexity is an important step within modeling because it ensures an efficient use of available resources, keep modeling simple and thus the enhances the reliability of the modeling output.

7. ACKNOWLEDGEMENTS:

Research results presented in this paper were supported by the Austrian Science Foundation within the Research Program Forest Ecosystem Restoration (SFB 008). I greatly appreciate the support by Prof. Dr. Franz Andrae for translating the summary, figure and table captions into Portuguese as well as my presentation for the conference – thanks a lot.

8. LITERATURE CITED:

BOTKIN, D.B., JANAK, J.F. UND WALLIS, J.R. 1972. Some ecological consequences of a computer model of forest growth. *Journal of Ecology*. 60:

849-872.

BOTKIN, D.B. 1993. Forest dynamics: an ecological model. Oxford University Press, Oxford. 309 S.

FARQUHAR, G.D., CAEMMERER, VON S. UND BERRY, J.A. 1980. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ plants. *Planta*. 149: 78-90.

FÜHRER, E. 1990. Forest decline in central Europe: Additional aspects of its cause. *Forest Ecol. and Manage.* 37: 249-257.

HASENAUER, H. 1994. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. *Forstl. Schriftenreihe, Univ. f. Bodenkultur, Wien. Österr. Ges. f. Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung an der Univ. f. Bodenkultur. Band 8: 152 S.*

HASENAUER, H. 1997. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. *Forest Ecol. and Manage.* 96: 197-206.

HASENAUER, H., NEMANI, R.R., SCHADAUER, K. UND RUNNING, S.W. 1999. Forest growth response to changing climate between 1961 and 1990 in Austria. *Forest Ecol. and Manage.* 122: 209-219.

HASENAUER, H. 2000. Principios para a modelagem de ecossistemas florestais. *Ciência & Ambiente*. 20: 53-69.

KIMMINS, J.P., 1987. Forest ecology: models and the role in ecology and resource management. Macmillan Publishing Company, New York. pp. 460-474.

LEXER, M.J. UND HÖNNINGER, K. 2001. A modified 3D-patch model for spatially explicit simulation of vegetation composition in heterogeneous landscapes. *For. Ecol. and Manage.* 144: 43-65.

MONSERUD, R.A. 1975. Methodology for simulating Wisconsin northern hardwood stand dynamics. Ph.D. Thesis, Univ. of Wisconsin, Madison. 156 p.

NAGEL, J. 1999. Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für NW Deutschland. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/Main. 122 S.

PACALA, S.W., CANHAM, C.D., SAPONARA, J., SILANDER, J.A.JR.,

- KOBE, R.K. UND RIBBENS, E. 1996. Forest Models Defined by Field Measurements: Estimation, Error Analysis and Dynamics. *Ecological Monographs*. 66 (1): 1-43.
- PIETSCH, S. A., AND H. HASENAUER. 2001. Using mechanistic modeling within forest ecosystem restoration. *Forest. Ecol. and Manage.* (in press).
- PRETZSCH, H. 1992. Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. Institut für Ertragskunde der Forstl. Forschungsanstalt München. 115: 332 S.
- RUNNING, S.W. UND COUGHLAN, J.C. 1988. A general model of forest ecosystem processes for regional applications. I. Hydrologic balance, canopy gas exchange and primary production processes. *Ecological Modelling*. 42: 125-154.
- SCHWAPPACH, A. 1890. Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände. Verlag Julius Springer, Berlin. 100 S.
- SHUGART, H.H. 1998. Terrestrial ecosystems in changing environments. Cambridge University Press, Cambridge. 537 S.
- STERBA, H., MOSER, M., HASENAUER, H. UND MONSERUD, R.A. 1995. PROGNAUS ein abstandsunabhängiger Wachstumssimulator für ungleichaltrige Mischbestände. Deutscher Verband Forstl. Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde. Eberswalde/Berlin. 173-183.
- STERBA, H. AND H. HASENAUER. 2000. The special research program „Forest Ecosystem Restoration“. In: Hasenauer, H. (ed.). Proc. Int. Conference on Ecosystem restoration FER 2000. Vienna, Austria. pp 257-263.
- THORNTON, P.E. 1998. Description of a numerical simulation model for predicting the dynamics of energy, water, carbon and nitrogen in a terrestrial ecosystem. University of Montana, Missoula, MT.
- WARING, R.H. UND RUNNING, S.W. 1998. Forest ecosystems. analysis at multiple scales. 2nd Edition. Academic Press.
- WEISE, W. 1880. Ertragstafeln für die Kiefer. Verlag Springer, Berlin. 156S.

BENEFIT AND DISADVANTAGES OF DIFFERENT METHODS TO ESTIMATE FOREST ATTRIBUTES

VANTAGENS E DESVANTAGENS DE DIFERENTES PROCEDIMENDOS DA TAXAÇÃO EMPREGADOS NO MANEJO FLORESTAL

Otto Eckmuellner¹

ABSTRACT

The classical methods to assess forest attributes, like timber volume, tree species share, stocking degree and others, are ocular estimates. The disadvantage of this method is the unknown accuracy and the possibility for bias. The result is in many cases a rough guess. To measure all trees of a forest, for a forest enterprise is not feasible. The solution to this problem could be either the application of a forest inventory or remote sensing methods. Forest inventories have the advantage of dealing with exactly defined accuracy and bias control. The disadvantages lies in the sampling result, no pattern results are available. Remote sensing method cover the entire area. The disadvantage is: if the data are cheap then the accuracy is low (for example satellite data). Otherwise the data acquisition is very expensive (Laser scanning or aerial photographs). Nevertheless a large number of training areas and ground reference data are needed to calibrate the models and to estimate the final accuracy.

Key words: Forest inventory, aerial photograph, remote sensing, laser scanning, height measurement

RESUMO

Estimativas oculares são os métodos clássicos para determinar indicadores florestais como volume de madeira, distribuição percentual de espécies, grau de estoqueamento e outros. A desvantagem destes métodos consiste na precisão desconhecida e na possibilidade de ocorrer erros sistemáticos. Muitas vezes os resultados são questionáveis. A solução do problema pode

¹ Institute of Forest Growth Research. University of Agricultural Sciences. Peter Jordan Str. 82, A-1190 Viena, Austria

ser a escolha de um inventário florestal ou o uso de métodos de sensoriamento remoto. Inventários florestais têm como vantagem controlar os erros sistemáticos e alcançar precisões definidas. As desvantagens consistem em que os resultados da amostragem não contêm informações sobre o padrão de distribuição espacial. Métodos de sensoriamento cobrem a área inteira. A desvantagem é que se os dados básicos podem ser obtidos com pouco custo, a precisão é baixa, o que por exemplo vale para dados de satélite. O contrário resulta quando a aquisição dos dados for dispendiosa (escaneamento laser ou fotografias aéreas). Nem por isso necessita-se de um número grande de áreas de treinamento e de dados de referência terrestre a fim de calibrar os modelos e para obter estimativas da precisão dos resultados finais.

Palavras-chave: inventário florestal, fotografia aérea, sensoriamento remoto, escaneamento laser, medição de altura

INTRODUCTION

In central Europe sustainable forestry has a long tradition. The major instrument to ensure sustainability are management plans (*Forsteinrichtung*). The older methods to achieve this began with an inventory of harvestable forest stands (*Schlagplanung* - planning of clearcuts). Then an inventory of all forest stands, was made, - at least the age was recorded. The method of yield regulation was the so called "Flächenfachwerk". In the XIX century many different yield regulation methods were developed using the age-class distribution combined with information on stand volume and increment. Only in the older stands was the volume measured. In younger stands the volume was a ocular estimate. The reason why this rough method gave good results was the repetition of this process every ten years. So the error and inaccuracy of the estimates would be corrected ten years later.

Estimations could be on an absolute (tree height [m], basal area [m²/ha], volume [m³/ha]) or an relative scale (share of tree species, crown ratio, crown closure, height-diameter relation). Estimations could be free (ocular, feeling) or supported (tables, ruler) and uncontrolled or controlled. The quality of estimation depends on the scale and on the object. If the size is near of sizes of human beings (finger, hand, tallness) an absolute quantity could be well estimated. If the object is well defined (for example: tree height or diameter at breast height) the accuracy of the estimation is better.

If the object is more or less abstract (like the diameter of the mean tree, the stand volume or site index) then the accuracy of the estimation would be poor. The solution to this problem is to measure, instead of estimating. To measure all trees of a forest for a forest enterprise is not feasible. The solution to this problem could be either the application of a forest inventory or remote sensing methods.

FOREST INVENTORY

In the last few years we could observe two different developments: very sophisticated methods are developed on national forest inventories or multiple purpose forest inventories based on permanent plots. Figure 1 shows the eight forms of the multiple purpose landscape inventory in the upper Austrian limestone national park. Simpler methods for forest enterprise are derived from these experiences. On the other hand very simple methods are developed for forest enterprises based on temporary plots and relationships derived from data of more sophisticated forest inventories. Figure 2 shows a form of a very simple forest inventory. Only the number of trees in the angle count sample are recorded by tree species (or groups of tree species). The diameter at breast height of the estimated central tree (median of the basal area distribution) and of a dominant tree (if the number of trees of this tree species is higher then four) are measured by tree species. From the central tree of spruce the height will be measured, the stand age and the radial increment are measured on a core taken from this tree.

In the case of the multiple purpose landscape inventory in the upper Austrian limestone national park, three people are needed to perform the measurements. On a normal day only two to three sample points could be measured. In the case of the very simple forest inventory one person performs the measurement, an average of ten sample plots are measured in a day.

The data from the multiple purpose landscape inventory in the upper Austrian limestone national park gave a wide range of possible investigations (cf H. Sterba, 2001: "Using permanent sampling of individual trees as a source of information for forest management"). But no pattern results are available.

The figure displays eight distinct forms used for a landscape inventory. Each form is titled 'Naturrauminventur Nationalpark Kalkalpen - Pilotprojekt 1994'. The forms include various sections for data entry, such as 'Standortbeschreibung' (site description), 'Vegetationsaufbau' (vegetation structure), 'Pflanzensoziologie' (plant sociology), and 'Vegetationskartierung' (vegetation mapping). They also feature numerous tables and grids for recording specific data points, including species lists and spatial coordinates. The forms are arranged in a grid-like pattern, showing different stages or components of the inventory process.

FIGURE 1: The eight forms of the multiple purpose landscape inventory in the upper Austrian limestone national park
 FIGURA 1: Oito formulários do inventário paisagístico com finalidades múltiplas, usado no parque nacional „Kalkalpen“ no estado da Áustria Superior

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

aufgenommen von:

am:

Baumnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Auszeige																														
	WZP			Anz. WZP-Bäume			BHD Z-Stamm			H Z-Stamm			ir Z-Stamm			Alter		Bhd ho-Stamm			Flächenmerkmale									
	Nummer			Fi/Ta La/Ki LH tot			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki			Jahre		Fi/Ta La/Ki LH WKl												

Baumnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Auszeige																														
	WZP			Anz. WZP-Bäume			BHD Z-Stamm			H Z-Stamm			ir Z-Stamm			Alter		Bhd ho-Stamm			Flächenmerkmale									
	Nummer			Fi/Ta La/Ki LH tot			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki			Jahre		Fi/Ta La/Ki LH WKl												

Baumnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Auszeige																														
	WZP			Anz. WZP-Bäume			BHD Z-Stamm			H Z-Stamm			ir Z-Stamm			Alter		Bhd ho-Stamm			Flächenmerkmale									
	Nummer			Fi/Ta La/Ki LH tot			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki			Jahre		Fi/Ta La/Ki LH WKl												

Baumnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Auszeige																														
	WZP			Anz. WZP-Bäume			BHD Z-Stamm			H Z-Stamm			ir Z-Stamm			Alter		Bhd ho-Stamm			Flächenmerkmale									
	Nummer			Fi/Ta La/Ki LH tot			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki			Jahre		Fi/Ta La/Ki LH WKl												

Baumnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Auszeige																														
	WZP			Anz. WZP-Bäume			BHD Z-Stamm			H Z-Stamm			ir Z-Stamm			Alter		Bhd ho-Stamm			Flächenmerkmale									
	Nummer			Fi/Ta La/Ki LH tot			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki LH			Fi/Ta La/Ki			Jahre		Fi/Ta La/Ki LH WKl												

FIGURE 2: Form of a very simple forest inventory
 FIGURA 2: Formulário de um inventário bem simples

The field measurement of the very simple forest inventory is easy and quick. The computation requires many models: height curve models (Eckmuellner, 1985), volume functions (Pollanschuetz, 1974), yield tables, models to derive the dominant height of other tree species (Vospernik, 2001), models for bias correction (Eckmuellner, unpublished). The result will be volume, site index, stocking degree, periodic volume increment, diameter distribution by tree species or groups of tree species. But no pattern results are available.

REMOTE SENSING

Remote sensing method cover the entire area. Figure 3 show a scene of satellite data in Tyrol (in the lower part we could see the city of Innsbruck).

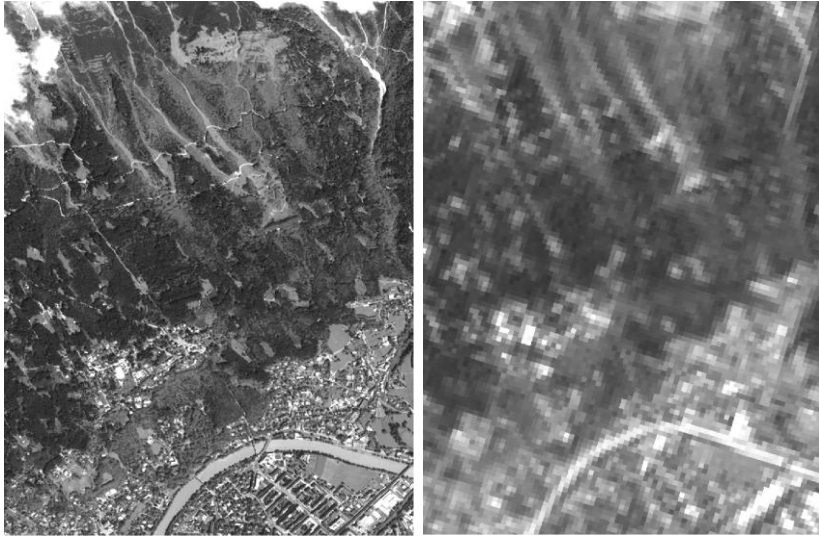


FIGURE 3: Comparison of the resolution of two different satellite data sets. On the left side Ikonos data with a resolution of 2 x 2 meters, on the right side Landsat Tm data with a resolution of 30 x 30 meters)

FIGURA 3: Comparação da resolução de duas unidades diferentes de dados de satélite. Dados provenientes do Ikonos, com resolução de 2 por 2 m (e.), e dados Landsat TM com resolução de 30 por 30 m (d.)

Two major problems exist using optical sensors: clouds and shadow - on the right side of figure 3 same clouds hide the ground. In alpine regions shadow from the mountains bring a lot of disturbances in the data. The accuracy is not very high (Table 1 and 2).

TABLE 1: Accuracy of vegetation classification

TABELA 1: Precisão de classificação da vegetação

Source	Classification in	Overall Accuracy
Aerial photo	7 natural age classes	82 %
Landsat TM	3 natural age classes	78 %
Landsat TM	5 crown-closure classes	75 %
Landsat TM	7 tree species mixture classes	85 %

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABLE 2: Accuracy of height, basal area and volume of different sensors
 TABELA 2: Precisão da altura, da área basal e do volume obtida mediante diferentes sensores

	Mean height [m]			Basal area [m ²]			Volume [m ³]		
	Mean	s	CV%	Mean	s	CV%	Mean	s	CV%
	16,4	7	43	17,9	10,1	56	156,5	105,2	67
(1)	R ²	SEE	SE%	R ²	SEE	SE%	R ²	SEE	SE%
Aerial photograph	0,34	5,4	32	0,48	7,0	38	0,48	73	46
Spot XS	0,37	5,9	36	0,44	7,6	42	0,44	79	50
Landsat TM	0,26	6,1	37	0,38	8,0	45	0,35	85	54
Spot PAN	0,17	6,4	39	0,31	8,4	47	0,31	88	56
ERS SAR	0,03	7,0	42	0,07	9,8	55	0,06	102	65
							Mean	s	CV%
							166	59	36
(2)							R ²	SEE	SE%
Aerial photograph A							0,44	44	27
Aerial photograph B							0,36	47	28
							Mean	s	CV%
							156	97	62
(3)							R ²	SEE	SE%
Landsat TM							0,66	56	36
							Mean	s	CV%
							267	158,7	59
(4)							R ²	SEE	SE%
Aerial photograph							0,72	84	32
							Mean	s	CV%
							198	50	25
(5)							R ²	SEE	SE%
Aerial photograph							0,59	32	16
							Mean	s	CV%
							430,2	155	36
(6)							R ²	SEE	SE%
Aerial photograph							0,81	68	16
							Mean	s	CV%
							25,4	7	26
							36,4	11,8	32
							416	110,7	27
							R ²	SEE	SE%
Laser	0,77	1,8	8	0,74	6,1	12	0,71	60	15

(1) Hyypä et al., 2000 (4) Beisch et al., 1996

(2) Holmgren et al., 1997 (5) Spellmann, 1986

(3) Holmgren et al., 2000 (6) Akca et al., 1987

LASER SCANNING

Laser scanning is an active system - the laser becomes independent of clouds and shadows. Figure 4 show the digital forest and a digital terrain model derived from laser scanner data.

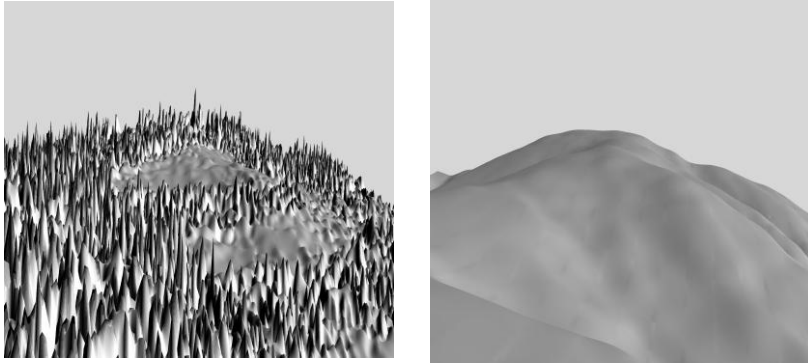


FIGURE 4: Digital forest and a digital terrain model derived from laser scanner data

FIGURA 4: Floresta digital e modelo digital do terreno, deduzido de dados de escaneador laser

Laser scanning has great potential to provide vegetation information, therefore it has good potential for use in forestry. In contrast to photogrammetry, or more general, remote sensing, (which focuses on the thematic aspects in a geo-coded context) the main application of laser data lies in their geometric aspects. With photogrammetric methods, the crown surface can be measured; the lack of ground information, however, makes estimation of tree heights very inaccurate. The advantage of laser scanning in this regard, is its ability to penetrate vegetation.

Several methods to estimate stand heights from the laser data were investigated. These are compared with the terrestrially obtained height values (measured using the Relaskop or Vertex). For each tree, all laser points within a sample radius calculated according to open grown trees (Hasenauer, 1997) were used to obtain a height distribution.

Since the laser data show significant "noise" at the ground level, a height threshold of 3 m was chosen. Any points below this threshold are

assumed to be ground points. The following variables were calculated from the distributions: mode, median, standard deviation, quadratic mean, skewness, kurtosis, the 90th and the 95th percentile. Figure 5 presents histograms of the relative elevations for the summer first pulse, for two selected trees.

The data analyses show that there is no possibility to estimate the height of dominated (intermediate) or suppressed trees. Only in ~10% a second relatively maximum (below the real mode) could be found. So it was necessary to exclude these trees from the analysis. The statistical analysis shows that the best estimation of tree height could be done with the 90th percentile of the laser off-terrain points. They were no significant differences between spruce and fir, and between pine and larch. Between these groups of tree species (spruce/fir, pine/larch and beech) there existed significant differences (Figure 6).

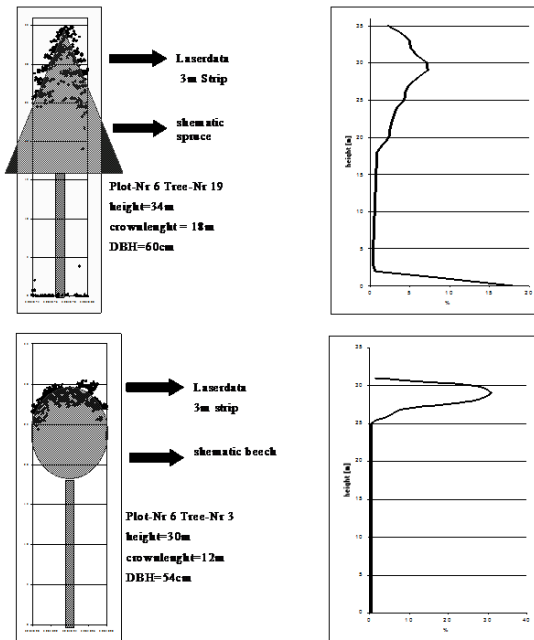


FIGURE 5: An example histogram of laser data for spruce and beech
 FIGURA 5: Exemplo de histograma a partir de dados laser para *Picea abies* e *Fagus sylvatica*

The standard error of the estimates is ± 1.4 m, which is relatively good compared to the mean standard errors of the terrestrial observations of ± 1.2 to ± 1.5 m for coniferous and ± 1.7 m for deciduous trees (Sterba, 1999, Eckmuellner and Rieger, 2000). Generally, the tree heights correlate better with summer first than with winter last, which is reasonable. There is a significant bias in tree height estimation dependent on tree species. For beech, the 90th percentile of laser data, overestimates the terrestrially obtained heights by 0.6 m. For pine and larch, an under-estimation of 1.6 m could be found. Finally, for spruce and fir, this bias is dependent on the 90th percentile of laser data, with a range from an under-estimation of 1.5 m for trees with a 90th percentile of 10 m to an overestimation of 0.7 m for trees with a 90th percentile of 35 m.

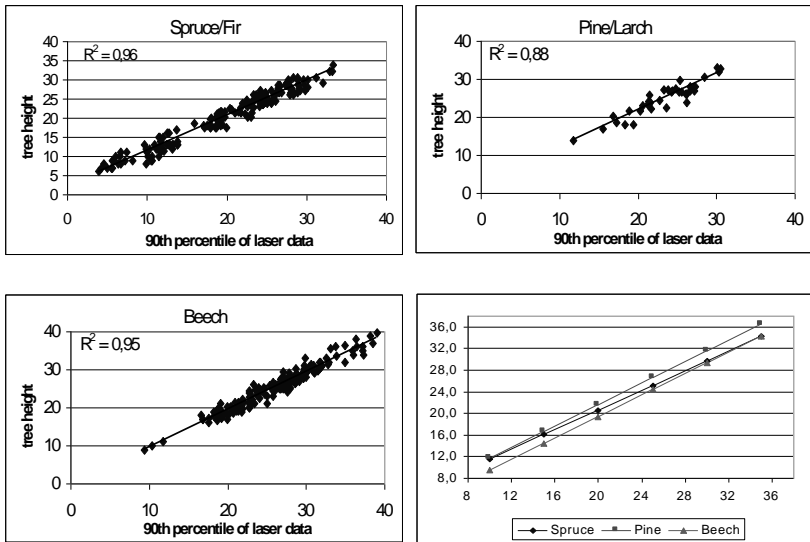


FIGURE 6: Estimates of tree height from the 90th percentile of laser flight summer first pulse for Spruce and Fir, Pine and Larch, and Beech, and a comparison between the models

FIGURA 6: Estimativa da altura de *Picea abies*, *Abies alba*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua* e *Fagus sylvatica* a partir da 90ª percentual do primeiro eco de um vôo laser no verão e comparação dos modelos

The standard error of estimation (± 1.4 m) is similar to terrestrial

measurements. Reasons for measurement errors and imprecision of height measurements are frequently reported (Abetz and Merkel, 1962, Loetsch et al., 1973). Additionally, a systematic underestimation of tree heights between 0.6 and 0.9 meters was also observed (Jablko and Perlwitz, 1998, Rondeux and Pauwels, 1998, Skovsgaard et al., 1995 and Williams et al., 1994).

The tree heights can be estimated with high accuracy compared to ground reference data. The empirical tree height model needs to be further checked for its robustness on other data. A theoretical model needs to be developed, although the 90th percentile is a reasonable variable.

The segmentation method determined 17 out of 19 trees in this plot. One very small tree in the upper left quarter of the image was merged with the neighboring trees. Examining the same area in the tree height image it was also impossible to find this tree by visual interpretation. In this case the resolution of the laser scanner data was too low or the one meter raster grid too coarse to generate an image feature for this tree. The top left quarter also shows two trees merged. In the tree height image these two trees are separated only by a hardly identifiable valley. This valley gets blurred in the smoothing step and the regions representing the two trees merge.

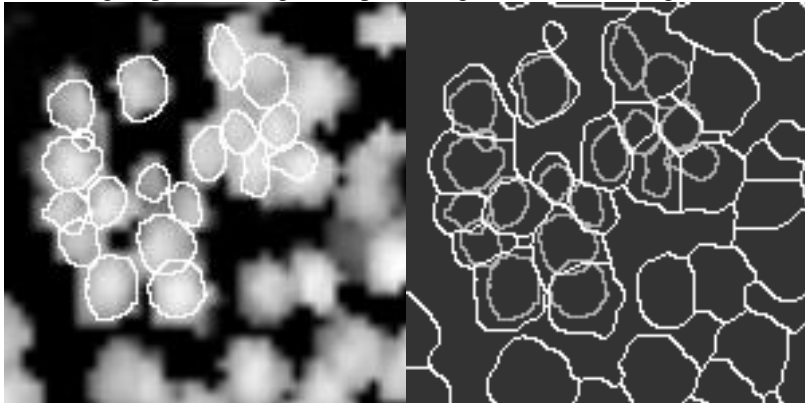


FIGURE 7: Crown maps (left) and segmentation – light lines - vs. crown maps – dark lines - (right)

FIGURA 7: Na esquerda planta baixa das copas e sua segmentação, com linhas claras – versus planta das copas, desenhadas com linhas escuras (direita)

Further tests showed that the method works quite well for trees standing not too dense. Especially coniferous trees were segmented correctly

in most of the cases. In dense areas the method tends to merge tree crowns. The only sensible parameter of the whole method is the smoothing scale. The optimal scale depends on the crown sizes of the trees in the examined area. Especially when there exists a variety of crown sizes it is difficult to find the optimal scale. A high smoothing scale ends up in a merging of trees standing dense, but too low smoothing scales split up single trees into several segments. Due to this fact future work will focus on adaptive blurring and scale space approaches to improve the smoothing part of the method.

New developments in forest inventory methodology and new methods of remote sensing will open new ways to assess forest attributes.

REFERENCES:

ABETZ, P., MERKEL, O., 1962, Zur Genauigkeit der Baumhoehenmessung mit dem Hoehenmesser von Blume-Leiss. AFJZ 133, pp. 277-285.

AKCA, A., ZINDEL, U., 1987, Zur Vorratsschaetzung mit Hilfe von digitalen Luftbilddaten und Regressionsmodellen bei der Baumart Fichte. AFJZ 158: 109-115.

BEISCH, T., EILERMANN, F., 1996, CIR-Luftbilder aus Hochbefliegungen zur Vorrats- und Zuwachsschaetzung. Forstarchiv 67: 3-7.

ECKMUELLNER, O., 1985, Einheitshoehenkurven und Alters-Hoehen-Durchmesserfunktionen fuer Fichte und Buche im Lehrforst. Diplomarbeit, Universitaet fuer Bodenkultur Wien: 66 S.

ECKMUELLNER, O., RIEGER, W., 2000, Information fuer den Forstbereich aus Laserscannerdaten. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII: Beitraege zum AGIT-Symposium Salzburg 2000 / Strobl /Blaschke /Griesebner (Hrsg.) - Wichmann Heidelberg: 124-135.

HASENAUER, H., 1997, Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. Forest Ecology and Management 96, pp. 197-206.

HOLMGREN, J., JOYCE, S., NILSSON, M., OLSSON, H., 2000, Estimating stem volume and basal area in forest compartments by combining satellite image data with field data. Scan. J. For. Res. 15, pp. 103-111.

HOLMGREN, P., THURESSON, T., HOLM, S., 1997, Estimating forest

characteristics in scanned aerial photographs with respect to requirements for economic forest management planning. *Scan. J. For. Res.* 12, p.189-199.

HYYPPE, J., HYYPPE, H., INKINEN, M., ENGDAHL, M., LINKO, S., ZHU, Y., 2000, Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes. *Forest Ecology and Management* 128, pp. 109-120.

JABLKO, P., PERLWITZ, W., 1997, Baumhoehenmessgeraete im Vergleich. *Allg. Forstzeitschrift* 15, pp. 815-817.

LOETSCH, F., ZOEHRER, F., HALLER, K.E., 1973, *Forest Inventory Vol. II.* Bv. Verlagsgesellschaft Muenchen, Bern, Wien, 469 p.

POLLANSCHUETZ, J., 1974, Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten, *Oesterreichische Forstzeitung* 85 (12).

RONDEUX, J., PAUWELS, D., 1998, Le Forestor Vertex: Une Nouvelle Génération de dendromètres. *A. For. Fr.* L-1-1998, pp. 59-64.

SKOVSGAARD, J.P., JOHANNSEN, V.K., VANCLAY, J.K., 1995, Accuracy and Precision of two Laser Dendrometers. *Forestry*, 71, pp. 131-139.

SPELLMANN, H., 1985, Waldeinteilung, digitale Bestandeskartierung und Flaechenermittlung mit Hilfe des Luftbildes. *Forstarchiv* 56: 186-190.

SPELLMANN, H., 1986, Zur Genauigkeit der Vorratsermittlung aus Luftbildern. *Forstarchiv* 57: 56-61.

STERBA, H., 1999, Higher accuracy of tree height measurements – the significance of height increment in growth and yield theory. *Centralblatt f. d. ges. Forstwesen*, 116, pp. 141-154.

VOSPERNIK, S., 2001, Bonitieren im Mischbestand. Diplomarbeit Institut fuer Waldwachstumsforschung. 56 S..

WILLIAMS, M.S., BECHTOLD, W.A., LABAU, V.J., 1994, Five instruments of measuring tree height: an evaluation. *South. J. Appl. For.* 18, pp. 76-82.

MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE MADEIRA NA INDÚSTRIA FLORESTAL – QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME, PESO E SORTIMENTOS COMO VÍNCULO ENTRE PRODUÇÃO DA FLORESTA E A QUANTIDADE, TRANSFORMADA NA INDÚSTRIA

WOOD MENSURATION METHODS IN FOREST INDISTRY - VOLUME, WEIGHT AND ASSORTMENT DETERMINATION AS INTERFACE BETWEEN FOREST PRODUCTION AND THE QUANTITY TRANSFORMED IN THE INDUSTRY

Franz Andrae¹

RESUMO

A determinação de quantidade e valor da madeira é o último ato da produção florestal, e o primeiro na transformação da matéria prima madeira. Considerando a situação de usos de comercialização na Europa Central, observamos um desenvolvimento contínuo de métodos de medição de acordo com a política de aquisição das indústrias, dos tipos de matéria prima comercializados e também das máquinas empregadas nos trabalhos florestais, bem como de transporte e de transformação da madeira. Da característica deste mercado e dos usos de comercialização resulta um desafio constante para a pesquisa dendrométrica, mas também para as práticas silviculturais, a fim de aproveitar as chances de otimização da produtividade florestal. A base de tudo isto é um comum acordo entre produtores e consumidores de matéria prima madeira, de normas que definem os sortimentos e os métodos de sua medição; estas são a base da política de preços da madeira no mercado, e possibilitam que qualquer produtor de madeira tenha acesso ao mercado de madeira.

Palavras-chave: dendrometria comercial, mercado da madeira, normas

¹ Engenheiro Florestal, Dr., Institute of Forest Growth Research. University of Agricultural Sciences. Peter Jordan Str. 82, A-1190 Viena, Austria.

INTRODUÇÃO

No mercado de madeira da Europa Central se entrelaçam duas esferas de economia aparentemente independente, a da produção das empresas florestais, e a da transformação das indústrias madeireiras. Neste âmbito de transição atua a dendrometria comercial, que deve satisfazer as necessidades de ambos, vendedores e compradores da madeira. Tratando-se de uma área de muita tradição, encontramos usos e normas de avaliação, as quais, por terem uma longa história, são bastante regionalizados ou nacionais e por isso muitas vezes incompatíveis. Os costumes de medição comercial até mesmo em países de potencialidades madeireiras grandes, como o Japão, os países escandinavicos, e inclusive dentro da Europa Central, ou nos EUA, são tão diferentes que dificultam a internacionalização do comércio.

O desenvolvimento tecnológico e o crescimento vertiginoso das indústrias nas décadas passadas fez com que se tornasse preciso adaptar os métodos usados de quantificação, incluindo na Europa as tentativas de harmonização dos métodos nacionais tradicionais (Weidner et al. 1999). A dendrometria comercial assim enfrentou desafios frequentes de inovação. Sem dúvida é principalmente da indústria de transformação que partem os impulsos para uma inovação.

A quantificação possui um papel diferente para os parceiros: para o produtor da madeira o conhecimento da dimensão volumétrica é preciso para o pagamento de operários, para a determinação da produção e o controle da sustentabilidade, para a venda e a manutenção de estoques e para o planejamento operacional; a medição comercial será o ponto final de uma longa série de evidências. A mesma medição comercial, então, deveria servir à indústria madeireira como ponto de partida na transformação para controlar o sorteamento, para planejar e acompanhar a produção, e verificar, acompanhando, o estoque e as vendas; dependendo do ramo da indústria e das características de seus produtos, variam as dimensões e os costumes praticados no mercado de madeira.

Constatamos que existe um mercado onde se encontram parceiros fortes de produção e de transformação, rico em sortimentos primários que são muito diversificados quanto aos seus valores. Dada esta diversificação há muito tempo se provou necessário criar normas reconhecidas, empregadas na regulação do mercado nacional, facilitando a transparência e a flexibilidade na disposição e objetivando a formação dos preços de mercado.

A complexidade dos fluxos de madeira e a integração das indústrias incentivou na Áustria, sobretudo, a criação de um órgão em comum

(chamado de FPP, Forst-Platte-Papier, isto é Floresta-Chapa-Papel), que promove pesquisas e prepara acordos entre os parceiros; o financiamento é em comum, e tem por finalidade também incentivar o uso da madeira.

A madeira pode ser considerada uma matéria prima de valor limitado por unidade de volume ou peso, fazendo com que o processo de medição se torne cada vez mais oneroso à medida que encarece a mão de obra. Observamos conseqüentemente dois processos em relação à medição comercial: uma tendência de racionalização geral, seguida da tentativa de avaliar critérios qualitativos correlacionados com o produto final a partir da madeira crua.

MÉTODOS E TENDÊNCIAS NAS SERRARIAS

O objetivo principal dos proprietários florestais é a produção de madeira para serraria. A grande flexibilidade das normas quanto aos comprimentos e diâmetros aceitos possibilita formar sortimentos para serraria desde as idades dos primeiros desbastes.

Dada a estrutura dos preços, continua sendo tradição *determinar a dimensão e a qualidade de cada tora*. Faz parte da tradição que o produtor e o comprador meçam e qualifiquem a madeira em conjunto no local do corte. A subtração da fração da casca é feita usando tabelas ou reduções amplamente aceitas. Continua-se praticando este procedimento ainda nas serrarias pequenas.

A grande maioria da madeira comercializada hoje se mede eletronicamente nos pátios das serrarias, onde os equipamentos se encontram imediatamente antes ou após do descascador, e cujos resultados servem para organizar o aproveitamento na fábrica, bem como determinar o valor das toras. A aceitação da transferência da medição para a serraria exigiu um ambiente de seriosidade e formação de confiança, mas também da reorganização da contabilidade nas empresas florestais. Ao contrário de alguns anos atrás (Klebes et al. 1990), não há mais divergência em torno da determinação eletrônica do volume, uma vez que os equipamentos sejam calibrados e controlados por terceiros. Restam porém incertezas quanto à classificação qualitativa (Höbart, 1998), segundo critérios internos e externos da madeira, feita subjetivamente pelo operador do complexo descascador-eletrônica, e que influem bem mais sobre o valor de uma tora do que variações de seu volume. Mas não há dúvida, a automatização da medição significa uma diminuição apreciável dos custos, só para as empresas florestais de 5 a 15 %, segundo Schöpfer (1982) e Fischer et al. (1990).

As características internas da madeira continuavam porém na maioria das vezes desconhecidas, desde que não se manifestassem nas faces ou na superfície da tora. Há tempo que se investiga a classificação automática da madeira serrada (Rinnhofer et al. 1997), já que a velocidade do processo de serração está se tornando cada vez maior. Ultimamente as tecnologias de qualificação aí empregadas estão passando a ser desenvolvidas com sucesso para a madeira crua também, possibilitando inclusive a determinação da espessura da casca, da densidade da madeira, de galhos ocultos e outros (Holz-Kurier, 2001), fechando aos poucos a lacuna subjetiva ainda existente para uma automatização completa da dendrometria comercial.

Em consequência dos avanços de mecanização das operações de corte nas florestas, se observa uma tendência nova. Estão ocorrendo experimentos de equipar os „harvester“ com sistemas de medição do volume, já alcançando precisão razoável até. Grußdorf (1997), fazendo comparações com cubagem rigorosa de lotes individuais, com aproximadamente 25 m³ cada um, achou somente diferenças inferiores a $\pm 3\%$. Pode-se duvidar, se isto já significava o primeiro passo de um retorno das determinações de volume comercial à floresta. Visto os progressos de medição nas próprias serrarias e o consenso geral em reconhecer a medição eletrônica como padrão, não é provável. Atualmente parece que as possibilidades de medição junto à exploração sejam utilizadas para sectionar sortimentos desejados e para a contabilidade interna da empresa florestal.

Além da medição de tora por tora existem *métodos de amostragem* para matéria prima das serrarias também.

A relação entre peso verde e volume de pilhas é bastante estreita, desde que se trate de cargas homogêneas em espécies e dimensões; nestas condições, diz Markstrom, 1997, há uma precisão do volume de uma carga de $\pm 11\%$ (aos 95 % de probabilidade), quando determinado através do peso. Uma precisão assim passa a ser suficiente, quando se trata de florestas de propriedade da própria indústria, ou de propriedade muito grande que vende um grande número de cargas a um mesmo comprador. A medição por peso não é suficientemente precisa, quando as propriedades florestais são menores e o volume comercializado for pequeno também. Atualmente a medição do volume de um caminhão de toras, através do peso verde, não é praticada na Europa Central. Na comercialização de *Pinus radiata* na Nova Zelândia (Ellis, 1993), por exemplo, ou nas florestas federais dos EUA (Markstrom 1997), a medição indireta através do peso é comum.

Era comum também nos complexos de integração floresta-indústria

do Leste europeu durante as governos socialistas. Aí também se usou fatores de empilhamento como método de estimativa rápida do volume sólido de cargas de toras para serrarias; várias vezes ao ano os fatores de conversão m³/estéreo foram calibradas.

A desvantagem de todas estas medições rápidas é que se obtém somente uma estimativa do volume de uma carga inteira. Por isto não podem ser empregadas no caso de mercado com grande heterogenidade de preços, como função de qualidade e dimensão da madeira. Mercado este que exige a avaliação de cada tora individualmente.

Um caso especial encontramos nas toras mais finas, que serão desdobradas com picadores; trata-se de um material relativamente homogêneo, de pequeno valor unitário. Para a sua medição, a fins de comercialização, se comprovou econômico uma amostragem, a qual mede somente as toras atingidas por linhas colocadas sistematicamente sobre as faces de pilhas. Determina-se o volume médio destas peças, multiplicando-o pelo número de toras da pilha, obtendo-se uma medida representativa do volume total, servindo estes dados, também, para uma classificação segundo dimensões (Bort et al, 1991).

Esta representatividade já não existe no procedimento de medir todas as peças de cima de uma pilha, porque as toras na periferia não representam a distribuição verídica dos volumes na pilha. Elas possuem diâmetros sistematicamente maiores, causando uma sobreestima do volume real de 5 a 10 (ou mais) % (Kohnle, 2000).

MÉTODOS E TENDÊNCIAS NAS INDÚSTRIAS DE CHAPAS E CELULOSE

A matéria prima empregada provém diretamente da floresta, ou das serrarias, ou de reciclagem. A medição comercial de madeira ocorre nos primeiros dois casos, e envolve sortimentos de madeira de comprimento curta, longo ou misto, com ou sem casca, fina até grossa, roliça ou sobras da serraria e cavacos. Considerando a finalidade da industrialização, é obvio que esta variação de materiais exige o emprego de uma série de medidas, dificilmente comparáveis e que muitas vezes carecem de uma relação íntima com o rendimento. Inúmeros fatores de conversão continuam sendo usados para a determinação de estéreos.

À medida que a madeira comprida foi sendo aceita pelas indústrias, também o volume sólido se tornou unidade de comercialização, cujo custo de medição, peça por peça, aos poucos se tornou inaceitavelmente caro em

relação ao valor da madeira. Há aproximadamente 30 anos atrás iniciaram as pesquisas sobre a medição por peso seguido de tentativas de sua introdução na comercialização da madeira industrial.

A racionalização da medição comercial se referia a unidade caminhão ou vagão já que, devido à peculiaridade das estruturas fundiárias e industriais na Europa Central, era preciso determinar o volume de cada uma destas unidades com o máximo de precisão. A dimensão peso, em vez de volume, interessava a indústria não somente devido à medição mais racional, como também por ser mais expressivo quanto a correlação com a seu produto final. Para os produtores barateou a medição, mas em consequência eles perderam o controle na venda e a continuidade na dimensão do volume nos seus registros. Para superar o impasse, foi instituído um órgão imparcial de controle e criado o comite de cooperação FPP, mencionado anteriormente.

Desde a introdução da medição por peso as indústrias aumentaram consideravelmente as suas capacidades, crescendo assim o raio de seu abastecimento e incluindo novos fornecedores até no exterior. Também houve uma tendência de comercializar as sobras das serrarias cada vez mais no formato de cavacos, e também foram desenvolvidos tipos apropriados de viaturas para o transporte. Hoje, até numa mesma indústria, vem sendo utilizada conseqüentemente matéria prima bastante variada, proveniente de pequenos e grandes produtores florestais, do mercado nacional ou internacional, madeira de desbastes e de cortes finais, sortimentos desde madeira crua com casca até cavacos, transportados pelos mais variados tipos de veículos. Necessariamente existem vários métodos de medição lado a lado, e as possibilidades de uma maior racionalização ainda estão limitadas.

Apesar da técnica avançada da determinação do peso seco da madeira, usa-se ainda, quase que exclusivamente, a dimensão estéreo para madeiras de 1 a 2 m de comprimento, usada também para cavacos e outros sortimentos. Os fatores de conversão variam não somente para os sortimentos, como dependem também da procedência da madeira, do tipo de viatura, do modo de carregamento e da distância do transporte. A fixação de fatores médios de conversão para medição comercial dos diferentes sortimentos se baseia na experiência das indústrias e em resultados de investigações. O valor informativo destas médias para uma carga individual, que é a unidade de comercialização e contabilidade, porém é bastante relativo.

Análises¹ de dezenas de cargas relativamente homogêneas - mesma procedência, somente uma espécie de *Pinus*, madeira do primeiro desbaste, toda a madeira de 1 m de comprimento - mostraram que, os fatores de empilhamento tinham uma variação simples de $\pm 11\%$ entre as cargas.

Analisando quase uma centena de caminhões carregados com madeira de *Picea*, de comprimentos mistos de 2 a 6 m, comprovou-se que o fator de conversão volume sólido/estéreo variava em $\pm 7.2\%$.

Considerando ainda a variabilidade da densidade da própria madeira resulta que, a medição de estères não satisfaz a representatividade do peso seco de madeira recebida na indústria. Fatos semelhantes podiam ser demonstrados também na medição de cavacos quando usada a dimensão estère.

Para contornar o problema, foram desenvolvidos métodos que serviram para estimar o fator individual de cada carga, calculado com parâmetros que caracterizavam a qualidade do empilhamento. Com isto melhorou a informação sobre o volume sólido de uma carga, mas não resolveu o problema do conteúdo variável em massa seca. Este método, mais usado na Escandinávia, amenizou o problema do produtor florestal, mas não resolveu o da indústria de transformação.

A medição da madeira, usando a dimensão do peso, sem dúvida tem muitas vantagens e convém ao interesse da indústria de celulose principalmente. Certos sortimentos (como madeira industrial comprida) hoje são medidos somente assim, o seu uso para os demais sortimentos certamente será imposto sucessivamente.

A medição do peso fresco é simples e barata. A variabilidade do conteúdo de umidade da madeira durante o ano (fig.1) exclui o uso do peso fresco quando forem necessárias informações exatas de cada carga. Em caso de fornecimento contínuo de grandes quantidades de madeira por um único produtor é possível fazer correções mediante fatores periódicos.

Conteúdo percentual de massa seca

¹ Dados e gráficos citados, sem referência bibliográfica, provém de pesquisas do autor.

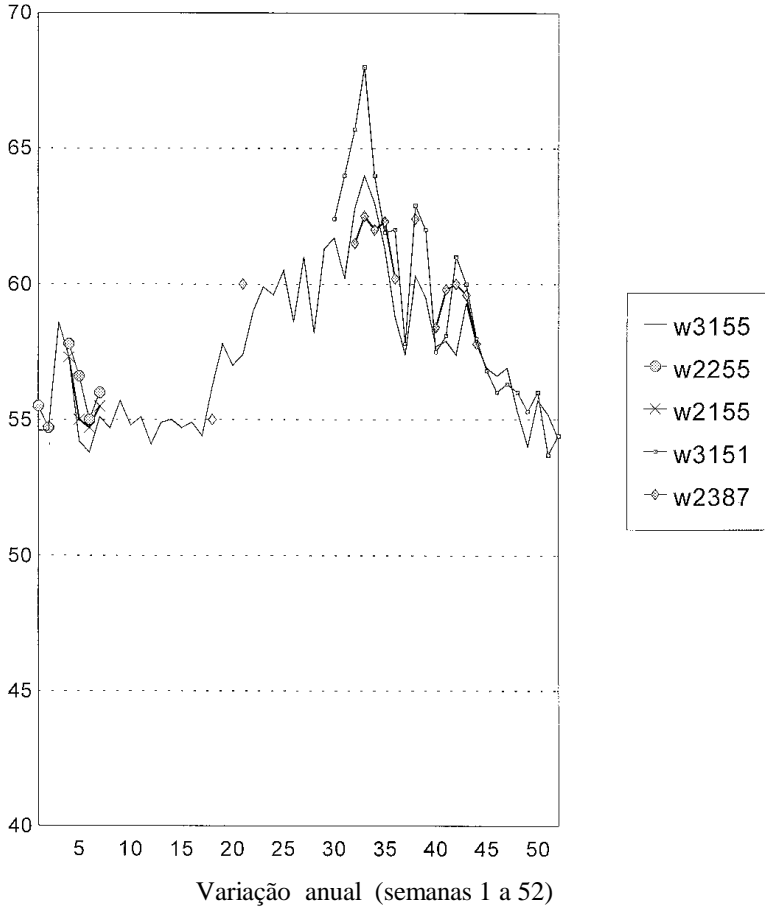
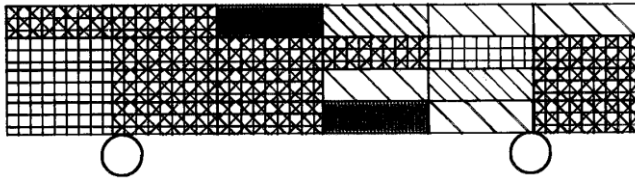


FIGURA 1: Variação anual (semanas 1 a 52, na escala horizontal) do conteúdo percentual de massa seca (escala vertical) em cargas de *Betula sp.* procedente da República Tcheca, determinado para vários tipos de transporte

Para as condições austríacas, a medição do peso seco é mais indicada. Precisa-se determinar para cada sortimento e meio de transporte um método de amostragem representativo. A variabilidade do conteúdo de massa seca por unidade de peso verde é grande, mesmo dentro de cargas

aparentemente homogêneas, procedentes de um único fornecedor (fig.2).



Frantschach Waggon 3 s(TGm)-1.97

FIGURA 2: Distribuição do conteúdo seco, em % do peso verde, dentro de um vagão com madeira de desbaste de *Pinus sp.*, comprimento 1 m, mesma procedência: o desenho indica que os compartimentos possuem conteúdos de 35 a 75 %.

A obtenção de amostras adequadas às vezes se torna problemática quando os veículos forem fechados, as superfícies expostas ao tempo, ou quando o descarregamento não permite uma amostragem paralela.

A variabilidade da distribuição da umidade dentro da carga é grande, independente se é de madeira crua ou não. Isto faz com que em geral não seja possível determinar com exatidão o peso seco de cargas individuais a baixo custo. Sem dúvida, os fornecedores de grandes quantidades de madeira à indústria levam vantagem quanto à precisão desde que os erros de medição não forem sistemáticos. No caso de serrarias grandes, por exemplo, que entregam as sobras à indústria de celulose, pode ser suficiente para determinar a umidade dos cavacos de uma fração pequena do número total de cargas, para alcançar um intervalo de confiança da quantidade anual vendida, inferior a 1 % (Fig 3).

Os métodos de pesagem para comercialização de madeira vem sendo atualmente bastante difundidos com o mercado crescente da “bioenergia”, isto é, o uso da madeira para a geração de calor ou de eletricidade.

Uma vez que a medição por peso se encontra em vias de introdução geral, já se percebe que o próximo passo será relacionado com uma determinação da qualidade: pois a medição de cavacos deverá incluir um fracionamento das amostras cujo resultado terá influência sobre o preço.

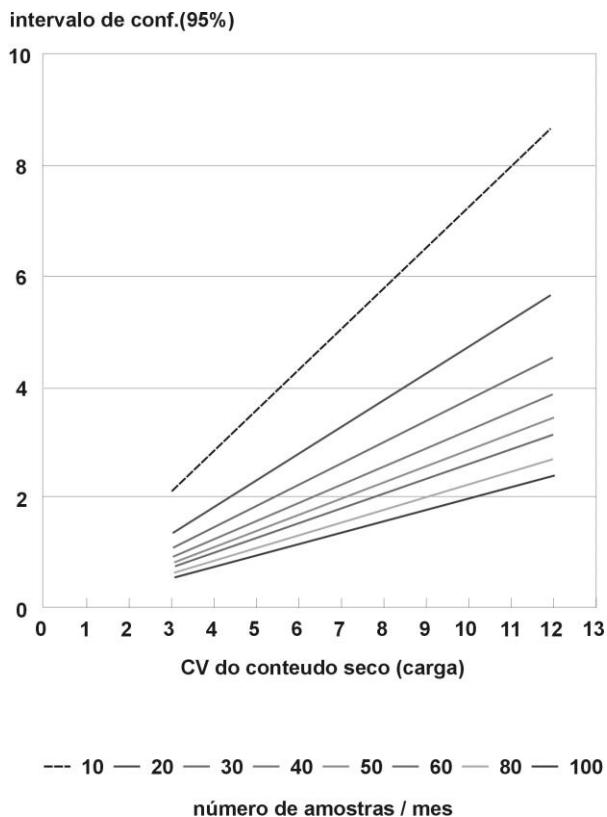


FIGURA 3: Relação entre o coeficiente de variação do conteúdo seco na carga, o intervalo de confiança mensal do peso seco, e o número de amostras por mês: a serraria vende 8400 vagões de cavacos por ano à indústria de celulose.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A tendência das indústrias de aumentar a sua capacidade e de ampliar a área de afluência de sua matéria prima gera a necessidade de unificação das normas para madeira roliça. Simultaneamente incentiva pesquisas de dendrometria comercial para vencer os desafios resultantes da diversificação da estrutura do abastecimento com madeira. Usa-se vários

métodos, numa mesma indústria, para fazer as medições comerciais a fim de atender os parceiros da produção e do comércio de madeira. No futuro as indústria de madeira usarão mais ainda as possibilidades de amostragem e a dimensão do peso, aliado às tentativas de objetivar as características qualitativas. Já nas serrarias a automatização da avaliação de características internas poderá trazer mais objetividade para venda/compra de madeira.

Para os produtores de madeira continua mais importante mirar a parceria das serrarias, ficando as demais indústrias de madeira em segundo plano. A existência de um mercado de madeira independente oferece oportunidade de participação a qualquer produtor florestal, independente se é grande ou pequeno. Isto por sua vez mobiliza automaticamente as potencialidades produtivas existentes no país. A estrutura dos preços da madeira, que considera um grande número de sortimentos normatizados exige do manejo florestal a consideração permanente dos efeitos econômicos das intervenções e dos tratamentos sobre os incrementos qualitativos e quantitativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUR F. 1891, Die Holzmeßkunde. Berlin, Verlag Paul Parey, 512 p.

BORT U., G. MAHLER 1990, Stichprobenvermessung von Profilspanerabschnitten. Forst und Holz, 46(8): 198-202

ELLIS J.C. 1993, Measurement of roundwood in New Zealand. N.Z.Forestry, 38(1): 16-20

ELLIS J.C., SANDERS D.H., D.PONT 1996, JAS log volume estimates of New Zealand radiata pine and Douglas-fir logs. N.Z.Forestry, 41(1): 32-36

FISCHER H.W., G.HAPPERSBERGER 1990, Erfahrungen mit der elektronischen Werkeingangsvermessung in Rheinland-Pfalz. Forst- und Holz, 1990 (12): 344-347

FPP 1984, Industrieholz, Bereitstellung, Lagerung, Gewichtsvermessung. Kooperationsabkommen Forstwirtschaft, Papier- und Plattenindustrie, 32 p.

FUHRMANN W., DIETZ H., A.TEISCHINGER 1995, Bedürfnisse und Trends für Hackschnitzelgeometrien der Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie. Holzforschung und Holzverwertung 1995(3): 48-51

GRUSSDORF S. 1997, Genauigkeit verschiedener Rohholzmeßsysteme an

Vollerntern. AFZ/Der Wald 52(3):119-121

GÜNTHER B., G.LEHMANN 1982, Umrechnungszahlen für Holz – Probleme, Fakten, Zusammenhänge. Beiträge für die Forstwirtschaft 16 (4): 181-186

HÖBART M. 1998, Mehr Transparenz bei Werksvermessung von Sägerundholz. Österreichische Forstzeitung 109(5): 30

HOLZ-KURIER 2001, Holz wird gläsern. Tomograph analysiert das Stamminnere. Holz-Kurier 56(28): 16-17

KLEBES J., G.MAHLER 1990, Die Werkvermessung im Praxistest – erste Ergebnisse und Erfahrungen. Forst und Holz 46(12):334-337

KOHNLE U. 2000, Verbesserung der Mantelmessung von Laub-Industrieholz. AFZ 55 (3):120-123

MARKSTROM D.C., R.M.KING 1997, Three-P Cubic Volume/Weight Scaling of Black Hills Sawtimber. USDA, For.Serv., RMN-RP 328: 9p

RINNHOFFER A., M.FLACH 1997, Automatische Qualitätsbeurteilung für Schnittholz: Dem Holzwurm auf der Spur. Holz-Kurier 52 (16): 4-6

SCHÖPFER W. 1982, Entwicklungstendenzen bei der Vermessung von Massensortimenten. Forstwiss.Cbl. 101(3):121-131

SIMANEK M. 1990, Zjednodusene mereni a evidence drivi u SVCSL a mereni na oplnovych odvonich soupravach. Proceedings, Tagung des tschechischen Forstvereines, Chomutov, Nov.1990: 106-123

WEIDNER U., et al. 1999, Rundholzsortierung nach Europäischen Normen. Holz-Zentralblatt 145(3.Dez.1999).

MANEJO DAS UNIDADES DE USO SUSTENTÁVEL
SUBORDINADAS AO IBAMA

MANAGEMENT OF THE SUSTAINABLE USE UNIT UNDER
IBAMA ADMINISTRATION

Ana Luísa Fagundes Salomão²

RESUMO

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) define a unidade de uso sustentável como unidade de conservação em que existe uma compatibilização da conservação da natureza com o uso sustentável de parte de seus recursos naturais. Nesse grupo estão incluídas, entre outras, as Florestas Nacionais e as Reservas Extrativistas. As Florestas Nacionais são manejadas segundo objetivos básicos, que são o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para a exploração sustentável de florestas nativas. As Reservas Extrativistas são manejadas tendo-se em vista o objetivo básico de proteger os meios de vida e a cultura das populações extrativistas tradicionais, que habitam a área, e de assegurar os usos sustentáveis dos recursos naturais da unidade. O uso das Florestas Nacionais e das Reservas Extrativistas deve realizar-se em harmonia com os objetivos da categoria e do Plano de Manejo.

Palavras-chave: unidades de conservação, Florestas Nacionais, uso múltiplo, plano de manejo

ABSTRACT

The National System of Conservation Units (SNUC) defines the group of sustainable use unit as a conservation unit where there is a compatibility of the environment conservation with the sustainable use of part of its natural resources. In this group are included, among others, the national forests and the extractive reserves. The national forests are managed according to basic objectives, which are the sustainable multiple use of the forest resources and

² Engenheira Florestal, Dr., Coordenadora-Geral de Florestas Nacionais, IBAMA. SAIN Av. L4 Norte. 70.800.200, Brasília – DF.

the scientific researches, emphasizing the methods of sustainable exploitation of the native forests. The extractive reserves are managed with the basic objective to protect the means of life and the culture of the traditional extractivists living in the area, and to assure the sustainable use of the unit's natural resources. The proper utilization of the national forests and the extractive reserves must be conducted in perfect harmony with the described objectives of each category and with a specific management plan approved by Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources – IBAMA.

Key words: conservation units, national forests, multiple use, management plan

INTRODUÇÃO

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

As unidades de conservação representam espaços territoriais destinados à conservação da natureza, compreendendo a preservação, manutenção, utilização sustentável, restauração e a recuperação do ambiente natural, visando a produzir, em bases sustentáveis, maior benefício, às atuais gerações, mantendo potencial para satisfazer as gerações futuras, de forma a garantir a sobrevivência dos seres vivos em geral. As unidades de conservação são legalmente instituídas pelo Poder Público, em limites definidos e sob regime especial de administração (SNUC 2000).

O SNUC apresenta as unidades de conservação divididas em dois grupos, de acordo com características específicas: unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável.

As unidades de proteção integral têm a preservação da natureza, como objetivo básico, admitindo somente o uso indireto de seus recursos naturais. Nesse grupo estão incluídas as Estações Ecológicas, as Reservas Biológicas, os Parques Nacionais, os Monumentos Naturais e os Refúgios de Vida Silvestre.

As unidades de uso sustentável têm, como objetivo básico, a compatibilização da conservação da natureza com o uso sustentável de parte de seus recursos naturais. Nesse grupo estão as Florestas Nacionais, as

Reservas Extrativistas, as Reservas de Fauna, as Reservas de Desenvolvimento Sustentável, as Reservas Particulares do Patrimônio Natural, além das Áreas de Proteção Ambiental e das Áreas de Relevante Interesse Ecológico. Destas, serão enfocadas apenas as Florestas Nacionais e as Reservas Extrativistas, que hoje têm o seu manejo subordinado totalmente ao IBAMA, visto tratar-se de unidades de domínio público e, como tais, administradas pelo Poder Público. As Reservas de Fauna e as Reservas de Desenvolvimento Sustentável ainda não foram criadas, ainda que legalmente instituídas. As Reservas Particulares do Patrimônio Natural são de domínio particular em que se permitem a pesquisa científica e a visitação, com objetivos turísticos, recreativos e educacionais. As Áreas de Proteção Ambiental e as Áreas de Relevante Interesse Ecológico são compostas por terras públicas ou privadas em que devem ser respeitados os limites constitucionais, podendo ser estabelecidas normas e restrições para utilização de propriedades privadas.

MANEJO DAS UNIDADES DE USO SUSTENTÁVEL

Conceito

As Florestas Nacionais têm finalidades de conservação da biodiversidade, por meio da utilização sustentável dos recursos naturais disponíveis em suas áreas, proporcionando benefícios econômicos e sociais, principalmente às comunidades residentes e locais.

As Florestas Nacionais são unidades de conservação, constituídas de áreas de domínio público e providas de cobertura vegetal nativa ou plantada, estabelecidas com o propósito de promover o manejo dos recursos naturais, com ênfase na produção de madeira e outros produtos vegetais. Têm, ainda, por objetivo, garantir a proteção dos recursos hídricos, das belezas cênicas e dos sítios históricos e arqueológicos e fomentar, além do o desenvolvimento da pesquisa científica básica e aplicada, a educação ambiental e as atividades de recreação, lazer e turismo (Decreto 1298, de 1994). O SNUC 2000 define as Florestas Nacionais como áreas com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas que têm, como objetivo básico, o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para a exploração sustentável de florestas nativas. Nessas unidades é admitida a permanência de populações tradicionais, que a habitam desde sua criação, permitindo-se, também, recebam elas visitação pública.

O uso múltiplo se refere ao manejo integrado dos recursos naturais, para obter madeira, água, recreação, peixes e outros produtos, de tal forma e em tal combinação que atenda às necessidades sociais e econômicas do homem, sem deteriorar o ambiente.

O termo “uso múltiplo” em Floresta Nacional surgiu na década de 50, no Serviço Florestal Americano, por ocasião da discussão do manejo das Florestas Nacionais. Até então, as Florestas Nacionais americanas eram manejadas visando a obtenção de um único produto: a madeira. Incorporadas as áreas florestais de grande potencial madeireiro, existiam áreas de menor valor para esse fim, mas que poderiam ser utilizadas para produzir forragem ou mesmo servirem para a caça ou recreação. Surgiu aí a idéia de que as áreas deveriam ser manejadas para a obtenção de diferentes produtos, substituindo o manejo para um único produto, pelo manejo integrado dos principais produtos naturais da floresta. A partir de então, o conceito de uso múltiplo foi instituído e aprovado pelo Congresso Florestal Americano, por meio da Ata do Uso Múltiplo e Rendimento Sustentável, para as Florestas Nacionais, em 1960 (SILVA, 1988; BOWES et al., 1989; LOPEZ, 1993).

Atualmente, é um conceito aplicado no mundo inteiro para a problemática do manejo de florestas, que inclui os seguintes temas: recreação ao ar livre, produção de pastagens, exploração de madeira, manejo de bacias, manejo de vida silvestre e de peixes (LOPEZ, 1993)

Ainda segundo LOPEZ (1993), com o uso múltiplo de uma área, busca-se alcançar variados e elevados rendimentos de bens e serviços, provenientes dos recursos naturais, assegurando-se, ao mesmo tempo, sua perpetuação para obter-se variedades de produtos, que necessitam, como insumos fundamentais, do tempo e da manifestação de fatores ecológicos, biológicos e físicos, próprios do ambiente natural do lugar. Significa fazer uso, ao mesmo tempo e na mesma área, de todos os valores ou benefícios que os ecossistemas florestais oferecem à humanidade, ligados às funções sociais de produção, de proteção e de recreação.

A Reserva Extrativista é uma área utilizada por populações, cuja subsistência está baseada no extrativismo, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, com objetivo básico de proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, assegurando os usos sustentáveis dos recursos naturais da unidade (SNUC 2000). As Reservas Extrativistas são criadas em área onde, simultaneamente, exista populações tradicionais, recursos naturais a serem utilizados de forma sustentável e interesse ecológico e social (CNPT, 1999).

Na Reserva Extrativista a visitação é permitida, assim como a pesquisa científica, sendo proibidas, porém, a exploração de recursos minerais e a caça amadorística ou profissional. A exploração de produtos madeireiros será permitida, quando complementadas as atividades desenvolvidas na unidade (SNUC 2000).

Situação Atual

O Brasil possui, atualmente, 58 Florestas Nacionais, com um total de 16.645.721 ha, sendo 99,4% dessa área representada por 35 Florestas Nacionais da região norte. O Programa Nacional de Florestas (PNF), instituído pelo Decreto nº 3.420, de 20 de abril de 2000 - cujo objetivo é “ampliar e consolidar a base de florestas manejadas em áreas públicas e aprimorar o sistema de gestão das unidades de uso sustentável”- tem como meta global “ampliar em 50 milhões de hectares a área de Florestas Nacionais na Amazônia Legal, até 2010”. A área total de Florestas Nacionais até 2010 deverá ser a suficiente para atender, de forma sustentada, às demandas atual e projetada de madeira tropical brasileira. Na seleção destinadas à criação de novas Florestas Nacionais, as áreas escolhidas devem apresentar as seguintes características: áreas não-protetidas; possuírem cobertura florestal; não revelarem indícios de ocupação humana; abrigarem estoques de madeira de valor comercial; estarem dentro do raio de acessibilidade econômica da indústria madeireira e notável importância para a conservação e uso sustentável da biodiversidade (VERÍSSIMO *et al.*, 2000).

A situação das Florestas Nacionais pode ser caracterizada por região. As unidades das Regiões Sul e Sudeste são as que apresentam melhor infra-estrutura estabelecida. São unidades tradicionalmente fornecedoras de madeira, provenientes da exploração dos povoamentos de pinus e araucária, e são as que geram a maior receita das Florestas Nacionais.

As Florestas Nacionais da Região Nordeste abrigam mata que cumpre importante papel na região, como fonte de energia, de alimento e de plantas medicinais, além de servirem de importante refúgio para a fauna silvestre.

Na Região Norte é que existem as maiores áreas e os maiores problemas. As Florestas Nacionais dessa região podem suprir de madeira os mercados regionais, podendo, portanto, tornarem-se reguladoras de preços. Das 35 Florestas Nacionais da Região, parte foi criada como área tampão de

Reservas Indígenas e outras estão localizadas fora do raio econômico de produção. É esperado que, gradativamente, todas as Florestas Nacionais venham a ser implantadas. O importante destas áreas estarem destinadas a unidades de conservação, em especial, a Florestas Nacionais, é a possibilidade de que, no futuro, elas venham a tornar-se pólos de desenvolvimento da região, dado às possibilidades de manejo, visando tanto à produção madeireira, como a não-madeireira, incluindo aí o manejo de fauna silvestre (SALOMÃO, 1996).

Atualmente, existem 21 Reservas Extrativistas, num total de 3.950,619 ha, sendo 13 unidades, na região norte, que possuem, como principais recursos, a borracha, a castanha, a copaíba e a pescada. As demais, têm sua economia baseada no babaçu e no pescado.

Manejo

O Decreto 1.298, de 1994, estabelece que as Florestas Nacionais são manejadas visando a demonstrar a viabilidade do uso múltiplo e sustentável dos recursos florestais e a desenvolver técnicas de produção correspondente. Esse manejo tem por objetivo, ainda, recuperar áreas degradadas e combater a erosão e sedimentação, além de preservar recursos genéticos “in situ” e a diversidade biológica, assegurando o controle ambiental nas áreas contíguas.

As Florestas Nacionais desempenham papéis estratégicos, tais como: de ordenamento territorial do solo com vocação florestal; de reserva estratégica de terras e recursos florestais de propriedade pública, possibilitando a regulação de preços e mercados de produtos florestais; de base para a oferta sustentável de produtos madeireiro e não-madeireiro; de promover a utilização, pela iniciativa privada, do estoque de recursos florestais de forma sustentável e controlada pelo Poder Público; de potencial de geração de receitas públicas pela cobrança de taxas, royalties e outros, e, ainda, pela venda de madeira e de produtos não-madeireiros; de demonstração de modelos de uso sustentável dos recursos florestais e da viabilidade econômica desse uso; e, de permitir o uso do recurso florestal de forma comunitária por populações residentes e locais.

O manejo de uma Floresta Nacional, visando ao rendimento sustentável dos produtos, com base em uso múltiplo, é extremamente complexo e representa um grande desafio para os manejadores de florestas. Requer conhecimentos multidisciplinares, considerando a parte dendrológica, econômica, política e social. Existe também limitação por

parte da legislação nacional, como no caso da caça, atividade desenvolvida nas Florestas Nacionais dos Estados Unidos, relacionada tanto com a vida silvestre quanto com a recreação. Outra atividade não desenvolvida nas Florestas Nacionais do Brasil, por tradição, é o pastoreio (SALOMÃO, 1996).

As Florestas Nacionais podem ser manejadas em escala empresarial ou por meio de manejo comunitário, segundo o que determina a legislação específica sobre o uso dos diferentes produtos.

O manejo empresarial em Floresta Nacional possibilita, para a empresa, a isenção de custos de imobilização de capital em terras, reduzindo a necessidade do latifúndio florestal privado e proporcionando segurança quanto ao planejamento do suprimento da indústria de base florestal e ao investimento em escalas ótimas de produção.

A proposta para a realização de manejo comunitário é apresentada por associações ou cooperativas formadas por populações tradicionais residentes nas Florestas Nacionais ou formadas por populações locais. Estas organizações deverão ter, no mínimo um ano de existência, a contar do registro da ata de criação e a área a ser manejada não deverá ultrapassar 500 ha por ano.

As comunidades tradicionais residentes em Florestas Nacionais também poderão apresentar proposta de manejo em escala empresarial.

As Reservas Extrativistas são manejadas visando, principalmente, aos produtos extrativos, como sementes, frutos, látex, óleos, resinas, cipós, peixes, e, em algumas áreas, ao manejo comunitário, com a participação dos moradores.

Nas Reservas Extrativistas são incentivadas a produção agroflorestal, a melhoria da agricultura e da pecuária sustentável e a produção de artesanatos. Em algumas unidades ocorre a produção madeireira, por meio de manejo comunitário.

Planos de Manejo

O SNUC estabelece que todas as unidades de conservação devem dispor de um Plano de Manejo, que deve abranger a área da unidade, sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos, incluindo medidas que promovam a integração da unidade com as comunidades vizinhas, considerando aspectos econômicos e sociais. O Plano de Manejo é um documento técnico por meio do qual, nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem

presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (SNUC 2000).

ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANEJO PARA AS FLORESTAS NACIONAIS

O Plano de Manejo de Florestas Nacionais deverá conter informações gerais sobre a Floresta Nacional, planejamento da Floresta Nacional e anexos, conforme Roteiro Metodológico para Elaboração de Planos de Manejo para as Florestas Nacionais (IBAMA 2001), que contem, basicamente, os seguintes itens:

INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A FLORESTA NACIONAL

SUMÁRIO

Apresentar o conteúdo do Plano de Manejo com indicação das respectivas páginas.

INTRODUÇÃO

Abordar o conceito de Plano de Manejo, seus objetivos e forma de estruturação, descrevendo, brevemente, a metodologia de elaboração, além do período e resultados das avaliações dos planejamentos anteriores, assim como o estágio atual de implantação do Plano em vigência.

CONTEXTO FEDERAL

Esse item visa a situar a unidade de conservação no contexto federal, permitindo, dessa forma, conhecer a sua representatividade e o seu enquadramento sob diferentes aspectos.

INFORMAÇÕES GERAIS DA FLORESTA NACIONAL

O objetivo é apresentar as informações gerais da Unidade, tais como: Ficha Técnica da Unidade de Conservação, contendo dados de forma sucinta e de fácil consulta (atividades e principais produtos e serviços existentes; atividades potenciais -produtos e serviços- atividades conflitantes e atividades de Uso Público).

Acesso à Floresta Nacional - apontar as vias de acesso, com todas as alternativas oferecidas, como portos, aeroportos, ferrovias e estradas, bem como o serviço regular de transporte. Tais informações deverão ser

apresentadas também em mapas ou croqui.

Histórico e Antecedentes Legais - apresentar o histórico da unidade até a data atual, mostrando seus antecedentes legais, os motivos que levaram à sua criação, bem como as razões de seu enquadramento na categoria de manejo para Floresta Nacional.

Origem do Nome - registrar, sempre que possível, a origem e o significado do nome da unidade de conservação

Situação Fundiária – esclarecer se as áreas pertencem ao Poder Público, nomeando a Instituição onde estão registradas; anotar o percentual de áreas privadas, a presença de invasores ou posseiros, a existência e percentual de terras devolutas do Estado ou da União e outras circunstâncias encontradas na área.

CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES ABIÓTICOS DA FLORESTA NACIONAL

A caracterização dos fatores abióticos deverá ser feita mediante os seguintes itens:

Clima - caracterizar o regime de precipitação, temperatura, vento e umidade.

Relevo - descrever o tipo e a forma de relevo indicando as variações de altitude.

Geomorfologia - identificar as unidades fisionômicas e declividades mais representativas e as unidades geomorfológicas, apresentando as características e etapas da morfogênese regional.

Geologia - apresentar a evolução geológica por meio de estudos sobre a Litologia, Tectônica e distribuição estratigráfica.

Solos - identificar as características físicas, tais como: textura, estrutura, densidade, permeabilidade, declividade, profundidade e capacidade de campo, além de estimar a vulnerabilidade à perda natural de solo.

Espeleologia - relacionar as cavidades naturais subterrâneas (cavernas, grutas, furnas, abrigos sob rocha, abismos, etc.) encontradas na área, informando o nome pelo qual são conhecidas, sua localização (região, fazenda, serra, rio etc.), o estado geral de conservação, a existência ou não de visitação (eventual ou freqüente) ou de outros usos pela população local (abrigo, depósito, local de manifestação folclórica ou religiosa, etc.). Todas as cavidades deverão ser georreferenciadas.

Hidrografia/Hidrologia - citar os principais cursos de água e suas nascentes, dando enfoque ao regime das águas (cheias e vazantes), aquíferos e seus mecanismos de recarga.

Limnologia - identificar as características físico-químicas dos ambientes lênticos, assim como as interferências antrópicas que possam tê-lo afetado, definindo a qualidade da água.

CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES BIÓTICOS DA FLORESTA NACIONAL

A caracterização dos fatores bióticos deverá ser feita por meio dos seguintes itens:

Vegetação – realizar a análise da vegetação nativa (descrição das tipologias, análise dos parâmetros florísticos e dos parâmetros fitossociológicos; análise da estrutura diamétrica, número de árvores, distribuição da área basal e estrutura volumétrica, análise da fragmentação de ambientes.) e análise dos reflorestamentos (descrição dos reflorestamentos, análise da distribuição diamétrica, da área basal e do volume).

Fauna - identificar as espécies que ocorrem na área, considerando a mastofauna (terrestre e quirópteros), herpetofauna, avifauna, anfíbios, ictiofauna e insetos de interesse econômico, considerando sua classificação, segundo seu *status* de conservação e grau de endemismo, e observando a Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Flora e da Fauna em Perigo de Extinção (CITES), a capacidade de suporte da área e as espécies com potencial zootécnico, além da possibilidade de manejo sustentável da fauna.

Vegetação e Fauna - apresentar os estudos sobre as relações entre a vegetação e a fauna, que após serão integrados dentro de uma visão ecossistêmica, bem como as necessidades de um manejo direto sobre os recursos naturais da Unidade.

ASPECTOS CULTURAIS E HISTÓRICOS

Nas Unidades que apresentarem aspectos culturais e históricos relevantes, deverão ser apresentadas, de forma sucinta, as informações acerca da colonização da região, levantamento histórico e as manifestações culturais resultantes.

OCORRÊNCIA DE FOGO E FENÔMENOS NATURAIS EXCEPCIONAIS

Quando for relevante para a área, deve-se apresentar o histórico da ocorrência de fogo e outros fenômenos da natureza que comumente ocorram, afetando seus recursos. Deve-se indicar, também, os períodos de maior risco, assim como as áreas mais susceptíveis.

ATIVIDADES DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO E SEUS IMPACTOS EVIDENTES

Analisar as atividades desenvolvidas na Floresta, abordando aquelas apropriadas à categoria de manejo (fiscalização, pesquisas, manutenção, educação ambiental, visitação, pesca, exploração de produtos madeireiros e não madeireiros, mineração e outros) e as que não se enquadram na mesma (ocupação ilegal, caça, estradas, linhas de transmissão, aeroportos, portos, gasodutos e oleodutos, entre outros).

ASPECTOS INSTITUCIONAIS

Pessoal - relacionar o pessoal lotado (contratado ou cedido à unidade de conservação) em número, capacitação, idade e nível de qualificação e perfil profissional.

Infra-estrutura e Equipamentos - identificar a infra-estrutura da unidade de conservação, indicando a localização e estado de conservação.

Estrutura Organizacional - apresentar o organograma e regimento interno.

ZONA DE AMORTECIMENTO

Descrição da Zona de Amortecimento - descrever a área de Zona de Amortecimento a ser considerada.

Caracterização dos Ecossistemas da Zona de Amortecimento - avaliar a primitividade, grau de fragmentação e estágio de formação dos diferentes ambientes, além de levantamento para a criação de uma rede de ambientes naturais no entorno da Unidade.

Uso e Ocupação do Solo e Principais Atividades Econômicas – identificar, resumidamente, as principais atividades econômicas desenvolvidas (agrícola, pecuária, minerária, industrial, pesqueira, madeireira, extrativista, etc.) e suas tendências e eventuais problemas ambientais decorrentes.

SOCIO-ECONOMIA DA POPULAÇÃO RESIDENTE E DA ZONA DE AMORTECIMENTO

Caracterização da População - apresentar a caracterização da população segundo o último censo IBGE (distribuição rural/urbana, faixa etária/sexo, grau de escolaridade, origem e correntes migratórias, estratificação social, principais atividades econômicas, etc).

Características culturais - registrar as manifestações culturais regionais em termos de valores folclóricos, musicais, teatrais, literários, gastronômicos,

incluindo os usos tradicionais da flora e fauna silvestre e outros, que tenham algum significado para a caracterização daquela população.

Infra-estrutura Disponível para o Apoio à Unidade - apresentar a infra-estrutura de saúde, de turismo, da rede de serviço (mecânica, construção civil, comércio, bancário, abastecimento de combustível, entre outros), de segurança pública, comunicação, fornecimento de energia elétrica, transporte e correio.

Ações Ambientais Exercidas por outras Instituições - descrever as atividades desenvolvidas por outras instituições governamentais e não-governamentais na área de meio ambiente, tais como campanhas educativas, programas de coleta de lixo, existência de zoológicos, hortos florestais, jardins botânicos, etc. na Zona de Amortecimento.

Apoio Institucional - identificar todos os envolvidos, atuais ou potenciais, com a Floresta, a exemplo das organizações governamentais e não governamentais, bem como representantes da iniciativa privada. Para cada instituição identificada descrever as atividades que desenvolvem e suas relações com a Floresta.

Visão das Comunidades sobre a Unidade de Conservação - identificar e avaliar a percepção (visão) que as comunidades têm da Unidade.

Problemática - analisar os principais problemas que foram levantados e discutidos.

Informação expedita sobre a Unidade e a Zona de Amortecimento - relacionar os serviços de hospedagem, alimentação e saúde; os pontos de maior concentração de visitantes; os pontos de atração importantes e seus motivos (festas populares, pontos de paisagem notável, culinária local etc.); o sistema de sinalização informativa; a disponibilidade de serviços aos visitantes/turistas como: banheiros, áreas de descanso, lanchonetes, estacionamentos, camping, etc. e o nível e custo dos serviços prestados; os meios de divulgação das atividades turísticos e ecoturísticos; o envolvimento dos funcionários da Unidade e da comunidade nos serviços turísticos e ecoturísticas; a comercialização de produtos dentro e no entorno da Floresta, especialmente as que utilizam a imagem da mesma; os dados coletados de forma sistemática, ou não, dos usuários da Floresta Nacional e de seu grau de satisfação.

DECLARAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA

Analisar a Floresta Nacional com relação à raridade, representatividade, grau de ameaça, importância ecológica, exclusividade, distintividade e possibilidades de processos demonstrativos, entre outros. A base da referida

análise serão os conhecimentos obtidos, referentes aos aspectos geomorfológicos, espeleológicos, culturais, antropológicos, arqueológicos, históricos, paleontológicos, paisagísticos e espécies da fauna e flora, potencial madeireiro e não madeireiro e de uso sustentável dos recursos naturais.

PLANEJAMENTO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

Com base no SNUC, relacionam-se aqui os objetivos preliminares estabelecidos para a Unidade em estudo, inerentes à sua categoria de manejo, mencionando-se as espécies raras ou endêmicas e aquelas ameaçadas de extinção, os sítios históricos e arqueo-paleontológicos, as amostras representativas dos ecossistemas protegidos, formações geológicas, relevantes belezas cênicas, exploração sustentável dos recursos naturais, pesquisa com geração de tecnologia e modelos de desenvolvimento sustentável, ecoturismo, uso público e outros. Estes objetivos serão estabelecidos na Reunião Técnica com a equipe de planejamento e apresentados na Oficina de Planejamento.

DIRETRIZES DE PLANEJAMENTO

As Diretrizes de Planejamento deverão estar baseadas na interpretação dos resultados da Oficina de Planejamento, depois de sua análise e discussão pela equipe responsável.

Deverão ser apresentados os fatores externos à abrangência do planejamento que são importantes para a consolidação da Unidade e que possam impedir a implementação do mesmo, assim como os indicadores que comprovarão o grau de satisfação.

ZONEAMENTO

O objetivo de se estabelecer o zoneamento da Floresta Nacional é o de organizar espacialmente a área em parcelas, denominadas zonas, que demandam distintos graus de proteção, e uso sustentável, contribuindo, desta forma, para que a Floresta cumpra seus objetivos específicos de manejo.

Zonas Previstas para Florestas Nacionais:

Zona Intangível

Zona Primitiva

Zona de Uso Intensivo
Zona Histórico-Cultural
Zona de Recuperação
Zona de Uso Especial
Zona de Produção Florestal
Zona de Produção Fauna
Zona de Mineração
Zona Populacional

PROGRAMAS DE MANEJO

Os Programas de Manejo agrupam as atividades afins que visam ao cumprimento dos objetivos da Unidade. Estão estruturados em sub-programas destinados a formular a estrutura básica das atividades de gestão e manejo da área. Para cada sub-programa, apresente-se a seguinte estrutura: objetivos e resultados esperados, com as suas metas e indicadores, atividades e normas, requisitos e prioridades de cada atividade.

A abrangência dos Programas de Manejo será estabelecida de acordo com os conhecimentos e experiência adquiridos, além de implementação das outras atividades. As atividades deverão ser distribuídas nos programas e subprogramas relacionados.

Definição dos Programas de Manejo

Programa de Conhecimento

Sendo o conhecimento científico uma importante ferramenta para o estabelecimento das Ações de Manejo e o cumprimento dos objetivos de criação de uma unidade de conservação, neste roteiro lhe é conferido o *status* de programa.

Este programa é composto de três subprogramas:

Subprograma de Pesquisa
Subprograma de Monitoramento Ambiental
Subprograma de Geração de Tecnologia

Programa de Uso Público

Esse programa tem por objetivo ordenar, orientar e direcionar o uso da unidade de conservação pelo visitante, promovendo experiências em contato com o meio ambiente da Unidade de Conservação e do seu entorno.

É composto pelos seguintes subprogramas:

Subprograma de Recreação

Subprograma de Interpretação e Educação Ambiental

Programa de Integração com a Área de Amortecimento e com a População Residente

O Programa tem por objetivo proteger a unidade de conservação mediante ações propostas para sua Zona de Amortecimento, de forma a minimizar e amortizar impactos sobre a unidade de conservação, evitando a sua insularização, por meio de ações de manejo.

Esse Programa é composto dos seguintes subprogramas:

Subprograma de Educação Ambiental

Subprograma de Controle Ambiental

Subprograma de Incentivo a Alternativas de Desenvolvimento

Programa de Manejo do Meio Ambiente

Esse Programa visa à proteção e uso sustentável dos recursos naturais englobados pela Unidade e também dos recursos culturais. Os maiores objetivos são o de garantir a evolução natural dos ecossistemas ou suas amostras, habitats, biótipos e biocenoses, além da manutenção da biodiversidade e do uso dos recursos madeireiros e não-madeireiros da floresta, de tal maneira que possam servir à ciência e ao implemento da produção de madeira e outros produtos vegetais, tais como: resinas, óleos, taninos, sementes, raízes e outros.

Esse Programa é composto dos seguintes subprogramas:

Subprograma de Manejo Florestal

Subprograma de Proteção Florestal

Subprograma de Recuperação dos Recursos

Subprograma de Exploração Mineral

Programa de Operacionalização

O objetivo deste Programa é garantir a funcionalidade da unidade de conservação, fornecendo a estrutura necessária para o desenvolvimento dos outros programas.

Esse Programa é composto dos seguintes subprogramas:

Subprograma de Regularização Fundiária

Subprograma de Administração

Subprograma de Proteção e Fiscalização

Subprograma de Infra-estrutura e Equipamentos
Subprograma de Cooperação Institucional
Subprograma de Relações Públicas

AÇÕES DE MANEJO POR ÁREAS DE ATUAÇÃO

A elaboração deste item é realizada através do conteúdo dos programas e sub-programas, organizando as ações em termos espaciais e temporais, facilitando assim o manuseio do Plano de Manejo pelo gerente da Unidade.

SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA

Com base nas atividades propostas nos subprogramas de manejo, deverão ser apresentados estudos preliminares de viabilidade econômica, contendo os quadros de custos de investimentos e operacionalização e identificação dos investimentos e custeios necessários, além do quadro de receitas, de forma a explicitar seus níveis de contribuição para a auto-sustentação da Floresta Nacional.

CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

Nesse item relaciona-se, por tema, as ações estabelecidas para as Áreas Funcionais e Estratégicas, indicando instituições envolvidas, tempo de execução e custos estimados. Esse cronograma destina-se a orientar o planejamento operativo da Floresta para o período de cinco anos.

BIBLIOGRAFIA

Relacionar a bibliografia consultada quando da elaboração do Plano de Manejo, segundo as Normas Brasileiras de Citação de Referências Bibliográficas.

ANEXOS

Nos anexos deve-se incluir todas aquelas informações adicionais consideradas relevantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWES, M.D.; KRUTILLA, J.V. **Multiple-Use Management: The Economics of Public Forestlands**. Resources for the Future, Washington, D.C., 1989. 357p.

CNPT **Reservas Extrativistas**. s.n.t. Brasília, 1999. 4p.

IBAMA **Roteiro Metodológico para Elaboração de Planos de Manejo para as Florestas Nacionais**. s.n.t. Brasília, maio de 2001. 49p.

LOPEZ, J.A. Uso Multiple de los Bosques en Zonas Semi-Aridas y Aridas. **7º Congresso Florestal Brasileiro, Vol. 1** : 221-225. 1993.

SALOMÃO, A.L.F. Florestas Nacionais no Brasil: contradições e desafios do conceito de uso múltiplos dos recursos naturais. **Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Vol. 1** :85-96. 1996

SILVA, P. de T.E. da. **Plano de Interpretação Ambiental do Uso Múltiplo da Floresta Nacional de Passa Quatro, Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1988. 138p. (Tese MS)

SNUC **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. s.n.t. Brasília, 2000. 32p.

VERÍSSIMO, A., SOUZA JÚNIOR, C., AMARAL, P.H. **Identificação de Áreas com Potencial para a Criação de Florestas Nacionais**. Brasília: MMA, 2000. 56p.

PLANEJAMENTO FLORESTAL
NA CELULOSE NIPO-BRASILEIRA S.A. – CENIBRA

FORESTRY PLANNING IN CENIBRA

Antonio S. Alipio¹ José M. Cardoso¹ Fabiano da R. Stein¹

RESUMO

Este trabalho apresenta algumas considerações a respeito do planejamento florestal da CENIBRA que, nos últimos anos, através de parceria com instituições de pesquisa e, principalmente, do aprimoramento técnico-científico dos técnicos da empresa, tem implementado refinamentos importantes nas áreas de biometria, inventário e manejo florestal. Esses refinamentos incluem ainda conceitos de qualidade total, sempre visando a melhoria dos processos nessas áreas, pois é de fundamental importância a geração/processamento de informações confiáveis e precisas, planos de abastecimento de madeira e programas de plantio capazes de sustentar o seu processo decisório.

Palavras-chave: Planejamento, sustentabilidade florestal, colheita de madeira.

ABSTRACT

This work presents some considerations regarding forestry planning in CENIBRA, that by means of partnerships with research institutions and, principally, through the technical and scientific improvement of its technicians, has implemented important refinements in the areas of biometry, inventory and forest management. These refinements include total quality concepts, always aiming the improvement of processes in these areas, as it is of fundamental importance to generate and process reliable and precise information, wood supply plans and planting programs as to support its decisions.

Key words: Planning, forestry sustainability, wood harvesting.

¹ Engenheiros Florestais da empresa CENIBRA. Cenibra, Caixa Postal 100. 35.162-970 Ipatinga - MG. E-mail: sergio.alipio@cenibra.com.br

A CELULOSE NIPO-BRASILEIRA S.A. - CENIBRA

Fundada em 13 de setembro de 1973, em Belo Oriente, Minas Gerais, através da associação da Companhia Vale do Rio Doce–CVRD e Japan Brazil Paper and Pulp Resources Development Co. Ltd.–JBP, consórcio composto por 15 empresas do setor de papel e celulose japonês, pelo JBIC – Japan Bank for International Cooperation e pela Itochu Corporation.

A unidade industrial entrou em operação em setembro de 1977. Em dezembro de 1995, com a duplicação da capacidade nominal da produção de 350 para 700 mil toneladas anuais, a empresa tornou-se uma das maiores produtoras mundiais de celulose branqueada de eucalipto, produzindo atualmente cerca de 820 mil toneladas/ano.

Recentemente, em 06 de julho de 2001, a JBP passou a deter 100% dos ativos da CENIBRA.

A CENIBRA está localizada às margens do rio Doce, no leste do Estado de Minas Gerais. Suas terras estão distribuídas em 47 municípios do Estado de Minas Gerais, perfazendo uma área total de 232,3 mil hectares, sendo 111,7 mil hectares de área reflorestada, mais 16,5 mil hectares disponíveis para plantio e cerca de 84,5 mil hectares de preservação permanente e reserva legal.

Com uma produção total de 818.164,544 toneladas de celulose em 2000, a CENIBRA superou em 4,2% o volume registrado em 1999 e estabeleceu um novo recorde anual.

Em 2000, foi inaugurado o novo viveiro clonal da CENIBRA, com capacidade de produção de 16 milhões de mudas anuais. O complexo agrega inovadores conceitos ergonômicos, voltados para a melhoria de qualidade de vida do homem e do meio ambiente, com destaque para a racionalização no uso de água e eliminação de efluentes líquidos através de um sistema de produção fechado.

No que se refere ao abastecimento de madeira, foi introduzido o conceito de suprimento mix por qualidade, densidade da madeira e por linha de produção, resultante dos progressos obtidos através do conhecimento tecnológico da madeira e na interação floresta-indústria. De um total de 3,5 milhões m³ com casca entregues na fábrica 9% foram adquiridos através do programa de fomento florestal e mercado regional.

Ainda quanto ao abastecimento de madeira, foi implantado o novo sistema de transporte que tem como pressuposto o transporte rodoviário direto campo-fábrica, eliminando os depósitos intermediários. Para tal, foi

projetada uma nova composição de transporte rodoviário denominada Rodotrem. A medida vem garantindo à empresa significativas melhorias no que se refere à otimização da relação peso/volume, padronização e redução da frota.

Na silvicultura, merecem destaque a consolidação da mecanização das operações em áreas de até 15° e o desenvolvimento alcançado nas áreas de até 26°. Os resultados operacionais em 2000 foram expressivos, com um plantio total de 8.372 hectares, sendo 94% de material clonal, com índice de sobrevivência pós-plantio de 98%. Estes resultados só foram possíveis devido à introdução de novos materiais híbridos, à produção de mudas altamente diferenciadas, ao plantio durante todo o ano e ao sistema de gestão da qualidade ao longo de todo o processo.

Desenvolver processos com alto nível tecnológico, aliados a conceitos de desenvolvimento limpo e com responsabilidade social, são as premissas de negócio da empresa. A Certificação ISO 9002 e a Recertificação ISO14001 do processo florestal ratificaram o compromisso da empresa na busca permanente de padrões de excelência.

Como resultado desta performance a CENIBRA foi eleita pela revista de negócios “EXAME” como a melhor empresa do setor de “celulose e papel” do Brasil no ano de 2000.

PLANEJAMENTO FLORESTAL DA CENIBRA

É de fundamental importância a geração e o processamento de informações confiáveis e precisas, planos de abastecimento de madeira e programas de plantio capazes de sustentar o seu processo decisório. É este o papel desempenhado pelo Planejamento Florestal, cujo trabalho pode ser dividido em quatro etapas integradas: topografia/cadastro florestal, mensuração florestal, planejamento de curto e longo prazo. A área de topografia e cadastro florestal permite que a empresa conheça em detalhes a situação de suas terras e florestas. Todos os dados numéricos, cartográficos, cadastrais, dentre outros, são integrados pelo Sistema de Informações Geográficas - SIG que, através de modelagem e análises espaciais, permite a geração de mapas temáticos que retratam as áreas de plantio, reservas legais e preservação permanente, infraestrutura, entre outras. Para que a empresa conheça os níveis de produtividade de suas áreas, a área de Mensuração Florestal realiza inventário pré-corte (estima o volume de madeira em pé no momento da colheita) e inventário contínuo para, a partir de medições anuais do crescimento das árvores, construir os modelos de crescimento e produção.

A modelagem do crescimento e da produção, em volume e massa de madeira, é fundamental para elaborar orçamentos físicos anuais, estabelecer os programas de plantio e a seqüência de colheita de madeira.

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Recentemente, todas as equações de volume, *taper* e massa por árvore individual foram atualizadas, contemplando toda a floresta da empresa. Modelos não-lineares com parâmetros interpretáveis foram adotados e as equações atuais permitem estimar múltiplos volumes, multiprodutos e múltiplas massas por árvore individual.

A floresta da CENIBRA apresenta uma grande variabilidade devido às variações de topografia, tipos de solo, regime de corte e materiais genéticos. Em função disso, a amostragem no inventário florestal contínuo (IFC) é estratificada, sendo utilizadas parcelas de área fixa. Por outro lado, a empresa já dispõe, também, de tecnologia para condução do IFC com parcelas de área variável (método de Bitterlich).

O sistema de inventário utilizado é o *SifCub2000*, desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV). O software estatístico utilizado tanto no IFC como na pesquisa e fábrica é o *Statistica*.

A capacidade produtiva da empresa é mapeada empregando-se métodos usuais e as informações geradas são utilizadas para fins de estratificação e de prognose.

Nesse sentido a CENIBRA vem adotando, há vários anos, o modelo de Clutter com o propósito de quantificar crescimento e produção de seus povoamentos para o planejamento e manejo florestal, cujas informações geradas são utilizadas como “inputs” no *Planflor*-Sistema de Planejamento Florestal da empresa.

Esse modelo é atualizado a cada três anos, por regional, material genético e regime de corte. A empresa conta, também, com modelos para prognose de massa de madeira para celulose e para energia.

MANEJO FLORESTAL

Inicialmente cabe ressaltar que o termo manejo florestal aqui é usado como referência ao “desenvolvimento e aplicação de técnicas analíticas, visando o ordenamento das atividades florestais com o propósito de gerar serviços e/ou benefícios, diretos e indiretos, de acordo com as aspirações atuais da empresa, com a garantia de atendimento no futuro”, ou

seja, gerenciamento sustentável dos recursos florestais.

O uso de modernas técnicas de gerenciamento de recursos florestais tem sido uma busca constante da CENIBRA. A empresa conta também com uma equipe de técnicos com especialização nas áreas de inventário e manejo florestal.

PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO

O plano de manejo, também conhecido como plano de colheita, determina a estrutura de idade e o fluxo de produtos florestais com suas receitas e custos para um determinado horizonte de planejamento.

A elaboração do plano consiste em um processo de tomada de decisão, caracterizado pela grande quantidade de alternativas de manejo e dimensões de valores. Dentre as várias alternativas o Gestor deve escolher aquelas que gerem o melhor resultado para a empresa.

Vários fatores devem ser considerados durante a elaboração destes planos, tais como: demanda atual e futura por madeira, situação atual de terras e florestas, caracterização topográfica do povoamento, níveis de produtividade, ganhos tecnológicos, custos e receitas envolvidas, alternativas de manejo, entre outros.

PLANO ESTRATÉGICO

Planejamento estratégico é uma técnica administrativa que procura ordenar as idéias das pessoas, de forma que se possa criar uma visão do caminho que se deve seguir. Depois de ordenadas as idéias são ordenadas as ações, que é a implementação do Plano Estratégico para que, sem desperdício de esforços, a empresa caminhe na direção pretendida. O plano estratégico tem como objetivo potencializar as condições favoráveis e minimizar as desfavoráveis. Para isso são definidas as diretrizes básicas corporativas, buscando a sustentabilidade e competitividade no mercado.

A CENIBRA estabelece como premissas de longo prazo a demanda atual e futura por madeira, percentual de abastecimento com madeira própria, percentual de abastecimento com madeira de terceiros (fomento florestal e compra no mercado), definição de estoque mínimo de madeira em pé e desmobilização e/ou substituição de terras.

CUSTOS DE PRODUÇÃO

As formas de condução de florestas de produção variam para cada região da empresa. Os fatores que influenciam essas variações estão ligados aos níveis tecnológicos utilizados, disponibilidade de mão-de-obra, exigências dos plantios (nutrição, água, matocompetição), entre outros. Essas variações têm influência direta sobre os custos de produção, compostos pela somatória de custos de cada fase - silvicultura, colheita e transporte - executada durante o ciclo da unidade de gestão. Na silvicultura os custos variam em função do índice de mecanização, exigência nutricional e preparo de solo, nível de matocompetição e de infestação de pragas e doenças. Enquanto na colheita a variação nos custos é devido ao índice de mecanização e produtividade florestal, no transporte a variação é em função da distância, infra-estrutura e modalidade do mesmo (rodoviário ou ferroviário).

SITUAÇÃO DE TERRAS E FLORESTAS

Informações sobre a situação das terras e das florestas da empresa são obtidas a partir do Cadastro Florestal, que tem por objetivo armazenar dados que descrevem a situação das terras e florestas no tempo. Estas informações utilizam como referência a *Unidade de Gestão (UG)*.

Uma *UG* é formada por um bloco contíguo de áreas de produção, as quais submetidas a um determinado manejo responderão de forma semelhante.

Para a elaboração do Plano, o cadastro deve fornecer, para cada *UG*, a identificação (402P93), rotação (1ª rotação), unidade de gestão (baixada), área plantada (200 ha), distância até a fábrica (20 km), idade (07 anos), % de mecanização (75%), etc.

BIOMETRIA E INVENTÁRIO FLORESTAL

A Biometria lida com as medições das variáveis de interesse florestal, bem como de alguns processamentos preliminares e a construção e ajuste de modelos para árvores individuais.

O conhecimento das características qualitativas e quantitativas de um povoamento florestal é de fundamental importância para avaliar a produção e obter informações que permitam a melhor utilização das florestas. Este conhecimento é possível por meio de algum tipo de inventário

florestal, onde se utilizam dados de parte da população (amostra do povoamento) para gerar estimativas para a população.

Na CENIBRA, o inventário pré-corte é realizado por meio de amostragem sistemática, enquanto que a amostragem para gerar equações de volume e de massa de madeira é feita de modo seletivo. Por exemplo, recentemente cerca de 4000 árvores-amostra, em regimes de alto fuste e de talhadia, localizadas em áreas com diferentes declividades, de várias procedências de *Eucalyptus grandis* e de alguns clones de eucalipto, foram abatidas e cubadas para determinação de volume, densidade e massa de madeira por árvore. Os dados obtidos foram utilizados para ajuste de modelos volumétricos múltiplos, modelos de múltiplas massas e modelos de *taper* por árvore individual, sendo esses representativos de toda a floresta da empresa.

O processo de amostragem do inventário florestal contínuo da CENIBRA é aleatório com repetição total, cuja intensidade para 1ª rotação é de 1 parcela para cada 20 ha, com no mínimo 10 parcelas, e para a 2ª rotação 1 parcela para cada 10 ha, com no mínimo 10 parcelas. O tamanho das parcelas é de 300 m² (20 x 15 m) e a amostragem abrange povoamentos que tenham no mínimo 2,5 anos.

Já no inventário pré-corte, que é feito 3 meses antes da colheita, utiliza-se amostragem sistemática estratificada com área das parcelas de 192 m² (12 x 16 m). A intensidade para 1ª rotação é de 1 parcela para cada 2,5 ha (mínimo de 15 parcelas) e para 2ª rotação 1 parcela para cada 1,75 ha (mínimo de 20 parcelas).

Tem-se, ainda, o inventário de sobrevivência, que é feito 4 meses após a colheita (regeneração), 60 dias após o plantio e 30 dias após o replantio. O processo de amostragem é aleatório, com parcelas de 480 m² (20 x 24 m) e com intensidade de 1 parcela para cada 6 ha.

Uma árvore, sob o ponto de vista dendométrico, apresenta diversas características ou variáveis de interesse. Dentre essas características inclui-se a idade, o diâmetro a 1,30 m do terreno (*dap*), o diâmetro em qualquer altura no tronco (*d*), a altura da árvore (*H*), a área da seção na altura medida (*g*), o volume da árvore (*V*) e a massa do tronco (*W*) ou das partes da árvore, as quais variam de acordo com o material genético, com a capacidade produtiva do local e, ainda, entre indivíduos. A idade é importante para avaliar o incremento em termos de volume, massa, diâmetro, área basal e altura de uma espécie em determinado local.

A quantificação do volume das árvores e dos povoamentos, bem como seu monitoramento, juntamente com a massa de madeira, são os

principais objetivos da biometria. Para tanto é necessário utilizar-se de equações volumétricas, hipsométricas e de massa.

MODELOS DE *TAPER*, DE MÚLTIPLOS VOLUMES E DE MÚLTIPLAS MASSAS

O termo *taper* (afilamento) é utilizado como referência à variação da forma ou perfil do tronco. De fato *taper* é a taxa de decréscimo do diâmetro, dada pela razão entre o diâmetro comercial (d) e o diâmetro a 1,3 m (dap), ao longo do tronco.

Enquanto uma equação de *taper* permite estimar o volume de partes do tronco com comprimento conhecido, uma equação de múltiplos volumes também permite quantificar mais de um tipo de volume, porém, sem a definição do comprimento das toras.

Sendo possível estimar as variáveis V , d e h , então, a avaliação de um modelo de *taper* deve ser feita para todas estas variáveis. Assim, avaliar um modelo de *taper* implica em analisar suas características, compatibilidade, interpretação biológica dos parâmetros, possibilidade de transformar a equação para obter as expressões de V , d e h e analisar a exatidão das estimativas destas três variáveis.

O problema é que um modelo de *taper* pode gerar, do ponto de vista estatístico, estimativas eficientes de uma ou duas destas variáveis e estimativas inconsistentes de duas ou uma outra variável. Em outras palavras, uma equação pode ser boa para estimar uma variável e péssima para estimar outra variável. Isto implica que analisar uma equação de *taper* não é uma tarefa trivial.

Um modelo que tem sido utilizado com frequência, proporcionando estimativas precisas de V , d e h , biologicamente corretas, é o de Demaerschalk, na forma:

$$Y^2 = 10^{(2\beta_0)} dap^{(2\beta_1-2)} (Ht - h)^{(2\beta_2)} Ht^{(2\beta_3)} + \varepsilon \quad (1)$$

em que

$$Y^2 = \left(\frac{d}{dap} \right)^2$$

d = diâmetro comercial, com ou sem casca, em cm, na altura h

dap = diâmetro, em cm, medido na altura 1,30 m

Ht = altura total, em m

h = altura, em m, onde ocorre o diâmetro comercial d

β_i = parâmetros de regressão ($i = 0, 1, \dots, 4$), sendo $\beta_4 < 0$

ε = erro aleatório, com $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

Recentemente, GARCIA e LEITE (2000) propuseram uma modificação neste modelo, com a inclusão de uma variável binária (Tx), visando estimar simultaneamente e de modo compatível o *taper* com e sem casca. A relação funcional proposta por esses autores e adotada atualmente pela CENIBRA é dada por:

$$Y^2 = 10^{(2\beta_0)} dap^{(2\beta_1-2)} Ht^{(2\beta_2)} (Ht - h)^{(2\beta_3)} e^{\left(\beta_4 \frac{Tx}{dap}\right)} + \varepsilon \quad (2),$$

em que

d = diâmetro comercial, com ou sem casca, em cm, na altura h $Tx = 0$ para o diâmetro d com casca e $Tx = 1$, para o diâmetro d sem casca, e os demais termos e variáveis conforme já definidos.

Nesta relação funcional (2) está implícito que a espessura da casca e o volume de casca por árvore depende do porte da árvore e, também, da altura.

Por outro lado, a empresa adota, também, o modelo de múltiplos volumes proposto por LEITE et al. (1995), já consagrado em diversas pesquisas conduzidas pelos próprios e por outros autores, cuja relação funcional é:

$$V_i = \beta_0 dap^{\beta_1} Ht^{\beta_2} e^{\left(\beta_3 \frac{Tx}{dap}\right)} \left[1 - \left(\frac{d_i}{dap}\right)^{(1+\beta_4 d_i)} \right] + \varepsilon \quad (3),$$

em que

V_i = volume por árvore, até o diâmetro comercial d_i

dap = diâmetro, em cm, medido na altura 1,30 m

Ht = altura total, em m

e = base dos logaritmos neperianos

$Tx = 0$ para o volume com casca e $Tx = 1$, para o volume sem casca.

β_i = parâmetros de regressão ($i = 0, 1, \dots, 4$)

ε = erro aleatório, com $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

A mesma relação funcional é utilizada para massa de madeira, ou

seja,

$$W_i = \beta_0 \text{dap}^{\beta_1} Ht^{\beta_2} e^{\left(\beta_3 \frac{T_x}{\text{dap}}\right)} \left[1 - \left(\frac{d_i}{\text{dap}}\right)^{(1+\beta_4 d_i)} \right] + \varepsilon \quad (4),$$

em que

W_i = massa da árvore, até o diâmetro comercial d_i

$T_x = 0$ para o volume com casca e $T_x = 1$, para o volume sem casca, e os demais termos e variáveis conforme já definidos.

Os modelos (2), (3) e (4) são ajustados por regional, regime de corte, espécie ou clone e classe de declividade. Com as equações resultantes do modelo (3) estima-se os volumes com e sem casca para qualquer limite de diâmetro comercial d , de modo compatível e consistente. Com as equações oriundas do modelo (4), estima-se a massa de madeira, de casca e de madeira mais casca, para qualquer limite de diâmetro comercial d . Equações obtidas do ajuste do modelo (2) são utilizadas para quantificar o volume, quando necessário considerar o tamanho das toras adotado na colheita florestal.

USO DAS EQUAÇÕES *TAPER* GERADAS A PARTIR DO MODELO (2)

As equações geradas a partir do modelo de *taper*, são utilizadas na CENIBRA nas seguintes situações:

- Para processar o inventário florestal contínuo (IFC) e obter o volume real para celulose, levando em conta o tamanho das toras adotado na colheita da madeira;
- Para processar o inventário florestal contínuo (IFC) e obter o volume para celulose e para energia, levando em conta o tamanho das toras adotado na colheita da madeira;
- Para determinação do tamanho ótimo de toras a serem colhidas durante a exploração.

Uso das Equações de Múltiplos Volumes Geradas a Partir do Modelo(3)

As equações geradas a partir do modelo de múltiplos volumes são utilizadas na CENIBRA nas seguintes situações:

- Para quantificar os volumes de madeira para celulose e para energia sem levar em conta o tamanho das toras;

- Para quantificar o volume, com e sem casca, para diferentes diâmetros comerciais, sem levar em conta o tamanho das toras.

Uso das Equações de Múltiplas Massas, Geradas a Partir do Modelo (4)

As equações geradas a partir do modelo de múltiplas massas são utilizadas na CENIBRA nas seguintes situações:

- Para estimar a massa de madeira (sem casca) para celulose e para qualquer limite de diâmetro comercial;
- Para estimar a massa de madeira, da casca e da madeira mais casca para qualquer limite de diâmetro comercial;
- Para determinar a densidade básica média de parcelas, talhões ou projetos, considerando um definido diâmetro comercial. Nesse caso, as equações de múltiplas massas são utilizadas em conjunto com as equações de múltiplos volumes, sendo a densidade obtida pela razão trivial, $d = m/v$.

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

Os três principais elementos do manejo de florestas equiâneas são: classificação de terras, manejo silvicultural com definição do regime de corte e predição do crescimento e da produção. Isso implica que para gerenciar florestas é necessário compreender os processos de crescimento e de produção, uma vez que o manejo tem que ser decidido em grande parte pela prognose de produções futuras, a partir de informações correntes.

Os tipos de crescimento florestal são: incremento corrente anual (*ICA*) - que corresponde ao aumento da produção no período de um ano; incremento médio anual (*IMA*) - que é a produção até uma idade particular dividida por essa idade e o incremento periódico anual (*IPA*) - que é a produção num definido período dividida pelo período correspondente. Esses tipos de crescimento podem ser expressos no volume total ou com referência ao volume para celulose. Por outro lado, os principais componentes do crescimento são: mortalidade (*M*), ingresso (*I*) e corte ou desbaste (*C*) e produção acumulada até uma determinada idade (*V*). Com estes componentes são determinados os crescimentos bruto e líquido, incluindo ou não o ingresso.

A CENIBRA utiliza normalmente informações de crescimento líquido para celulose e energia. Os incrementos médio e corrente são expressos, também, para celulose. As relações entre crescimento e produção

podem ser visualizadas na Figura 1.

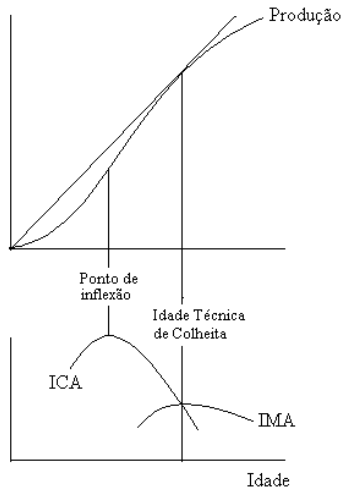


FIGURA 1: Relações entre crescimento e produção em florestas equiâneas

MODELOS DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

Em ciência florestal um *modelo de crescimento e produção* pode ser representado por um ou mais modelos estatísticos, uma ou mais equações, uma ou mais tabelas ou gráficos, ou ainda, um conjunto de equações, tabelas e gráficos utilizado para estimar crescimento e produção e essenciais para determinação da rotação e para avaliação de alternativas de manejo. Modelos de crescimento e produção podem ser em nível de povoamento, de árvores ou por classe de diâmetro. Há, ainda, uma terceira categoria de modelos denominada *modelos de processos*. Esta última consiste basicamente em modelagem ecofisiológica, sendo mais indicada para avaliação de causas. Os demais modelos são indicados principalmente para avaliação de efeitos, sendo extensivamente utilizados em manejo florestal.

Modelos de crescimento e produção em nível de povoamento, às vezes denominados modelos tipo povoamento total, permitem estimar o crescimento e a produção em função de características dos povoamentos, como a idade, a área basal, o diâmetro médio e a capacidade produtiva expressa pelo índice de local. As relações funcionais mais utilizadas são aquelas propostas por Clutter (1963), Buckman (1962) e Schumacher

(1939).

Na CENIBRA adota-se o modelo de Clutter, com as seguintes relações funcionais:

$$\text{Ln}B_2 = \text{Ln}B_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + \alpha_0 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right) + \alpha_1 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right) S_1 + \text{Ln}\varepsilon \quad (8)$$

$$\text{Ln}V_2 = \beta_0 + \beta_1 / I_2 + \beta_2 S_1 + \beta_3 \text{Ln}B_2 + \text{Ln}\varepsilon \quad (9)$$

$$V_{\text{energia}} = \beta_0 + \beta_1 V_2 + \beta_2 V_2^2 + \varepsilon \quad (10)$$

$$B_i = \beta_0 + \beta_1 S + \beta_2 S^2 + \varepsilon \quad (11)$$

$$\text{Hd} = \beta_0 \left(1 - e^{-\beta_1 t} \right)^{\beta_2} + \varepsilon \quad (12),$$

em que:

I_1 e I_2 = idade atual e futura, respectivamente

V_2 = volume de madeira para celulose na idade I_2

S_1 = índice de local

B_i = área basal em uma idade inicial, em torno de 30 meses.

V_{energia} = volume de madeira até 4,0 cm de diâmetro.

Neste modelo a produção é expressa em função da idade (I), do índice de local (S) e da densidade (B_1 e B_2). Substituindo B_2 na primeira relação funcional, obtém-se:

$$\ln(V_2) = \beta_0 + \beta_1 S + \beta_2 \left(\frac{1}{I_2} \right) + \beta_3 \ln B_1 \left(\frac{I_1}{I_2} \right) + \alpha_4 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right) + \alpha_5 \left(1 - \frac{I_1}{I_2} \right) S$$

em que $\beta_4 = \alpha_1 \beta_3$ e $\beta_5 = \alpha_2 \beta_3$

Este é um modelo compatível porque a integral da equação de crescimento resulta na produção e esta, quando derivada, resulta no crescimento (é um modelo mecanístico). É de densidade variável porque permite estimar produção para diferentes níveis de área basal inicial (B_i) e é consistente porque as estimativas podem ser obtidas projetando-se a área basal ano a ano.

Embora não seja objetivo da CENIBRA, as equações disponíveis permitem, ainda, simular diferentes regimes de desbaste, com o controle pela área basal.

Nesse ano de 2001, foram geradas também equações para prognose

de massa de madeira para celulose e para energia, utilizando as mesmas relações funcionais. Com isto, a rotação pode agora ser determinada também com base na produção em massa de madeira para celulose. Além disso, a prognose de massa de madeira é utilizada no planejamento florestal, por estar mais relacionada com a produção de celulose do que o volume.

Conforme explícito no modelo adotado pela CENIBRA, é necessário contar com a variável índice de local (S). A classificação da capacidade produtiva, que gera esses índices de locais, era atualizada, até o ano 2000, a cada 3 anos, sempre empregando o modelo $\text{LnHd} = \beta_0 + \beta_1 I + \varepsilon$. A partir de 2001, este modelo foi substituído pela relação funcional (12), resultando em uma classificação mais precisa. A classificação tem sido importante para fins de estratificação no IFC e, principalmente, para modelagem do crescimento e da produção.

Atualmente, estão disponíveis curvas e tabelas de índices de local para todos os materiais genéticos cultivados em escala operacional, em regimes de alto fuste e de talhadia, para todas as regionais da empresa.

DETERMINAÇÃO DA IDADE DE ROTAÇÃO

Segundo Clutter et. al. (1983) e Neuman (1988), para determinação do regime de manejo que produz resultados físicos ou econômicos ótimos estão na literatura florestal uma série de critérios, podendo mencionar como os mais consagrados:

- Maximização da produtividade;
- Maximização do valor presente líquido para uma única rotação;
- Maximização do valor presente líquido para uma série infinita de prováveis rotações ou valor esperado da terra (VET);
- Maximização da renda líquida anual;
- Maximização da taxa interna de retorno;
- Maximização da razão custo-benefício.

Alguns autores salientam que dependendo do critério escolhido e tendo por base as produções projetadas, as receitas esperadas e os custos envolvidos chega-se às várias rotações possíveis, uma vez que cada critério maximiza algum objetivo. Assim, cabe ao gestor decidir sobre os objetivos do manejo para posteriormente decidir sobre o critério que o maximiza.

A idade técnica de colheita nos povoamentos da empresa, com base na maximização da produtividade, está em torno de 6 anos. Do ponto de vista econômico a idade ótima é aproximadamente 7 anos, que ocorre de 6 a

12 meses após a idade técnica, definida com base na maximização do incremento médio anual.

GANHOS TECNOLÓGICOS

Após a caracterização tecnológica de todo o estoque de madeira existente nas florestas da empresa identificou-se a possibilidade de ganho em produção de celulose por unidade de área, através da introdução de material genético híbrido e novas técnicas silviculturais e de manejo de solo.

Atualmente a empresa possui uma rede experimental instalada nos diferentes sítios, onde são testados diversos tratamentos e comparados com a situação atual, para fundamentar as estimativas de ganhos em produtividade florestal.

HORIZONTE DE PLANEJAMENTO

O horizonte de planejamento ou período de conversão é uma variável muito importante no planejamento, principalmente levando-se em conta os aspectos da regulação florestal.

TAUBE NETTO (1984) enfatiza a importância de se considerar a validade de dados no horizonte de planejamento, salientando que se o efeito dos compromissos futuros do povoamento florestal não forem considerados, pode haver uma otimização no fornecimento de madeira nos primeiros anos em detrimento da situação futura, podendo resultar em falta, excesso ou ainda numa condição de atendimento antieconômico de madeira.

Com relação a horizontes de planejamento maiores corre-se o risco dos planos futuros serem frustrados por fatores como mudanças nas condições econômicas, aparecimentos de produtos concorrentes, alteração de custos, mudanças tecnológicas, dentre outros. Por outro lado, adotando-se horizonte de planejamento muito curto corre-se o risco de não se levar em consideração acontecimentos importantes que poderão suceder após o período adotado para planejamento. O horizonte de planejamento adotado pela CENIBRA é de 21 anos.

RESTRIÇÕES DE PLANEJAMENTO

- ✓ *Imposição de cotas anuais* - garante um fluxo regular de produção a cada período de colheita por região, através da imposição de níveis de oscilações permitidos;

- ✓ *Nível de demanda de madeira* - garante que no mínimo esta demanda seja atendida;
- ✓ *Exigência de uma estrutura reguladora* - a opção mais comumente adotada para obter uma floresta regulada ao final do horizonte de planejamento consiste na inclusão de restrições que imponham uma distribuição adequada de classes de idade para o inventário final;
- ✓ *Nível desejável de estoque final* - imposição de um nível de estoque mínimo ao final do horizonte de planejamento.

DETERMINAÇÃO DO CORTE

Há alguns anos foram desenvolvidas algumas fórmulas e métodos para determinação do corte, sendo algumas para o manejo extensivo. Seja qual for o método usado o controle do corte é feito por área, por volume ou por ambos. É importante ressaltar que o volume de corte calculado é apenas uma aproximação.

Os métodos de controle do corte existentes servem de guia para a regulação florestal, entretanto, em cada caso pode ser necessário fazer os devidos ajustes.

A determinação da colheita e a exatidão necessária irão variar de acordo com a oferta e a procura de madeira. Uma análise dessa situação irá ajudar na decisão a ser tomada, no entanto, quando a oferta é maior do que a procura a determinação da colheita não é um ponto muito crítico. Por outro lado, quando a oferta é menor do que a procura a determinação do corte pode atingir posições críticas, posto que o planejador florestal poderá se ver induzido a fazer cortes excessivos, reduzindo o capital florestal.

REGULAÇÃO FLORESTAL

A regulação é, em última análise, uma ferramenta para se atingir os objetivos do manejo. Algumas decisões necessárias em manejo florestal: rotação, espécies para regeneração e tratamentos silviculturais, como o preparo do solo e a escolha do método de regeneração.

A regulação da produção de florestas equiâneas é feita, muitas vezes, utilizando técnicas de pesquisa operacional, como programação linear e simulação. Entretanto, para desenvolver os modelos de pesquisa operacional e codificá-los para uso em computadores o técnico precisa entender os propósitos de uma regulação florestal, principalmente o conceito de floresta normal e o seu manejo. Isto porque ele deve perseguir a normalidade, mesmo sabendo que

nunca irá atingi-la. Ao perseguir a normalidade, ele estará cada vez mais perto da situação ideal.

PLANEJAMENTO TÁTICO

O objetivo do planejamento tático é informar os projetos que serão colhidos nos próximos 3 anos, de acordo com a necessidade de consumo da fábrica, levando-se em consideração as dificuldades para a preparação da infra-estrutura, colheita e transporte da madeira em função dos períodos do ano (seco ou chuvoso). Para isso, utilizam-se as informações geradas pelo Planejamento de Longo Prazo, onde são selecionados os projetos dos 3 primeiros anos que foram otimizados para um horizonte de 21 anos no sistema *Planflor*.

Planejamento Técnico-Econômico e Ambiental (PTEA)

De posse da relação de projetos que serão colhidos nos próximos anos inicia-se o PTEA, que tem como objetivo definir e identificar as áreas que apresentam alguma restrição legal (áreas com características locais que se enquadram em alguma restrição estabelecida na legislação em vigor), ambiental (áreas com problema que apresente potencial impacto ambiental) e/ou técnica (áreas com problemas que as contra-indicam para o plantio devido à baixa produtividade).

Como exemplos de restrições cabe citar: afloramento rochoso, erosão, dificuldades de acesso, declividade restritiva, plantio dentro de área de preservação permanente.

MICROPLANEJAMENTO OPERACIONAL

De posse do PTEA, são delimitadas no campo as áreas para cada tipo de equipamento de colheita, a densidade de estradas para atender ao baldeio e o transporte, os locais de deposição da madeira nas estradas para o carregamento/transporte. Em seguida, são confeccionados mapas operacionais contendo a seqüência de corte por talhão, volume disponível, grau de dificuldades (cascalheiras, afloramento de rochas, erosão, declividades, etc.), entre outros.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS E IMPLEMENTAÇÕES

Nos últimos anos, a evolução científica na área de gerenciamento de recursos florestais tem sido intensa no Brasil. Novas pesquisas têm sido divulgadas com frequência em periódicos nacionais e internacionais, demonstrando evolução constante e, principalmente, que o Brasil já dispõe de especialistas capazes de desenvolver e implementar modelos de gestão adequados à nossa realidade, em consonância com o desenvolvimento do setor florestal mundial.

Algumas empresas têm investido em sistemas de gerenciamento de banco de dados com propósito de garantir maior qualidade/integridade das informações e eficiência na geração de resultados.

A CENIBRA parte sempre do pressuposto de que o uso de ferramentas modernas de gerenciamento de recursos florestais ajuda a organizar os conhecimentos, propiciando maior facilidade para compilar e analisar dados e informações, resultando em suporte à decisão.

Alguns dos principais sistemas de informação utilizados atualmente pela empresa são:

- Planilhas eletrônicas para definição/escolha de material genético (clone) através do custo de produção de celulose;
- Sistema de Informações Geográficas-SIG, em fase de implementação;
- *SifCub2000* - destinado ao processamento e gerenciamento de dados de cubagem e de inventário florestal;
- Sistema de controle do cadastro florestal;
- *PlanFlor* - destinado à simulação de cenários visando a busca da melhor solução para a regulação da produção florestal;
- *Arena* - sistema de logística, em fase de implementação, que visa melhor ordenamento e dimensionamento de recursos das atividades pertinentes ao abastecimento da fábrica;
- *Statistica* - utilizado em todas as análises estatísticas, bem como para manuseio de dados de inventário florestal, advindos de coletores de dados;
- Sistema de reforma - destinado à determinação de critérios de reforma de talhões florestais.

A busca da CENIBRA tem sido por sistemas simples, que possam gerar informações em quantidade suficiente, com qualidade, com finalidades operacionais e gerenciais. A lógica é a seguinte: informações operacionais

geradas por um sistema permitem que as operações ocorram normalmente dentro do ciclo operacional da empresa. Já as informações gerenciais devem alimentar os processos de tomada de decisão.

Tem buscado também a implementação de uma combinação estruturada de informações, recursos humanos, tecnologias de informação e prática de trabalho, de forma a atender os seus objetivos.

A empresa tem procurado diminuir a distância entre ciência e prática, trabalhando em conjunto com pesquisadores de instituições consagradas no país pela excelência da pesquisa científica.

Visando o uso racional das modernas ferramentas de gerenciamento de recursos florestais, a CENIBRA tem concentrado esforços em pesquisa em todas as áreas, como silvicultura, melhoramento genético, colheita, biometria, inventário e manejo florestal. Em todas estas pesquisas, além da busca pela ciência, a empresa tem direcionado esforços para o controle total da qualidade e sustentabilidade econômica, ambiental e social.

A CENIBRA, há alguns anos, vem modernizando todo o seu sistema de inventário florestal, desde os conceitos básicos de biometria até o gerenciamento dos dados e dos resultados do mesmo. Do mesmo modo, a classificação da capacidade produtiva e a modelagem do crescimento e da produção tem sido alvo de vários desenvolvimentos, em parceria com universidades brasileiras, em especial, nesse caso, com a Universidade Federal de Viçosa. A meta da empresa é contar com diferentes tipos de modelos, de modo que os mesmos possam ser usados de acordo com a necessidade atual e futura. Na área de manejo florestal, a empresa tem concentrado esforços no desenvolvimento de ferramentas simples de gerenciamento, porém, eficazes e cientificamente corretas. Tem investido, também, na implementação de métodos estatísticos mais eficientes em todos os setores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo florestal moderno requer cada vez mais o uso de ferramentas de suporte a decisão, por exemplo, métodos de pesquisa operacional, com uma tendência para o uso de modelos híbridos. Não há como modernizar as atividades de manejo florestal sem o devido cuidado com outras áreas, por exemplo, biometria e mensuração florestal.

Tecnologias de informação têm sido desenvolvidas com frequência e contribuído para o progresso do setor florestal e, dentre os recursos tecnológicos, cabe menção os sistemas de informações automatizados

conhecidos como sistemas ou modelos de suporte a decisão.

É importante lembrar que o conhecimento científico é imprescindível para desenvolver e implementar sistemas de suporte a decisão, bem como para usá-los de forma correta e eficiente. Por outro lado, o nível adequado de detalhes desses sistemas requer investigação em outras áreas, como estatística, economia, administração, solos, melhoramento genético, ecofisiologia, hidrologia, ecologia, silvicultura, ambiência e inteligência artificial, dentre outras.

A CENIBRA está caminhando para atingir um nível de conhecimento e desenvolvimento tecnológico cada vez maior. Isto vem sendo feito através de projetos em conjunto com instituições de pesquisa e ensino, de treinamento dos técnicos da empresa, em especial, a valorização e aprimoramento científico em todas as áreas da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLUTTER, J.L., FORTSON, J.C., PIENAAR, L.V. BRISTER, G.H., BAILEY, R.L. *Timber management – a quantitative approach*. New York: John Wiley e Sons, 1983. 333p.

DYKSTRA, D.P. *Mathematical programming for natural resource management*. New York: McGraw-Hill Book Co., 1984. 318p.

LEITE, H.G. e GARCIA, S.L.R.G. Estudos de Inventário, Mensuração e Manejo Florestal na CENIBRA - Celulose Nipo Brasileira II. Volume I: Preliminares e Amostragem. 2001. (*Cenibra, Relatório Técnico*).

LEITE, H.G. e GARCIA, S.L.R.G. Estudos de Inventário, Mensuração e Manejo Florestal na CENIBRA - Celulose Nipo Brasileira II. Volume II: Densidade da Madeira. 2001. (*Cenibra, Relatório Técnico*).

LEITE, H.G. e GARCIA, S.L.R.G. Estudos de Inventário, Mensuração e Manejo Florestal na CENIBRA - Celulose Nipo Brasileira II. Volume III: Volumetria e Massa de Madeira por Árvore Individual. 2001. (*Cenibra, Relatório Técnico*).

LEITE, H.G. e GARCIA, S.L.R.G. Estudos de Inventário, Mensuração e Manejo Florestal na CENIBRA - Celulose Nipo Brasileira II. IV: Modelos de Taper. 2001. (*Cenibra, Relatório Técnico*).

LEITE, H.G. e GARCIA, S.L.R.G. Estudos de Inventário, Mensuração e Manejo Florestal na CENIBRA - Celulose Nipo Brasileira II. Volume V:

Análises de Resíduos das Estimativas de Volumetria e Massa. 2001. (*Cenibra, Relatório Técnico*).

LEITE, H.G. e GARCIA, S.L.R.G. Estudos de Inventário, Mensuração e Manejo Florestal na CENIBRA - Celulose Nipo Brasileira II. Volume VI: Outros Desenvolvimentos. 2001. (*Cenibra, Relatório Técnico*).

LEITE, H.G. e GARCIA, S.L.R.G. Estudos de Inventário, Mensuração e Manejo Florestal na CENIBRA - Celulose Nipo Brasileira II. Volume VII: Modelos de Crescimento e Produção. 2001. (*Cenibra, Relatório Técnico*).

TAUBE NETTO, M. Um modelo de programação linear para planejamento de florestas de eucalipto. *Pesquisa Operacional*, Campinas, v.4, n.1, p.19-39, 1984.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

**O PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO NA DIVISÃO FLORESTAL
DA RIGESA¹**

FOREST YIELD PLANNING IN RIGESA

Altair Negrello Jr.²

RESUMO

Tendo como principal missão o abastecimento de matéria prima à unidade industrial de Três Barras, a Divisão Florestal da Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda. define seus planejamentos buscando o máximo aproveitamento de seus recursos e, considera ainda como parte de seus negócios a comercialização do volume de madeira excedente em suas florestas. Este trabalho apresenta brevemente como é realizado o planejamento de produção da Divisão Florestal.

INTRODUÇÃO

O planejamento de produção na Divisão Florestal sempre foi tido como a base de todas as atividades operacionais e assume importância ainda maior quando observa-se os valores envolvidos em tal atividade. É comprovado que mesmo pequenas interferências nas atividades operacionais florestais, podem promover grandes reduções de gastos ou aumentar significativamente as receitas e lucros de uma unidade florestal. Esta questão reforça ainda mais a necessidade de administrar-se corretamente os recursos florestais disponíveis de forma a atender os objetivos da empresa como um todo. Paralelamente às questões econômicas, todo planejamento de uma unidade florestal deve contemplar suas responsabilidades sociais e ambientais junto às comunidades onde atua. Este trabalho apresenta de forma sucinta as bases para a realização do planejamento de produção florestal na Rigesa, colocando a Divisão Florestal como parte ativa e fundamental no abastecimento de uma de suas principais unidades industriais, a Fábrica de Três Barras, bem como na geração de receitas e lucros, tendo significativa participação nos resultados finais da empresa, cumprindo ainda sua função social e realizando práticas florestais ambientalmente responsáveis.

¹ Trabalho apresentado no 2º Simpósio Latino Americano sobre Manejo Florestal, realizado em Santa Maria – RS

² Engenheiro Florestal, Gerente de Planejamento Estratégico da Rigesa Ltda. – Divisão Florestal, altair.negrello@rigesa.com.br

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

A EMPRESA

A Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda. é uma subsidiária da empresa norte-americana Westvaco Corporation, atuando há 59 anos no mercado brasileiro de papel e embalagens de papelão ondulado e de papelcartão. A empresa possui duas fábricas de papel, quatro fábricas de embalagens de papelão ondulado, uma fábrica de embalagens de papel cartão, 48,6 mil hectares de terras plantadas e dezoito escritórios de vendas e representantes comerciais estrategicamente localizados em todas as regiões do país.



FIGURA 01 – Áreas de atuação da Empresa Rigesa

A Rigesa emprega aproximadamente 2.000 funcionários, ocupa o 2º lugar no mercado nacional de papelão ondulado e conquistou, em 1999, o prêmio Melhores e Maiores do setor de papel e celulose, da Revista Exame. Sua matriz Westvaco é uma das maiores produtoras mundiais de papelcartão para embalagens.

A Westvaco Corporation é uma multinacional norte-americana que atua no segmento de embalagens. Fundada em 1888, a Westvaco possui 17

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

mil funcionários, unidades fabris e operações florestais em 4 países, que produzem papel, embalagens e produtos químicos especiais e conta com escritórios de vendas em 14 países.

A DIVISÃO FLORESTAL

A Divisão Florestal tem no abastecimento de matéria prima à unidade industrial de Três Barras e na comercialização de madeira seus dois principais negócios. Todo o seu planejamento, tanto estratégico quanto operacional, é direcionado para a maximização dos resultados atendendo a estes objetivos.

À busca de suas metas, questões inerentes à Segurança no Trabalho, Meio Ambiente e Qualidade são sempre tomadas como prioridades, sobrepondo-se a quaisquer interferências em custos ou produtividade. Estas questões tornaram-se parte integrante de todos os treinamentos e orientações transmitidas aos funcionários, de forma que ao longo dos últimos anos as equipes adquiriram determinado grau de conscientização a ponto de entender que quando as atividades operacionais são adequadamente planejadas, benefícios relacionados a custos e produtividade são consequência deste processo.

A base florestal conta atualmente com 48.659 ha, localizados em 14 municípios do Norte de Santa Catarina e Sul do Paraná e distribuídos conforme Figura 01.

O *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* são as principais espécies plantadas na Divisão Florestal. Os plantios de *P. taeda* correspondem a 94% da área total plantada com *Pinus spp* enquanto 91% dos plantios de *Eucalyptus spp* são plantados com *E. dunnii*.

A Divisão Florestal desenvolve ainda o Programa de Fomento Florestal junto às comunidades rurais dos municípios de sua atuação. Este programa, que consiste na doação de mudas de Pinus e prestação de assistência técnica a produtores rurais e profissionais liberais, tem como objetivo promover e difundir a atividade florestal, ressaltando sua importância econômica e ecológica, baseada em práticas florestais responsáveis e ambientalmente responsáveis. Formalmente este programa foi implantado em 1997 promovendo a partir deste ano a formação de cerca de 800 ha/ano de Pinus anualmente, porém, informalmente a Rigesa distribui mudas para pequenos proprietários há mais de 20 anos.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

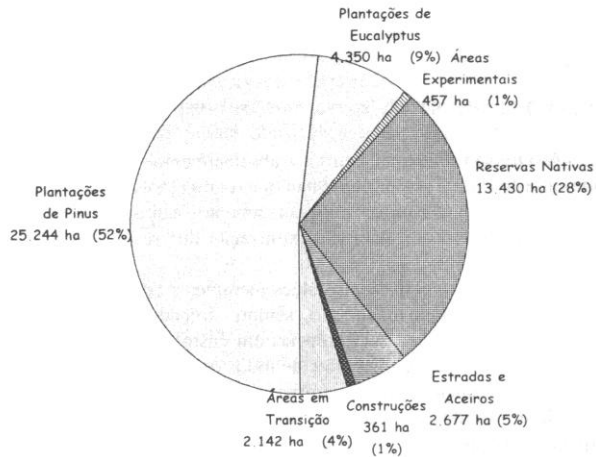


FIGURA 02 – Distribuição das áreas da empresa Rigesa

O MANEJO DAS FLORESTAS

Como as florestas da Rigesa sempre foram conduzidas visando a produção de celulose e papel, tanto o Pinus quanto o Eucalyptus recebem o corte raso ao final de suas rotações (Pinus = 18 anos e Eucalyptus = 7 anos). Estudos vêm sendo conduzidos buscando-se justificativas econômicas e operacionais para viabilizar podas e desbastes, especialmente em Pinus.

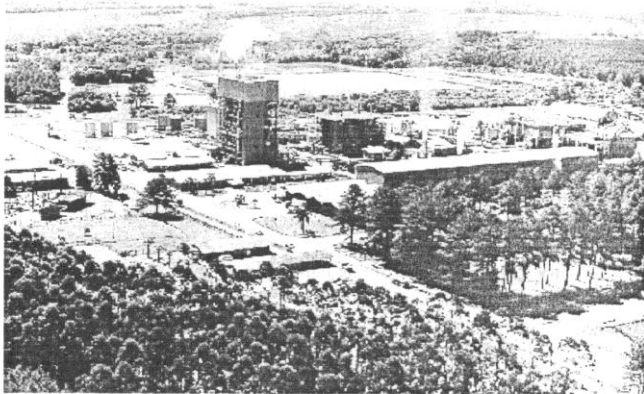
A FÁBRICA DE TRÊS BARRAS

A unidade fabril de Três Barras conta atualmente com 450 funcionários, responsáveis pela produção anual de 206.000 ton de papel kraftliner utilizado na fabricação de embalagens de papelão ondulado. Sua produção atende a demanda das fábricas da Rigesa e tem ainda cerca de 12% de sua produção destinada à exportação e 6% comercializado no mercado nacional.

Tendo-se *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* como matéria prima para a produção do papel kraftliner, a Fábrica de Três Barras demanda anualmente

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

aproximadamente 1.000.000 ton de madeira, dos quais cerca de 20% são utilizados como biomassa para geração de energia elétrica.



PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO

Diferentes formas podem definir o planejamento de produção em uma empresa florestal. A Divisão Florestal da Rigesa, que sempre teve em sua unidade fabril seu principal cliente, elabora seus planejamentos tomando como base a produção de papel da indústria. Com esta informação calcula-se o consumo de matéria prima e então é estabelecido o planejamento de produção.

De posse da previsão do consumo anual de madeira, faz-se uma análise das fontes onde pode-se encontrar este material bem como de suas respectivas disponibilidades. Independente da oferta observada no mercado, a Rigesa possui uma base florestal que permite garantir 100% de auto suficiência no abastecimento de madeira. Prevendo futuras expansões da unidade fabril, a Divisão Florestal sempre implantou mais florestas do que o necessário para atender a demanda projetada. Esta situação permite afirmar que o abastecimento à FTB em momento algum será comprometido, independente da oferta de matéria prima no mercado. Os volumes excedentes de madeira em idade de corte, são comercializados com indústrias da região de atuação da Rigesa.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Atualmente, 79% da madeira fornecida à FTB pela Divisão Florestal é procedente de suas próprias florestas e 21% é adquirido no mercado local sob a forma de toras, cavacos “limpos” ou resíduos de serrarias da região.

Os dados a seguir apresentam a previsão do consumo anual de madeira e as fontes para sua obtenção, considerando a situação atual no mercado de atuação da Rigesa. Com estes dados avaliam-se todos os recursos necessários para o abastecimento da unidade industrial desde o volume de madeira necessário até a área que deve ser plantada anualmente, passando-se por todas as variantes que participam da formação de uma área florestal ao longo de sua rotação.

Valores assumidos:

- Produção anual de papel: 206.000 ton
- Fator ton de madeira/ton de papel: 4 / 1
- Utilização Pinus/Eucalyptus: 93% / 7%
- Consumo anual de madeira para produção de papel:
 - Pinus: $206.000 * 4 * 93\% = 766.000$ ton
 - Eucalyptus: $206.000 * 4 * 7\% = 58.000$ ton
- Consumo anual de biomassa*: 200.000 ton

Obs.: * Esta informação é transmitida pela indústria dependendo do volume de vapor a ser produzido pela queima de licor negro (resíduo do processo de desfibramento da madeira para celulose).

Consumo anual de madeira (ton) – resumo (Veja Tabela 01):

TABELA 01 - Consumo anual de madeira

	Procedência	Processo	Biomassa	Total
Pinus	Rigesa	635.000		635.000
Pinus	Terceiros + Fomento Florestal	96.000		96.000
Cavacos “limpos”- Pinus	Terceiros	36.000		36.000
Eucalyptus	Rigesa	58.000	43.000	101.000
Casca de Pinus	Rigesa		73.000	73.000
Resíduos de serrarias	Terceiros		84.000	84.000
Total		825.000	200.000	1.025.000

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Disponibilidade de madeira procedentes das florestas Rigesa

A Divisão Florestal tem no programa FRIS (Forest Research Information System), desenvolvido internamente em conjunto com a Westvaco, a base de seu planejamento de curto, médio e longo prazos. Mantendo-se a atual base florestal, o volume recomendado a ser removido anualmente de Pinus e Eucalyptus é o seguinte:

Pinus: 980.000 ton/ano
Eucalyptus: 140.000 ton/ano

Áreas a serem plantadas anualmente

Para definir-se as áreas a serem plantadas, devemos inicialmente considerar os seguintes rendimentos, conforme Tabela 02:

TABELA 02 - Rendimentos das florestas Rigesa em idade de rotação

	<i>Pinus</i>	<i>Eucalyptus</i>
Rendimento	40,3 ton/ha/ano ou 43,1 m3/ha/ano	45,0 ton/ha/ano ou 47,7 m3/ha/ano
Rotação	18 anos	7 anos

A definição da área a ser plantada fundamenta-se nos seguintes aspectos:

- ◆ Demanda projetada de matéria prima pela unidade industrial
- ◆ 100% de auto suficiência no abastecimento de matéria prima
- ◆ Máximo aproveitamento das áreas disponíveis

Considerando-se apenas a demanda da indústria, necessitaríamos plantar aproximadamente 1.060 ha/ano de Pinus e 320 ha/ano de Eucalyptus. Analisando-se o máximo aproveitamento das áreas disponíveis, recomenda-se o plantio da seguinte área:

Pinus: 980.000 ton/ano / (40,3 ton/ha/ano * 18 anos) = 1350 ha/ano
*Eucalyptus**: 140.000 ton/ano / (45,0 ton/ha/ano * 7 anos) = 445 ha/ano

Obs.: * Não será plantado nos próximos três anos para ajuste do balanço oferta/demanda.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

COMERCIALIZAÇÃO DE MADEIRA

Como a disponibilidade de madeira das florestas próprias é superior à atual demanda da indústria, o volume excedente é comercializado no mercado local. A Rigesa também adquire madeira de terceiros uma vez que o programa informal de Fomento Florestal oferece esta oportunidade.

PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES OPERACIONAIS

As atividades operacionais de silvicultura e colheita de madeira são a base para a manutenção da sustentabilidade do fornecimento de matéria prima para a Fábrica de Três Barras.

1) Silvicultura

1.1) Produção de sementes

a) *Pinus*

Espécies: *Pinus taeda* e *Pinus elliotii*

Período: Março e Abril

Método: podões e cestos aéreos

Quantidade: 2.500 a 3.500 kg

Utilização: plantios próprios, fomento florestal e vendas

Mão de obra: terceirizada

b) *Eucalyptus*

Espécie: *Eucalyptus dunnii*

Período: Outubro a Dezembro

Método: podões e cestos aéreos

Quantidade: 50 – 150 kg

Utilização: plantios próprios e vendas

Mão de obra: terceirizada

1.2) Produção de mudas

a) *Pinus*

Período: Outubro a Julho

Espécies: *Pinus taeda* (90%) e *Pinus elliotii* (10%)

Quantidade: 5,0 a 5,5 milhões

Método: raiz nua (95%) e tubetes (5%) – para replantio

Utilização: plantios próprios, fomento florestal e vendas

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

b) *Eucalyptus*

Período: Julho a Janeiro

Espécie: *Eucalyptus dunnii*

Quantidade: variável

Método: produção por sementes (90%) e estaquia (10%)

Recipiente: tubetes

Utilização: plantios próprios

1.3) *Preparo de solos*

Cultivo Mínimo

Consiste na movimentação de acúmulos de resíduos deixados pela operação de Colheita de Madeira e posterior utilização de subsolador nas entre linhas de tocos do plantio recém cortado. Utiliza-se tratores de esteiras (CAT D6) com lâmina KG ou ancinho para movimentação dos resíduos e *ripper* como subsolador.

Convencional

Utilizado em situação de alto volume de resíduos e/ou tocos muito altos. É realizado empilhamento dos resíduos com lâmina KG e posterior subsolagem com *ripper*.

1.4) *Plantios*

a) *Pinus*

Área: 1.350 ha/ano

Espaçamento: 2,5m x 2,5m

Método: mecanizado ou manual, dependendo das condições de mecanização do local

Período: maio a julho

Mão de obra: contratação temporária

b) *Eucalyptus*

Área: variável

Espaçamento: 3,0m x 2,5m

Método: Semi mecanizado (distribuição de fertilizante com tratores e plantio manual)

Período: Setembro a Fevereiro

Mão de obra: própria e contratação temporária

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

1.5) Manutenções de plantios (Veja Tabela 03)

Com exceção do complemento manual, que é realizado após a limpeza mecânica (roçadeiras), as demais são mecanizadas feitas utilizando-se tratores agrícolas e tanques de 400 ou 600 litros.

TABELA 03 – Manutenções de plantio

		Época	Produto	Observação
Pré-plantio	P	10-30 dias antes do plantio	Scout / Chopper	Chopper não controla leguminosas
	E		Scout	
Preventiva nas linhas	P	Agosto/Setembro	Goal BR	Não vem sendo utilizado com frequência devido ao Cultivo Mínimo
	E	Até 20 dias após plantio		
Entre linhas	P	Idade 6-8 meses	Scout	
	E			
Over the top	P	1 inverno	Scout	Exige dormência total das plantas
	E			
Mecânica/Manual	P	Idade 2-3 anos		Controle de regen. natural de Pinus
	E	Idade 1-2 anos		

1.6) Controle de formigas

Pinus e Eucalyptus

Isca utilizada: Mirex (sulfluramida)

- ◆ Aplicações preventivas: distribuição sistemática de porta iscas (sacos plásticos) 3 a 10 dias antes do plantio
- ◆ “Combates”: equipes percorrem os talhões e colocam porta iscas (copinhos) junto às mudas atacadas
- ◆ Equipe composta por 5 funcionários sendo 1 encarregado e 4 ajudantes

2) Colheita de Madeira

Dois sistemas de colheita são utilizados na Divisão Florestal. Em Pinus trabalha-se com o sistema “full tree” utilizando-se Feller Bunchers, Skidders e Loaders/slathers enquanto em Eucalyptus é empregado o sistema

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

“Cut to length”, envolvendo os equipamentos Harvester e Forwarder. O atual sistema de colheita de Pinus está sendo gradativamente substituído quando então os Feller Bunchers serão substituídos por Harvesters – escavadeiras CAT 320 CL + cabeçote Logmax – que realizarão o corte e o desgalhamento, operação esta que atualmente é feita pelos skidders.

Pinus

Corte: utilização de Feller Bunchers Hydro Ax 611. Atualmente o grupamento é composto por 6 máquinas.

Arraste e desgalhamento: Utilização de skidders CAT 518 e CAT 525. Para o desgalhamento são empregadas grades desgalhadoras. Grupamento composto por 17 equipamentos.

Traçamento e carregamento: utilização de escavadeiras – CAT 320 BL com gruas e traçamento feito com mesa traçadora CTR 50. Esta atividade é realizada em dois turnos e conta com 6 composições.

Eucalyptus

Corte, desgalhamento e traçamento: realizado com Harvester Partek 911.

Baldeio e carregamento: realizado com Forwarder Partek 611.

- ◆ Trabalha-se com uma composição Harvester/Forwarder em dois turnos.

CONCLUSÃO

As informações aqui apresentadas são básicas para o direcionamento dos planejamentos de produção da Divisão Florestal. Anualmente analisa-se as metas de produção da Fábrica de Três Barras e distribui-se a estrutura disponível de forma a buscar os melhores resultados em termos de produtividades, custos, segurança do trabalho sempre mantendo nossas atencões às nossas responsabilidades sociais e com o ambiente.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

**PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL NA
KLABIN RIOCELL S.A.**

**FORESTRY PRODUCTION PLANNING AT
KLABIN RIOCELL S.A.**

José A. Totti¹ Jorge E. M. Klein² Rute Berger³ Joselito R. Junqueira⁴

RESUMO

O planejamento da produção é um requisito fundamental para garantir a manutenção do abastecimento de uma empresa de base florestal. Preço de produto, custos de produção, colheita e transporte, distância da fonte, valor da terra, além do suprimento da fábrica, atendimento das necessidades de mercado e a obtenção do máximo retorno financeiro são fatores extremamente relevantes e devem ser considerados no planejamento. Porém, esta grande quantidade de variáveis torna difícil a tomada de decisão, podendo haver equívocos na determinação de práticas de manejo e a conseqüente geração de florestas desordenadas, que não conseguem suprir o fluxo de demanda de matéria-prima ou conseguem com perdas econômicas consideráveis. A utilização de modelos matemáticos que permitem a otimização dos recursos florestais vem como ferramenta auxiliar na tomada de decisão, podendo definir quando, quanto e onde implantar ou cortar, considerando as restrições operacionais e financeiras da empresa, em um horizonte de planejamento preestabelecido. Entretanto, para que esta ferramenta tenha valor na definição do plano de manejo, é preciso que esteja apoiada em um banco de dados consistente. Quando se trata de planejar o futuro de uma floresta, é a sua condição atual que vai determinar as medidas a serem tomadas (intervenções). Para que isto seja

¹ Engenheiro florestal, Gerente da Área Técnica e Planejamento Florestal da Klabin Riocell S.A., R. São Geraldo, 1680 – 92500-000 – Guaíba-RS.

² Engenheiro florestal, Consultor da Área Técnica e Planejamento Florestal da Klabin Riocell S.A., R. São Geraldo, 1680 – 92500-000 – Guaíba –RS.

³ Engenheira florestal, M.Sc., Área Técnica e Planejamento Florestal da Klabin Riocell S.A., R. São Geraldo, 1680 – 92500-000 – Guaíba – RS.

⁴ Formando em Administração de Empresas, Área Técnica e Planejamento Florestal da Klabin Riocell S.A., R. São Geraldo, 1680 – 92500-000 – Guaíba – RS.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

possível, o banco de dados deve estar alimentado com informações relevantes e confiáveis, obtidas através de inventário e cadastro florestal, modelagem de dados (para estimativas de parâmetros florestais e prognoses de crescimento) e também no atual estágio tecnológico, associado a um Sistema de Informações Geográficas, que propicie eficiente suporte técnico ao planejamento operacional de unidades de produção. O modelo de decisão porém, não é estático, devendo-se considerar a entrada de novas restrições e principalmente o surgimento de inovações tecnológicas (equipamentos e/ou introdução de materiais genéticos superiores) que podem mudar expressivamente o planejamento florestal.

Palavras-chave: planejamento florestal, produção florestal, otimização

ABSTRACT

Timber production planning is a prerequisite to assure the maintenance of forest base company supply. Price of products, costs of production, harvesting and transportation, distance from mill, land value, as well as mill supply, market necessities and getting maximum financial results are extremely important and must be considered in the forest planning. However, so many variables becomes hard the decision making. It can produce mistakes on determination of timber management practices causing unregulated forests, which can not supply the wood demand flow or if it does, with considerable economic losses. The use of mathematical models, that allow the optimization of forests resources, arise as a helpful tool to the decision making. It can determine when, how many and where planting or cutting, considering financial and operational restrictions of company in a pre-establishment timber management planning. Notwithstanding, it is necessary that tool has supported in a very consistent database. This database must be provided with significant and trustable information, obtained from forest inventory, forest cadastre and trough the mathematical models fitting (to estimate forest parameters and growth prognosis). Nowadays, an association with the Geographic Information System can offer a technical support to the operational planning for management units. However, the decision model is not static: new restrictions and technological innovation (equipments and genetic gain) can significantly change the timber forest planning.

Key words: forest planning, forest production, optimization

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

INTRODUÇÃO

Estabelecer um programa de planejamento florestal de longo prazo, que permita garantir a manutenção do fornecimento de matéria-prima e ainda, maximizar rendimentos e minimizar custos, é um grande desafio para as empresas florestais. TAUBE NETTO (1989) destaca que as definições sobre o momento de implantar, colher, reformar, comprar madeira de terceiros, comprar e vender terras são muito relevantes, principalmente para empresas florestais verticalizadas, com demanda contínua de madeira. Na atual conjuntura, o fomento florestal passa a ser uma variável importante no processo.

Segundo RODRIGUEZ & MOREIRA (1989), apesar do grande número de estratégias de ação e dos diversos resultados possíveis, o planejamento não deve restringir o leque de possibilidades de intervenção na floresta, e sim tentar organizar a forma de resolver os problemas de planejamento. Uma das alternativas é a utilização de modelos matemáticos que permitem a otimização dos recursos florestais, podendo definir estratégias de atuação em cada situação, considerando as restrições operacionais e financeiras da empresa, que sempre existem.

A EMPRESA

A Klabin Riocell S.A., situada em Guaíba – RS, produz anualmente cerca de 300.000 toneladas de celulose e 40.000 toneladas de papel, consumindo aproximadamente 1,3 milhões de metros cúbicos de madeira de *Eucalyptus* spp., oriunda de florestas próprias ou de parceria. A distribuição das áreas é apresentada no Quadro 1:

QUADRO 1: Distribuição de áreas que compõem a base florestal da Klabin Riocell S.A.

Tipo	Área (ha)		
	<i>Eucalyptus</i>	Outras*	TOTAL
Própria	31.943	11.989	43.932
Terceiros	7.090	4.211	11.301
TOTAL	39.033	16.200	55.233

*Referente às Áreas de Conservação, outras espécies que não compõem o processo produtivo e infra-estrutura (estradas, aceiros, etc.).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

A base florestal conta com 155 hortos florestais (93 próprios e 62 em áreas de terceiros), compreendidos em 24 municípios do Estado, a uma distância média da fábrica em torno de 82 Km.

FERRAMENTAS DE SUPORTE AO PLANEJAMENTO FLORESTAL

O planejamento florestal só tem validade se estiver apoiado em um sistema de informações confiável. De nada vale planejar as ações futuras se a fonte de informação não fornece dados confiáveis e precisos.

Banco de Dados Florestal

As informações pertinentes à área florestal da Klabin Riocell S.A. estão disponibilizadas em banco de dados relacional (Oracle/SQL) em plataforma NT 4.0. O banco de dados florestal contém informações desde a aquisição da terra, o preparo do solo, a implantação da floresta, sua manutenção, colheita, transporte e recebimento de madeira na indústria. Sua atualização é diária, com consistência mensal nas informações que se fizerem necessárias.

O banco de dados suporta informações cadastrais classificadas em diferentes níveis administrativos (Horto Florestal, Talhão e Secção), que é a base inicial para os demais módulos, como informações silviculturais, de inventário e colheita. O cadastro contempla informações sobre espécie/variedade, rotação, idade, situação florestal, composição da área (plantada, de conservação e infra-estrutura) distância das fontes de consumo e postos de pedágio, entre outras. No módulo silvicultura estão as informações referentes às atividades desenvolvidas na floresta, como o período de realização, área trabalhada, insumos utilizados e valores pagos ao serviço realizado. O inventário contempla informações sobre parâmetros dendrométricos relevantes para a avaliação do crescimento e prognose da produção e para o planejamento florestal (diâmetro, altura média, altura dominante, volumes e sortimentos, densidade de povoamento). Da mesma forma que a silvicultura, na colheita são identificadas as atividades inerentes ao processo, como área trabalhada, período de colheita, volumes produzidos e valores pagos pelo serviço realizado.

Todas as informações constantes no banco de dados são de fácil acesso ao usuário através da utilização da linguagem de programação SQL Plus. Com essa ferramenta é possível obter informações em diferentes níveis, desde o operacional até o gerencial.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Inventário Florestal e Modelos de Crescimento

Um sistema de inventário contínuo permite que se acompanhe o desenvolvimento da floresta ao longo do tempo, com a medição de unidades amostrais permanentes distribuídas em estratos de características cadastrais semelhantes. Com estas informações é possível ajustar modelos de crescimento e produção adequados por espécie, rotação, índice de sítio e densidade populacional (área basal), que são utilizados na prognose de volume para cada regime de manejo.

Sistema de Informações Geográficas - SIG

O banco de dados relacional (Oracle) associado a um Sistema de Informações Geográficas – SIG (Arc View) torna possível a espacialização das informações florestais a fim de se realizar análises mais consistentes, onde a componente espacial é a tônica que diferencia esta das demais análises. A utilização do SIG como ferramenta de suporte à tomada de decisão é muito importante para o planejamento operacional de curto e longo prazo, permitindo a visualização de cenários propostos pela pesquisa operacional, através da programação linear, considerando aspectos sociais, econômicos e ambientais, garantindo a sustentabilidade das operações florestais. Os planos de manejo e os planos anuais de colheita e implantação são facilmente visualizados, agilizando os processos, fornecendo bom suporte para o planejamento operacional e permitindo uma melhor gestão dos recursos disponíveis.

Otimizadores da Produção Florestal

A gestão dos recursos florestais envolvendo as múltiplas opções de manejo, para as mais de 4 mil unidades de manejo da Klabin Riocell, torna-se praticamente impossível sem o uso de ferramentas de otimização. Buscar a persistência da produção e ao mesmo tempo a maximização do retorno sobre os investimentos florestais, num cenário configurado por restrições de diversos tipos, delimitando o espaço de resposta e consequentemente a definição das prescrições de manejo que deverão ser aplicadas às florestas, não é tarefa muito fácil. A definição do melhor manejo para um talhão é simples, mas otimizar o negócio florestal como um todo é tarefa das mais árduas. As vezes o prejuízo em uma determinada unidade de manejo é plenamente compensado pelo manejo de uma outra unidade. Logo, o manejo ótimo deve considerar o somatório de oportunidades ou impactos das possibilidades de manejo, considerando todas as unidades de manejo ao mesmo tempo, sobre o que pretende-se otimizar. Neste sentido, técnicas

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

avançadas de gestão, como a Programação Linear, permitem a construção de modelos de decisão, que consideram simultaneamente os objetivos econômicos com restrições operacionais e ambientais, por exemplo.

A utilização da Programação Linear como ferramenta auxiliar na tomada de decisões teve seus primórdios durante a década de 40, havendo sérias limitações devido às restrições computacionais da época. Com o surgimento de computadores de maior capacidade, a partir dos anos 60 houve um salto na utilização da programação linear na solução de problemas de planejamento florestal (CLUTTER et al., 1983).

DEFINIÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE LONGO PRAZO

Para que se possa utilizar a Programação Linear como ferramenta de auxílio ao planejamento da produção florestal é preciso que se considere os objetivos do modelo de otimização: minimizar custos, maximizar produção em volume ou maximizar receitas (através do Valor Presente Líquido). Definida a medida de desempenho desejada, na maioria das vezes a maximização do VPL, parte-se para a obtenção das variáveis que irão compor o modelo.

Com o objetivo de diminuir o número de variáveis que compõem o modelo de otimização e facilitar o processamento das informações são definidas unidades mínimas de manejo (estratos). Atualmente os estratos são compostos de talhões de mesmo horto, espécie/variedade, rotação, idade e sítio.

A partir da estratificação são gerados todos os regimes de manejo possíveis de serem aplicados a cada uma destas unidades, em um horizonte de planejamento pré-definido. As possibilidades de manejo englobam a execução, em diferentes idades, de corte raso com posterior condução da brotação (talhadia) ou reforma (substituição por materiais genéticos superiores); a aplicação de desbastes (alto fuste); a não intervenção da floresta; e a compra e/ou venda de madeira ou terra.

Definidos os regimes de manejo aplicáveis a cada estrato, parte-se para a estimativa dos volume resultantes destas simulações, através de modelos de prognose adequados por espécie, rotação, índice de sítio e densidade populacional (área basal). Com isto é possível calcular as receitas brutas dos cortes e os custos de implantação, condução, manutenção, colheita e transporte, que permitem a obtenção de um fluxo de caixa líquido completo e, conseqüentemente, um VPL.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

No modelo deve-se considerar também as restrições relacionadas aos recursos e às exigências da empresa, extremamente decisivas na obtenção do modelo ótimo. Existem algumas restrições básicas, que necessariamente devem ser consideradas no modelo, pois dizem respeito à disponibilidade de recursos e cumprimento de 'contratos'.

No caso da Klabin Riocell S.A. considera-se como restrições básicas, entre outras:

- Áreas disponíveis por estrato;
- Liberação áreas dos contratos em casos de parcerias e/ou arrendamentos;
- Orçamento anual;
- Área mínima e máxima para reforma;
- Composição (mix) de madeira para celulose;
- Continuidade de mão-de-obra nos pólos de colheita.

Em relação à demanda de matéria-prima que deve-se levar em consideração:

- Volume por ano/produto/destino

Estabelecida a função objetivo (minimização de custos, maximização de volume ou receitas), definidas as restrições que deverão ser consideradas no modelo de otimização e obtidos seus coeficientes, parte-se para o processamento dos dados. A solução matemática, no caso da Klabin Riocell S.A., é obtida através do software LINDO 6.0.

O resultado do processamento é a quantidade de hectares que deverão ser manejados em cada estrato, a cada ano, de acordo com o regime de manejo determinado pela solução matemática. Obtém-se, então, o Plano de Manejo de Longo Prazo.

A partir da informação por estrato, retorna-se ao nível de secção e procede-se o planejamento operacional de curto prazo.

PLANO ANUAL DE IMPLANTAÇÃO E COLHEITA (CURTO PRAZO)

As respostas geradas pelo processamento ao nível de estrato são avaliadas, desmembradas em secções (menor unidade de manejo utilizada pela Klabin Riocell) e incluídas no programa operacional de curto prazo, em conformidade com o regime de manejo sugerido pelo modelo. Com base nesse resultado, são gerados programas de colheita e implantação (reforma

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

e/o plantio de novas áreas), com volume e área a ser manejada, para cada horto florestal.

Com as informações caracterizadas por secção é possível a geração de mapas temáticos, onde serão espacializadas as prescrições dos manejos adequados para cada situação da floresta programada para colheita ou implantação, suporte importante para a área operacional.

PLANEJAMENTO X INTRODUÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

A definição de regimes de manejo ideais a partir dos modelos de otimização não implica necessariamente na sua aplicação única e exclusiva ao longo do horizonte de planejamento. O modelo de otimização não é um modelo estático, uma vez que ocorrem mudanças de ordem significativa ao longo do tempo.

Uma das mudanças que influencia o planejamento é aquela relacionada ao avanço tecnológico dos sistemas de implantação e colheita, com o aperfeiçoamento de equipamentos e a mecanização das operações. A utilização de máquinas e equipamentos tecnologicamente mais avançados influencia o rendimento e a velocidade de execução das operações florestais e com isto, o custo dessas atividades.

O melhoramento das características qualitativas e quantitativas da floresta pode exercer impacto significativo sobre o planejamento da produção ao longo do tempo, uma vez que afeta o consumo específico de madeira para produção de celulose ou qualquer outro produto que se queira produzir. A introdução de materiais genéticos superiores, de alta produtividade e de qualidade adequada aos processos e ao produto de interesse, pode gerar mudanças significativas no manejo da floresta. Maior produtividade dos materiais genéticos disponíveis, pode provocar a substituição de materiais menos produtivos, especialmente nos locais mais próximos da unidade de consumo, impactando nos regimes de manejo a serem aplicados à floresta. Os modelos de decisão devem permitir avaliar os impactos que inovações ou melhoramentos nos processos de produção possam causar sobre o objetivo de otimização e conseqüentemente sobre o manejo da floresta.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLUTTER, J.L.; FORSTON, J.C.; PIENAAR, L.V. et al. Timber management: a quantitative approach. New York, John Wiley, 1983. 351 p.
- RODRIGUEZ, L.C.E.; MOREIRA, R.M. Gerenciamento de florestas de *Eucalyptus* com modelos de programação linear. IPEF Série Técnica, Piracicaba, v. 6, n. 19, p. 1-15, 1989.
- TAUBE NETTO, M. Simulação otimizada do planejamento florestal. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO FLORESTAL, 1., 1989, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1989

PLANEJAMENTO FLORESTAL NA DURATEX S.A.

FORESTRY PLANNING IN DURATEX

Antônio Joaquim de Oliveira¹ Roberto Pinto da Silva¹

RESUMO

Este trabalho discorre sobre os principais aspectos do planejamento estratégico e de curto prazo da produção florestal no Grupo Duratex. Comenta sobre os sistemas estruturados para suportar estes processos e suas plataformas. Descreve os sistemas de manejo adotados, as bases de dados de cadastro florestal, inventário florestal, formação de custos e rendimentos operacionais e, a utilização destas ferramentas na elaboração dos planos estratégicos de abastecimento de madeira, planejamento operacional de curto prazo, orçamento físico e de custos anual, seu acompanhamento periódico, e o apoio aos processos de tomada de decisão.

Palavras-chave: planejamento, sistemas, produção florestal, gestão estratégica, manejo sustentado.

SUMMARY

In this paper are shown the main facts about forest planning at Duratex. It shows the forest management system to support these processes and their bases. It describes the management systems used, the data bases of forest registers, forest inventory, costs and productivity and the how these systems are used to make long term plans for wood production, short term operation planning, physical and costs annual budgeting, their periodical follow-up and their support to business decision.

Key words: planning, systems, forestry wood production, strategic management, sustainable management.

¹ Engenheiros Florestais. Empresa DURATEX S.A., Rodovia Marechal Rondon Km 323, Fazenda Monte Alegre. 17.120 - 000 Agudo - SP. florestal. E-mail: mpf@duratex.com.br

O GRUPO DURATEX S.A.

O Grupo Duratex iniciou suas atividades em 1954 com a entrada em operação de sua primeira linha de produção de chapas de fibra, no município de Jundiá, São Paulo, com as primeiras exportações em 1957.

No final da década de 50, era criado o Departamento Florestal, responsável pelo programa de produção de madeira própria e fomento florestal. Até então, a matéria-prima utilizada na fabricação de chapas de fibra era proveniente, das grandes reservas de eucalipto, implantadas na região pela Cia. Paulista de Estradas de Ferro.

Em Abril de 1966, a Duratex obteve junto ao Banco Central da República do Brasil, o Certificado da Condição de Sociedade Anônima de Capital Aberto.

Em 1972, a Duratex incorporou a Deca S.A., fundada em 1947, na capital de São Paulo, hoje destaque no mercado de louças e metais sanitários.

A inauguração, em 28 de setembro de 1973, da fábrica de chapas de fibra de Botucatu, voltada para o mercado externo, colocou o país entre os maiores fabricantes de chapa de fibra do mundo, e como principal exportador do produto.

A Duratex compra, em julho de 1981, a fábrica Louçasul, em São Leopoldo (RS), que pertencia ao grupo francês Lafarge, elevando a capacidade de produção para 2 milhões de peças/ano.

A Linha III de Botucatu foi inaugurada em abril de 1982, elevando a capacidade instalada da Duratex para 370 mil toneladas anuais de chapas de fibra de madeira.

Em 1984, a Duratex assumiu o controle das unidades de madeira aglomerada do grupo Peixoto de Castro, com fábricas em Itapetininga (SP) e Gravataí (RS) e grandes áreas de reservas florestais.

Em 1988, a Duratex adquire a unidade de madeira aglomerada do Grupo Freudenberg, no município de Agudos (SP), e incorpora um magnífico complexo florestal-industrial, que complementou sua linha de produtos, elevando a capacidade instalada da empresa para 420 mil m³ de madeira aglomerada.

Com uma estratégia permanente de crescimento e liderança nos mercados em que atua, a Duratex marcou passos decisivos na década de 90. Em 1997, com a inauguração da 1ª linha de MDF do País, em Agudos, com capacidade instalada de 220.000 m³/ano. Em 1999, com a

inauguração da linha de pisos a base de HDF, também em Agudos, inédita no País. Em 2000, consolidou a ampliação, em 78%, da capacidade instalada de produção de chapas de aglomerado da unidade de Itapetininga, para 320.000 m³/ano.



FIGURA 1: Produtos fabricados pela Área Madeira e as respectivas capacidades de produção.

Para entrar em operação no ano de 2002, a Duratex já iniciou a construção, em Botucatu, de uma nova linha de HDF/MDF, a maior do mundo, com capacidade instalada de 110.000 m³ HDF/ano e 200.000 m³ MDF/ano.

O Grupo Duratex é controlado pela Itaúsa – Investimentos Itaú S.A. – holding de capital aberto brasileira e controladora do segundo maior conglomerado brasileiro por volume de receitas. Opera nas áreas financeira, de seguros, industrial (eletrônica de informática, de consumo, painéis de madeira, louças e metais sanitários e química) e imobiliária.

São 5 unidades industriais dedicadas à produção de painéis de madeira reconstituída. Localizadas nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, possuem capacidade anual instalada de 340.000 t de Chapa de Fibra,

220.000 m³ de MDF e 610.000 m³ de Aglomerado.

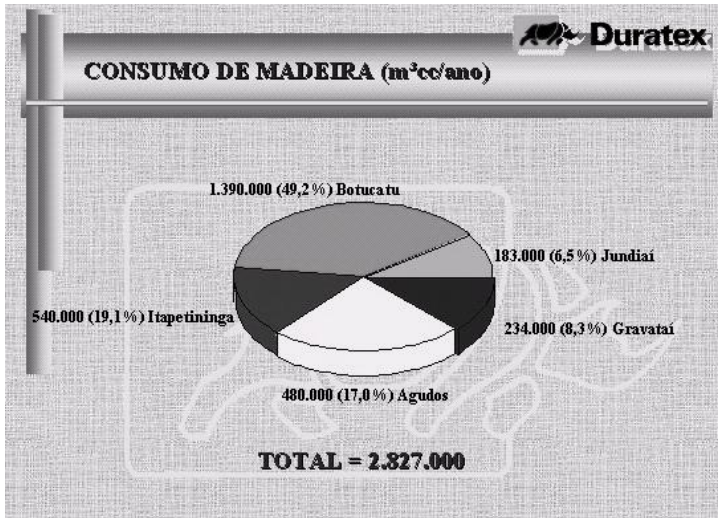



FIGURA 2: Consumo anual de madeira por unidade industrial.

O consumo de madeira é de 2.827.000 m³cc/ano sendo que 82% do abastecimento é feito com florestas próprias de *Pinus e Eucalyptus*, numa área total de 108.845 ha. Destes, 34.023 ha são terras localizadas na Bahia, em fase de desmobilização.

Diferentemente da maioria das empresas que operam no setor das indústrias de base florestal, a Duratex opera em sua quase totalidade com funcionários próprios, o que tem lhe garantido destacada performance social nos processos de certificação Green Label e ISO 14.001.

Na área florestal, são 718 funcionários próprios e 32 de terceiros.



PROPRIEDADES E ÁREAS (ha)

Região	Pinus	Eucalyptus	Área Preservada	Outros	Área Total	Distância (km) Média da Fábrica
São Paulo	17.584	36.966	11.025	4.821	70.396	57
↳ Jundiá	-	2.174	343	314	2.831	65
↳ Itapetininga	2.280	10.863	3.285	1.312	17.740	77
↳ Botucatu	-	9.987	2.483	1.654	14.124	33
↳ Lençóis Paulista	3.836,00	13.697	3.472	1.104	22.109	83
↳ Agudos	11.468	245	1.442	437	13.592	10
Rio G. do Sul	444	2.645	1.105	232	4.426	96
Bahia	14.000	210	10.976	8.837	34.023	-
TOTAL	32.028	39.821	23.106	13.890	108.845	-

FIGURA 3: Localização das unidades industriais e florestais.

TABELA 1: Áreas florestais da Duratex, discriminados por região e tipo de uso do solo.

PLANEJAMENTO FLORESTAL

O planejamento suscita mais problemas no âmbito florestal – sobretudo tratando-se de empresas de grandes dimensões – do que em muitos outros campos da atividade humana, devido à longevidade das árvores, à extensão geográfica das áreas florestais, às contingências da natureza e dos mercados (JOHNSTON, D.R. et al, 1967).

A elaboração de planos de ordenamento de fatores de produção associados a recursos florestais, freqüentemente escassos, visando a oferta ótima e sustentada de produtos e/ou serviços demandados pela sociedade, constitui a atividade de planejamento florestal.

A área de Planejamento Florestal tem a responsabilidade de apoiar a Diretoria Florestal e Áreas Operacionais na elaboração dos planos de produção de madeira visando atender as demandas industriais de forma sustentada sob os aspectos econômico, ambiental e social.

Com este propósito, algumas atividades e sistemas estão estruturados e mantidos periodicamente com dados e informações básicos a condução deste processo, dentre os quais destacamos:

- Cadastro Florestal;
- Cartografia Digital;
- Inventário Florestal;
- Sistemas de Operações de Campo (SOC);
- Controle da Frota;
- Relatório Mensal de Custos, com acompanhamento do Planejamento Orçamentário Anual (POA);
- Custo de Madeira Posto-Fábrica (Real).

CADASTRO FLORESTAL

O Cadastro Florestal, implementado em Access 2000, é a base física qualificada e quantificada do uso do solo das propriedades florestais, detalhado por Região, Unidade Operacional e Fazenda.

As principais informações detalhadas por fazenda, são:

Áreas produtivas (quadras): número da quadra, material genético (clone, sementes), gênero, espécie, data de plantio, datas de corte, rotação, desbaste, área, perímetro, idade, adubações realizadas, ocorrências diversas (pragas, doenças, geadas, incêndios, entre outros).

Áreas não produtivas: estrada principal e secundária, preservação permanente, reserva legal, redes elétricas, benfeitorias, entre outros.

Este Banco de Dados é atualizado mensalmente pela área de Planejamento Florestal, com informações geradas pelas áreas operacionais. São a base física de referência para a geração das demais informações necessárias à gestão estratégica e operacional.

Este Banco de Dados é o alicerce do projeto do novo sistema de informações gerenciais da Área Florestal da Duratex, que prevê a conversão para o padrão SQL Server da Microsoft, buscando integração e sinergia com o Sistema de Operações de Campo - SOC e sistemas corporativos de dados, cujo fluxograma simplificado está apresentado na figura 1.



FIGURA 4: Fluxograma Simplificado dos Sistemas de Dados e Informações

INVENTÁRIO FLORESTAL

O Inventário Florestal é a valorização quantitativa e qualitativa dos povoamentos florestais, sendo realizado anualmente.

A intensidade inicial da amostragem é de 1 parcela para 10 ha, sendo definida de acordo com a produtividade da floresta. O objetivo é estimar o volume do estoque de madeira em pé com um erro máximo de 5%, para a população e, 10% para os estratos, ambos a 95% de probabilidade.

As amostragens são estratificadas por meio de parcelas permanentes retangulares de 216 m², variando de tamanho em função do espaçamento.

Em cada parcela são medidas as alturas totais de 20% das árvores mais as alturas das árvores dominantes. As alturas totais das demais árvores são estimadas, em cada inventário processado, utilizando-se uma equação hipsométrica para cada projeto, estrato, ou fazenda. O modelo adotado pela Duratex, e ajustado pelo próprio software de inventário florestal (SIFCub2000), é:

$$\text{Ln}(H_t) = \beta_0 + \frac{\beta_1}{\text{dap}} + \beta_2 \text{Ln}(H_d) + \varepsilon$$

, em que:

Ht = altura total, m;

dap = diâmetro a 1,3 m de altura, cm;

Hd = média das alturas dominantes da parcela, m;

β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros;

ε = erro aleatório, $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$

Os dados são armazenados no campo em coletores de dados e processados em sistema computacional específico, SIFCUB2000, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – MG.

Os dados de cubagem rigorosa são processados também no

SIFCUB2000 utilizando-se a fórmula de Smalian, ou seja,

$$V_i = L \frac{(g_1 + g_2)}{2}$$

, onde g_1 e g_2 são as áreas seccionais nas posições consecutivas 1 e 2, sendo L = comprimento da seção.

O modelo volumétrico utilizado nas estimativas de volumes é o de Schumacher e Hall; cuja relação funcional é:

$$\text{Ln}(V) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln} \text{dap} + \beta_2 \text{Ln} H_t + \varepsilon,$$

em que:

V = volume por árvore individual, m³, com ou sem casca;

dap = diâmetro a 1,3 m de altura, cm;

Ht = altura total da árvore, m;

β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros;

ε = erro aleatório, $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$

Todas as equações geradas anualmente pelo SIFCub 2000 são armazenadas no banco de dados do sistema de inventário, para uso no processamento dos inventários florestais.

A equipe de inventário florestal é própria, composta de 1(um) supervisor e 4 (quatro) operadores florestais (2 equipes).

A execução de inventários florestais confiáveis é parte importante de um processo de produção florestal sustentada por possibilitar um planejamento consistente de atividades e resultados.

CARTOGRAFIA DIGITAL

Os mapas das propriedades florestais estão, em sua maioria, armazenados em meio digital, no formato DGN, O sistema utilizado é o Microstation da Bentley Systems. Com a conclusão do novo Cadastro Florestal na plataforma SQL Server, os mapas serão conectados com a base de dados, através do módulo Geographics, permitindo a elaboração de mapas temáticos de grande importância na condução das atividades operacionais e elaboração dos planos estratégicos.

Os levantamentos topográficos são terceirizados, sendo referenciados geograficamente com base na rede de marcos de 1ª ordem do IBGE. No cadastro interno, utilizam-se aparelhos GPS em modo de caminhamento cinemático. Em situações com dificuldade de recepção de sinal do sistema GPS, é empregado o uso de estação total. Está em fase de teste o emprego de fotos aéreas para estas situações - obtidas pela Aerofotogrametria e Projetos - escala de vôo 1:30.000, em Out/2000. Estas fotos, bem como imagens de Satélite Landsat7 – resolução de 15m x 15m - também estão sendo empregadas em apoio à identificação de novas áreas para aquisição e implantação de projetos florestais visando aumento da capacidade de produção de madeira. Nos levantamentos perimétricos, o equipamento padrão é estação total. Os dados altimétricos são obtidos pela digitalização das cartas do Instituto de Geografia e Cartografia do Estado de São Paulo –IGC, escala 1:10.000.

SISTEMA DE OPERAÇÕES DE CAMPO – SOC

O sistema de Operações de Campo – SOC, gerido pela Área de Controle de Custos Florestal, é alimentado diariamente com os apontamentos das atividades operacionais de colheita, transporte e silvicultura. Possui dados de rendimentos operacionais, utilização de insumos e volumes transportados por fonte, entre outros.

Os dados históricos das áreas comerciais são utilizados na melhoria contínua das atividades envolvidas da produção de madeira, gerando dados de produtividade florestal, periodicamente comparados com o inventário florestal.

PLANEJAMENTO – ELABORAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

Os sistemas de simulação de manejo florestal e produção de madeira estão todos desenvolvidos e implantados em planilhas Microsoft Excel 2000.

O Plano Orçamentário Anual detalha as metas operacionais e recursos demandados no cumprimento do Plano Estratégico de Abastecimento, definido para um horizonte de 12 anos, com detalhamento mensal para os dois primeiros anos.

Através do Relatório Mensal de Custos e Resultados Operacional, gerado pela Área de Controladoria Florestal, a Diretoria Florestal e as Áreas Operacionais avaliam os resultados mensalmente, buscando os ajustes operacionais necessários ao cumprimento das metas físicas e de custos.

Com o Relatório Semanal de Custos, as áreas operacionais dispõem de um instrumento gerencial que permite a adoção de medidas rápidas em situações que as metas não estão sendo atingidas.

Todas as atividades operacionais são dimensionadas a partir dos estratos florestais gerados pelo Banco de Dados de Cadastro Florestal e Sistema de Processamento de Inventário Florestal, que definem um conjunto de características comuns a determinada área florestal e que portanto, podem estar sujeitas a um mesmo padrão de tratamento operacional. Por padrão operacional, está definido como sendo as técnicas operacionais a serem empregadas nas atividades de silvicultura e colheita, especificação de recursos humanos, máquinas, equipamentos e insumos com seus respectivos rendimentos.

Os instrumentos gerenciais de acompanhamento de metas físicas e de custos acima descritos, são a base para a revisão do próprio Orçamento Anual e do Planejamento Estratégico, quando necessário.

Como padrão, os Planos Estratégicos de Abastecimento Industrial de Madeira são revistos anualmente, previamente à elaboração do Orçamento Anual do exercício seguinte.

Nos últimos anos, estes planos estão sendo revistos com maior frequência, em suporte ao planejamento das seguidas expansões industriais já realizadas e em andamento, com significativas mudanças na linha de produtos, notadamente MDF, HDF e o piso Durafloor.

MANEJO FLORESTAL E PRODUTIVIDADES ESPERADAS

Com uma linha de produtos concentrada no segmento de painéis madeira reconstituída, a Duratex redesenhou o manejo das suas florestas visando alta produtividade de madeira para processamento, podendo ser

resumido em:

- Gênero *Eucalyptus*:
 - ✓ Espécies: *E. grandis* e *E. saligna*
 - ✓ 2 rotações (solos bons/médios)
 - ✓ 1 rotação (solos fracos)
 - ✓ Idade de corte: 6 anos
 - ✓ Produtividade 1ª rotação : 45 m³cc/ha/ano
 - ✓ Produtividade 2ª rotação : 38 m³cc/ha/ano
 - ✓ Espaçamento: 6 m²/planta (4x1,5m; 3x2m)
 - ✓ Manejo da brotação 2ª rot.: recuperação da lotação inicial (nº plantas/ha)
- Gênero *Pinus*:
 - ✓ Espécies: *P. caribea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa*
 - ✓ Sem desbaste
 - ✓ Produtividade: 30 m³cc/ha/ano
 - ✓ Idade de corte: 12 anos
 - ✓ Espaçamento: 4,5 m²/planta (4x1,5m; 3x1,5m)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Duratex tem, como política da qualidade, buscar a liderança em performance nos mercados em que atua, com sustentação econômica, ambiental e social.

Este enfoque tem determinado a permanente realização de parcerias com instituições privadas e públicas, notadamente as universidades, visando a qualificação tecnológica e gerencial necessárias aos seus processos produtivos.

Neste contexto, os sistemas de dados e informações gerenciais estão passando por reestruturação visando melhoria de performance no apoio aos processos de tomada de decisão e gestão de suas operações florestais, não obstante o nível satisfatório da maioria dos sistemas em uso. Isto será possível pela maior integração entre os diversos sistemas de dados, demandando menor interferência humana na geração de informações gerenciais, para todos os níveis de decisão.

Espera-se que estas novas tecnologias de informação permitam também, a inserção, no processo de planejamento e acompanhamento, de novas técnicas matemáticas e estatísticas, agregando inovadoras perspectivas de análise para as questões gerenciais e operacionais, acrescentando agilidade e ganhos nas decisões tomadas e resultados

atingidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DURATEX S/A. História da Duratex. Rede Intranet, Duratex, 2001.

DURATEX S/A. Principais Eventos da Duraflora S/A . Duratex: Área Florestal, 2001. 8p.

DURATEX S/A. Métodos e Procedimentos para Condução do Inventário Florestal na Duratex, Duratex: Área Florestal, 2001.

DURATEX S/A. Planejamento Estratégico, Duratex: Área Florestal, 2001.

ITAÚSA. Relatório Anual 2000, Balanço Social e Ambiental, Itaúsa, 2001.

LEITE, H.G. e CAMPOS, J.C.C. Manual do Usuário do SIFCUB2000. SIF, Viçosa, 2000. 52p.

JOHNSTON, D.R., GRAYSON, R.T. e BRADLEY, R.T. Forest Planning – tradução de Jaime Salazar Sampaio, Fundação Calouste Gulbenkian, 1967. 798p.

EFFECTOS DE LA INTENSIDAD Y OPORTUNIDAD DE RALEO EN *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN EN EL NOROESTE DE MISIONES, ARGENTINA

EFFECTS OF INTENSITY AND OPORTUNITY OF THINNING IN *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ON THE GROWTH AND THE PRODUCTION IN THE NORTHWESTERN MISIONES PROVINCE, ARGENTINA

Ernesto H. Crechi³ Hugo E. Fassola¹ Ramón A. Friedl⁴
Roberto A. Fernández¹ Luis Dalprá³

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo, analizar un experimento de modalidades de raleo con *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., instalado en bloques completos al azar con 2 niveles de intensidad y testigos, 3 niveles de oportunidad y 3 repeticiones. Los tratamientos de intensidad fueron definidos por el área basal, y caracterizados en: densidad completa (testigo) y raleo del 33 y 66% del área basal del testigo; los 3 tratamientos de oportunidad fueron definidos con periodicidad de 2, 4 y 6 años. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para las producciones totales por hectárea a los 13 años. Las tendencias en el crecimiento en diámetro, área basal y volumen total y parcial a 20 cm en punta fina por hectárea para diferentes intensidades y oportunidades de raleo evaluados, demuestran que para objetivos de producción diferentes se debe variar la intensidad de raleo, esto por otro lado, influenció en la producción total.

Palabras claves: *Pinus taeda* L., raleo, intensidad y oportunidad,

³ Técnicos. Area Forestal. INTA EEA Montecarlo. AP ESP 4 (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. TE y FAX: 54-03751-480057/480512. E-mail: intam@ceel.com.ar

⁴ Ing. Ftal. Ms. Jefe de Area Planeamiento Forestal. Alto Paraná S.A.

³ Ing. Ftal. Investigaciones forestales. PECOM ENERGIA S.A.

producción

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze an experiment of thinning modalities with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., installed in complete random blocks with 2 levels of intensity and 3 of opportunity in 3 repetitions. The intensity treatments were defined by the basal area, and characterized in: without thinning and 33 and 66 % thinning of the total basal area. The 3 opportunity treatments were defined with thinnings at 2, 4 and 6 years intervals. Up to year 13, significant differences were observed among the treatments for the total productions per hectare. The tendencies in the growth in diameter, basal area and total and partial volume to 20 cm in fine tip per hectare for different intensities and opportunities of evaluated thinning, demonstrate that for different production objectives the thinning intensity should be varied. The thinnings also influenced the total production.

Key words: *Araucaria angustifolia*, thinning, intensity and opportunity, production

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y la producción de un rodal proveniente de un material genético dado están fuertemente determinados por 4 factores :

- 1) la edad del rodal;
- 2) la capacidad productiva del terreno (calidad de sitio);
- 3) el grado en el cual esa capacidad productiva innata está siendo totalmente utilizada (densidad);
- 4) los tratamientos culturales aplicados (raleo, fertilización, control de malezas, poda, etc.).

Actualmente las empresas forestales del Norte de la Provincia de Misiones en términos de densidad están plantando entre 1111 y 1600 plantas por hectárea, lográndose así una situación de equilibrio entre sobrevivencia, crecimiento y control de malezas, ya que las plantas están lo suficientemente distanciadas de manera que el crecimiento y la sobrevivencia no se ven afectados en los primeros años, por otro lado están lo suficientemente cerca de manera que la maleza no ofrece competencia.

Esto surge de una evolución que se ha venido dando en función de los objetivos de producción de las empresas, principalmente en lo que se

refiere a cantidad y calidad, y por otro lado los costos de implantación de la forestación. Dentro de este esquema, partimos de las densidades de plantación que actualmente las empresas han adoptado y sugerimos la evaluación de los distintos regímenes de manejo para esas plantaciones.

El ensayo de densidades analizado (CRECHI, et al., 1992), instalado en Cuartel Río Victoria, con *Pinus taeda*, con densidades entre 625 y 4.444 plantas por hectárea, nos lleva a coincidir con las densidades de plantación adoptadas por las empresas, considerando que para esas densidades se logran mayores sobrevivencias y además un volumen estadísticamente equivalente al de las mayores densidades, pero distribuido en un menor número de árboles de tamaño relativamente mayor, que permite obtener en menor tiempo mayor cantidad de madera para las industrias del aserrado y del laminado.

En cuanto al material genético, los resultados de los primeros ensayos realizados en la región, por el INTA y el CIEF ya se encuentran disponibles, habiéndose detectado los mejores orígenes de *Pinus taeda* (Marion, Livingstone, Columbia, Washington, etc.), que desde hace aproximadamente 15 años a la fecha se los está implantando en forma progresiva, sustituyendo al material comercial de menor crecimiento que aquellos.

La silvicultura de dichas plantaciones es aún poco conocida y su estudio es un aspecto de importancia creciente en el sector forestal de la región.

La crisis actual de nuestro mercado interno debido a un exceso de oferta, la distancia de Misiones con respecto a los grandes centros de consumo del país, las políticas de integración con los países vecinos, las expectativas de exportación, entre otras causas, hacen necesario optimizar los procesos de producción, para afianzar la actividad forestal de la región, tendiendo a la obtención de productos de mayor calidad y valor.

La poda y el raleo son las prácticas silvícolas que, oportuna y adecuadamente realizadas condicionan en gran medida la calidad y cantidad de los productos a obtener de una masa boscosa, en definitiva su rentabilidad.

Pero aún no está claro cual es la densidad óptima en el tiempo para el logro del máximo incremento volumétrico en función de un objetivo de producción.

Pequeñas remociones de volúmenes (bajas intensidades de raleo), crean tal vez la situación ideal, para mantener el incremento al máximo, pero se deben aplicar por lo menos una vez al año y esto obviamente no es

conveniente desde el punto de vista práctico y por ser costoso.

Por otro lado remociones volumétricas grandes (altas intensidades de raleo), tal vez sean la solución más económica en términos de reducción del número de raleos, para alcanzar una densidad final, pero como hay un límite en la respuesta de los árboles al mayor espacio de crecimiento, habrá una inevitable pérdida de volumen.

Entre ambas situaciones extremas, debe estar el volumen óptimo que debe ser extraído en cada raleo.

El área basal de un bosque es universalmente conocido como un índice fácilmente medible de la densidad, y es la medida de densidad más comúnmente adoptada por las empresas de la zona para la evaluación de la densidad y para la toma de decisiones de manejo.

Los experimentos en los cuales fue usada el área basal, revelaron el importante hecho de existe una área basal óptima para cada período durante las edades juveniles y medias que produce el máximo incremento en área basal.

Es importante para la futura producción de rollos o trozas de gran diámetro, que este incremento se distribuya sobre un número mínimo de árboles, sin reducir el número de estos por hectárea al punto de que los árboles remanentes no puedan en un tiempo razonable sacar ventaja del espacio de crecimiento, perdiendo así un volumen potencial.

Objetivos

Los objetivos propuestos para el ensayo son los siguientes:

- a) determinar los crecimientos obtenidos a partir de parcelas que son intervenidas con distintas intensidades y oportunidades;
- b) determinar el nivel de densidad óptima en el cual se obtiene el mayor crecimiento para cada edad;
- c) evaluar y comparar silvícola, económica y tecnológicamente, los distintos regímenes de raleos.

Los de este trabajo se relacionan básicamente al primero y segundo objetivos del ensayo respecto a los resultados obtenidos hasta los 13 años de edad.

No se efectuó la evaluación económica de los diferentes regímenes de manejo resultantes, la cual se realizará a través de indicadores de rentabilidad en otros informes elaborados a edades más próximas a los turnos de corta que se estiman por arriba de los 20 años de edad.

REVISION BIBLIOGRAFICA

La Teoría de MÖLLER, citado por AHRENS (1992), en relación al crecimiento y producción forestal establece que, en un rodal forestal sin raleo la producción bruta por unidad de área, a largo plazo, es aproximadamente igual a la producción total que sería obtenido por el valor acumulado de las producciones intermedias (raleos) sumadas a la producción obtenida en la corta final, si el mismo hubiera sido sometido a un régimen de raleos. Esto quiere decir que excluyendo los extremos de densidades de un rodal, la producción total en volumen es semejante para diferentes niveles de densidad. Esta teoría está basada en el hecho de que el medio ambiente puede soportar una determinada biomasa con una determinada superficie foliar por hectárea, siendo, por lo tanto, el incremento en área basal ó volumen una función de la calidad de sitio.

SCHNEIDER et al., 1991a, citan a ASSMAN⁵, quien constató que las áreas manejadas con raleos pesados producían menos volumen que con raleos suaves, aun cuando los pesados proporcionaban mayor crecimiento en área basal, porque, en estos casos los árboles tienen menor altura y mayor conicidad.

Analizando la reacción del bosque a los raleos, estos mismos autores citan a ASSMAN⁶, quien observó que los árboles remanentes aumentaban rápidamente su incremento, debido al mejor aprovechamiento de los factores ambientales, a lo que llamó de efecto de la aceleración del crecimiento, siendo este hecho, dependiente de la época de aplicación del raleo y de su intensidad. Los raleos realizados en la fase juvenil, o sea, antes del punto culminante del incremento corriente en volumen, producían una mayor reacción de crecimiento, porque a partir de este punto el incremento pasa a tener tasas decrecientes. La observación de la evolución del área basal en rodales raleados y no raleados, llevó a la definición de área basal máxima, la cual es establecida en plantaciones no raleadas y representa el número de árboles de una determinada dimensión que pueden ser mantenidos vivos y nutridos en una determinada condición ecológica.

Aunque existan algunas experiencias de raleos y de diferentes densidades de plantación en la zona (VOLKART, 1972) (COZZO, 1970,

⁵ ASSMANN, E. Waldertragskunde. Munchen, BLV. Verlagsgesellschaft, 1961.

⁶ ASSMANN, E. Zur Theorie der Grundflaechenhaltung. FW. Cbl. 78:321-330. 1968

1972) (CRECHI, 1991,1992,1996) (FRIEDL, 1991) (FERNÁNDEZ, 1991), podríamos afirmar que en Misiones estamos en la etapa inicial en este tipo de estudios. El ensayo instalado es una adaptación de la sugerida por FISHWICK (1974).

MATERIALES Y METODOS

Localización y características del experimento

El ensayo se encuentra localizado en la propiedad de la firma PECOM S.A., Departamento Iguazú, Provincia de Misiones, Argentina.

Suelo

Se encuentra instalado sobre un “kandiudult”, según el SOIL SURVEY STAFF (1975), (1987), caracterizado por un desarrollo de suelo mayor de 2 metros, secuencia de horizontes A-Bt-C, rojo, libre de cascajos y fragmentos gruesos, permeabilidad moderada, bien drenado, relativamente insaturado. De acuerdo con MANCINI (1964), pertenece a la unidad cartográfica 9.

Clima

Según GOLFARI (1965), corresponde a la región climática 5. Tal descripción indica clima subtropical o montano bajo, subhúmedo, húmedo o perhúmedo, con régimen uniforme.

Descripción del experimento

El ensayo, realizado para evaluar el efecto de la intensidad y oportunidad de los raleos, fue instalado en 1992, en una plantación de *Araucaria angustifolia*, de 5 años de edad, con una densidad de 2524 pl/ha. El tamaño de las parcelas netas es de 819 m², con borduras perimetrales de 9 m, internas entre parcelas y entre bloques de 6 m, ocupando una superficie total de 5 has. El diseño empleado responde a bloques completos al azar, con 3 repeticiones.

En lo que respecta a la intensidad y oportunidad, los tratamientos aplicados fueron:

INTENSIDAD DE RALEO

Tratamientos	Intensidad Aplicada
T0	0% sin raleo (área basal máxima)
T1	66% de T0 (del valor de T0 determinado previamente)
T2	33% de T0, de modo que se mantengan condiciones de crecimiento libre.

OPORTUNIDAD DE RALEO

Tratamiento	Intervalo (años)	Observación
F1	2	Tal vez ideal, pero antieconómico.
F2	4	Intermedio (similar al actualmente usado).
F3	6	Económicamente preferible pero tal vez impracticable para las condiciones locales de rápido crecimiento.

Considerando la naturaleza factorial del ensayo, las combinaciones de las intensidades y frecuencias u oportunidades son:

COMBINACIONES DE INTENSIDADES Y OPORTUNIDADES DE RALEO

Tratamiento N°	Denominación	Observación
1	T0	Área basal máxima sin raleo (son necesarias dos parcelas ya que los otros tratamientos se basan en su medición precisa).
2	T1F1	66 % de T0 raleado cada 2 años
3	T1F2	66 % de T0 raleado cada 4 años
4	T1F3	66 % de T0 raleado cada 6 años
5	T2F1	33 % de T0 raleado cada 2 años
6	T2F2	33 % de T0 raleado cada 4 años
7	T2F3	33 % de T0 raleado cada 6 años

El tipo de raleo fue por lo bajo, con el siguiente orden de extracción: árboles muertos y moribundos, árboles dominados, árboles subdominantes competitivos, árboles codominantes defectuosos (bifurcados y

quebrados) y en las parcelas más intensamente raleadas se extrajeron también algunos codominantes competitivos y algunos dominantes.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1, se observan los valores promedios de diferentes variables, anterior y posterior al raleo, de los 5 a los 13 años de edad.

En las Figuras 1 a 3, se observa la expresión gráfica de la evolución de la variable área basal y en las Figuras 4 a 6 la evolución del volumen total.

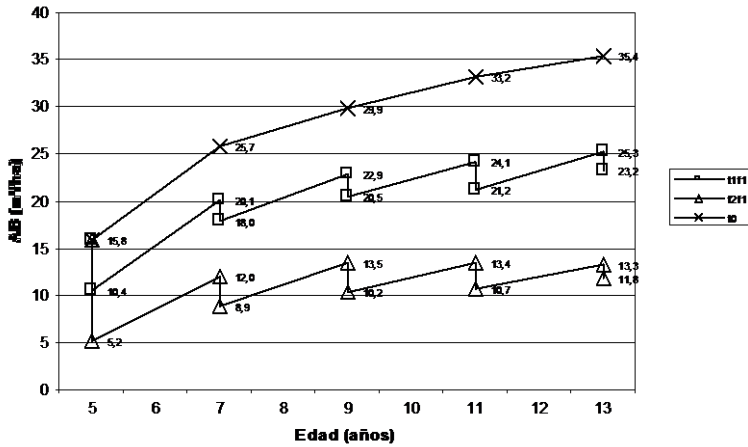


FIGURA 1: Evolución del área basal con raleo cada 2 años

2º Simposio Latino-americano sobre Manejo Forestal

TABLA 1: Valores promedios de diferentes variables del ensayo de intensidad y oportunidad de raleo en *Araucaria angustifolia* (IS₂₅ = 20,2 m)

AB (m ² /ha)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	tratamientos
15,8	10,4	20,1	18,0	22,9	20,5	24,1	21,2	25,3	23,2	t1f1
15,8	5,2	12,0	8,9	13,5	10,2	13,4	10,7	13,3	11,8	t2f1
15,8	10,4	20,6	20,6	25,7	20,4	23,9	23,9	27,9	23,3	t1f2
15,8	5,2	11,4	11,4	16,1	10,5	13,1	13,1	16,2	11,8	t2f2
15,8	10,4	19,8	19,8	25,0	25,0	27,5	21,3	25,6	25,6	t1f3
15,8	5,2	12,1	12,1	16,3	16,3	19,1	10,6	13,0	13,0	t2f3
15,8	15,8	25,7	25,7	29,9	29,9	33,1	33,1	35,4	35,4	t0
dap (cm)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	tratamientos
8,6	9,7	13,5	13,9	15,7	16,2	17,6	18,1	20,1	20,5	t1f1
8,6	9,8	15,1	15,2	18,7	19,2	22,0	22,5	25,7	26,0	t2f1
8,6	9,4	13,3	13,3	14,9	15,8	17,2	17,2	18,9	19,7	t1f2
8,6	10,1	15,2	15,2	18,0	19,4	21,9	21,9	24,5	26,0	t2f2
8,6	9,7	13,6	13,6	15,4	15,4	16,5	17,6	19,3	19,3	t1f3
8,6	9,8	15,1	15,1	17,6	17,6	19,4	20,9	23,5	23,5	t2f3
8,6	8,6	11,2	11,2	13,0	13,0	14,1	14,1	15,8	15,8	t0
V (m ³ /ha)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13,0	13,0	tratamientos
63,6	42,3	117,7	105,2	164,9	147,6	198,4	174,7	212,6	193,5	t1f1
63,6	21,4	70,7	52,6	97,6	74,6	111,2	88,8	117,5	103,9	t2f1
63,6	42,3	120,2	120,2	185,1	147,1	196,3	196,3	227,6	189,5	t1f2
63,6	21,4	67,3	67,3	116,3	76,1	108,6	108,6	141,0	102,8	t2f2
63,6	42,3	115,7	115,7	179,8	179,8	225,8	175,3	209,6	209,6	t1f3
63,6	21,4	71,0	71,0	118,0	118,0	157,3	88,4	112,2	112,2	t2f3
63,6	63,6	150,0	150,0	214,7	214,7	263,1	263,1	275,6	275,6	t0
N (arb/ha)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	tratamientos
2524	1331	1331	1135	1135	952	952	797	786	696	t1f1
2524	643	643	472	472	341	341	260	256	220	t2f1
2524	1408	1408	1408	1408	997	989	989	985	753	t1f2
2524	611	606	606	606	341	337	337	337	220	t2f2
2524	1315	1294	1294	1294	1294	1237	855	855	855	t1f3
2524	647	643	643	643	643	626	301	297	297	t2f3
2524	2524	2462	2462	2148	2148	1959	1959	1713	1713	t0
h (m)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	tratamientos
6,8	7,1	9,5	9,5	11,2	11,4	12,7	12,8	14,4	14,5	t1f1
6,8	7,1	9,8	9,8	11,9	12,0	13,7	13,8	15,5	15,6	t2f1
6,8	7,0	9,4	9,4	11,0	11,3	12,6	12,6	14,1	14,3	t1f2
6,8	7,2	9,8	9,8	11,8	12,1	13,7	13,7	15,3	15,5	t2f2
6,8	7,1	9,5	9,5	11,1	11,1	12,4	12,7	14,2	14,2	t1f3
6,8	7,1	9,8	9,8	11,7	11,7	13,1	13,5	15,1	15,1	t2f3
6,8	6,8	8,8	8,8	10,4	10,4	11,6	11,6	13,1	13,1	t0

AB=área basal, dap=diámetro a 1,3 m, V=volumen total c/c, N=número de árboles por hectárea, h=altura total

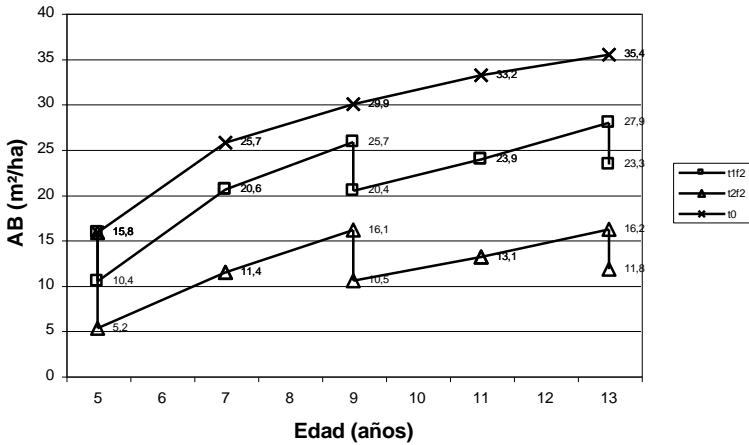


FIGURA 2: Evolución del área basal con raleo cada 4 años

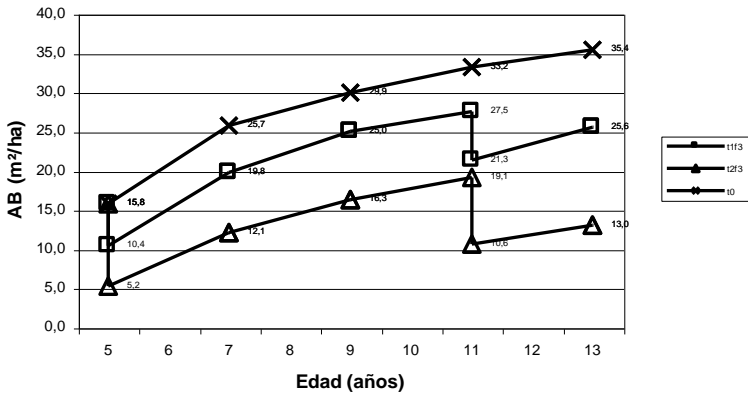


FIGURA 3: Evolución del área basal con raleo cada 6 años

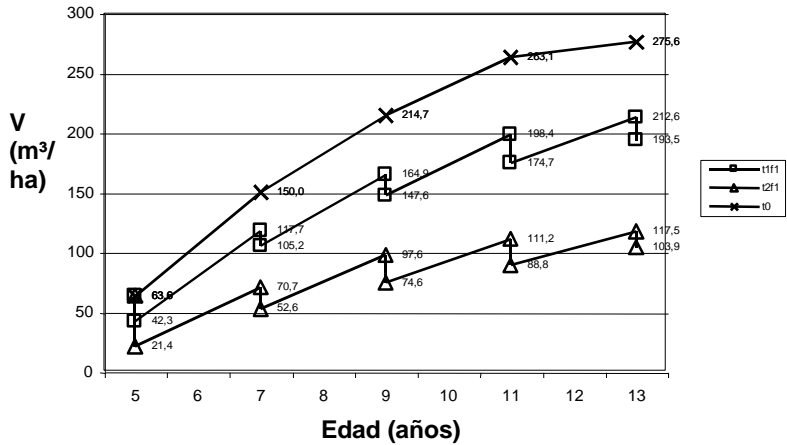


FIGURA 4: Evolución del volumen total con raleo cada 2 años

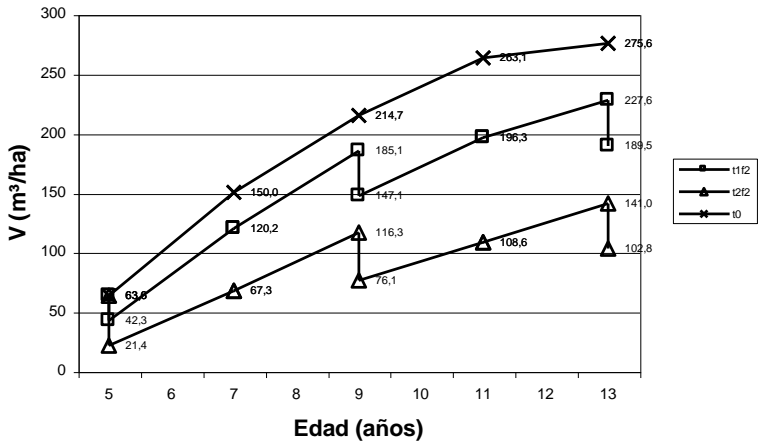


FIGURA 5: Evolución del volumen total con raleo cada 4 años

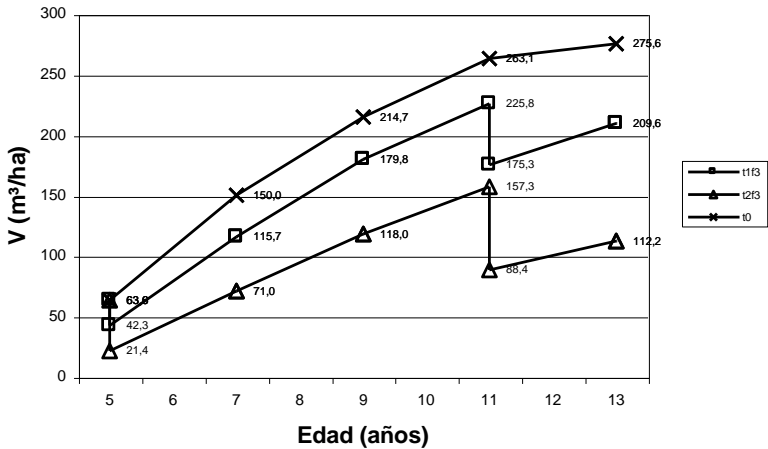


FIGURA 6: Evolución del volumen total con raleo cada 6 años

Análisis de la producción total

A través del análisis de variancia, se observó si existen o no, diferencias significativas para los diferentes tratamientos, al nivel del 95%. Producto de la aplicación del test de diferencias de medias de Tukey, las figuras que muestran los tratamientos con igual letra, no presentan diferencias estadísticas a nivel del 95%.

Area basal

El análisis estadístico para la producción total de área basal por hectárea acumulada a los 13 años, confirmó que estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos. En la Figura 7, se observa como los tratamientos de mayor producción y que fueron estadísticamente similares, son aquellos raleados al 66% (T1) del testigo (T0). Por otro lado, los tratamientos de menor producción fueron los raleados al 33% del testigo (T0).

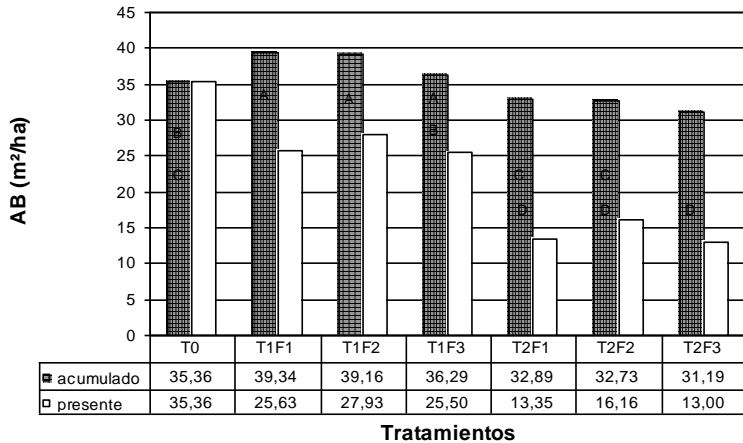


FIGURA 7: Area basal acumulada y presente a los 13 años

Volumen total

El análisis estadístico para la producción total de volumen por hectárea acumulado a los 13 años, confirmó que existen diferencias significativas entre los tratamientos, como muestra la Figura 8.

El test de Tukey para comparación de medias, indicó como tratamientos de mayor producción y que fueron estadísticamente similares, aquel que mantuvo el 100% de área basal y los tratamientos raleados al 66%. Por otro lado, estos tratamientos sí, se diferenciaron significativamente de los tratamientos raleados al 33%

El análisis de los promedios de las producciones totales de los tratamientos, muestra que las producciones de aquellos raleados al 66% del área basal del testigo y el testigo T0, produjeron en este período los mayores volúmenes totales, variando estos de 272 a 287 m³/ha; mientras que los tratamientos que mantuvieron un 33% del área basal del testigo, produjeron volúmenes variando estos entre 218 y 227 m³/ha.

Estos resultados estarían indicando preliminarmente hasta los 13 años, una tendencia a comprobar la teoría de Assmann, en la cual la producción total de una forestación es influenciada por la intensidad de raleo.

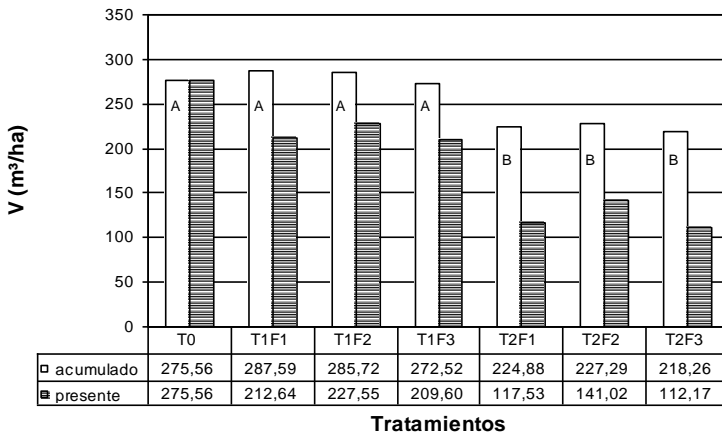


FIGURA 8: Volumen total acumulado y presente a los 13 años

Volumen hasta 20 cm

El análisis estadístico para la producción total de volumen hasta 20 cm, por hectárea, acumulado a los 13 años, confirmó que existen diferencias significativas entre los tratamientos, conforme muestra la Figura 9.

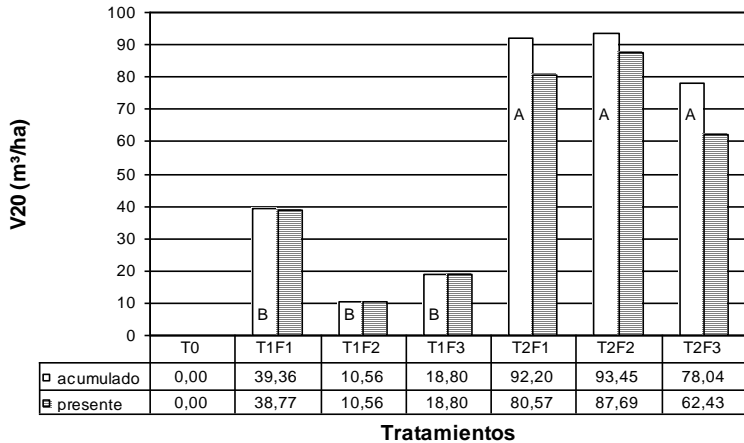


FIGURA 9: Volumen hasta 20 cm, acumulado y presente a los 13 años

El test de Tukey para comparación de medias, indicó como tratamientos de mayor producción y que fueron estadísticamente similares, aquellos cuya intensidad fue del 33% del área basal del testigo. Por otro lado, estos tratamientos se diferenciaron significativamente del testigo y de los tratamientos raleados al 66% del área basal del testigo.

El análisis de las producciones medias de los tratamientos, muestra que los tratamientos que mantuvieron un 33% del área basal del testigo, produjeron en este período entre 78 y 93 m³/ha; los tratamientos que mantuvieron un 66% del área basal del testigo, produjeron entre 10 y 39 m³/ha, mientras el testigo no presentó todavía este volumen.

Diámetro promedio

Los resultados muestran la existencia de diferencias significativas entre los diámetros promedios de los tratamientos, indicando la influencia del raleo sobre el crecimiento diamétrico.

En la Figura 10, la comparación de los promedios a través del test de Tukey, muestra que el mayor diámetro obtenido fue en el tratamiento con mayor intensidad y menor oportunidad de raleo, presentando a los 13 años, 25,67 cm. La comparación entre los demás promedios de los tratamientos, muestra una reducción del diámetro con el aumento de la

densidad del rodal, caracterizando una tendencia inversa con relación a la producción volumétrica.

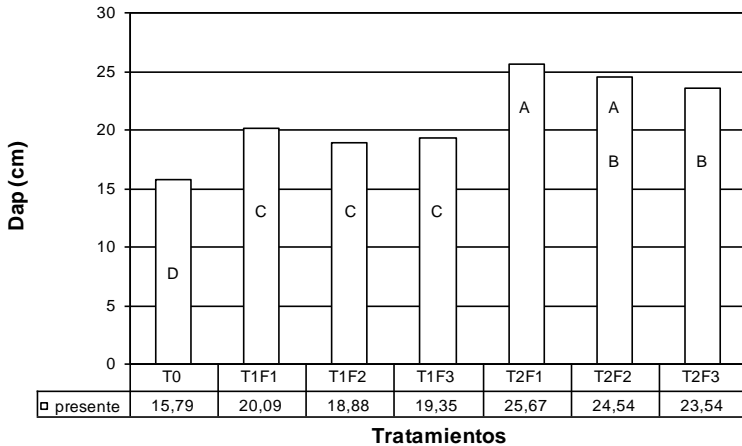


FIGURA 10: Diámetro promedio presente a los 13 años

La comparación de los resultados muestran que raleos pesados promueven una ganancia sustancial en el incremento y en la dimensión final del diámetro, pero, conforme muestran los resultados de la producción volumétrica causan reducción drástica de la producción total del rodal.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos nos permiten hacer las siguientes conclusiones:

Para el área basal acumulada por hectárea hasta los 13 años, el análisis de variancia mostró diferencias significativas entre los tratamientos.

El test de Tukey para comparación de medias, indicó como tratamientos de mayor producción y que fueron estadísticamente similares, aquellos raleados al 66% (T1). Por otro lado, los tratamientos T1F1 Y T1F2 sí, se diferenciaron significativamente de T0 y de los tratamientos raleados al 33%.

Para el volumen total acumulado por hectárea los 13 años, el

análisis de variancia mostró diferencias significativas entre los tratamientos.

El test de Tukey para comparación de medias, indicó como tratamientos de mayor producción y que fueron estadísticamente similares, aquel que mantuvo el 100% de área basal y los tratamientos raleados al 66%. Por otro lado, estos tratamientos sí, se diferenciaron significativamente de los tratamientos raleados al 33%

La aplicación de raleos por lo bajo, a partir de los 5 años de edad con intensidades de 33 y 66% del área basal alcanzada por el testigo y, a partir de esta edad con raleos periódicos realizados cada 2, 4 y 6 años buscando mantener el área basal constante en los tratamientos, muestran de manera general, una tendencia de reducción del volumen total por hectárea, lo que comprueba la teoría formulada por Assmann.

Estadísticamente no hubo diferencias significativas en los incrementos verificados en volumen total (calculados como las existencias a los 13 años más los correspondientes al retirado en los raleos) entre el testigo (T0) y los raleados al 66% (T1), por otro lado estos sí mostraron diferencias significativas con los raleados al 33% (T2).

Esto significa que el raleo efectuado con la intensidad de 33%, produce una subocupación del sitio, y hasta los 13 años, no llegó a un volumen total equivalente a la de T0 y T1.

Es importante resaltar que el tratamiento T1 posee 59% menos árboles que el testigo. Si el incremento alcanzado con 696 árboles/ha se igualó estadísticamente al otro de 1713, es evidente que en aquel tratamiento el incremento por árbol fue mayor, formando madera de mejor calidad en menor período de tiempo.

El análisis estadístico para la producción total de volumen hasta 20 cm, por hectárea, acumulado a los 13 años, confirmó que estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Para los volúmenes a diferentes diámetros en punta fina (en este análisis se presenta hasta 20 cm), los tratamientos con intensidades fuertes (33%) se diferenciaron significativamente y cada vez más del testigo y de los raleados al 66% del área basal del testigo, cuanto mayor es el diámetro en punta fina considerado.

En los testigos (sin raleo) se observa mortandad por competencia entre árboles, de los 5 a los 13 años pasó de 2524 a 1713 árboles por hectárea, lo que representa una mortandad de 811 árboles (32.1%). También es posible observar alguna que otra mortandad de árboles individuales, independientemente del tratamiento aplicado, debido a otras causas y no necesariamente a competencia entre árboles de araucaria.

El aumento de la intensidad de raleo, trajo como es esperado, el aumento del diámetro promedio del tratamiento.

La intensidad ideal de raleo va depender principalmente de la finalidad de la madera a ser producida. Si la intención es producir el máximo de volumen sin exigencias de calidad y dimensiones de la madera, deben ser hechos raleos más suaves (T1) ó dejar de hacerlos (T0), a partir del momento que se plante con un espaciamiento inicial adecuado o que se establezcan rotaciones mas cortas (cortar antes o que el rodal llegue a su estancamiento). Cuando, sin embargo, además de la producción en volumen, se desea obtener madera de mejor calidad y mayores diámetros (lo que es de extrema importancia cuando el objetivo es producir madera para aserrado, laminado, etc...), debemos promover raleos un poco mas fuertes (T2), teniendo siempre el cuidado de mantener un perfecto equilibrio entre la calidad de la madera, el volumen producido y la capacidad de uso de la tierra (evitando que el terreno sea mal aprovechado debido a reducciones muy fuertes del número de árboles).

La no aplicación de raleos (T0) ó de raleos muy tardíos, debe ser empleado con cautela, ya que el exceso de competencia lateral entre los árboles de una plantación, trae como consecuencia el aumento de la relación h/d (altura/diámetro), acompañada de reducción excesiva del área de copa y del stress, aumentando la inestabilidad de la forestación frente a factores ambientales como vientos, insectos y microorganismos.

Con respecto a la intensidad se puede decir que dentro de una amplia gama de regímenes de manejo (T0, T1F1, T1F2 Y T1F3), el volumen total producido en una plantación es finalmente el mismo (no es afectado por el grado de intervención). El manejo forestal a través de los raleos, establece meramente como y cuando este volumen debe ser producido.

Con respecto a la oportunidad (intervalo en años entre los raleos), está íntimamente relacionada al volumen extraído en cada raleo. Por un lado ciclos largos (F3), reduciendo el número de raleos a un mínimo, son los más económicos, pero requieren de fuertes remociones (T2) y esto puede no ser conveniente. Por otro lado ciclos cortos de raleo (F1), pueden ser necesarios para especies de crecimiento muy rápido, pero son antieconómicos cuando son muy cortos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AHRENS, S. A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoamentos de *Pinus taeda* L., através de um modelo de

programação dinâmica. Curitiba, 1992. 189 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

COZZO, D. 1970. Diez años de ensayos con raleos en una nueva parcela experimental de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina. Revista Forestal Argentina 14(2): 39-45.

COZZO, D. 1972. Resultados de un segundo período de raleos de 5 años en *Araucaria angustifolia*. Revista Forestal Argentina 16(1):5-12.

CRECHI, E.H., FRIEDL, R.A., FERNÁNDEZ, R.A. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. parte III: volúmenes de la masa. en: Actas VI Jornadas Técnicas Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales, 306-321. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Eldorado 9 al 11 de octubre de 1991.

CRECHI, E.H.; FRIEDL R.A.; FERNÁNDEZ R.A. 1992. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Pinus taeda* L. Actas Jornadas sobre pinos subtropicales . Tomo I, 92:110. CIEF. Eldorado, Misiones Argentina.

CRECHI, E. H. 1996. Efeitos da densidade de plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Misiones, Argentina. Curitiba, 1996. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

FERNÁNDEZ, R.A., CRECHI, E.H., FRIEDL, R.A. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. parte III: número de árboles, mortandad, área basal y altura dominante. en: Actas VI Jornadas Técnicas Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales, 291-305. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Eldorado 9 al 11 de octubre de 1991.

FISHWICK, R. Pesquisa de intensidade de desbaste. Revista Floresta, Vol. 5, número 1, año 1974, pág. 35-45. Proyecto BRA-45(FAO/IBDF).

FRIEDL, R.A., FERNÁNDEZ, R.A., CRECHI, E.H. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. parte I: dimensiones del árbol medio. en: Actas VI Jornadas Técnicas Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales, 277-290.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Eldorado 9 al 11 de octubre de 1991.

MANCINI, L.; SANESI, G.; LASERRE, S. 1964. Informe Edafológico de la Provincia de Misiones. Misiones: I.N.T.A - Gobierno de la Provincia de Misiones. 102 p.

SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G., COZER, E. Et al. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: SIMPOSIO DE MANEJO DE FLORESTAS PLANTADAS, set. 1991, Santa María. **Anais....** Esteio: UFSM, 1991a. P.150-167.

VOLKART, C. M. 1972. Raleos en *Araucaria angustifolia*. Segunda contribución sobre un ensayo realizado en Misiones, Argentina. Actas del Séptimo Congreso Forestal Mundial. Argentina. Pág. 1876-1885.

**DETERMINAÇÃO DO CILINDRO COM DEFEITOS EM TORAS
PODADAS DE *Pinus taeda* L. E SUA RELAÇÃO COM O
RENDIMENTO EM MADEIRA LIVRE DE NÓS**

**DEFECT CORE DETERMINATION IN PRUNED BUTT LOGS OF
Pinus taeda L. AND ITS RELATIONSHIP WITH CLEAR
WOOD YIELD**

H.E. Fassola⁷ J. Fahler⁸ P. Ferrere¹ D. Alegranza¹ J. Bernio¹

RESUMEN

Efectuada la disección, mediante técnicas de aserrado, de 26 rollizos podados de *Pinus taeda* L, cuyos dap variaban entre 26,4 y 50,7 cm, se determinó que los cilindros con defectos (cd) alcanzaron diámetros entre 10,2 y 28,5 cm. Se determinó una fuerte asociación de tipo lineal entre el diámetro máximo sobre muñones (dmsm), variable factible de medir al momento de la poda y el diámetro del cilindro con defectos (dcd). El modelo ajustado que describió dicha relación fue: $dcd \text{ (cm)} = 61,2661 + 0,978547 * dmsm \text{ (cm)}$. La oclusión de la herida de poda promedio fue cercana a los 3 cm, aunque la alta variabilidad establecida hace necesario recomendar la utilización de herramientas de poda adecuadas y un correcto entrenamiento del personal que ejecuta la poda. El Índice de Grado (ig) (dap * factor de conversión en el aserrado / dcd) presentó una fuerte asociación con el rendimiento porcentual en madera libre de nudos de todos los grados obtenido fuera del cd. El modelo ajustado que describe dicha relación fue: $\text{rendimiento madera libre de nudos (\%)} = -28,148569 * ig + 68,4939 * ig^2$.

Palabras claves: diámetro sobre muñones, cilindro con defectos, madera libre de nudos, *Pinus taeda* L.

SUMMARY

⁷ Ing. Ftales. INTA EEA Montecarlo. AE n° 4. (3384) Montecarlo. Misiones. Argentina. TE y FAX +0054 3751 480057 / 480512. Email : formonte@inta.gov.ar

⁸ Ing Agr. MSC. LIPSIA. Av. Victoria s/n. (3378) Pto Esperanza. Misiones. Argentina. TE y FAX+00 54 3757 480248 /480128

Dissection of 26 pruned logs of *Pinus taeda* L was made with sawmilling techniques. The d.b.h. was between 26.4 and 50.7 cm, The maximum diameter over stubs (dosm) varied between 10.2 and 28.5 cm. High lineal association was found between the dosm (variable of feasible mensuration at moment of pruning) and the defect core diameter (dcd). The fit model was $dcd = 61,2661 + 0,978547 * dosm$. The average occlusion depth over stub was about 3 cm but variability was large, the use of appropriate pruning tools and trained personal is strongly recommended. The grade index (gi) ($dbh * sawmill\ factor\ conversion\ factor / dcd$) showed high association with clear wood yield. The fitted model was:
clear wood yield (%) = $- 28,148569 * gi + 68,4939 * gi^2$

Key words: diameter over stubs, defect core, clear wood, *Pinus taeda* L.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las propiedades y los rendimientos de rollizos podados no sólo están dados por las dimensiones de los mismos, sino también por el tamaño del “cilindro con defectos” (cd) y por el grado de eficiencia durante la conversión (Park, 1980,1982; Turner y Price, 1996). Park (1980,1982, 1985) definió al cd como el “cilindro que contiene la médula, los muñones de la poda, la oclusión de la herida de poda y las sinuosidades del fuste”.

A diferencia del tamaño del rollizo, factible de ser establecido por medición al momento del apeo, el tamaño del cd está oculto dentro del mismo. Park (1980,1982) desarrolló relaciones entre este y el diámetro sobre oclusión (dso), como entre el dso y el diámetro máximo sobre muñon (dmsm), esta última variable posible de medir al momento de la poda, a partir de la disección de rollizos de *Pinus radiata* D. Don mediante técnicas de aserrado.

Olivares et al (1985) para la determinación del dcd en rollizos podados de *Pinus radiata* D. Don recurrieron al debobinado de los mismos, aunque posteriormente también lo hacen mediante la técnica de aserrado (Olivares y Meneses, 1992)

El establecer las dimensiones del diámetro del cilindro con defectos (dcd) le permitió a Park (1980) evaluar los regímenes de poda en *Pinus radiata* D. Don, asociando el rendimiento porcentual en madera libre de nudos y su valor con relación al volumen total de la troza, con un índice, al que denominó Índice de Grado (ig) (Park y Parker, 1983). En la

construcción del mismo participan el dap, el dcd y el factor de conversión en el aserrado:

Indice de grado (ig) = dap (cm) * factor conversión industrial / dcd (cm)

En nuestro país el único estudio relacionado con la determinación del dcd fue realizado por Fassi et al. (1993) en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

Sin embargo en *Pinus taeda* L., especie de la cual se podan grandes extensiones en las provincias de Misiones y Corrientes, se desconoce si se mantienen relaciones similares a las determinadas para *Pinus radiata* D. Don. Por esta razón se procedió a efectuar la disección de rollizos podados de *Pinus taeda* L, a fin de:

- determinar el dcd y establecer su posible relación con el dmsm y el dso
- cuantificar el rendimiento de madera libre de nudos y determinar la incidencia del dcd en el mismo.

El contar con relaciones como las descriptas permitirá evaluar con mayor precisión los regímenes de poda aplicados a la especie.

MATERIALES Y METODOS

Los rollizos se extrajeron de un rodal de *Pinus taeda* L. de 17 años de edad, que se encuentra ubicado en el Municipio de Puerto Esperanza (26° Lat S. y 54° 20' Long. O.), Departamento Iguazú, Provincia de Misiones, Argentina, perteneciente a la empresa Lipsia.

Los suelos responden a las características del gran grupo Kandiuult, el material genético empleado fue de origen comercial y con una densidad inicial de plantación empleada de 2,4 x 2,4 m

Este rodal fue podado en dos oportunidades, a los 4 y 7 años de edad a 2,4 m y a aproximadamente 4,1-4,4 m de altura respectivamente, utilizándose serruchos para esta tarea. Los raleos fueron ejecutados a los 6, 8 y 11 años de edad, reduciéndose la densidad en cada operación a 1066, 485 y 295 plantas por hectárea respectivamente

Para el trabajo se seleccionaron 26 árboles que visualmente presentaran su primer troza recta. El criterio para la selección de los mismos fue el de abarcar la mayor variación posible en dap y dmsm del rodal.

En cada una de las trozas podadas de 4,10 m se marcó la cara orientada al Norte y luego del apeo se midieron los diámetros con y sin corteza en cada extremo. En el Cuadro 1 se presentan los rangos de algunas

de las variables que caracterizaban los árboles apeados, como las trozas podadas.

CUADRO 1: Valores promedio, mínimo, máximo y desvío estándar del diámetro a la altura del pecho (dap) y altura del árbol (Ht), largo de las trozas podadas, diámetro en la base (dmaysc) y menor (dmensc) y volumen de la troza sin corteza resultantes de la muestra de 26 árboles y trozas podadas de *Pinus taeda*

	dap	Ht	long.troz. basal	dmaysc	dmensc	vol. troza sc
	cm	m	m	cm	cm	m ³
Promedio	38,9	19,0	4,1	45,4	32,5	0,70
Mínimo	26,4	16,1	4,1	28,6	21,2	0,3
Máximo	50,7	21,6	4,1	63,3	41,5	1,2
Desv. Est.	7,3	1,3	0,0	9,5	6,2	0,3

Una vez descortezados pero previo al aserrado, se procedió a medir la flecha y se determinó la clase de rollizo en función de la misma y el diámetro en punta delgada, aplicando las normas de tipificación neocelandesas (Ministry of Forestry, 1988), para corroborar que los rollizos seleccionados fueran “rectos”.

Los extremos del rollizo se dividieron en cuadrantes y sobre los ejes de los mismos se midieron los diámetros, se posicionó la médula y se indicó en que cuadrante se ubicaba el Norte.

Efectuadas estas mediciones se procedió a aserrar el rollizo en tablas de 1” de espesor de acuerdo con la técnica descrita por Park (1980, 1982), Olivares y Meneses (1992) y Fassi et al. (1993), con las modificaciones necesarias debido a que se utilizó una sierra de banda y una sierra circular múltiple (Fassola et al, 1998).

El patrón de aserrado utilizado permitió reconstruir el rollizo en dos planos y ubicar en cada uno de ellos la médula, muñones de ramas y las oclusiones de las heridas de poda

De esta forma fue posible determinar el dcd, como el dmsm y el dso correspondiente a ese diámetro, quedando de esta forma incorporadas las

sinuosidades de la médula (Olivares y Meneses, 1992).

Para la tipificación de la madera libre de nudos se emplearon las normas desarrolladas por Whiteside (1982), que establecen dos grados de calidad. Las tablas logradas fuera del dcd, si superaban un largo de 1800 mm fueron clasificadas en "clear" nº 1 y 2 de acuerdo con la presencia o no de algún tipo de defectos. Este largo mínimo se adoptó debido a que no es factible obtenerlo del saneo de tablas y a que también se realizan exportaciones de piezas de esa longitud o mayores. No se consideró la presencia de bolsas de resinas ya que la misma fue baja.

La información recogida fue analizada mediante regresión a los fines de establecer las relaciones existentes entre dmsm, dso y dcd, como también entre dap, dcd, factor de conversión en el aserrado y rendimiento en madera libre de nudos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la determinación de los dmsm y sus correspondientes dso, como el dcd, se presentan en el Cuadro 2. Del mismo surge que mediante el muestreo efectuado fue posible recoger una amplia variación en dmsm. Sin embargo sería deseable obtener en el futuro ejemplares de mayores diámetros y dmsm pequeños.

CUADRO 2: Valores promedios, mínimos, máximos, desvío estándar y coeficiente de variación de las variables dmsm, dso, profundidad de la oclusión y dcd resultantes de 26 rollizos podados de *Pinus taeda* L..

	dmsm	dso	prof.ocl.	dcd
	mm	mm	mm	mm
Promedio	194	222	29	251
Mínimo	102	112	9	165
Máximo	285	304	71	335
Desv. est.	50	52	13,4	55
Coef. variac. (%)	25,8	23,4	46,3	21,9

Con relación al valor promedio de los dmsm observados, se puede

estimar que resultó algo elevado. En cuanto a los valores máximos alcanzados estos ocurrieron en rollizos que en general correspondieron a los árboles de mayor dap y que se ubicaban en los bordes de caminos. Con respecto al diámetro mínimo correspondió a un árbol de posición intermedia que no arribará a la corta final.

La profundidad de la oclusión de la herida de poda presentó un valor promedio cercano a los tres centímetros. Si bien este valor puede considerarse bajo, la variabilidad observada ha sido alta. Esta alta variabilidad podría deberse a la pericia de quienes ejecutaron la poda o bien a que existía una influencia debido al diámetro de la rama. La diferencia entre el dcd y el dso fue atribuible a las sinuosidades de la médula.

Relación entre el diámetro máximo sobre muñón (dmsm) y el diámetro sobre oclusión (dso)

Al relacionar el dmsm con el dso se determinó que existía entre ellos una fuerte asociación de carácter lineal. Explicando la variación en dmsm un 93,26 % de la variación en el dso (Cuadro 3 y Fig. 1).

En el Cuadro 3 se presentan los coeficientes del modelo ajustado, como también el análisis de la varianza correspondiente.

CUADRO 3: Coeficientes de regresión y estadísticos para el modelo $dso = f$ (dmsm).

b₀	b₁	R²	ESE	n	f
28,8341	1,00062	93,26	13,6821	26	332,12

b₀ y b₁: coeficientes; R²: coeficiente de correlación; ESE: error estándar del estimador; n: tamaño de la muestra; f: f calculado

En la Figura 1 puede observarse la representación gráfica del modelo ajustado, como también de los valores observados.

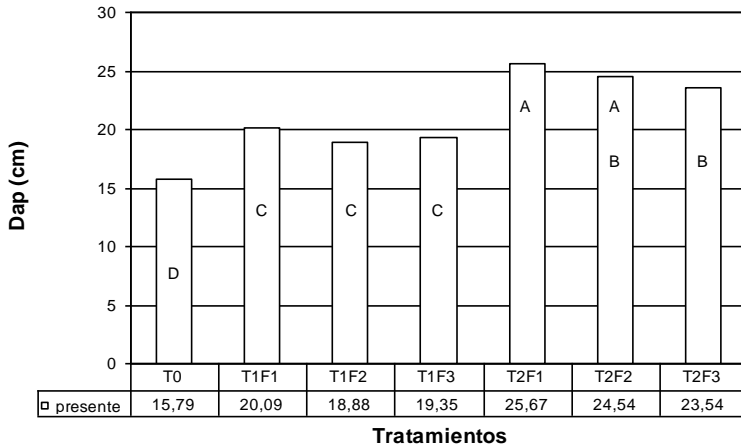


FIGURA 1 : dso estimados y observados con relación al dmsm

Relación entre el diámetro sobre oclusión (dso) y el diámetro del cilindro con defectos (dcd)

En el Cuadro 4 se puede observar que la asociación entre el dso y el dcd es alta, explicando el primero un 82 % de la variación en tamaño del cilindro que contiene los muñones y heridas de poda, como las sinuosidades de la médula.

CUADRO 4: Coeficientes de regresión, estadísticos y anova para el modelo $dcd = f(dso)$.

b_0	b_1	$R^2 \%$	ESE	n	f
36.2771	0.963501	81.80	23,9495	26	107,90

b_0 y b_1 : coeficientes; R^2 : coeficiente de correlación; ESE : error estándar del estimador; n : tamaño de la muestra; f: f calculado

En la Figura 2 y 3 puede observarse la representación gráfica del modelo ajustado y los valores observados, como también la de los residuales.

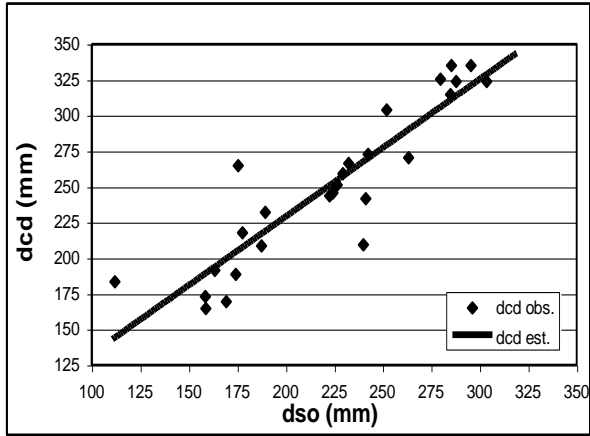


FIGURA 4: dcd estimados y dcd observados en función del dso

En la Figura 2 se observa un agrupamiento de los valores de dcd en valores bajos, medios y altos cuando se lo relaciona con el dso. Igualmente en el gráfico de los residuales se observa un sesgo en la distribución de los mismos.

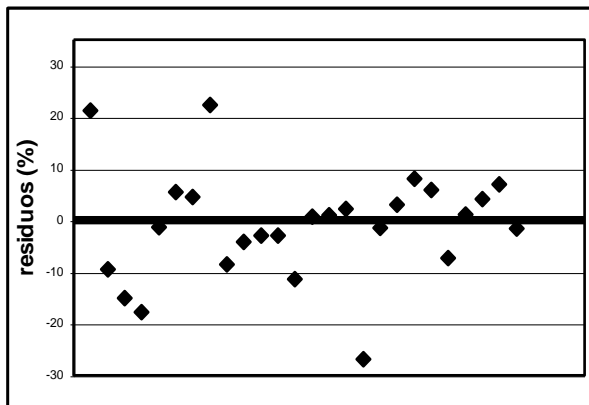


FIGURA 3: distribución de los residuos de la relación dmsm-dso expresados en %

Relación entre el diámetro sobre muñones (dmsm) y el diámetro del cilindro con defectos (dcd)

En el Cuadro 5 podemos observar que la asociación entre el dmsm y el dcd es alta, aunque menor que la registrada entre dso y dcd.

CUADRO 5: Coeficientes de regresión, estadísticos y Anova para el modelo $dcd = f(dmsm)$.

b_0	b_1	$R^2 \%$	ESE	n	f
61,2661	0,978547	78,59	25,9762	26	88,12

b_0 y b_1 : coeficientes; R^2 : coeficiente de correlación; ESE: error estándar del estimador; n: tamaño de la muestra; f: f calculado

Sin embargo al representar gráficamente este modelo y sus residuales (Fig. 4 y 5) se observó una mejor distribución tanto de los dcd observados con relación a los estimados, como de los residuos, si lo comparamos con el modelo dso-dcd.

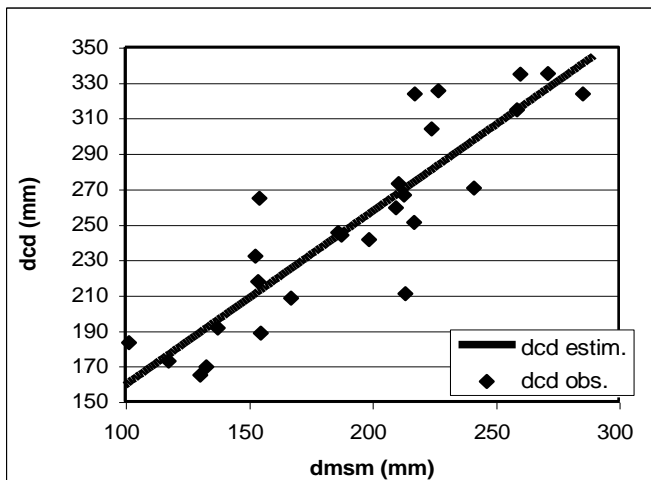


FIGURA 4: dcd estimados y dcd observados en función del dmsm

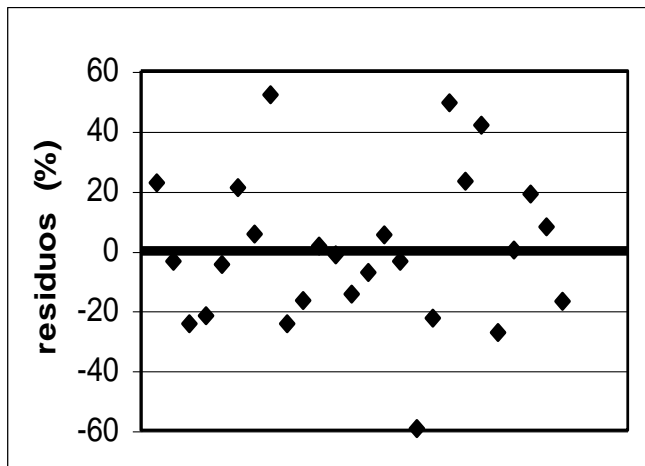


FIGURA 4: distribución de los residuos dcd-dmsm expresados en %

Estos resultados hacen aconsejable estimar el dcd en función del dmsm, aunque Park (1982) ajustó un modelo para estimar el dcd recurriendo a dos pasos, en primera instancia relacionó el dmsm con el dso y luego a partir de este estableció el dcd. Olivares y Meneses (1992) procedieron de la misma manera, pero también ajustaron modelos que relacionaban el dmsm con el dcd, concluyendo que los errores del abordaje que emplea dos regresiones eran menores que en el método directo de estimación.

Dada la falta de rodales podados de edad avanzada y diámetros superiores a los evaluados en el presente estudio se hace necesario recomendar nuevos muestreos a medida que estos estén disponibles a fin de corroborar el comportamiento de las relaciones dmsm-dso-dcd y cubrir todo el rango de combinaciones de estas variables posibles, como también desarrollar modelos predictores del dcd de nivel regional (Gosnell, 1987).

Rendimiento en madera libre de nudos

En el Cuadro 6 se presentan los valores promedio, mínimo, máximo y desvíos estándares de los índices de grado (ig) obtenidos para un factor promedio de conversión en el aserrado de 0.35 y el porcentaje de madera libre de nudos, en todos sus grados, obtenido con relación al volumen total de tablas por rollizo.

CUADRO 6: Valores promedio, mínimo, máximo y desvío estándar del Índice de Grado (ig) y rendimiento porcentual en madera libre de nudos (m.l.n Vt (%)) obtenido de la muestra de 26 rollizos de *Pinus taeda* L..

	ig	m.l.n Vt (%)
Promedio	0,55	5,4
Mínimo	0,48	1,6
Máximo	0,65	10,7
Desv. estándar	0,04	2,5

Del mismo surge que los Índices de Grado obtenidos fueron bajos si se los compara con los obtenidos por Park (1980, 1983). La posibilidad existente a futuro de contar con rollizos de gran dap y dmsm reducido puede permitir alcanzar mayores ig.

Otro factor que también ha incidido negativamente en los valores de ig fue el bajo porcentaje de conversión en el aserrado, atribuible a la rigidez del programa de aserrado, ejecutado con una sierra de banda sin rolos posicionares y una sierra múltiple. A una situación similar hacen referencia Olivares y Meneses (1992), que en un estudio con iguales objetivos utilizaron una sierra alternativa. En una muestra de trozas basales podadas de *Pinus radiata* D. Don, de 4,25 m de largo y 54,0 cm de dap promedio, obtuvieron un rendimiento promedio de madera libre de nudos del 19 %.

Park (1980) trabajando con los rendimientos en madera libre de nudos y el Índice de grado estableció la fuerte asociación existente entre ambas variables, siendo la misma de carácter lineal. Park y Parker (1983) posteriormente ajustan modelos cuadráticos para describir la forma de dicha asociación. En el presente caso se ajustaron varios modelos a fin de determinar la forma que adoptaba, siendo un modelo cuadrático el que mejor ajuste brindó (Cuadro 7 y Figura 6).

CUADRO 7: Coeficientes de regresión y estadísticos para el modelo $m.l.n. (\%) = f(ig)$.

b_1	b_2	$R^2 \%$	ESE	n	f
-28,148569	68,4939	95,6	1,25252	25	250.179

b_1 y b_2 : coeficientes; R^2 : coeficiente de correlación; ESE : error estándar del estimador; n : tamaño de la muestra; f: f calculado

De esta relación surgió que ejemplares de gran dap, pero también con dmsm de elevada magnitud presentaron un bajo o casi nulo rendimiento en madera libre de nudos, tal como en el caso de los ejemplares de bordura.

Este índice resulta útil para proyecciones a largo plazo sobre la calidad esperada de un rollizo podado. Aunque su uso presenta restricciones cuando se quiere describir o evaluar la calidad de un rollizo, ya que en la variable conversión industrial, se incluyen, en forma de datos reales o asumidos, una multiplicidad de características de las trozas como del aserradero (Park, 1989).

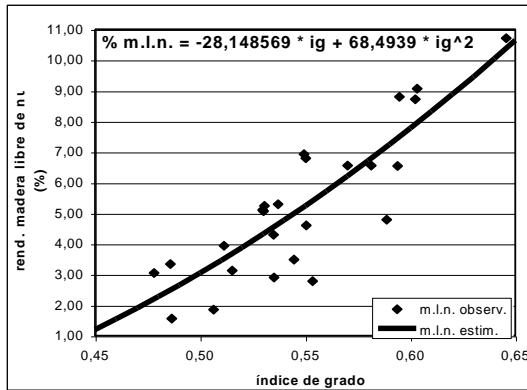


FIGURA 6: % madera libre de nudos estimada y observada con relación al índice de grado en rollizos podados de *Pinus taeda* L.

Park (1989, 1994) desarrolló con posterioridad el Índice de Rollizos Podados, el cual a través de mediciones del tamaño de la troza, su perfil y el dcd, le permitió obtener una medida absoluta de la calidad de los mismos.

Sin embargo el “volumen del cilindro común”, variable que interviene en su construcción, es de trabajosa obtención. Razón por la cual, para las condiciones actuales de la silvicultura e industria en la Mesopotamia

argentina, donde aun no se controla adecuadamente el tamaño del dmsm en las podas o se las ejecuta muchas veces con elementos poco eficientes y que los programas de aserrado pueden considerarse poco flexibles, se considera que el Índice de Grado es una herramienta adecuada para analizar estrategias de poda.

Se recomiendan también nuevos muestreos los cuales contribuirán a mejorar la estimación de los rendimientos en madera libre de nudos, siendo aconsejable constituir una base de datos donde dicha información sea preservada para su utilización en estudios futuros.

Es de resaltar por otra parte que los dmsm resultantes de los dos levantes de poda aplicados a los árboles analizados no fueron coincidentes. Por esta razón volúmenes importantes de madera libre de nudos se formaron dentro del cilindro que contiene los defectos, debido a la presencia de cilindros agregados, tal como fuera establecido por Park (1985).

Al no considerarse la producción de madera libre de nudos en diversos largos, el rendimiento en ese grado fue subestimado al computar solo las tablas que se encontraban por fuera del cd.

CONCLUSIONES

El diámetro del cilindro que contiene los defectos (dcd) resultante de la muestra analizada de rollizos podados de *Pinus taeda* L., presentó una alta asociación, de carácter lineal, con el diámetro máximo sobre muñones (dmsm). Explicando esta última variable algo más del 78 % de la variación en el dcd.

La alta variabilidad registrada en la profundidad de la oclusión de la herida de poda en los verticilos analizados hace necesario resaltar la importancia del empleo de elementos de poda adecuados, además de entrenar intensamente al personal interviniente.

El Índice de Grado presentó un alto grado de asociación con el rendimiento en madera libre de nudos. Si bien este índice presenta restricciones en su uso, es sumamente útil para analizar regímenes de poda en el largo plazo.

Este índice evidencia también la necesidad de registrar el dmsm al momento de las podas ya que a partir del mismo puede ser estimado el dcd, variable que interviene en la estimación del índice de grado, como también en el Índice de Rollizos Podados (Park, 1989) o introducirla en simuladores de aserrado para analizar el rendimiento en madera libre de nudos (Turner y Price, 1996).

Poder predecir el dcd a partir del dmsm permitirá también establecer bases equitativas para la valoración de los rollizos podados.

Se recomienda iniciar estudios tendientes a determinar los rendimientos en madera libre de nudos que se produzca entre cilindros con defectos agregados, ya que la presencia de los mismos será común en los próximos años por las técnicas de poda implementadas en la región.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de los técnicos del INTA EEA Montecarlo Ana Lupi, Hugo Reis, como de Daniel Videla, técnico del CTM Montecarlo y de Luis Ramírez de LIPSIA, como también las sugerencias del Prof. Mario Meneses, docente de la carrera de Ingeniería Forestal de la Univ. Austral de Chile.

BIBLIOGRAFIA

Fassi, G.; Fassola, H.E. y Marangoni, G. 1993. Determinación del Cilindro con Defectos en *Araucaria angustifolia* Bert. O. Kuntze, mediante técnicas de aserrado. Actas del 1º Congreso Argentino y Latinoamericano. Comisión Bosque Nativo, Vol 5: 47-55. Paraná. Entre Ríos.

Fassola, H. E.; Fahler, J.; Ferrere, P.; Allegranza, D.; Bernio, J.; Lupi, A.; Videla, D.; Ramírez, L.; Reis, H. 1988. Estudio de la oclusión de la herida de poda y del Cilindro con defectos en rollizos podados de *Pinus taeda* L. Proyecto de investigación aplicada (PIA) 20/96 "Manejo intensivo de *Pinus taeda* L." subcomponente b. Informe interno nº 1. SAGPyA – BIRF. Inédito : 1-29. Buenos Aires.

Gosnell, T. 1987. Equations for predicting defect core size for pruned radiata pine butt logs. FRI Bulletin 131. Ministry of Forestry. Nueva Zelanda.

Knowles, R.L. 1979. Occlusion defect in *Pinus radiata* logs. Paper 33 FRI Symposium nº 12 : Pruning and Thinning Practise : 145-146. Nueva Zelanda.

Meneses, M. y Velasco, R. J., 1992. Comportamiento del cilindro con defectos en parcelas sometidas a diversos tratamientos de poda y raleo. *Pinus radiata* - Investigación en Chile. Silvicultura, Manejo y Tecnología :108-123. UACH.

Ministry of Forestry & Forest Research Institute. 1988. New Zealand Radiata Pine. A technical appraisal of produce, processes, and uses. Pág. 6.

Olivares, B.P.; Diaz-Vaz, J.E.; Juacida, R.; Meneses, M. y Poblete, H. 1985. Modelo de predicción del diámetro del cilindro con defectos de *Pinus radiata* D. Don. Investigación en Chile. Tomo II: 86-103. Valdivia, Chile.

Olivares, P. B. y Meneses, M. 1992. Predicción del tamaño del cilindro con defectos y estimación del rendimiento de madera aserrada libre de nudos. *Pinus radiata* - Investigación en Chile. Silvicultura, Manejo y Tecnología : 87-108. UACH. Valdivia Chile.

Park, J. C. 1980. A grade index for pruned butt logs. NJFS. 10 (2): 419-438. Rotorua. New Zealand.

Park, J.C. 1982. Occlusion and the defect core in pruned radiata pine. FRI Bulletin 2 : 1-15. NZFS. Rotorua. New Zealand.

Park, J.C. y Parker, C. E. 1983. Regional validation studies of pruned radiata pine butt logs sawn boards. FRI Bulletin 51 : 1-26. Rotorua New Zealand.

Park, J.C. 1985. Recovery of clear lengths from pruned *Pinus radiata* sawlogs. NZJFS 15 (2): 207-222.

Park, J.C. 1989. Pruned Log Index. NZJFS 19 (1): 41-53.

Park, J.C. 1994. Evaluating pruned sawlog quality and assessing sawmill recoveries in New Zealand. Forest products Journal 44 (4): 43-52

Turner, P. y Price, C.S. 1996. Maximising value of the plantation resource : Part 1 – Development of a Log Grading Proposal for Pruned Softwood Logs. Suid-Afrikaanse Bosbouydskrif 176 : 29-33.

Whiteside, I.D. 1982. Clear Grades of radiata pine timber - Development and evaluation of grading rules. FRI Bulletin 1: 1-12. FRI-NZFS. Rotorua.

**EFFECTOS DE LA INTENSIDAD Y OPORTUNIDAD DE RALEO EN
Pinus taeda L. SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN EN
EL NOROESTE DE MISIONES, ARGENTINA**

**EFFECTS OF INTENSITY AND OPORTUNITY OF THINNING IN
Pinus taeda L. ON THE GROWTH AND THE PRODUCTION IN
THE NORTHWESTERN MISIONES PROVINCE, ARGENTINA**

Ernesto H. Crechi⁹ Ramón A. Friedl¹⁰ Hugo E. Fassola¹
Roberto A. Fernández¹ Jorge C. Fahler³

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo, analizar un experimento de modalidades de raleo con *Pinus taeda* L. origen Columbia, instalado en bloques completos al azar con 2 niveles de intensidad y testigos, 3 niveles de oportunidad y 3 repeticiones. Los tratamientos de intensidad fueron definidos por el área basal, y caracterizados en: sin raleo (testigo) y raleo del 33 y 66% del área basal del testigo; los 3 tratamientos de oportunidad fueron definidos con periodicidad de 2, 4 y 6 años. El área basal óptima para maximizar el rendimiento fue evaluado para 4 períodos. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para las producciones totales por hectárea a los 13 años. Las tendencias en el crecimiento en diámetro, área basal y volumen total y parcial a 40 cm en punta fina por hectárea para diferentes intensidades y oportunidades de raleo evaluados, demuestran que para objetivos de producción diferentes se debe variar la intensidad de raleo, la cual también influyó sobre la producción total.

Palabras claves: *Pinus taeda* L., raleo, intensidad y oportunidad, producción

⁹ Técnicos. Area Forestal. INTA EEA Montecarlo. AP ESP 4 (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. TE y FAX: 54-03751-480057/480512. E-mail: intam@ceel.com.ar

¹⁰ Ing. Ftal. Msc. Jefe de Area Planeamiento Forestal. Alto Paraná S.A.

³ Ing. Agr. Msc. Forestal. Gerente Forestal LIPSIA S.A.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze an experiment of thinning modalities with *Pinus taeda* L origin Columbia, installed in complete random blocks with 2 levels of intensity and 3 of opportunity in 3 repetitions. The intensity treatments were defined by the basal area, and characterized in: without thinning and 33 and 66 % thinning of the total basal area. The 3 opportunity treatments were defined with thinnings at 2, 4 and 6 years intervals. The basal area to maximize the yield was evaluated for 4 periods. Up to year 13, significant differences were observed among the treatments for the total productions per hectare. The tendencies in the growth in diameter, basal area and total and partial volume to 40 cm in fine tip per hectare for different intensities and opportunities of evaluated thinning, demonstrate that for different production objectives the thinning intensity should be varied. The thinnings also influenced the total production.

Key words: *Pinus taeda* L., thinning, intensity and opportunity, production

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y la producción de un rodal proveniente de un material genético dado están fuertemente determinados por 4 factores :

- 1) la edad del rodal;
- 2) la capacidad productiva del terreno (calidad de sitio);
- 3) el grado en el cual esa capacidad productiva innata está siendo totalmente utilizada (densidad);
- 4) los tratamientos culturales aplicados (raleo, fertilización, control de malezas, poda, etc.).

Actualmente las empresas forestales del Norte de la Provincia de Misiones en términos de densidad están plantando entre 1111 y 1600 plantas por hectárea, lográndose así una situación de equilibrio entre sobrevivencia, crecimiento y control de malezas, ya que las plantas están lo suficientemente distanciadas de manera que el crecimiento y la sobrevivencia no se ven afectados en los primeros años, por otro lado están lo suficientemente cerca de manera que la maleza no ofrece competencia.

Esto surge de una evolución que se ha venido dando en función de los objetivos de producción de las empresas, principalmente en lo que se refiere a cantidad y calidad, y por otro lado los costos de implantación de la forestación. Dentro de este esquema, partimos de las densidades de

plantación que actualmente las empresas han adoptado y sugerimos la evaluación de los distintos regímenes de manejo para esas plantaciones.

El ensayo de densidades analizado (CRECHI, et al., 1992), instalado en Cuartel Río Victoria, con *Pinus taeda*, con densidades entre 625 y 4.444 plantas por hectárea, nos lleva a coincidir con las densidades de plantación adoptadas por las empresas, considerando que para esas densidades se logran mayores sobrevivencias y además un volumen estadísticamente equivalente al de las mayores densidades, pero distribuido en un menor número de árboles de tamaño relativamente mayor, que permite obtener en menor tiempo mayor cantidad de madera para las industrias del aserrado y del laminado.

En cuanto al material genético, los resultados de los primeros ensayos realizados en la región, por el INTA y el CIEF ya se encuentran disponibles, habiéndose detectado los mejores orígenes de *Pinus taeda* (Marion, Livingstone, Columbia, Washington, etc.), que desde hace aproximadamente 15 años a la fecha se los está implantando en forma progresiva, sustituyendo al material comercial de menor crecimiento que aquellos.

La silvicultura de dichas plantaciones es aún poco conocida y su estudio es un aspecto de importancia creciente en el sector forestal de la región.

La crisis actual de nuestro mercado interno debido a un exceso de oferta, la distancia de Misiones con respecto a los grandes centros de consumo del país, las políticas de integración con los países vecinos, las expectativas de exportación, entre otras causas, hacen necesario optimizar los procesos de producción, para afianzar la actividad forestal de la región, tendiendo a la obtención de productos de mayor calidad y valor.

La poda y el raleo son las prácticas silvícolas que, oportuna y adecuadamente realizadas condicionan en gran medida la calidad y cantidad de los productos a obtener de una masa boscosa, en definitiva su rentabilidad.

Pero aún no está claro cual es la densidad óptima en el tiempo para el logro del máximo incremento volumétrico en función de un objetivo de producción.

Pequeñas remociones de volúmenes (bajas intensidades de raleo), crean tal vez la situación ideal, para mantener el incremento al máximo, pero se deben aplicar por lo menos una vez al año y esto obviamente no es conveniente desde el punto de vista práctico y por ser costoso.

Por otro lado remociones volumétricas grandes (altas intensidades

de raleo), tal vez sean la solución más económica en términos de reducción del número de raleos, para alcanzar una densidad final, pero como hay un límite en la respuesta de los árboles al mayor espacio de crecimiento, habrá una inevitable pérdida de volumen.

Entre ambas situaciones extremas, debe estar el volumen óptimo que debe ser extraído en cada raleo.

El área basal de un bosque es universalmente conocido como un índice fácilmente medible de la densidad, y es la medida de densidad más comúnmente adoptada por las empresas de la zona para la evaluación de la densidad y para la toma de decisiones de manejo.

Los experimentos en los cuales fue usada el área basal, revelaron el importante hecho de existe una área basal óptima para cada período durante las edades juveniles y medias que produce el máximo incremento en área basal.

Es importante para la futura producción de rollos o trozas de gran diámetro, que este incremento se distribuya sobre un número mínimo de árboles, sin reducir el número de estos por hectárea al punto de que los árboles remanentes no puedan en un tiempo razonable sacar ventaja del espacio de crecimiento, perdiendo así un volumen potencial.

Objetivos

Los objetivos propuestos para el ensayo son los siguientes:

- a) determinar los crecimientos obtenidos a partir de parcelas que son intervenidas con distintas intensidades y oportunidades;
- b) determinar el nivel de densidad óptima en el cual se obtiene el mayor crecimiento para cada edad;
- c) evaluar y comparar silvícola, económica y tecnológicamente, los distintos regímenes de raleos.

Los de este trabajo se relacionan básicamente al primero y segundo objetivos del ensayo respecto a los resultados obtenidos hasta los 13 años de edad.

No se efectuó la evaluación económica de los diferentes regímenes de manejo resultantes, la cual se realizará a través de indicadores de rentabilidad en otros informes elaborados a edades más próximas a los turnos de corta que se estiman por arriba de los 15 años de edad.

REVISION BIBLIOGRAFICA

La Teoría de MÖLLER, citado por AHRENS (1992), en relación al crecimiento y producción forestal establece que, en un rodal forestal sin raleo la producción bruta por unidad de área, a largo plazo, es aproximadamente igual a la producción total que sería obtenido por el valor acumulado de las producciones intermedias (raleos) sumadas a la producción obtenida en la corta final, si el mismo hubiera sido sometido a un régimen de raleos. Esto quiere decir que excluyendo los extremos de densidades de un rodal, la producción total en volumen es semejante para diferentes niveles de densidad. Esta teoría está basada en el hecho de que el medio ambiente puede soportar una determinada biomasa con una determinada superficie foliar por hectárea, siendo, por lo tanto, el incremento en área basal ó volumen una función de la calidad de sitio.

SCHNEIDER et al., 1991a, citan a ASSMAN¹¹, quien constató que las áreas manejadas con raleos pesados producían menos volumen que con raleos suaves, aun cuando los pesados proporcionaban mayor crecimiento en área basal, porque, en estos casos los árboles tienen menor altura y mayor conicidad.

Analizando la reacción del bosque a los raleos, estos mismos autores citan a ASSMAN¹², quien observó que los árboles remanentes aumentaban rápidamente su incremento, debido al mejor aprovechamiento de los factores ambientales, a lo que llamó de efecto de la aceleración del crecimiento, siendo este hecho, dependiente de la época de aplicación del raleo y de su intensidad. Los raleos realizados en la fase juvenil, o sea, antes del punto culminante del incremento corriente en volumen, producían una mayor reacción de crecimiento, porque a partir de este punto el incremento pasa a tener tasas decrecientes. La observación de la evolución del área basal en rodales raleados y no raleados, llevó a la definición de área basal máxima, la cual es establecida en plantaciones no raleadas y representa el número de árboles de una determinada dimensión que pueden ser mantenidos vivos y nutridos en una determinada condición ecológica.

Aunque existan algunas experiencias de raleos y de diferentes densidades de plantación en la zona (VOLKART, 1972) (COZZO, 1970,

¹¹ ASSMANN, E. *Waldetragskunde*. Munchen, BLV. Verlagsgesellschaft, 1961.

¹² ASSMANN, E. *Zur Theorie der Grundflaechenhaltung*. FW. CbI. 78:321-330. 1968

1972) (CRECHI, 1991,1992,1996) (FRIEDL, 1991) (FERNÁNDEZ, 1991), podríamos afirmar que en Misiones estamos en la etapa inicial en este tipo de estudios. El ensayo instalado es una adaptación de la sugerida por FISHWICK (1974).

MATERIALES Y METODOS

Localización y características del experimento

El ensayo se encuentra localizado en Campo Elena, propiedad de la firma LIPSIA, en Wanda, Departamento Iguazú, Misiones, Argentina.

Suelo

Se encuentra instalado sobre un “kandiudult”, según el SOIL SURVEY STAFF (1975), (1987), caracterizado por un desarrollo de suelo mayor de 2 metros, secuencia de horizontes A-Bt-C, rojo, libre de cascajos y fragmentos gruesos, permeabilidad moderada, bien drenado, relativamente insaturado. De acuerdo con Mancini (1964), pertenece a la Unidad Cartográfica 9.

Clima

Según Golfari (1965), corresponde a la región climática 5. Tal descripción indica clima subtropical o montano bajo, subhúmedo, húmedo o perhúmedo, con régimen uniforme.

Descripción del experimento

El ensayo, realizado para evaluar el efecto de la intensidad y oportunidad de los raleos, fue instalado en 1992, en una plantación de Pinus taeda origen Columbia, de 5 años de edad, con una densidad de plantación de 2,4 m x 2,4 m (1736 pl/ha). El tamaño de las parcelas netas es de 864 m², con borduras perimetrales cuádruples, internas entre parcelas dobles y entre bloques triples, ocupando una superficie total de 5 has. El diseño empleado responde a bloques completos al azar, con 3 repeticiones.

En lo que respecta a la intensidad y oportunidad, los tratamientos aplicados fueron:

2° Simposio Latino-americano sobre Manejo Forestal

INTENSIDAD DE RALEO

Tratamientos	Intensidad Aplicada
T0	0% sin raleo (área basal máxima)
T1	66% de T0 (del valor de T0 determinado previamente)
T2	33% de T0, de modo que se mantengan condiciones de crecimiento libre.

OPORTUNIDAD DE RALEO

Tratamiento	Intervalo (años)	Observación
F1	2	Tal vez ideal, pero antieconómico.
F2	4	Intermedio (similar al actualmente usado).
F3	6	Económicamente preferible pero tal vez impracticable para las condiciones locales de rápido crecimiento.

Considerando la naturaleza factorial del ensayo, las combinaciones de las intensidades y frecuencias u oportunidades son:

Combinaciones de intensidades y oportunidades de raleo

Tratamiento N°	Denominación	Observación
1	T0	Área basal máxima sin raleo (son necesarias dos parcelas ya que los otros tratamientos se basan en su medición precisa).
2	T1F1	66 % de T0 raleado cada 2 años
3	T1F2	66 % de T0 raleado cada 4 años
4	T1F3	66 % de T0 raleado cada 6 años
5	T2F1	3 % de T0 raleado cada 2 años
6	T2F2	33 % de T0 raleado cada 4 años
7	T2F3	33 % de T0 raleado cada 6 años

El tipo de raleo fue por lo bajo, con el siguiente orden de extracción: árboles muertos y moribundos, árboles dominados, árboles sub-dominantes competitivos, árboles codominantes defectuosos (bifurcados y quebrados) y en las parcelas más intensamente raleadas se extrajeron también algunos codominantes competitivos y algunos dominantes.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1, se observan los valores promedios de diferentes variables, anterior y posterior al raleo, de los 5 a los 13 años de edad. Mientras en las Figuras 1 a 3, se observa la expresión gráfica de la evolución de la variable área basal y en las Figuras 4 a 6 la evolución del volumen total.

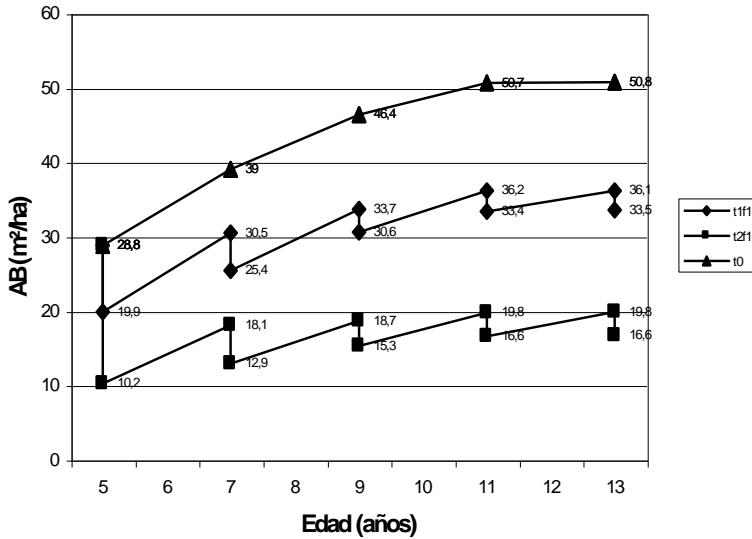


FIGURA 1 - Evolución del área basal con raleos cada 2 años

2º Simposio Latino-americano sobre Manejo Forestal

TABLA 1 - Valores promedios de diferentes variables del ensayo de intensidad y oportunidad de raleo en *Pinus taeda* Columbia (IS₁₅ = 23,5 m)

AB (m²/ha)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	tratamientos
28,8	19,9	30,5	25,4	33,7	30,6	36,2	33,4	36,1	33,5	t1f1
28,8	10,2	18,1	12,9	18,7	15,3	19,8	16,6	19,8	16,6	t2f1
28,8	19,9	31,8	31,8	39,1	30,7	35,1	35,1	38,7	33,5	t1f2
28,8	10,2	19	19	26,3	15,1	19	19	22,2	17,0	t2f2
28,8	19,9	29	29	38	38	43,8	33,5	36,2	36,2	t1f3
28,8	10,2	18	18	25,1	25,1	30,1	17,1	19,4	19,4	t2f3
28,8	28,8	39	39	46,4	46,4	50,7	50,7	50,8	50,8	t0
dap (cm)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	tratamientos
14,4	16	19,9	20,7	23,9	24,1	26,2	26,5	27,7	28,2	t1f1
14,4	17,4	23,4	25,5	30,9	31,8	36,6	37,3	40,8	41,9	t2f1
14,4	16,4	20,9	20,9	23,2	24,2	26,2	26,2	27,8	28,6	t1f2
14,4	17,1	23,6	23,6	27,8	29,8	33,8	33,8	36,2	37,8	t2f2
14,4	16,6	20,1	20,1	23,1	23,1	24,9	25,8	27,1	27,1	t1f3
14,4	17,6	24	24	28,5	28,5	31,4	34	36,3	36,3	t2f3
14,4	14,4	17,3	17,3	19,6	19,6	21,4	21,4	22,5	22,5	t0
V (m³/ha)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	tratamientos
117,9	82,9	184,8	155,6	253,5	231,6	312,3	289	343,2	320,0	t1f1
117,9	43,9	112,7	81,7	145,2	119,8	175,8	148,6	194,2	164,5	t2f1
117,9	82,9	192,2	192,2	291,7	231,9	303	303	366,1	319,3	t1f2
117,9	43,9	118	118	200,3	118,1	168,9	168,9	216,3	167,9	t2f2
117,9	82,9	176,4	176,4	284,4	284,4	373,9	289,6	344,1	344,1	t1f3
117,9	43,9	111,8	111,8	191,3	191,3	261,8	152,7	189,9	189,9	t2f3
117,9	117,9	233,7	233,7	343,8	343,8	429,5	429,5	474,3	474,3	t0
N (árbo/ha)										
5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	tratamientos
1683	945	945	733	733	656	656	590	586	528	t1f1
1683	409	409	246	246	189	185	150	150	119	t2f1
1683	899	899	899	899	648	637	637	625	509	t1f2
1683	424	424	424	424	212	208	208	212	150	t2f2
1683	883	883	883	883	883	876	625	613	613	t1f3
1683	401	385	385	385	385	382	185	185	185	t2f3
1683	1683	1597	1597	1489	1489	1370	1370	1224	1224	t0

AB=área basal, dap=diámetro a 1,3 m, V=volumen total c/c, N=número de árboles por hectárea

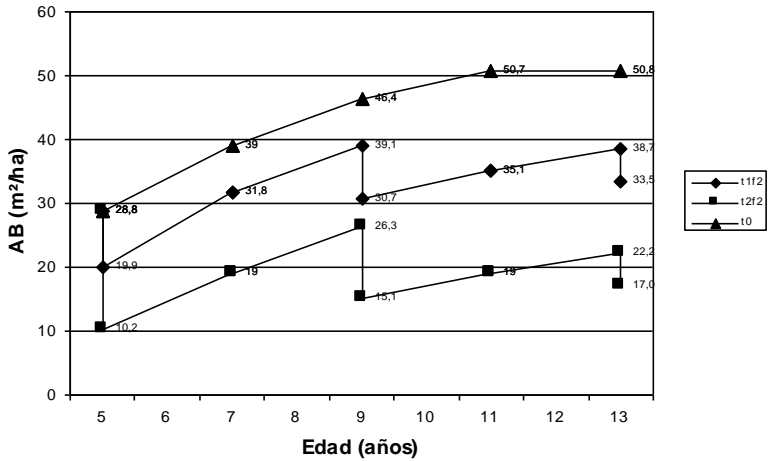


FIGURA 2 - Evolución del área basal con raleos cada 4 años

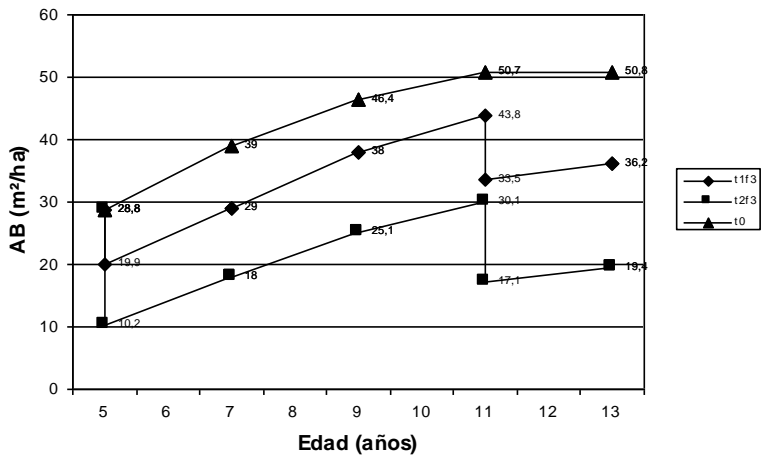


FIGURA 3 - Evolución del área basal con raleos cada 6 años

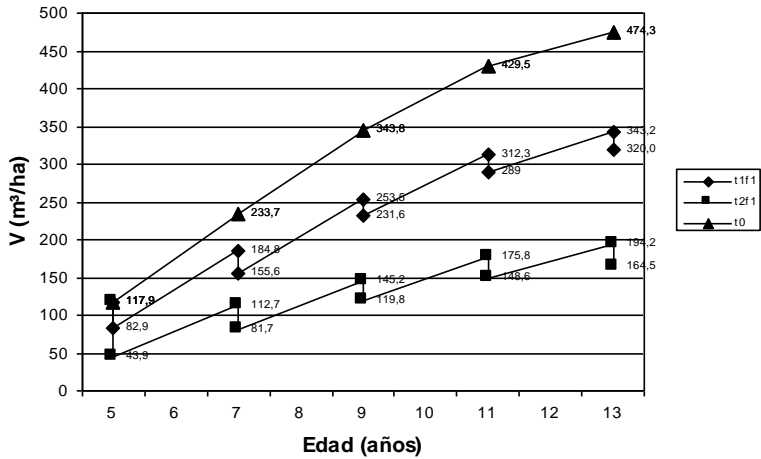


FIGURA 4 - Evolución del volumen por hectárea con raleos cada 2 años

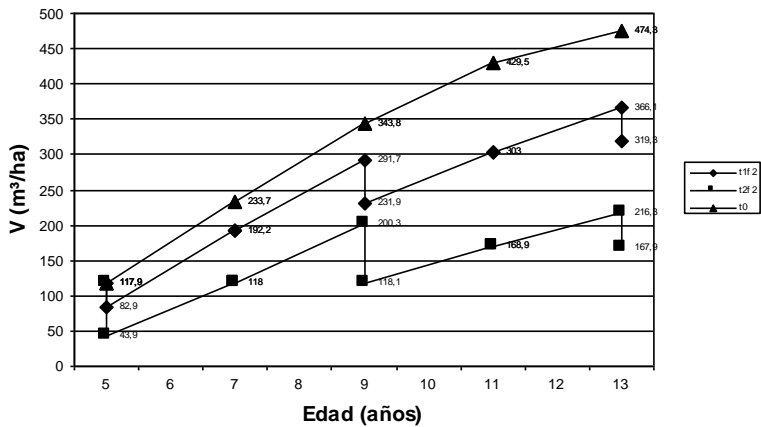


FIGURA 5 - Evolución del volumen por hectárea con raleos cada 4 años

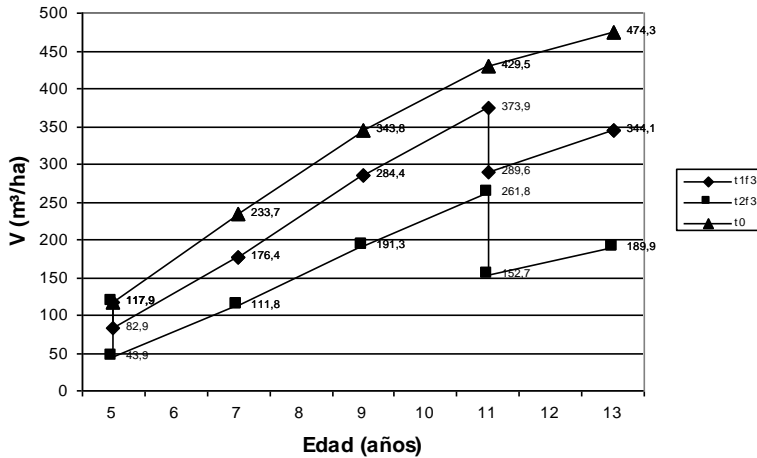


FIGURA 6 - Evolución del volumen por hectárea con raleos cada 6 años

Área basal óptimo

Existe un área basal óptimo (área basal limitante) para cada período durante los primeros años de vida de una plantación (los mas importantes desde nuestro punto de vista), que produce el máximo de incremento en área basal.

La Figura 7 responde al propósito de determinar para cada período cual es el área basal que da el máximo de incremento, el mismo se muestra para 4 períodos (5 a 7, 7 a 9, 9 a 11 y 11 a 13 años), el ajuste se realizó por regresión, para los primeros 3 períodos a través de polinomios de segundo grado, y para el cuarto por regresión lineal simple, este último en vistas de que el testigo no incrementó su valor en área basal al pasar de 11 a 13 años.

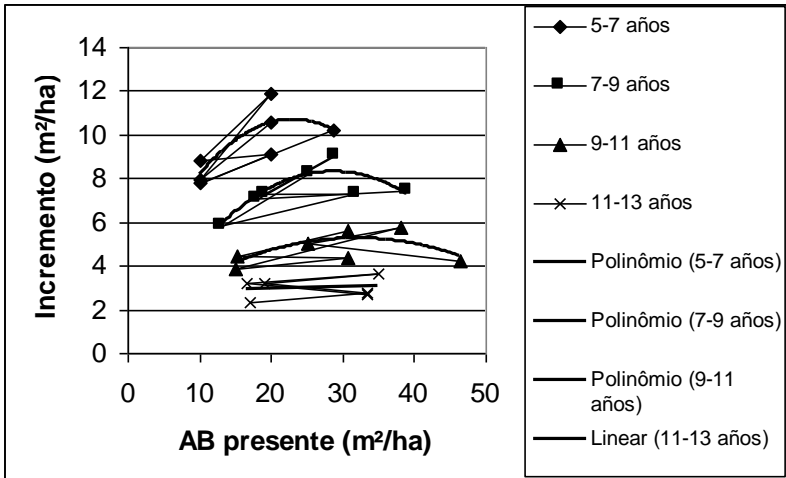


FIGURA 7 - Relación del área basal presente y sus respectivos incrementos para las edades 5 a 13 años

Las ecuaciones ajustadas fueron:

$$y = -0,0148x^2 + 0,6841x + 2,7503 \text{ (1º raleo)}$$

$$y = -0,0097x^2 + 0,5611x + 0,2166 \text{ (2º raleo)}$$

$$y = -0,0039x^2 + 0,2511x + 1,2295 \text{ (3º raleo)}$$

$$y = 0,009x + 2,7546 \text{ (4º raleo)}$$

donde: y = incremento en área basal (m²/ha/año); x = área basal óptimo (m²/ha)

En el Tabla 2, se observan los valores de área basal que expresan el máximo de incremento para cada período.

TABLA 2 - Incrementos máximos en área basal para cada período

Período (años)	AB Óptimo (m²/ha)	Máximo incremento (m²/ha/año)
5 a 7	23	10,7
7 a 9	29	8,3
9 a 11	32	5,3
11 a 13	34	3,0

La Figura 8 muestra como esta información es usada para controlar

los raleos, para lograr el máximo de rendimiento. En cada raleo el área basal de la plantación se deja crecer hasta el 110% del área basal óptimo para aquella edad, y el raleo reduce dicha área basal al 90% de aquel valor.

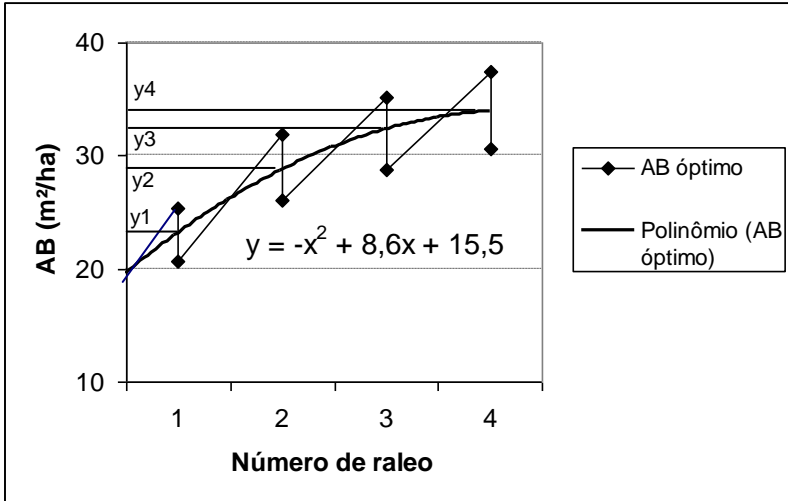


FIGURA 8 - Área basal óptimo que da el máximo de incremento para 4 períodos de raleo

En dicha Figura observamos que:

- y1 = área basal óptimo para el 1º raleo
- y2 = área basal óptimo para el 2º raleo
- y3 = área basal óptimo para el 3º raleo
- y4 = área basal óptimo para el 4º raleo

La ecuación ajustada que expresa el área basal óptimo resultó:

$$y = -x^2 + 8,6x + 15,5$$

donde: y = área basal óptimo (m²/ha); x = número de raleo

El Tabla 3 resume lo observado en la Figura 8.

TABLA 3 - Control de los raleos para obtener el máximo rendimiento

Raleo (número)	AB Optimo (m ² /ha)	Máximo Incremento (m ² /ha/año)	dejar crecer hasta 110%	ralear al 90%
1	23	10,7	25,3	20,7
2	29	8,3	31,9	26,1
3	32	5,3	35,2	28,8
4	34	3,0	37,4	30,6

Análisis de la producción total:

Area basal

El análisis estadístico para la producción total de área basal por hectárea acumulada a los 13 años, confirmó que estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos. En la Figura 9, como consecuencia de la aplicación del test de diferencias de medias de Tukey, los tratamientos con igual letra no presentan diferencias estadísticas significativas a nivel del 5%.

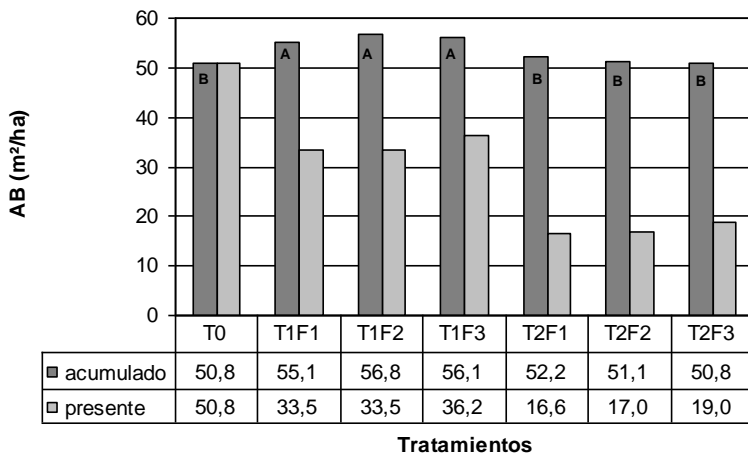


FIGURA 9 - Area basal acumulada y presente a los 13 años

Volumen total

El análisis estadístico para la producción total de volumen por hectárea acumulado a los 13 años, confirmó que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la Figura 10, se observa a través del test de Tukey, que los tratamientos de mayor producción y que fueron estadísticamente similares, son aquellos que mantuvieron el 100% de área basal y los raleados al 66%. Por otro lado, estos tratamientos sí, se diferenciaron significativamente de los raleados al 33%.

Estos resultados estarían indicando preliminarmente hasta los 13 años, una tendencia a comprobar la teoría de Assmann, en la cual la producción total de una forestación es influenciada por la intensidad de raleo.

Volumen hasta 30 cm

El análisis estadístico para la producción total de volumen hasta 30 cm, por hectárea, acumulado a los 13 años, confirmó que estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos, como muestra la Figura 11.

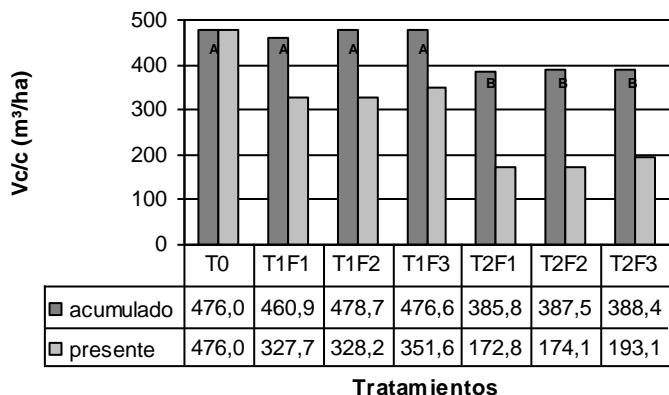


FIGURA 13 - Volumen total acumulado y presente a los 13 años

El test de Tukey para comparación de medias, indicó como tratamientos de mayor producción y que fueron estadísticamente similares, aquellos cuya intensidad fue del 33% del área basal del testigo. Estos tratamientos se diferenciaron significativamente del testigo y de los tratamientos raleados al 66% del área basal del testigo. Por otro lado, los tratamientos raleados al 66% del área basal del testigo se diferencian estadísticamente del testigo.

El análisis de las producciones medias de los tratamientos, muestra que los tratamientos que mantuvieron un 33% del área basal del testigo, con oportunidades de 2, 4 y 6 años respectivamente, produjeron en este período, 148.4, 128.3 y 110.0 m³/ha; los tratamientos que mantuvieron un 66% del área basal del testigo, con oportunidades de 4, 2 y 6 años respectivamente, produjeron 62.8, 47.0 y 44.3 m³/ha, mientras el testigo presentó 20.9 m³/ha.

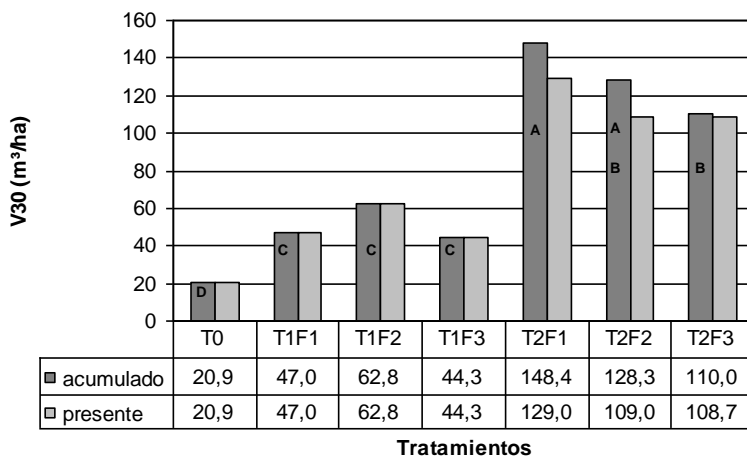


FIGURA 14 - Volumen hasta 30 cm, acumulado y presente a los 13 años

Volumen hasta 40 cm

El análisis estadístico para la producción total de volumen hasta 40 cm, por hectárea, acumulado a los 13 años, confirmó que estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos, conforme muestra la

Figura 12.

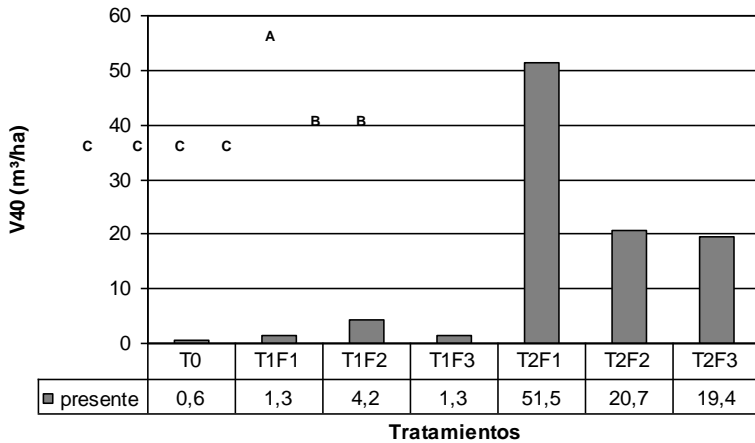


FIGURA 12 - Volumen hasta 40 cm, acumulado y presente a los 13 años

El test de Tukey para comparación de medias, indicó como tratamiento de mayor producción aquél cuya intensidad fue del 33% del área basal del testigo cada 2 años, a continuación aquellos cuya intensidad también fue del 33% cada 4 y 6 años. Por otro lado, estos tratamientos se diferenciaron significativamente del testigo y de los tratamientos raleados al 66% del área basal del testigo, que no presentaron diferencias estadísticas entre sí.

Diámetro promedio

En la Figura 13, se observan los resultados que muestran la existencia de diferencias significativas entre los diámetros de los tratamientos, indicando la influencia del raleo sobre el crecimiento diamétrico.

La comparación de los promedios por el test de Tukey mostró que el mayor diámetro promedio obtenido fue en el tratamiento con mayor intensidad y menor oportunidad de raleo, presentando a los 13 años, 41.9 cm.

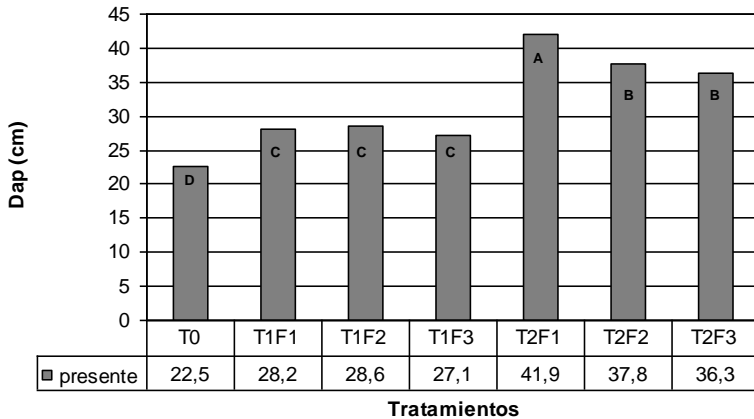


FIGURA 13 - Diámetro promedio presente a los 13 años

La comparación entre los demás promedios de los tratamientos, muestra una reducción del diámetro con el aumento de la densidad en área basal del rodal, caracterizando una tendencia inversa con relación a la producción volumétrica.

La comparación de los resultados muestran que raleos pesados promueven una ganancia sustancial en el incremento y en la dimensión final del diámetro, pero, conforme muestran los resultados de la producción volumétrica causan reducción drástica de la producción total del rodal.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos hasta los 13 años, permiten hacer las siguientes conclusiones:

Para maximizar el rendimiento, el primer raleo debe ser efectuado cuando el área basal acuse un valor de aproximadamente 25.3 m²/ha y se lo reduce a 20.7 m²/ha; el segundo raleo reduce el área basal de 31.9 m²/ha a 26.1 m²/ha; el tercer raleo de 35.2 m²/ha a 28.8 m²/ha y el cuarto de 37.4 m²/ha a 30.6 m²/ha.

Para el área basal acumulada hasta los 13 años, el análisis de variancia mostró diferencias significativas entre los tratamientos. La intensidad de raleo, influyó de manera significativa la producción de esta

variable. No se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos con raleos suaves (66% de T0), pero estos sí se diferenciaron cuando fueron comparados con el testigo y los tratamientos con raleos fuertes (33% de T0).

Estadísticamente no hubo diferencias significativas en los incrementos verificados en volumen total (calculados como las existencias a los 13 años más los correspondientes al retirado en los raleos) entre el testigo (T0) y los raleados al 66% (T1), por otro lado estos sí mostraron diferencias significativas con los raleados al 33% (T2).

Esto significa que el raleo efectuado con la intensidad de 33%, produce una subocupación del sitio, y hasta los 13 años, no llegó a un volumen total equivalente a la de T0 y T1.

Para los volúmenes a diferentes diámetros en punta fina (en este análisis se presenta hasta 30 y 40 cm), los tratamientos con intensidades de raleo fuertes (33%) se diferenciaron significativamente y cada vez más, cuanto mayor es el diámetro en punta fina considerado, siendo esta producción inversamente proporcional a la oportunidad

En los testigos (sin raleo) se observa mortandad por competencia entre árboles, de los 5 a los 13 años pasó de 1683 a 1224 árboles por hectárea, lo que representa una mortandad de 459 árboles (27.3%).

El aumento de la intensidad de raleo, trajo como es esperado, el aumento del diámetro medio del tratamiento.

La intensidad ideal de raleo va a depender principalmente de la finalidad de la madera a ser producida. Si la intención es producir el máximo de volumen sin exigencias de calidad y dimensiones de la madera, deben ser hechos raleos más suaves (T1) ó dejar de hacerlos (T0), a partir del momento que se plante con un espaciamiento inicial adecuado o que se establezcan rotaciones mas cortas (cortar antes o que el rodal llegue a su estancamiento). Cuando, sin embargo, además de la producción en volumen, se desea obtener madera de mayores diámetros (lo que es de extrema importancia cuando el objetivo es producir madera para aserrado, laminado, etc...), debemos promover raleos un poco mas fuertes (T2), teniendo siempre el cuidado de mantener un perfecto equilibrio entre la calidad de la madera, el volumen producido y la capacidad de uso de la tierra (evitando que el terreno sea mal aprovechado debido a reducciones muy fuertes del número de árboles).

La no aplicación de raleos (T0) ó de raleos muy tardíos, debe ser empleado con cautela, ya que el exceso de competencia lateral entre los árboles de una plantación, trae como consecuencia el aumento de la relación h/d (altura/diámetro), acompañada de reducción excesiva del área de copa y

del stress, aumentando la inestabilidad de la forestación frente a factores ambientales como vientos, insectos y microorganismos.

Con respecto a la intensidad se puede decir que dentro de una amplia gama de regímenes de manejo (T0, T1F1, T1F2 Y T1F3), el volumen total producido en una plantación es finalmente el mismo (no es afectado por el grado de intervención). El manejo forestal a través de los raleos, establece meramente como y cuando este volumen debe ser producido.

Con respecto a la oportunidad (intervalo en años entre los raleos), está íntimamente relacionada al volumen extraído en cada raleo. Por un lado ciclos largos (F3), reduciendo el número de raleos a un mínimo, son los más económicos, pero requieren de fuertes remociones (T2) y esto puede no ser conveniente. Por otro lado ciclos cortos de raleo (F1), pueden ser necesarios para especies de crecimiento muy rápido, pero son antieconómicos cuando son muy cortos.

Es importante destacar que las conclusiones presentadas se relacionan más a la producción en volumen de los regímenes aplicados que a la producción económica que debería analizarse considerando los costos de plantación, raleos y talas rasas; además de los valores de los productos obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AHRENS, S. A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoamentos de *Pinus taeda* L., através de um modelo de programação dinâmica. Curitiba, 1992. 189 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

COZZO, D. 1970. Diez años de ensayos con raleos en una nueva parcela experimental de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina. Revista Forestal Argentina 14(2): 39-45.

COZZO, D. 1972. Resultados de un segundo período de raleos de 5 años en *Araucaria angustifolia*. Revista Forestal Argentina 16(1):5-12.

CRECHI, E.H., FRIEDL, R.A., FERNÁNDEZ, R.A. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. parte III: volúmenes de la masa. en: Actas VI Jornadas Técnicas Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales, 306-321. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Eldorado 9 al 11 de octubre de 1991.

CRECHI, E.H.; FRIEDL R.A.; FERNÁNDEZ R.A. 1992. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Pinus taeda* L. Actas Jornadas sobre pinos subtropicales . Tomo I, 92:110. CIEF. Eldorado, Misiones Argentina.

CRECHI, E. H. 1996. Efeitos da densidade de plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Misiones, Argentina. Curitiba, 1996. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

FERNÁNDEZ, R.A., CRECHI, E.H., FRIEDL, R.A. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. parte III: número de árboles, mortandad, área basal y altura dominante. en: Actas VI Jornadas Técnicas Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales, 291-305. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Eldorado 9 al 11 de octubre de 1991.

FISHWICK, R. Pesquisa de intensidade de desbaste. Revista Floresta, Vol. 5, número 1, año 1974, pág. 35-45. Proyecto BRA-45(FAO/IBDF).

FRIEDL, R.A., FERNÁNDEZ, R.A., CRECHI, E.H. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. parte I: dimensiones del árbol medio. en: Actas VI Jornadas Técnicas Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales, 277-290. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Eldorado 9 al 11 de octubre de 1991.

MANCINI, L.; SANESI, G.; LASERRE, S. 1964. Informe Edafológico de la Provincia de Misiones. Misiones: I.N.T.A - Gobierno de la Provincia de Misiones. 102 p.

SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G., COZER, E. Et al. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: SIMPOSIO DE MANEJO DE FLORESTAS PLANTADAS, set. 1991, Santa María. **Anais....** Esteio: UFSM, 1991a. P.150-167.

VOLKART, C. M. 1972. Raleos en *Araucaria angustifolia*. Segunda contribución sobre un ensayo realizado en Misiones, Argentina. Actas del Séptimo Congreso Forestal Mundial. Argentina. Pág. 1876-1885.

**ESTRUCTURA DIAMETRICA DE BOSQUES EN
REGENERACION DEL CHACO SEMIARIDO SANTIAGUEÑO**

**STRUCTURE DIAMETRICA OF THE FORESTS IN
REGENERATION OF THE CHACO SEMIARIDO SANTIAGUEÑO**

Araujo, P.A.¹ Roldán, A.M.² Pedenovi, A.³ López, J.A.⁴

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en un área de bosques nativos del Campo Experimental La María de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Santiago del Estero, que se caracteriza por ser un bosque en regeneración tipo de la Región Chaqueña Semiárida. Se analizaron las distribuciones e frecuencias por categorías de tamaño previamente definidas, sirve también para el estudio de otros parámetros característicos de cada masa forestal y del estado sucesional en que se encuentra, tales como la composición, el área basal, volúmen, etc.

Palabras claves: Estructura diamétrica; Bosque en regeneración; Chaco Semiárido.

ABSTRACT

The study it was carry out in a native area of forests of the Experimental Field "The Maria" of the Farm Experimental Station of the INTA, that is

¹ Ingeniero Forestal, Mcs. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Sgo. Del Est. Argentina. Paraujo@unsc.edu.ar.

² Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Sgo. Del Est. Argentina. Anyroldan@arnet.com.ar.

³ Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Sgo. Del Est. Argentina

⁴ Dr. en Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Sgo. del Est. Argentina

characterized for being a forest in regeneration type of the region semiarid chaqueña. The distributions of frequency were analyzed by categories of size priorly defined that were taken like base for the study of other parameters characteristic of the mass forestal and of the state one sucesional in which is found, such as the composition, the basal area, volume, etc.

Key Words: Structure diamétrica; Forests in regeneration; Chaco Semiárido.

INTRODUCCION

La caracterización y tipificación de los bosques que ya han sido aprovechados, en la mayoría de los casos sin criterio silvícola, tiene una particular importancia ya que los mismos pasan a ser un capital biológico en regeneración, que también debe manejarse para que nuevamente puedan entrar en producción en sucesivos ciclos. Se trata de montes arbolados en fase de capitalización, en los que los crecimientos deben acumularse para formar el capital necesario que en el futuro producirá rentas (MADRIGAL, 1994).

Particularmente para Santiago del Estero el Inventario Forestal de los Departamentos Copo y Alberdi muestra que para la superficie total estudiada, aproximadamente 2.600.000 has, el 55,51% está cubierta por bosques y sólo un 3,63 % corresponde a bosques productivos con poca intervención. El resto son bosques en regeneración o bosques secundarios, dependiendo de la intensidad por que han sido explotados.

En estos tipos de bosques naturales se encuentran individuos de todas dimensiones y con edades, que al no estar localizadas, son desconocidas. Inclusive árboles del mismo tamaño y apariencia externa pueden tener edades muy diferentes. Se sustituye entonces la escala de edades por una escala de diámetros y se consideran maduros los pies que han alcanzado un determinado grosor por razones biológicas y económicas (MACKAY, 1961). Por lo tanto, la distribución diamétrica pasa a ser el parámetro que sirve para definir la forma de organización de la masa para una producción sostenible y de ahí la importancia de su estudio.

OBJETIVOS

GENERAL

Analizar la estructura diamétrica del bosque en regeneración como base para la toma de decisiones de manejo, determinación de la productividad y decisiones para la corta.

ESPECIFICOS

- ✓ Probar diferentes amplitudes de clase y modelos predefinidos que describan la distribución diamétrica de las especies.
- ✓ Analizar los parámetros que se relacionan con la distribución diamétrica como distribución del área basal y del volúmen.
- ✓ Determinar la calidad de los fustes en relación a la rectitud y estado sanitario.

ANTECEDENTES

Entre los antecedentes de estudios sobre distribuciones diamétricas de bosques de la región chaqueña semiárida cabe destacar los realizados por GAILLARD de BENITEZ y ROBLES (1983) y GAILLARD de BENITEZ y otros (1988) con el objetivo de probar modelos matemáticos descriptivos de las distribuciones diamétricas de las especies características de los bosques del Norte de Santiago del Estero (Departamento Alberdi). En la segunda parte de ese estudio, los autores destacan el cambio de la forma de la distribución, para todas las especies, al comparar los datos de dos inventarios realizados en la misma área con una diferencia de 30 años.

Las distribuciones diamétricas de las especies encontradas en bosques chaqueños, también fueron analizadas en el Inventario Forestal de los Departamentos Copo y Alberdi, Santiago del Estero (THREN et al., 1994).

Los tipos de bosques presentan también marcadas diferencias en cuanto a su distribución diamétrica. BRASSIOLO (1997), caracterizó los tipos de bosques, clasificados como aprovechable, en regeneración y secundario, por la distribución diamétrica que presentan y los parámetros asociados como área basal y volúmen. Entre sus observaciones destaca que, en el *bosque aprovechable* la distribución diamétrica presenta la forma de una curva unimodal, lo cual evidencia que las condiciones de desarrollo para los individuos jóvenes no son buenas y que ambos quebrachos presentan frecuencias semejantes. *El bosque en regeneración* es el que tiene el mayor número de árboles en las clases diamétricas inferiores y a medida que aumenta el tamaño de la clase disminuye rápidamente el número de individuos.

MATERIAL Y METODO

El área de estudio del proyecto se localiza en el sector de bosques nativos del campo experimental perteneciente a la Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), ubicada sobre la ruta Nacional N° 9 a 27 Km al Sur de la ciudad capital de la Provincia de Santiago del Estero, a 28°05' Lat.S. y 64°15' Long. W.

En esta área se encuentran los tres tipos principales de fisonomía presentes en el Chaco semiárido: bosque, arbustal y abras. El bosque es la formación predominante compuesto por tres estratos. El estrato arbóreo está integrado por Quebracho Colorado Santiagueño (*Schinopsis quebracho colorado*) y Quebracho Blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*) como especies dominantes, acompañados por ejemplares menos desarrollados de Algarrobo negro (*Prosopis nigra*), Mistol (*Zizyphus mistol*), Brea (*Cercidium australe*). El estrato arbustivo es denso, compuesto por diversas especies, Garabatos (*Acacia sp*), Tala (*Celtis pallida*), Atamisqui (*Atamisquea emarginata*), Castela (*Castella coccinea*), Piquillín (*Condalia microphilla*), Molles (*Schinus sp*). El estrato herbáceo está constituido por especies de gramíneas y latifoliadas (RENOLFI y KUNST, 1988; KUNST et al., 1987; FUMAGALLI et al., 1987; RENOLFI, 1988, 1989, 1990).

Los datos se tomaron en una área de clausura, en parcelas permanentes que forman parte de un inventario forestal continuo. La forma es circular y de 500 m² de superficie. En relación al tamaño y forma de las mismas, se tuvo en cuenta el criterio de BITTERLICH (1959) y de PRODAN (1965).

La superficie de muestreo fue del orden del 4 %, debido a que el número de parcelas calculado fue alto por la variabilidad resultante del premuestreo (ARAUJO et al., 1999).

Análisis de las distribuciones diamétricas

Debido a que la forma de la distribución depende, entre otros factores, de la amplitud de clase (AC) que se aplique, se probaron las de 2,5 cm; 5 cm; 7,5 cm y 10 cm.

Para definir la amplitud de clase diamétrica más adecuada al análisis de la distribución diamétrica y aspectos complementarios se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- ◆ La amplitud menor posible que permita determinar si la tendencia es a una forma unimodal, multimodal o exponencial;

- ◆ La amplitud que posibilite determinar el movimiento de los árboles cuando se aplica la tasa de crecimiento en diámetro, es decir el pasaje de una clase a la siguiente.

- ◆ Considerar los antecedentes de estudios anteriores sobre este tipo de bosque realizados con el objetivo de encontrar los modelos descriptivos más adecuados. GAILLARD (1988) menciona que con 5 cm de amplitud se consiguieron los mejores ajustes de ecuaciones de modelos descriptivos de las distribuciones.

Otro aspecto importante que se evaluó con respecto a la distribución diamétrica es calidad de los fustes, como un indicador del valor o aptitud tecnológica de las especies. Para ello se analizaron en forma cuantitativa la rectitud y el estado sanitario. Según su estado, en oportunidad de realizarse el inventario se asignó a cada individuo un valor dentro de una escala de 1 a 3 para la rectitud y de 0 a 3 para el estado sanitario, correspondiéndoles el mayor valor numérico a la menor rectitud (curvo) y al peor estado sanitario, respectivamente.

El área basal (B) se analizó también asociada a la distribución de frecuencias, calculada por la sumatoria de las secciones normales de los individuos de cada especie.

La forma en que se distribuye el volúmen comercial en las diferentes categorías diamétricas para cada una de las especies principales se analizó mediante la estimación del volúmen comercial con corteza. Se utilizaron las ecuaciones ajustadas por GAILLARD de BENITEZ (1992).

RESULTADOS

Distribuciones diamétricas

La distribución diamétrica para el conjunto de todas las especies se presenta en las Figuras 1 y 2. La misma incluye a todos los individuos mayores de 5 cm de diámetro a la altura de 1,30 (DAP), contabilizándose también los arbustos que superaron ese límite inferior de inventario.

Del agrupamiento de todos los individuos, resulta una distribución con tendencia a ser exponencial tipo II (GAILLARD, 1988), lo cual puede observarse para las cuatro amplitudes de clases probadas.

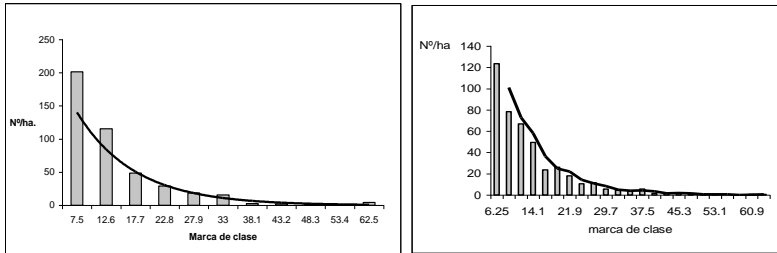


FIGURA 1 - Distribución diamétrica para todas las especies. Amplitudes de clase 2,5cm y 5 cm.

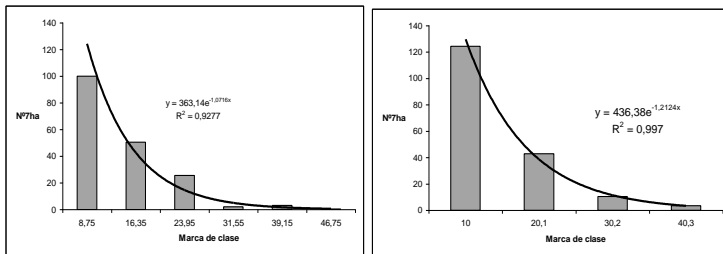


FIGURA 2 - Distribución diamétrica para todas las especies. Amplitudes de clase 7,5cm y 10 cm.

Quebracho colorado (Schinopsis lorentzii)

En las Figuras 3 y 4 se han representado los histogramas correspondientes a las distribuciones diamétricas resultantes de la utilización de las cuatro AC antes mencionadas.

Es una característica de esta especie evidenciar una tendencia a la distribución unimodal observada por otros autores (GAILLARD, 1988; TRHEN et al., 1994; BRASSIOLO, 1997). Esta tendencia es más acentuada cuando la AC es menor (Figura 3), en tanto que con AC = 10 cm se suaviza, aunque para 7,5 cm queda bien definida esta observación (Figura 4).

Una mayor participación de pies que se encuentran en las clases diamétricas menores e intermedias es lo que le dá esta característica.

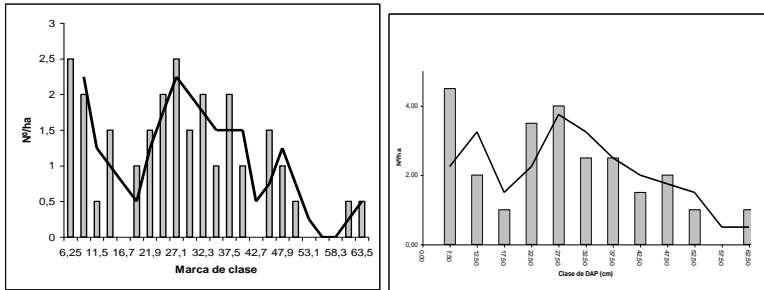


FIGURA 3 - Distribución diamétrica del Quebracho colorado. Amplitudes de clase 2,5cm y 5 cm.

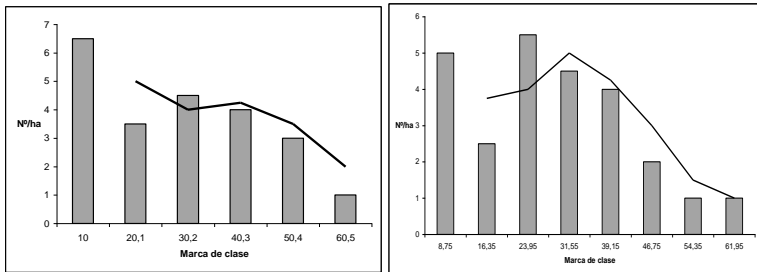


FIGURA 4 - Distribución diamétrica del Quebracho colorado. Amplitudes de clase 7,5 cm y 10 cm.

Quebracho blanco (Aspidosperma quebracho blanco)

La tendencia a una distribución exponencial decreciente es muy clara para esta especie, sobre todo cuando aumenta la AC. Cuando la amplitud es de 10 cm, presenta una típica J invertida, con mayor número de individuos en las clases menores, que decrecen en forma geométrica hacia los diámetros mayores.

Al utilizar la menor AC (Figura 5), se observa que faltan individuos en las clases de 37,45 cm y 42,66. En los otros tres casos las clases están completas. La distribución termina en la clase de 40 cm, en la que están los pocos individuos de mayor tamaño.

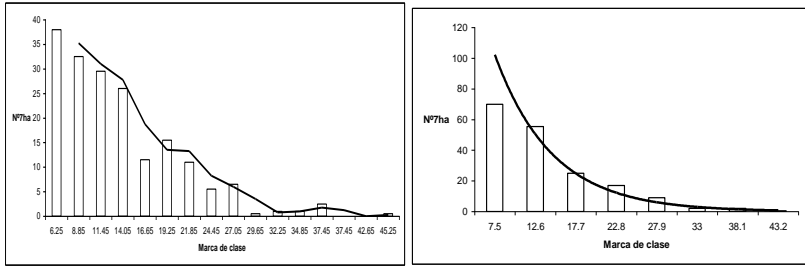


FIGURA 5 - Distribución diamétrica del Quebracho blanco. Amplitudes de clase 2,5 cm y 5 cm.

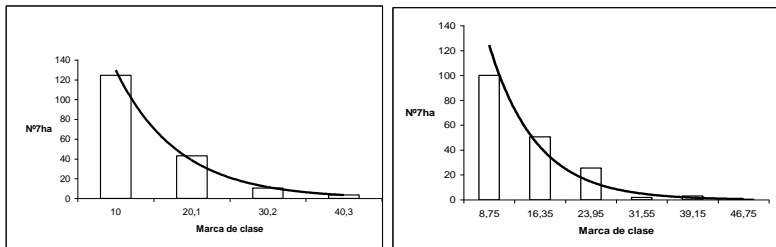


FIGURA 6 - Distribución diamétrica del Quebracho blanco. Amplitudes de clase 7,5 cm y 10 cm.

Algarrobo negro (*Prosopis nigra*)

Esta especie presenta una tendencia a la unimodalidad para la AC de 2,5 cm y 5 cm. Sin embargo, la misma cambia para las amplitudes de 7,5 cm y 10 cm, presentando la forma exponencial decreciente. Los individuos de mayor tamaño no alcanzan a superar los 30 cm de DAP.

El estado sanitario de ejemplares mayores de 15 cm de DAP es muy deficiente, principalmente con al ataque de insectos cerambícidos que atacan la madera, quitándole toda posibilidad de uso que no sea para carbón.

Mistol (*Ziziphus nistol*)

En el caso de esta especie, faltan individuos en algunas clases diamétricas intermedias, aunque la tendencia general es a que sea una distribución decreciente. Los fustes son cortos y muy atacados por insectos.

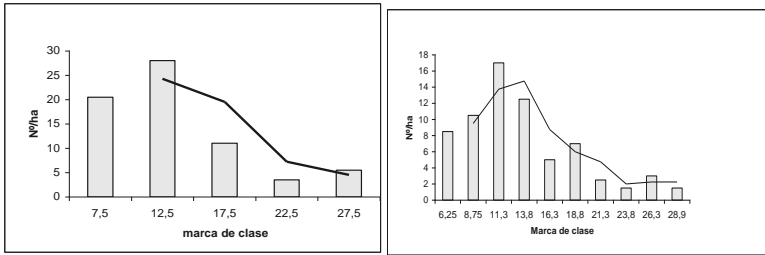


FIGURA 7 - Distribución diamétrica del Algarrobo negro. Amplitudes de clase 2,5 cm y 5 cm.

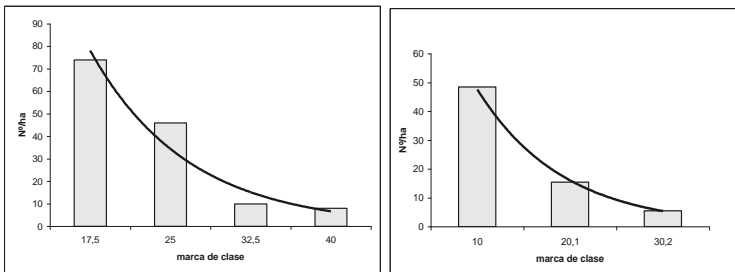


FIGURA 8 - Distribución diamétrica del Algarrobo negro. Amplitudes de clase 7,5 cm y 10 cm.

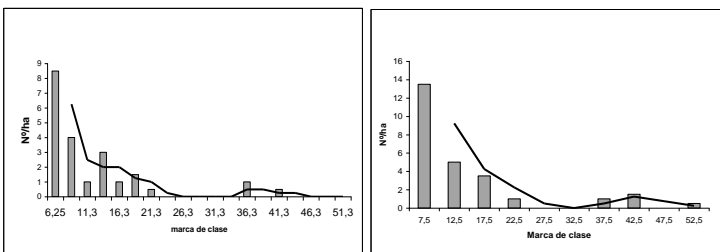


FIGURA 9 - Distribución diamétrica del Mistol. Amplitudes de clase 2,5 cm y 5 cm.

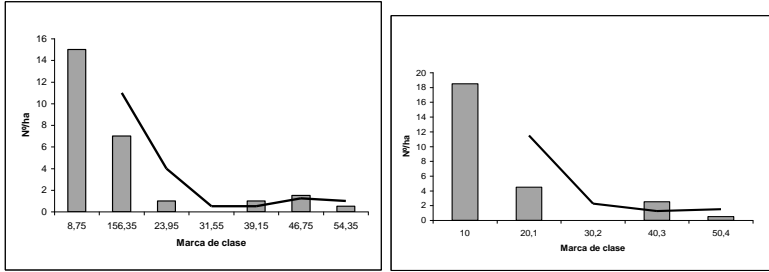


FIGURA 10 - Distribución diamétrica del Mistol. Amplitudes de clase 7,5 cm y 10 cm.

Quebracho colorado y Quebracho blanco

Además de las especies en forma individual, también se agruparon Quebracho colorado y Quebracho blanco aplicando el criterio de que las mismas se aprovechan juntas en el momento de la corta. El resultado de este agrupamiento se presenta en la Figura 11. La de menor amplitud muestra una distribución decreciente sin que la forma quede definida, en tanto que al aumentar la amplitud va tomando la tendencia una exponencial decreciente por el efecto del mayor número de individuos de Quebracho blanco.

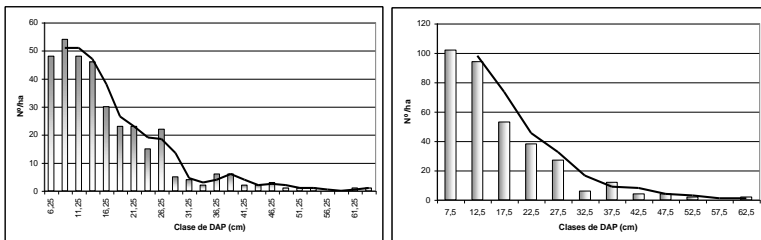


FIGURA 11 - Distribución diamétrica de Q. colorado + Q. blanco. Amplitudes de clase 2,5 cm y 5 cm.

Para definir la amplitud de clase diamétrica más adecuada al análisis de la distribución diamétrica y aspectos complementarios se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ La amplitud menor posible que permita determinar si la tendencia es a una forma unimodal, multimodal o exponencial;

✓ La amplitud que posibilite determinar el movimiento de los árboles cuando se aplica la tasa de crecimiento en diámetro, es decir el pasaje de una clase a la siguiente.

✓ Considerar los antecedentes de estudios anteriores sobre este tipo de bosque realizados con el objetivo de encontrar los modelos descriptivos más adecuados. GAILLARD (1988) menciona que con 5 cm de amplitud se consiguieron los mejores ajustes de ecuaciones de modelos descriptivos de las distribuciones.

Aplicados estos criterios, se seleccionó la amplitud de 5 cm para continuar con el análisis de todos los demás parámetros que se relacionan con la estructura diamétrica, a saber, distribución del área basal, distribución del volumen, calidad de los fustes, distribución de las superficies de copa.

Calidad de los fustes

Otro aspecto importante que fue evaluado en la distribución diamétrica es calidad de los fustes, como un indicador del valor o aptitud tecnológica de las especies. Para ello se analizaron en forma cuantitativa la rectitud y el estado sanitario. Según su estado, en oportunidad de realizarse el inventario se asignó a cada individuo un valor dentro de una escala de 1 a 3 para la rectitud y de 0 a 3 para el estado sanitario, correspondiéndoles el mayor valor numérico a la menor rectitud (curvo) y al peor estado sanitario, respectivamente.

En las Tablas 1 a 4, se consignan en términos de porcentaje las calidades de fustes en cada clase diamétrica para las principales especies.

La distribución del Quebracho colorado (Tabla 1) muestra que los individuos jóvenes de la primera clase diamétrica, se concentran en la clase de rectitud I con más del 80 %, y el resto en la II. En las clases diamétricas intermedias se evidencia la deformación del fuste con el crecimiento en DAP y el altura, mientras que en las superiores, nuevamente esta especie demuestra su dominancia con sus fustes rectos ocupando el piso más alto del estrato arbóreo.

TABLA 1 – Rectitud de los fustes por clase diamétrica de Quebracho colorado en %.

Clase de DAP	Clases		
	I Recto (%)	II Semicurvo (%)	III Curvo (%)
5 - 10	83,3	16,67	
10 - 15	66,7		33,3
15 - 20		33,33	66,7
20 - 25	50	33,33	16,7
25 - 30	66,7	11,11	11,1
30 - 35	33,3	66,67	
35 - 40	50	16,67	33,3
40 - 45	100		
45 - 50	75		25
50 - 55	100		
55 - 60			
60 - 65	50		50

TABLA 2 – Rectitud de los fustes por clase diamétrica de Quebracho blanco en %

Clase de DAP	Clases		
	I Recto (%)	II Semicurvo (%)	III Curvo (%)
5 - 10	63,5	28,13	7,29
10 - 15	71,4	17,58	9,89
15 - 20	76	10	14
20 - 25	75	15,63	6,25
25 - 30	88,9		11,1
30 - 35	100		
35 - 40	83,3	16,67	
40 - 45	100		

En contraste con lo observado para el Q. Colorado, el Quebracho blanco presenta una mejor rectitud de los fustes, evidenciada en los mayores porcentajes en la columna I para todas las clases diamétricas. Esta calidad se define totalmente en las clases superiores, prácticamente sin fustes semicurvos o curvos. Además, los fustes curvos (III) no superan el 14 % (Clase 15 –20).

Para el algarrobo negro la calidad de los fustes, estimada por el grado de rectitud es deficiente. Aproximadamente la mitad en los tamaños de 10 a 20 cm de DAP son I, en tanto que el resto de los fustes se distribuyen entre semicurvos y curvos (Tabla 3).

TABLA 3 – Rectitud de los fustes por clase diamétrica de Algarrobo negro en %

Clase de DAP	Clases		
	I Recto (%)	II Semicurvo (%)	III Curvo (%)
5 - 10		66,67	33,3
10 - 15	41,7	25	33,3
15 - 20	50		50
20 - 25		25	25
25 - 30			
30 - 35			100

Lo dicho para el Algarrobo negro se acentúa más para el Mistol. Solo en las plantas jóvenes de las dos primeras clases de DAP cerca del 40 % son rectos (Tabla 4). En las clases más gruesas la mayoría son semicurvos (II).

En lo que se refiere al estado sanitario de los fustes, es otro aspecto que se suma para inferir sobre la calidad de los mismos. Lo observado se refiere a daños provocados por ataques de insectos, hongos, etc. Efectuando una apreciación general en una escala de 0 a 3, indicando que el estado es bueno o muy malo, respectivamente. A su vez, cuando el principal factor interviniente es el ataque de insectos, el daño fue apreciado específicamente (a_n). Para el Quebracho colorado, el hecho de que los valores en % se distribuyan en las dos primeras columnas (Tabla 5), refleja

un estado sanitario aceptable, con aproximadamente un 50 % de fustes sanos y la otra mitad con un ataque suave de grado 1.

TABLA 4 – Rectitud de los fustes por clase diamétrica de Mistol en %

Clase de DAP	Clases		
	I Recto (%)	II Semicurvo (%)	III Curvo (%)
5 - 10	40	24	36
10 - 15	44,4	11,11	44,4
15 - 20	12,5	37,5	50
20 - 25	50		50
25 - 30			
30 - 35		100	
35 - 40		66,67	33,3
40 - 45		50	50

TABLA 5 – Estado sanitario de los fustes por clase diamétrica de Quebracho colorado en %

Clase de DAP	Estado sanitario						
	0	1	2	3	a1	a2	a2-c
5 - 10	50	33,3		16,7			
10 - 15	33,3	66,7					
15 - 20	66,7		33,3				
20 - 25	33,3	66,7					
25 - 30	33,3	66,7					
30 - 35							
35 - 40	33,3	66,7					
40 - 45		100					
45 - 50	50	25					25
50 - 55	50	50					
55 - 60							

Clase de	Estado sanitario						
	50	50					
60 - 65							

Las observaciones volcadas en el Tabla 6 muestran que no se encontraron fustes totalmente sanos de q. blanco, aunque los mayores porcentajes se ubican en la segunda columna, indicativa de un estado sanitario de grado 1 que es aceptable. Resalta en la clase de 30–35 cm un 66 % de individuos con estado 2. Los individuos mayores de 40 cm de DAP tienen indefectiblemente un ataque severo de insectos.

TABLA 6 – Estado sanitario de los fustes por clase diamétrica de Quebracho blanco en %.

Clase de DAP	Estado sanitario							
	0	1	2	3	a1	a2	a2-c	a3
5 - 10	36,5	56,3	5,21	2,08				
10 - 15	26,4	69,2	1,1	2,2	1,1			
15 - 20	32	64	2	2				
20 - 25	15,6	81,3		3,13				
25 - 30	27,8	72,2						
30 - 35	33,3		66,7					
35 - 40	16,7	83,3						
40 - 45								100

Fustes sanos de Algarrobo negro solo se encontraron en las clases mas finas, hasta los 25 cm de DAP (Tabla 7). Prácticamente puede afirmarse que no se encuentran individuos sanos por encima de los 20 cm y que por debajo de este valor también aparecen ataques severos.

TABLA 7 – Estado sanitario de los fustes por clase diamétrica de Algarrobo negro en %

Clase de DAP	Estado sanitario					
	0	1	2	3	a1	a2
5 - 10	16,7	66,7		16,7		
10 - 15	58,3	8,33	25	8,33		
15 - 20	25			25	25	25
20 - 25		25	25			

25 - 30						
30 - 35			100			

El Mistol es otra especie en la que el estado sanitario tiene una relación directamente proporcional al tamaño de los individuos. Por encima de los 20 cm de DAP el estado sanitario es muy malo, especialmente por insectos cerambícidos que taladran la madera (Tabla 8).

TABLA 8 – Estado sanitario de los fustes por clase diamétrica de Mistol en %.

Clase de DAP	Estado sanitario						
	0	1	2	3	a1	a2	a2-c
5 - 10	52	44	4				
10 - 15	66,7	22,2					11,1
15 - 20	12,5	25	25	37,5			
20 - 25		50	50				
25 - 30							
30 - 35				100			
35 - 40				33,3		33,3	33,3
40 - 45				50		50	

Distribución del área basal

El área basal (B), medida en m² por hectárea, se distribuye de diferente forma para cada especie. El Quebracho blanco es la de mayor valor, lo que la ubica en primer lugar por la dominancia relativa concentrada en las clases intermedias. En cambio el Q. colorado, con aproximadamente el 50 % en m² con respecto al Q. blanco, tiene su B centrada en las categorías mayores, por la existencia de unos pocos individuos pero gruesos. El mistol presenta una distribución similar pero defasada ya que los diámetros alcanzan menores tamaños. En el caso del Algarrobo tiene una distribución similar (Figura 12).

Distribución del volumen

Para el análisis de la distribución del volumen comercial por clase diamétrica de cada una de las especies principales, se calculó el volumen comercial con corteza para cada especie utilizando las ecuaciones utilizadas

en el Inventario Forestal del NE de la provincia de Santiago del Estero (GAILLARD de BENITEZ, 1992).

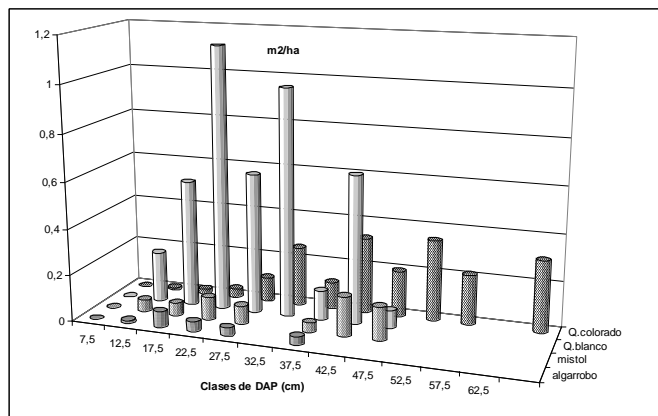


FIGURA 12 - Distribución del Área Basal por clase y por especie.

El q. colorado es el que presenta un mayor valor de volumen comercial respecto de las otras especies, representando el 51,6 % del volumen comercial total (33, 9894 m³ / ha). En cambio el Q. Blanco aporta el 39,7 % del volumen total. El Mistol y el Algarrobo negro son los que menos contribuyen, con el 7,12 % y 1,76 % respectivamente.

Las clases diamétricas que contribuyen en mayor medida son las representadas por las marcas de clase 22,5 y 27,5 cm, donde el Q. Blanco es el que mayor participación tiene con 2,9315 m³/ha y 2,7975 m³/ha, respectivamente, por la mayor frecuencia de individuos. En cambio, el Q. Colorado tiene ejemplares en las clases diamétricas mayores a 45 cm, siendo la única especie que aporta al volumen en ese rango de tamaños.

CONCLUSIONES

✓ El bosque estudiado se puede caracterizar en su estado sucesional como *bosque en regeneración*, de acuerdo con la tipificación de BRASSIOLO (1997), por la similitud de los parámetros estructurales característicos. Se trata de una masa forestal en fase de recuperación y

capitalización, durante la cual el capital monte cumple una función de ahorro hasta que pueda dar rentas.

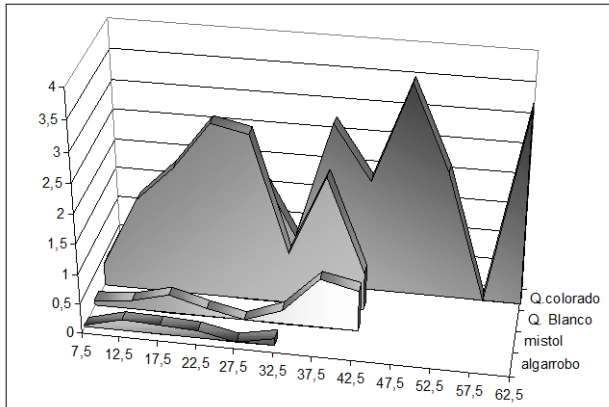


FIGURA 13 – Distribución del volúmen comercial (m^3/ha) por clase de diámetro y por especie.

✓ La estructura es irregular en la que coexisten individuos de todas las especies, de todos los tamaños y en consecuencia de todas las edades. La distribución de los diámetros, cuando se representa gráficamente, presenta una forma decreciente, típica de los bosques explotados o que se manejan por el sistema de cortas selectivas. Esta tendencia se acentúa más a medida que se amplía el intervalo de la clase diamétrica.

✓ En su etapa actual, se trata de un quebrachal de Q. Blanco, por la mayor frecuencia de individuos por clase diamétrica, mayor área basal relativa, y solo es superado por el Q. Colorado en el volúmen, debido a la presencia de ejemplares gruesos en las clases de mayor tamaño.

✓ Cada una de las especies principales estudiadas presentó una distribución diamétrica diferente, revelando sus características ecofisiológicas (SOUSA Y JESUS, 1994). El Q. Colorado y el Algarrobo negro tienden a ser unimodales, mientras que el Q. Blanco y el Mistol son decrecientes negativas. En esta última especie faltan individuos en algunas clases.

✓ La mayor superficie de secciones normales es para el Q. Blanco, concentrada en las clases intermedias, decreciendo hacia las clases inferiores

y superiores. Para el Q. Colorado, aunque distribuida en forma más uniforme, el peso de algunos ejemplares gruesos hacen subir los valores hacia las categorías diamétricas superiores. El volúmen por su correlación con el área basal, sigue una distribución similar a esta.

✓ Desde el punto de vista tecnológico la calidad de los fustes, estimada por la rectitud y el estado sanitario, es en general aceptable para el Q. Blanco y Q. Colorado, aunque no se encontraron fustes totalmente sanos de la primera de las especies. Algarrobo y Mistol tienen calidad deficiente.

✓ La estimación de las existencias maderables expresadas como volumen comercial de las principales especies, muestra que, aún cuando la masa se puede caracterizar como un quebrachal de Q. Blanco, el Q. Colorado es el de mayor volúmen, siguiéndolo la primera de las especies mencionadas, luego el mistol y en último lugar el Algarrobo negro con mucho menor proporción. Sin embargo, los otros parámetros, como N° de individuos por hectárea y área basal, colocan al Q. Blanco como dominante.

✓ Las áreas forestales que albergan bosques en regeneración aún presentan características que justifican continuar investigando sobre la forma de lograr su conservación y desarrollo por el alto valor intrínseco del área en cuanto a su biodiversidad, única en el mundo, y por sus posibilidades de contribuir al desarrollo rural. No obstante, aún faltan desarrollar conocimientos y experiencias sobre la forma en que deben ser manejados para que haya un aprovechamiento compatible con el uso sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BRASSIOLO, M.M.; ARAUJO, P.A.; ZERDA, H.R.; MALDONADO, J.A. y ACOSTA, V.H.. Bases para el manejo de la Reserva Provincial Copo. En Documentos del Estudio Integral del Parque Chaqueño. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, 1999.

GAILLARD de BENITES, C. y ROBLES, C. Prueba de modelos descriptivos de distribuciones diamétricas en el Chaco Seco. En Actas del Vº Congreso Forestal Argentino. Santa Rosa, La Pampa, 1983.

GAILLARD de BENITES, C.; ROBLES, C. y PECE, M. Prueba de modelos descriptivos de distribuciones diamétricas en el Parque Chaqueño Seco (Segunda Parte). Actas VIª Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero, 1988.

MADRIGAL COLLAZO, A., Ordenación de Montes Arbolados, 1994.

MEYER, A.H.; RECKNAGEL, A.B.; STEVENSON.D.D. y BARTOO, R.A. Forest Management. 2 ed. New York: The Ronald Press Company, 282 p., 1961.

RENOLFI, R.F. y KUNST.C.R.G. Descripción de la vegetación natural y estimación de la receptividad ganadera en la Estancia San Juan. Informe Anual Convenio INTA-Gobierno de la Provincia de Santiago del Estero. 5p., 1982.

RENOLFI, R.F. Aprovechamiento ganadero de los pastizales. In Casas, R.R. Desmonte y habilitación de tierras en la Región Chaqueña Semiárida. FAO Ofic. Reg. FAO para Ame. Lat. y el Carib., Red de Coop. Tec. en usos de los Rec. Nat. en la Reg. Chaq. Semi. Argentina-Bolivia-Paraguay. Santiago, Chile, p 85-101., 1988.

SOUSA, A.L. y JESUS, R.M. Distribuição diamétrica de espécies arbóreas da Floresta Atlântica: análise de agrupamento. Sociedad de Investigações Florestais (SIF), Boletín Técnico N° 10. Manejo Florestal. 1994

THREN, M. y otros . Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero. Departamentos Copo y Alberdi. 1994.

**PREDIÇÃO DO DIÂMETRO ACIMA DOS MUNHÕES EM
ÁRVORES PODADOS DE *Pinus taeda* L. ORIGEM MARION NO
NE DE CORRIENTES, ARGENTINA**

**PREDICTION OF DIAMETER OVER STUBS IN PRUNED TREES
OF *Pinus taeda* L. PROVENANCE MARION IN THE NE REGION
OF CORRIENTES, ARGENTINA**

H. E. Fassola¹⁴ P. Ferrere¹ F. Rodríguez A.¹⁵

RESUMEN

El diámetro máximo sobre muñones (dmsm) de ejemplares de *Pinus taeda* origen Marion en el NE de Corrientes, sometidos de uno a cuatro realces de poda hasta una altura máxima de 8,7m de altura, puede ser estimado con razonable seguridad. Las variables independientes empleadas en el modelo ajustado para estimar el dmsm para cualquier realce de poda son el diámetro a la altura del pecho (dap), la altura total (H) y la altura de la base de copa verde previo a la poda (bcvpp). El mejor modelo ajustado y validado contra una muestra independiente fue: $dmsm (cm) = 2,66941 + 0,374445 \cdot dap (cm) + 0,50723 \cdot DADOS$; donde $DADOS = dap(cm) \cdot (H(m) - bcvpp(m)) / (H - 1.3)$. Cotejada la bondad del ajuste contra una muestra independiente el error promedio fue 0,04 cm y el error absoluto promedio alcanzó 0,91 cm.

Palabras claves: diámetro sobre muñones, poda, manejo forestal, *Pinus taeda*

ABSTRACT

The maximum diameter over stubs (dos) in trees of *Pinus taeda* origin Marion in the NE of the Province of Corrientes can be predicted with accuracy for any pruning lift up to a maximum of 4 and a pruning height of 8,7 m above ground. Independent variables employed for dos prediction

¹⁴ Ing. Ftal. INTA EEA Montecarlo. AE n° 4. (3384) Montecarlo. Misiones. Argentina. TE y FAX +54 3751 480057 / 480512. Email: formonte@inta.gov.ar

¹⁵ Ing. Ftal. Subgerente Bosques del Plata SA. (3300) Posadas, Misiones, Argentina. TE +54 3752 450910. Email : frodriguez@arnet.com

were diameter at breast height (d.b.h.), total height (Ht) and height above ground of the base of green crown before pruning (bgcbp). The best fitted and validated model against an independent data base was: $\text{dos (cm)} = 2.66941 + 0.374445 \cdot \text{d.b.h. (cm)} + 0.50723 \cdot \text{DADOS}$. Where $\text{DADOS} = \text{d.b.h.} \cdot (\text{Ht} - \text{bgcbp}) / (\text{Ht} - 1.3)$; d.b.h. and dos are expressed in centimeters, Ht and bgcbp in meters. In the validation of the model a mean error of 0.04 cm and an absolute mean error of 0.91 cm was obtained.

Key words : diameter over stubs, pruning, forest management, *Pinus taeda*.

INTRODUCCIÓN

Los rendimientos en madera libre de nudos de rollizos podados están dados por las dimensiones de los mismos, por el tamaño del “cilindro con defectos” (cd) y por el grado de eficiencia durante la conversión (Park, 1980,1982; Turner y Price, 1996).

Park (1980,1982, 1985) definió al cd como el “cilindro que contiene la médula, los muñones de la poda, la oclusión de la herida de poda y las sinuosidades del fuste”.

Fassola et al (1999a) determinaron una relación estrecha entre el diámetro del cilindro que contiene los defectos y el diámetro máximo sobre muñones (dmsm) en *Pinus taeda* L., siendo el diámetro sobre muñones (dsm) una variable de fácil medición en cada levante de poda, empleando para ello una cinta diamétrica sobre los muñones de las ramas de cada verticilo inmediatamente después de la poda. Resultando el mayor de ellos en el dmsm para una poda determinada.

Relaciones que permitan establecer las dimensiones del mismo como resultado de determinados esquemas silvícolas en rodales podados han sido desarrolladas en forma gráfica (Sutton y Crowe, 1975) y también ajustando modelos (Knowles et al, 1987) para *Pinus radiata* D. Don en Nueva Zelanda. En nuestro país sólo se han establecido relaciones para algunos esquemas silvícolas de *Pinus elliottii* Engelm (Fassola, 1992) y en ejemplares podados de *Pinus taeda* L. origen Marion se cuenta con información para el primer levante de poda en dos sitios diferentes del litoral argentino (Fassola et al, 1997, 1999b) y hasta cuatro levantes en el Departamento Iguazú, Misiones (Fassola et al, 1999c).

Considerando la importancia de poder predecir la dimensión que alcanzará el dmsm bajo distintas alternativas silvícolas en *Pinus taeda* L. origen Marion en un sitio del NE de Corrientes, dado que se está modelando

una escuadria, se recurrió a la información generada por un ensayo de poda y raleo ubicado en esa región a los fines de determinar cuales eran las variables independientes que mejor explicaban las variaciones en el tamaño del mismo y ajustar un modelo que permitiera predecir las dimensiones que alcanzaría.

MATERIAL Y MÉTODO

La información fue recogida en un ensayo de raleo y poda de diseño sistemático en *Pinus taeda* L. origen Marion (Fassola et al, 1999b) que fue instalado en 1996 sobre una plantación comercial de la especie a la edad de 3 años, espaciada originalmente a una distancia de aproximadamente 3 x 2 m. El último año de observación fue en 1999 correspondiendo con la aplicación del cuarto levante de poda en aquellos tratamientos donde estaba previsto.

Este ensayo se encuentra ubicado en la localidad de Santo Tomé, perteneciente al Departamento homónimo, provincia de Corrientes, Argentina, a los 28° 20' de Lat. S y 56° de Long. W. Los suelos responden a las características del gran grupo de los Kandiuult y la temperatura media anual es de 20,6° C, las temperaturas máximas y mínimas absolutas son 43,5° y -2,5C° respectivamente (Cabrera, 1976), siendo la precipitación promedio durante el período 1996-1998 de 2109,7 mm anuales (AER INTA Sto Tomé, 1999).



FIGURA 1: Mapa de la Provincia de Corrientes y ubicación del

Por medio de raleos selectivos en la plantación a los 3 años de edad se generaron cuatro fajas de distintas densidades, 1667, 833, 417 y 208 pl/ha. En cada una de ellas se aplicaron podas, estableciéndose subfajas perpendiculares a las anteriores, de distinta intensidad de remoción, 0 %, 30

2º Simposio Latino-americano sobre Manejo Forestal

%, 50 % y 70 % de la profundidad de copa verde. En estas subfajas a su vez la poda se realizó en dos, tres y cuatro realces, con intervalos de un año, generándose de esta forma los distintos tratamientos, cada uno de los cuales tuvo 5 repeticiones (Cuadro 1).

CUADRO 1: Tratamientos silvícolas en *Pinus taeda* L. origen Marion, NE de Corrientes.

densidad (pl/ha)	intensidad de poda (%)	realces de poda (nº)	sup. parcela aprox. (m ²)
1667	0 - 30- 50 70	0 - 2 - 3 - 4 0 - 2 - 3	100
833	0 - 30- 50	0 - 2 - 3 - 4	200
417	0 - 30 - 50	0 - 2 - 3 - 4	350
208	0 - 30 - 50 70	0 - 2 - 3 - 4 0 - 2 - 3	550

En cada parcela se procedió a la selección de 3 árboles a los cuales se les midieron distintas variables, detalladas en el Cuadro 2, donde también se especifican los valores mínimos y máximos alcanzados por las mismas.

CUADRO 2: Valores mínimos y máximos de las variables de estado de los ejemplares de *Pinus taeda* L. origen Marion utilizados en el estudio

	edad (años)	dap (cm)	H (m)	Hp (m)	Poda (%)	bcvpp (m)	dmsm (cm)	hdmsm (m)	dmr (cm)
Máximo	6	25,0	12,9	8,74	77,6	7,6	18,7	7,6	10,5
mínimo	3	3,0	2,5	1,13	9,1	0,0	6,4	0,1	0,4

dap : diámetro a la altura del pecho, H: altura total, Hp: altura de poda, Poda: porcentaje de poda aplicado, bcvpp: altura desde el suelo de la base de copa verde previo a la poda, dmsm: diámetro máximo sobre muñones, Hdmsm: altura desde el suelo del verticilo de mayor diámetro en cada levante de poda, dmr: diámetro de la rama más gruesa, en sentido horizontal, en el verticilo de mayor diámetro en cada levante de poda.

Con esta información se procedió a analizar mediante análisis de correlación y regresión cuales eran las variables o sus transformaciones, que permitían predecir con mayor precisión el diámetro máximo sobre muñones

correspondiente a cada levante de poda de los diferentes tratamientos ensayados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dado que se contaba con el antecedente del modelo ajustado para la predicción del dmsm en *Pinus taeda* L. origen Marion en sucesivos levantes de poda, con la información generada en un ensayo ubicado en la zona Iguazú, Misiones (Fassola et al., 1999c) se optó por ajustar modelos que incluyeran las variables dap, diámetro máximo de ramas y DADOS (Knowles et al, 1987)

A esta última variable, que expresa una relación entre el dap y la conicidad del fuste, se le introdujo como modificación la utilización de la altura de ocurrencia de la base de la copa verde previa a la aplicación de la poda, (bcvpp), ya que mostró mejor comportamiento que la altura de ocurrencia del dmsm (Hdmsm), esta última originalmente utilizada por Knowles et al (1987) (Fassola et al, 1999c). La expresión de esta variable fue la siguiente:

$$\text{DADOS} = \text{dap} * ((\text{H} - \text{bcvpp}) / (\text{H} - 1.3))$$

dap = diámetro a 1,3 m del suelo (cm)

H = altura (m)

bcvpp = altura desde el suelo de la base de copa verde previo a la poda (m)

El ajuste de los modelos se efectuó combinando la variable DADOS tanto con el dap como con dmr, siendo la forma de los mismos la siguiente:

$$\text{dmsm} = b_0 + b_1 x + b_2 \text{DADOS}$$

$$\text{dmsm} = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 \text{DADOS}$$

Siendo x (x = dap ó x = dmr) y DADOS variables independientes y b_0 , b_1 , b_2 y b_3 los coeficientes estimados de los datos.

De todos los modelos ajustados se seleccionó aquel que incluía como variables independientes el dap y DADOS. En el Cuadro 3 se presentan los coeficientes del mismo y en el Cuadro 4 otros estadísticos que reflejan la bondad del ajuste. Efectuado el Análisis de la Varianza de la regresión se obtuvo como resultado que el ajuste fue altamente significativo.

CUADRO 3: Coeficientes del modelo de predicción del dmsm en *Pinus taeda* L. origen Marion en el NE de Corrientes

parámetro	coeficiente	ES	T	valor P
constante	2,66941	0,152181	17,541	0,0000
dap	0,374445	0,00830746	45,0734	0,0000
DADOS	0,50723	0,0130284	38,9327	0,0000

ES: error estándar, T: valor T, P: probabilidad

CUADRO 4: Estadísticos del ajuste del modelo de predicción del dmsm en *Pinus taeda* L. origen Marion en el NE de Corrientes

R ²	ESE	EAP
79,9053	1,00589	0,78064

R² : coef. de determinación, ESE: error estándar del estimador, EAP: error absoluto promedio

En la Figura 2 se presentan los dmsm observados y los estimados mediante el empleo del modelo ajustado y en la Figura 3 se puede observar la representación de los residuos

La expresión final del modelo ajustado fue la siguiente:

$$\text{dmsm} = 2,66941 + 0,374445 \cdot \text{dap} + 0,50723 \cdot \text{DADOS}$$

Mediante el empleo de una muestra independiente de 130 datos procedentes del mismo ensayo, seleccionada al azar y separada en forma previa al ajuste de los modelos, se determinó el error estimación. El error promedio del modelo fue de 0,04 cm y el error absoluto promedio alcanzó 0,91 cm.

Con este modelo el 64 % de los errores absolutos de estimación del dmsm de la muestra independiente fue inferior a 1 cm y el 82 % aproximadamente, inferior a 1,5 cm (Cuadro 5).

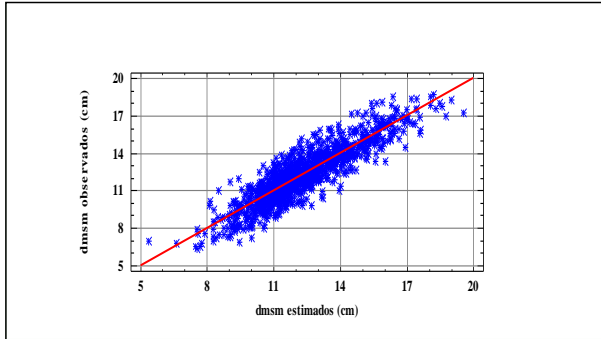


FIGURA 2: dmsm observados y estimados en *Pinus taeda* L. origen Marion en el NE de Corrientes.

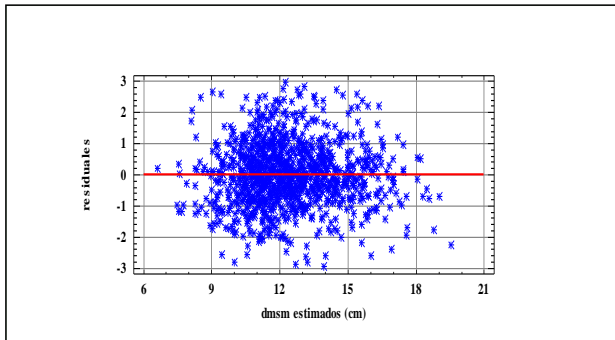


FIGURA 3: Representación de los residuos

CUADRO 5: porcentaje de error de estimación por clase, porcentual parcial y acumulado, del dmsm de *Pinus taeda* origen Marion en el NE de Corrientes

Diferencial entre dmsm observado y estimado	Porcentaje de error por clase	
	parcial	acumulado
Clases (cm)		
0,00-0,49	32,8	32,8
0,50-0,99	31,3	64,1
1,00-1,49	17,6	81,7
1,50-1,99	11,5	93,1
2,00-2,49	2,3	95,4
2,50-2,99	1,6	96,9
3,50-3,99	1,6	98,5
4,00-4,49	1,6	100,0

Analizado el error promedio de estimación del dmsm por clases diamétricas, se observó que se producía una sobrestimación del mismo en las clases extremas, 0-4.99 cm y 20-24, 99 cm de diámetro, aunque el número de observaciones en las mismas fue bajo (Fig. 4). En las otras clases diamétricas el error fue muy bajo. Un comportamiento similar se observó al efectuar un análisis de iguales características con la altura (Fig. 5)

Determinados los errores de estimación del dmsm para clases de altura de poda se verificó una sobreestimación levemente superior a los 0,4 cm en promedio para las primeras podas, una muy leve subestimación en las podas de mayor altura hasta los 8 metros, alcanzándose una sobrestimación algo mayor de 1 cm a alturas superiores, aunque la muestra fue de reducido tamaño para esta última clase (Fig 6).

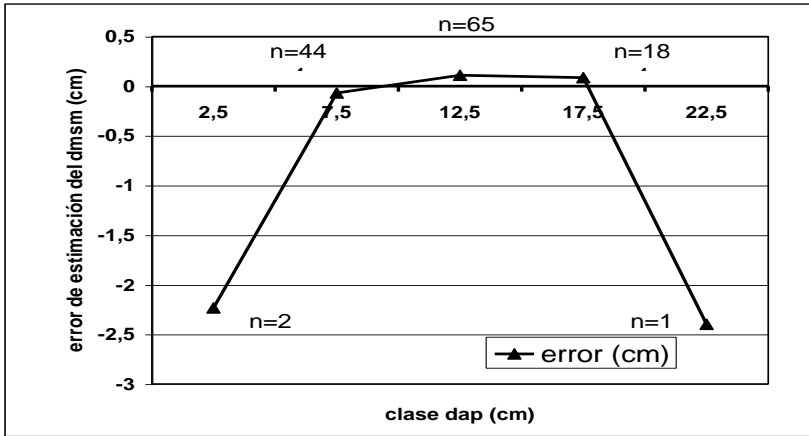


FIGURA 4 : Determinación del error de estimación del dmsm por clase de dap

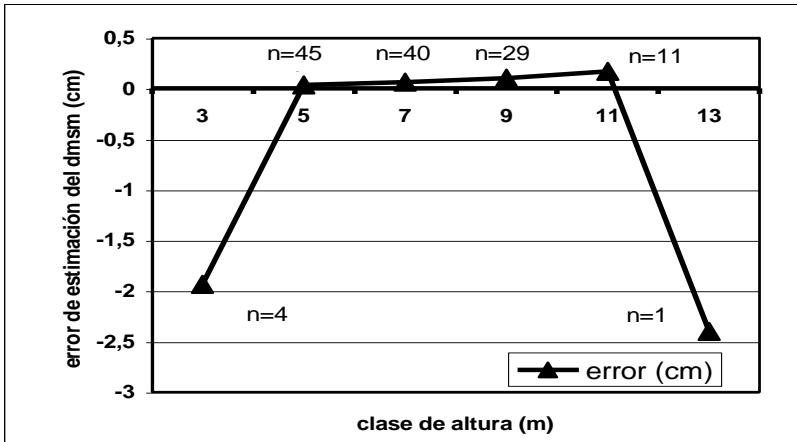


FIGURA 5: Determinación del error de estimación del dmsm por clase de altura

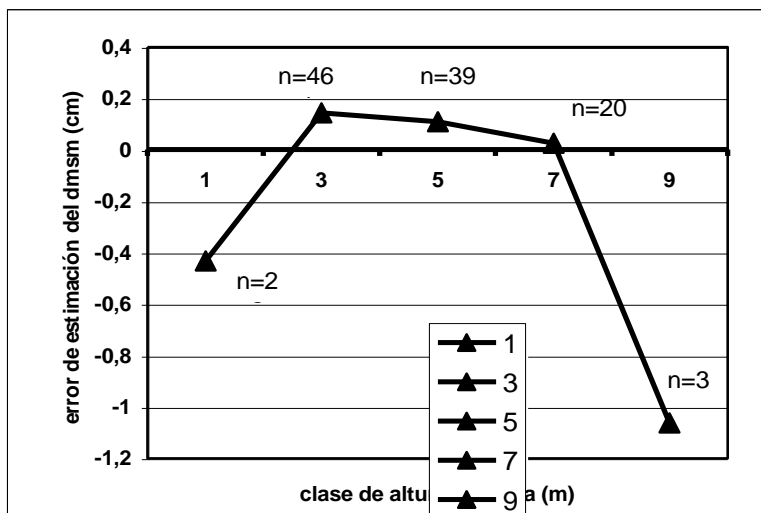


FIGURA 6: Determinación del error de estimación por clase de altura de poda

Altura de ocurrencia del dmsm (hdmsm)

Con la base de datos empleada en la construcción del primer modelo de predicción del dmsm se procedió analizar la relación existente entre la altura de ocurrencia de este y alguna variable del árbol.

Como resultado del análisis se determinó que en el presente caso para la primera poda el dmsm se produjo, en casi la totalidad de los casos por debajo de 1,30 m, aunque no se encontró asociación con ninguna variable.

En el Cuadro 6 se presenta la altura promedio de ocurrencia del mismo, como también del desvío estándar y los máximos y mínimos observados.

CUADRO 6: Hdmsm en la primera poda de *P. taeda* L. Marion

	hdmsm (m)
promedio	0,45
Desvío estándar	0,24
máximo	1,38
mínimo	0,1

En las podas subsiguientes fue posible determinar que la Hdmsm se encontraba fuertemente asociada a la altura que alcanzó la poda previa; puede considerarse que la reducción de la masa foliar tuvo como efecto un engrosamiento de las ramas de los verticilos próximos a la base de la copa, siendo el más afectado, en la mayoría de los casos, el más próximo al suelo.

En el Cuadro 7 se puede observar que en promedio el dmsm en las podas altas se ubicó a 14 cm por encima de la base la copa verde previo a la remoción de ramas, lo que en la práctica haga que se considere como el primer verticilo. En el Cuadro 8 y la Figura 7 se puede observar la estrecha relación determinada para la altura en que se ubicó de la base la copa activa previo a la poda (bcvpp) a con la altura de ocurrencia del dmsm.

CUADRO 7: Altura promedio de ocurrencia del dmsm en podas altas

	Hdmsm (m)
promedio	0,14
desvío estándar	0,23
máximo	1,92
mínimo	0

CUADRO 8: Coeficientes y estadísticos de la relación $Hdmsm=f(bcvpp)$

parámetro	coeficientes
constante	0,14503
bcvpp	0,992431
R2	97,7166

CONCLUSIONES

El diámetro máximo sobre muñones (dmsm) de ejemplares de *Pinus taeda* origen Marion podados en oportunidades sucesivas, puede ser estimado para cada levante de poda con razonable seguridad mediante el empleo de un modelo único.

Tanto el dap como la variable DADOS, esta última ya empleada en la predicción del dmsm *P. taeda* L. Origen Marion en Misiones y que establece una relación entre el dap y la conicidad del fuste, manifestaron una alta asociación con el dmsm.

Mediante el empleo de modelos como el ajustado en este estudio con la información de un ensayo es factible programar la ejecución de esquemas de podas que mantengan el dmsm de similares dimensiones en los sucesivos levantes mediante el empleo de variables de fácil acceso. Evitando de esa forma la presencia de cilindros que contienen los defectos agregados, a fin de maximizar el rendimiento en madera libre de nudos.

En la primer poda la altura de ocurrencia del dmsm se produjo por debajo de la altura de pecho y en los levantes sucesivos se ubicó mayormente en el primer verticilo donde comenzaba la copa activa.

FIGRUA 7: Relación entre la altura de ocurrencia del dmsm y la altura de la base de la copa verde previo a la poda en ejemplares de *Pinus taeda* origen Marion en el NE de Corrientes

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración en las mediciones, aportes y sugerencias de los Ing. Ftale. D. Allegranza, A. Hernández, J. Bernio, M. Durán y Ernesto Andenmatten.

BIBLIOGRAFÍA

AER INTA Sto. Tomé. 1999. Registros pluviométricos. Agencia de Extensión Regional INTA Sto. Tomé. Inédito.

Cabrera, A.. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Fascículo 1: 11. Ed. Acme Agency SACI.

Fassola, H. 1992. Regímenes silvícolas con producción de madera libre de nudos en *Pinus elliottii* Engelm en la zona central de la Prov. de Corrientes. Primer informe de avance: El control del diámetro sobre muñón en 15 cm con tratamientos silvícolas directos. Fac. de Cs. Ftale UNaM. Ivyraretá 3:28-62. Argentina.

Fassola, H. y Gelid de Ruibal, M.. 1997. Diámetro máximo sobre muñones al momento de la primer poda en árboles dominantes de *Pinus taeda* L. del

depto. Iguazú, Misiones. INTA EEA Montecarlo, Informe Técnico 19: 1-7. Argentina.

Fassola, H.; Fahler, J.; Ferrere, P.; Allegranza, D. y Bernio, J..1999a. Determinación del cilindro con defectos en rollizos podados de *Pinus taeda* L. y su relación con el rendimiento en madera libre de nudos. Proyecto de investigación aplicada 20/96. Informe inédito:9p. EEA INTA Montecarlo. Argentina.

Fassola, H.; Rodriguez, A. F.; Allegranza, D.; Hernández, P. A.; Ferrere, P.; Durán, M. y Reboratti, H..1999b. Resultados iniciales de tratamientos silvícolas directos en *Pinus taeda* L. origen Marion, en el NE de Corrientes. INTA EEA Montecarlo, Informe Técnico 22:1-9.

Fassola, H.; Ferrere, P. y Gelid de Ruibal, M. 1999c. Predicción del diámetro sobre muñones en árboles podados de *Pinus taeda* L. origen Marion en el Departamento Iguazú. Proyecto de investigación aplicada 20/96. Informe inédito:11. EEA INTA Montecarlo. Argentina.

Knowles, R. L.; West, G. G. y Koehler, A. R.. 1987. Predicting diameter-over-stubs in pruned stands of radiata pine. Forest Research Institute Bulletin 12:1-25. New Zealand.

Park, J. C. 1980. A grade index for pruned butt logs. NJFS. 10 (2): 419-438. Rotorua. New Zealand.

Park, J.C. 1982. Occlusion and the defect core in pruned radiata pine. FRI Bulletin 2: 1-15. NZFS. Rotorua. New Zealand.

Park, J.C. 1985. Recovery of clear lengths from pruned *Pinus radiata* sawlogs. NZJFS 15 (2): 207-222.

Sutton,W.R.J. y Crowe, J. B. 1975. Selective pruning of radiata pine. New Zealand Journal of Forestry Science 5(2):171-195

Turner, P. y Price, C.S. 1996. Maximising value of the plantation resource: Part 1 – Development of a Log Grading Proposal for Pruned Softwood Logs. Suid-Afrikaanse Bosbouydskrif 176: 29-33.

**ATIVIDADES FLORESTAIS E SUAS RELACÕES COM O SIG NA
FORESTAL BOSQUES DEL PLATA S.A.**

**FORESTRY ACTIVITIES AND THEY RELATIONSHIPS WITH
THE GIS IN FORESTAL BOSQUES DEL PLATA S.A.**

R. Trujillo¹⁶ R. Pezzutti¹⁷ S. Schmidt¹⁸ F. Rodríguez¹⁹

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es presentar las relaciones existentes entre algunas de las actividades forestales actualmente desarrolladas en Forestal Bosques del Plata S.A. y el sistema de información geográfica (SIG) vigente. Con el usos de nuevas tecnologías y capacitación del personal se han desarrollado proyectos de estudios de plantación establecida, instalación de parcelas permanentes, fichas de rodal y de ensayos, control de calidad de actividades, permitiendo diferentes alternativas de usos según el usuario. Con la utilización de navegadores GPS y de nuevos softwares se ha logrado establecer una muy buena relación entre el SIG y sus usuarios existiendo una permanente retroalimentación que enriquece su base de datos. El uso de estas herramientas ha permitido desarrollar proyectos de alta calidad, de manera eficiente y confiable tanto para los prestadores de servicios como para los demandantes de los mismos.

Palabras claves: SIG, GPS, actividades forestales.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the existent relationships between some

¹ Agrimensor. J. Depto. Información Patrimonial, Forestal Bosques del Plata S.A. Calle 186, Parcela 3, S. Isidro, (3300) Posadas, Argentina.

¹⁷ Ing. Forestal, MSc., J. Depto. Soporte Técnico, Forestal Bosques del Plata S.A. Calle 186, Parcela 3, S. Isidro, (3300) Posadas, Argentina.

³ Ing. Forestal, J. Depto. de Biometría. Forestal Bosques del Plata S.A. Calle 186, Parcela 3, S. Isidro, (3300) Posadas, Argentina.

⁴ Ing. Forestal, Superintendente de Silvicultura, Forestal Bosques del Plata S.A. Calle 186, Parcela 3, S. Isidro, (3300) Posadas, Argentina.

forest activities developed in Forestal Bosques del Plata S.A. and the geographic information system (GIS). Plantation establishment studies, permanent plots, stands and trials records and quality control activities have been developed as projects with the introduction of new technologies and staff training, allowing different uses in accordance to user requirements. With the use of GPS navigators and new software it has been possible to establish a very good relationship between GIS and their users, with a permanent feedback improving the database. With the use of these tools, the company technicians and the contractors have developed efficient, reliable and high quality projects.

Key words: GIS, GPS, forestry activities.

INTRODUCCIÓN

Forestal Bosques del Plata S.A. (Bosques del Plata) es una compañía del Grupo de empresas CMPC, uno de los complejos forestales e industriales más importantes de Latinoamérica. Desde 1992 la compañía viene desarrollando sólidas raíces en Argentina, liderando la actividad forestal en el nordeste de la Provincia de Corrientes.

La visión del grupo es ser un protagonista de clase mundial en la producción de bosques de rápido crecimiento con la misión de producir bosques de calidad, a través de procesos sustentables, para asegurar un abastecimiento a bajo costo de las plantas industriales. En la actualidad Bosques del Plata (BDP) posee un patrimonio de 93400 ha de las cuales 42700 ha están forestadas. La tasa de plantación es de 6000 ha/año con *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*. Su zona de desarrollo se concentra principalmente en el Departamento de Santo Tomé, Provincia de Corrientes.

El Departamento de Información Patrimonial (DIP) de Bosques del Plata implementó para la administración de sus recursos de manera dinámica, el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG). De esta manera muchas actividades como la adquisición de tierras, planificación de actividades de plantación, preparación de suelos, tratamientos silviculturales y control de incendios entre otras, son planificadas con la implementación del SIG. (TRUJILLO & PEZZUTTI, 1999).

Muchas de las actividades mencionadas en el párrafo anterior como por ejemplo la preparación de suelos y la plantación, son realizadas por empresas de servicios forestales (EMSEFOR), el personal de estas empresas junto a las personas de distintas áreas de BDP forman el grupo de

demandantes de información del SIG y a su vez son quienes brindan información para alimentar el sistema.

Con el avance tecnológico resulta cada vez más práctico trabajar de manera rápida y precisa así como manejar altos niveles de información por cada uno de los usuarios del SIG. La utilización de nuevos softwares y navegadores GPS son algunos de los medios utilizados para este fin.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de presentar las relaciones existentes entre algunas de las actividades forestales actualmente desarrolladas en Bosques del Plata y el sistema de información geográfica vigente.

MATERIAL Y MÉTODO

MATERIAL

Fotos Aéreas

Escala 1:10000 color. Cámara Hasselblad de 80 mm de distancia focal.

Restituidor Sketchmaster

Tableta digitalizadora

Equipos G.P.S

Un GEO-EXPLORER II,

Un PATHFINDER Pro XR + Cuatriciclo como soporte móvil,

Un PATHFINDER Community Base Station

Navegadores personales (GPS, utilizados por EMSEFOR)

Softwares utilizados

Arc-info 7.2.1

Oracle Versión 7 Server 7.3.4.01

Arc-view (Versión 3.2)

Arc-explorer (2.0)

Imágenes Satelitales LANDSAT 5 TM (Thematic Mapper)

Fecha: 28/05/98

Cartas topográficas

En escalas 1:50 000 y 1:100 000, del Instituto Geográfico Militar Argentino.

Carta imagen satelital

Escalas 1:50 000 y 1:100 000 del I.G.M Argentino.

Estación de trabajo HP Kayac XA

Plotter HP 750 c

MÉTODO

La metodología de trabajo del DIP ha sido detallada por TRUJILLO & PEZZUTTI, (1999). En relación a la administración del patrimonio y a las actividades relacionadas se han obtenido excelentes resultados con la implementación de un SIG basado en levantamientos GPS. La empresa BDP al trabajar con empresas de servicio forestales para la realización de sus actividades, siempre ha requerido de la cuantificación de las superficies trabajadas por las distintas empresas. En un principio se efectuaba la medición por medio de fotografías aéreas tomadas desde un avión acondicionado para soportar una cámara Hasselblad y luego se restituía por medio de un Sketchmaster. Este método, aparte de tener que depender de las condiciones climáticas para el vuelo, no generaba confianza en los empresarios de servicio debido a su precisión. Desde la adopción de la medición a través de un proceso diferencial con GPS los resultados fueron buenos en ocasión y precisión, además de ir generando toda una base georeferenciada via Arc-info que nos permitía su manipulación a través del Arc-view.

Es decir que, en una primera etapa la cartografía georeferenciada fue utilizada para llevar cronológicamente el avance de faenas en las distintas etapas de preparación de suelo para plantación con salidas gráficas y en donde el dato primordial lo constituía la superficie.

En este aspecto TRUJILLO & PEZZUTTI (1999), concluyeron que el SIG de Bosques del Plata es una eficaz herramienta de planificación y a través de la misma se logra un óptimo gerenciamiento patrimonial. Es importante considerar que todo el personal de la empresa debe tener conocimiento de esta herramienta como usuario y como proveedor de información para mantener una base actualizada y mejorar la calidad del trabajo.

Capacitación

El poder utilizar al máximo un SIG depende de que las personas estén familiarizadas con sus conceptos básicos de funcionamiento así desde el DIP se efectuaron y efectúan constantemente presentaciones en donde se

muestran y reiteran sus ventajas a los empresarios de servicios, a los técnicos y a los supervisores de actividades de terreno.

Cursos dictados por el DIP:

Utilización de Arc-explorer y su relación con los proyectos.
Duración: 4 horas. Asistentes: Personal de EMSEFOR y BDP.

Utilización de GPS y sus aplicaciones. Duración: 4 horas.
Asistentes: Personal de EMSEFOR y BDP.

Así como la difusión de las bondades del SIG es de primordial importancia, también es relevante la participación de los responsables del Sistema en reuniones con los técnicos de otras áreas, ya que de ellas surge el conocimiento de sus necesidades y en donde puede ser aplicada la cartografía georeferenciada.

SIG y Arc-explorer

De acuerdo con CÂMARA & MEDEIROS, S De. (1998), la información espacial está relacionada con la existencia de objetos con propiedades las cuales incluyen su localización en el espacio y su relación con otros objetos.

En BDP este manejo topológico se realiza con Arc-info y para su visualización o consulta se ha adoptado el Arc-explorer. Por medio del software "Arc-explorer" los usuarios del SIG tienen acceso a las bondades de una cartografía georeferenciada por medio de GPS con una variedad de atributos ó datos conexos. Se ha instalado en la PC de cada técnico el programa y por medio de una intranet el mismo puede acceder a una base de proyectos administrada y generada por el DIP. A aquellos usuarios que están en zona de operaciones ó campo, se les ha entregado un CD con la base de datos para ser cargados en sus computadoras como así también se han repartido estas bases georeferenciadas de nuestro patrimonio a las Empresas de Servicios.

Proyectos

Con la irrupción de los navegadores GPS, dada la supresión de los errores inducidos por parte de sus creadores (EEUU), el navegador pasó a constituir un aliado espectacular de nuestro SIG forestal (SIGF) y dio paso a lo que consideramos un segundo estadio, etapa o avance, en donde se resalta nuevamente la importancia de tener la cartografía relacionada. Así surgieron proyectos como el de PARCELAS PERMANENTES, EPE, FICHA RODAL,

GEOENSAYOS, es decir que se aprovechó el hecho de tener una base patrimonial digital y contar con programas que permitan trabajar con distintos DATUMS y elipses.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Usuarios

Se han obtenido muy buenos resultados en varios aspectos, entre ellos podemos mencionar la utilización del Arc-explorer como herramienta de consulta del SIG para los distintos usuarios lográndose de esta manera una mayor independencia del personal de las EMSEFOR y BDP en este aspecto. Por otra parte al trabajar cada EMSEFOR con sus propios navegadores se ha logrado una rápida alimentación del sistema y mayor confiabilidad de los resultados. En este aspecto es interesante mencionar que según Madruga (1999), toda la eficiencia de los análisis en el SIG está condicionada a la calidad de la base de datos, que, entre todas las etapas de construcción de un proyecto en SIG, se constituye en la más cara y lenta, en función del volumen de datos que se maneje, de la precisión de la cartografía requerida y la necesidad de recursos humanos aptos.

Parcelas Permanentes

La utilización de modelos matemáticos (simuladores, funciones de rendimiento, índices de sitio, etc.) en planificación forestal es una tarea diaria en las Empresas Forestales.

La amplia extensión del patrimonio de Forestal Bosques del Plata S.A., su variabilidad asociada y los cambios introducidos por nuevas prácticas de manejo, hacen necesario contar con información que permita realizar un análisis periódico de las funciones y herramientas dasométricas, en uso en la empresa y calibrarlas para las condiciones reales de crecimiento.

Las razones invocadas en el párrafo precedente, justifican la instalación de una red de parcelas permanentes representativas sobre el patrimonio, en lugares representativos de las distintas condiciones de sitio y manejo de los rodales de la empresa. En esta instancia surge como un útil instrumento, tanto para determinar los puntos de instalación de las Parcelas así como su posterior control, la utilización de posicionadores Satelitales (GPS). Al disponer dentro del SIG de la empresa, de información relevante de cada rodal, se determinaron los puntos de acuerdo a las clases de suelo, especies y densidad de plantación, a los que se llega rápidamente con los navegadores o GPS. En terreno, si es necesario se replantean las parcelas o

puntos de muestreo, utilizando el propio navegador. Estos datos de terreno se vuelcan nuevamente en el SIG.

Evaluación de Plantaciones Establecidas (EPES)

El sistema de evaluación de plantaciones establecidas, EPE, tiene los siguiente objetivos: i) Caracterizar objetivamente la sobrevivencia y estado cualitativo de desarrollo de las plantaciones efectuadas año a año, a través de un inventario realizado en distintas etapas del rodal. Año cero (EPE 0), año 1 (EPE 1) y año 2 (EPE 2), ii) Comparar el comportamiento real de las variables seleccionadas, para estimar objetivamente la calidad de las plantaciones establecidas (Sobrevivencia y Desarrollo en cada oportunidad de evaluación), con estándares deseados de las mismas, y iii) Detectar eventuales deficiencias y tomar medidas correctivas.

Para realizar las tareas descritas, se prepara la cartografía correspondiente en la que se ha marcado el punto donde se deberá establecer la parcela de muestreo, a razón de una parcela cada 4 hectáreas. Inicialmente los evaluadores debían recurrir a la cinta graduada y a la brújula para establecer cada punto y medirlo, con el consiguiente error y dificultad de trabajo en terreno. Hoy día se adjunta con la cartografía mencionada, una planilla con cada punto o parcela con sus coordenadas geográficas, las que introducidas al Navegador, permiten al evaluador llegar a cada punto sin dificultad, ahorrando tiempo y energía, mejorando así el rendimiento diario de muestreo, con la consiguiente disminución de costos asociada. Conociendo también la ubicación geográfica de cada parcela, es posible posteriormente volver al mismo punto, sin necesidad de recorrer toda la red de parcelas.

Ficha de Rodal

Con el uso de Arc- explorer cualquier usuario del SIG tiene acceso a información básica de cada uno de los rodales de la empresa, en esta información se encuentran descritas las especies, fecha de plantación, tipo de plantación, superficie, tipo de suelo, así como otras actividades silviculturales desarrolladas en el rodal. Esta es la etapa en la cual se carga la "historia del rodal" en cuanto a su origen y sirve de consulta constante para otros proyectos. En la Tabla 1 se presenta a modo de ejemplo la información que brinda el sistema ante una eventual consulta.

TABLA 1: Información que brinda el sistema a través del proyecto Ficha de Rodal presentada a modo de ejemplo.

Especie	Rodal	Tipo De Plantacio	Plant.	Prep. Suelo	Tipo Suelo	Fecha Plant.	Fert.	Uso Anterior	Has.
<i>Pinus Taeda</i>	PTA-9801	CONTENEDOR	MANUAL	SUBSOLADO	LOMA COLORADA	SEPT.	SI	TALARA RASA	4.7
<i>Pinus Taeda</i>	PTA-9802	CONTENEDOR	MANUAL	TAIPAS	LOMA PARDA	MAYO	SI	GANADERIA	1.3
<i>Pinus Taeda</i>	PTA-9802	CONTENEDOR	MANUAL	TAIPAS	LOMA PARDA	MAYO	SI	GANADERIA	0.3

Geo-enayos - Enayos silviculturales y genéticos

A través del SIG se puede acceder a planillas que permiten la identificación de los ensayo en donde se encuentra una descripción del mismo indicando: superficie, especie, objetivo, espaciamiento y tratamientos evaluados entre otras características.

La rápida localización y la correcta delimitación y conocimiento del área de ensayo permite organizar las actividades de mantención, medición y protección de manera eficiente. Por otro lado, el rápido acceso a información es importante para la planificación en el establecimiento de ensayos ya que dependiendo del tipo de ensayo a instalar existirá un requerimiento de sitio y condición particular (de rodal, especie, edad, preparación de terreno, etc..) que deberemos seleccionar para la instalación. Afortunadamente en la actualidad es posible acceder a gran parte de esta información a través de nuestro SIG.

En Bosques del Plata se cuenta a la fecha con 19 ensayos silviculturales en actividad y abarcando los siguientes temas: calidad de planta, preparación de suelos para forestación y reforestación, control de malezas, fertilización de establecimiento y media rotación, control de rebrote y regeneración natural para reforestación y ensayos de poda y raleo. Una superficie de 34 hectáreas corresponde a estos ensayos abarcando áreas de suelos arcillosos de lomas coloradas bien drenados y suelos con elevado porcentaje de arcilla de drenaje deficiente denominados suelos de tendidos bajos. Las especies en consideración en los ensayos silvícolas son *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* y el híbrido *P. elliottii x P. caribaea var hondurensis*. En lo correspondiente a Mejoramiento Genético la empresa posee 14 ensayos en actividad abarcando temas diversos dentro de los cuales encontramos ensayos de progenies de *P. taeda*, población base de *Pinus*

taeda, ensayos de progenie de *P. elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*, ensayos de progenies de *P. caribaea* var *bahamensis*, área demostrativa de especies de Pinos centroamericanas. En este área la empresa Bosques del Plata cuenta además con huertos semilleros clonales de *P. taeda* y *P. elliottii* y bancos clonales de estas mismas especies. Una superficie de 63 hectáreas corresponde a estos ensayos y áreas totalizando con los ensayos silvícolas 97 hectáreas a la fecha. Existe una tendencia positiva a trabajar con familias de alta calidad genética por lo cual está claro que, la identificación de los diferentes materiales en los distintos sitios es y será necesaria y muy útil a futuro; toda la información que nos brinde nuestro SIG en este aspecto será de suma utilidad.

Es importante mencionar que gran parte de estos trabajos de investigación aplicada y estudios paralelos son realizados en conjunto con profesionales de otras organizaciones como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); profesionales de Universidades Nacionales e Internacionales (Brasil, Estados Unidos, Chile, Paraguay) y profesionales de otras empresas privadas. Las consultorías realizadas a expertos de la casa matriz localizada en Chile (Forestal Mininco S.A.) y a expertos de importantes Universidades, permiten revisar nuestro accionar y redireccionar las líneas de trabajo de acuerdo a las necesidades.

Fisher (1999) menciona ciertas limitaciones cuando se trabaja con ensayos realizados en determinados sitios ya que, es muy difícil cubrir todo el rango de variación que se presenta dentro del patrimonio de las empresas. El autor menciona que en algunos casos la falta de repeticiones suficientes nos lleva a obtener resultados sin diferencias significativas entre tratamientos. Estos problemas son enfocados desde un interesante concepto llamado OSR "Operational Silvicultural Research". Este sistema trata sobre la instalación de parcelas en diferentes situaciones operacionales, las mismas son georeferenciadas, se miden las variables de interés a diferentes momentos y se cargan los datos al SIG. De esta forma se incrementa la información referida a las parcelas y al contar con un gran número de tratamientos y muchas variables (tipo de planta, preparación de suelo, maquinaria utilizada, esquema de control de malezas realizado, tipo de plantación, fecha de plantación y de otras actividades, familia utilizada, etc..) de soporte se logran realizar ciertos análisis de interés usando varias covariables. Bajo este concepto se contemplará la posibilidad de obtener cierta información requerida a través del uso de la base de datos del SIG alimentada por los diferentes proyectos descriptos en el presente capítulo.

El acceso a la información por personal de la empresa vinculado y

no vinculado directamente a la investigación es de vital importancia para poder tomar rápido conocimiento del contenido del ensayo, especies integrantes, tratamientos evaluados, resultados obtenidos, etc.. . Por estos motivos las fichas de ensayos con estas características están siendo incorporadas al SIG para su uso.

Control de calidad de actividades y otros puntos de interés

La información que ofrece el SIG de Bosques de Plata es muy utilizada en los controles de calidad y actividades relacionadas al control de plagas (localización de hormigueros, distribución de los mismos y posterior control; localización de rodales con características adecuadas para prevenir a través del control biológico ataques futuros de la avispa de la madera, etc..). De diferentes maneras las actividades de evaluación del control de malezas, la calidad de plantación; delimitación de áreas de reserva, actividades de cosecha forestal y control de incendios utilizan y alimentan el SIG de BDP.

En lo referente a daños causados por diferentes agentes como plagas, herbicidas, etc..es interesante mencionar el uso del GPS ya que al momento de la visualización, es capturada la información lográndose con esto localizar el área dañada y poder evaluarla a través del tiempo. En cuanto a la determinación de los puntos en los cuales se replantarán los distintos controles, podemos mencionar que estos surgen de correr una aplicación en Arc-view que determina una red de puntos georeferenciados sobre el campo con una densidad requerida y en donde las coordenadas de cada punto son transpasadas al contratista para ser cargadas en sus navegadores GPS acompañados de su plano correspondiente. En la Figura 1 se puede apreciar en un campo de FBP (Rincón del Ombú) el relevamiento de daños ocasionados por ataque de hormigas en plantaciones de *Pinus taeda*, año 2001. Los círculos de diferentes tamaños representan distintos porcentajes de plantas muertas según el muestro realizado.

Para la caracterización de suelos de diferentes campos y cubriendo gran parte de la variación de sitios existentes en el patrimonio de la empresa se han realizado calicatas, determinándose profundidad efectiva del suelo y propiedades físico-químicas a través del envío de muestras a laboratorio. Esta información también se encuentra disponible en el SIG para todos los usuarios de la empresa.



FIGURA 1: Ejemplo de distribución de ataque de hormigas según porcentaje de mortandad de plantas en el campo Rincón del Ombú.

En estos aspectos VETTORAZZI (1996), menciona las utilidades derivadas del geomonitoreo indicando que, a través del mismo se logra mantener actualizada la base cartográfica y el banco de datos de la empresa;

se da soporte al grupo de protección forestal; se logra identificar y mapear áreas de riesgo de incendios, ataque de plagas, enfermedades así como acompañar la situación de áreas de reserva y la evaluación de materia prima de terceros.

CONCLUSIONES

Con la utilización de navegadores GPS y de nuevos softwares se ha logrado establecer una muy buena relación entre el SIG y sus usuarios existiendo una permanente retroalimentación que enriquece su base de datos. El uso de estas herramientas ha permitido en Bosques del Plata desarrollar proyectos forestales de variada índole, conjugando una alta calidad, eficiencia y confiabilidad tanto para los prestadores de servicios como para los demandantes de los mismos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

CÂMARA G. & MEDEIROS S. De J. Princípios Básicos em geoprocessamento. Sistemas de Informações geográficas. Aplicações na Agricultura. 2 ed. Assad, E. D. & Sano, E. E. Brasília: Embrapa – SPI/Embrapa-CPAC, p. 3 – 11, 1998.

FISHER, R. S. Operational Silvicultural research: the future of silvicultural research?. Proceedings of the Tenth Biennial Southern Silvicultural Research Conference. Shreveport, Louisiana. USDA Forest Service, Southern research station, Asheville, North Carolina. p. 581-582. 1999.

MADRUGA, P. Estruturação de uma base de dados digital da região do Médio Uruguai, para uso em sistemas de informação geográfica. Ciclo de Atualização Florestal do Cone Sul. Santa Maria: Anais... UFSM. p. 9-17. 1999.

TRUJILLO, R. & PEZZUTTI, R. Administración patrimonial mediante el uso de un S.I.G. en una empresa forestal del nordeste de Corrientes. Ciclo de Atualização Florestal do Cone Sul. Santa Maria: Anais... UFSM. p. 298-305. 1999.

VETTORAZZI, C. A. Técnicas de geoprocessamento no monitoramento da áreas florestadas. 1º Workshop sobre monitoramento ambiental em áreas florestadas. Serie Técnica IPEF, Piracicaba, v. 10, p. 45 – 51. 1996.

**PLANEJAMENTO DE INVESTIMENTO EM UMA PROPRIEDADE
REFLORESTADA COM ACÁCIA-NEGRA
(*Acacia mearnsii* De Wild.)**

**PROGRAMMING IN THE PLANNING OF INVESTMENT IN A
PROPERTY REFORESTED WITH BLACK WATTLE (*Acacia
mearnsii* De Wild.)**

Luciano Weber Scheren¹ Helio Tonini¹ Paulo Renato Schneider²
Ivanor Muller³ Ronaldo Dresher²

RESUMO

Foi realizado um estudo de caso, visando definir o espaçamento e o regime de manejo para uma propriedade reflorestada com Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), utilizando a programação linear como instrumento de tomada de decisão. O objetivo foi maximizar o Valor Esperado da Terra, em função da área, quantidade disponível de mudas e recursos financeiros para o plantio e determinar a melhor estratégia de manejo para atender a demanda por madeira e casca. A solução ótima selecionou, em razão das limitações de recursos financeiros, os espaçamentos de 2x2 e 3x2 m sendo também selecionados 10 diferentes regimes de manejo para atender a uma demanda anual de 8.000 m³ de madeira e 1200 toneladas de casca.

Palavras-chave: programação linear, manejo florestal, acácia-negra.

ABSTRACT

A case study was realized, seeking to define the spacing and the management regime for a property reforested with Black Wattle (*Acacia*

¹ Eng. Florestal. Doutorando do programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900. Santa Maria, RS.

² Eng. Florestal. Dr. Prof. Tit. do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900. Santa Maria RS, Pesquisador do CNPq.

³ Eng. Florestal. Prof. do Departamento de Estatística da Universidade Federal de Santa Maria. Doutorando do programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, CEP97105-900. Santa Maria, RS.

mearnsii De Wild.), using the linear programming as instrument of the make decision. The objective was to maximize the Land Expected Value, in function of the area, available amount of seedlings and resources for the planting and to determine the best management strategies supporting the demand for wood and peel. In reason of the limitations of financial resources, the optimal solution selected the spacings of 2x2 and 3x2 m being also selected 10 different management regimes to support an annual demand of 8.000 m³ of wood and 1200 tons of peel.

Key words: Linear programming, forest management, black wattle

INTRODUÇÃO

A acácia- negra, originária da Austrália, é largamente utilizada nos reflorestamentos localizados na Depressão Central, Encosta Superior do Nordeste e Serra do Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul. O seu cultivo é feito geralmente por pequenos produtores em sistemas agrosilvipastoris, sendo que segundo BRASIL (1996), mais de 25000 famílias vivem do cultivo desta espécie e da sua industrialização.

Sendo uma espécie muito cultivada e de grande importância econômica, a decisão a respeito de como, onde e em que espaçamento plantar, e quando e onde cortar, são as mais difíceis, por envolver uma série de restrições e variáveis dendrométricas e econômicas.

Para resolver problemas que levem em consideração os recursos financeiros disponíveis, a existência de uma demanda pré-estabelecida, e as limitações de área e operacionais, geralmente faz-se o uso da pesquisa operacional, sendo a programação linear, um dos métodos mais utilizados.

Segundo ANDERSON et al. (1991), a revolução na técnica da administração, iniciada por Taylor, propiciou a base para o surgimento da pesquisa operacional. No entanto, a pesquisa operacional moderna propriamente dita, teve o seu início durante o período da segunda guerra mundial, onde equipes multidisciplinares foram formadas para resolver problemas militares de tática e estratégia. Com o final da guerra os integrantes destas equipes continuaram com suas pesquisas nas mais diversas áreas de atuação, o que levou ao desenvolvimento de diversos métodos, sendo que o mais significativo foi a descoberta do Método Simplex, desenvolvido pelo matemático George Dantzig, em 1947.

Segundo DYKSTRA (1984), a programação matemática sugere o uso de instruções formalizadas para resolver problemas, sendo a solução ótima obtida por métodos numéricos. O mais eficiente e poderoso método numérico é o algoritmo, que pode ser conceituado como um conjunto de operações lógicas e matemáticas executadas em uma seqüência específica.

A programação matemática está relacionada com a alocação ótima de recursos escassos entre os diferentes fins. No entanto, é importante reconhecer que quase sempre há uma diferença entre a solução do programa e a sua implantação, lembrando que qualquer modelo matemático é somente uma visão limitada do sistema real.

Segundo RODRIQUEZ (1991), a programação linear, como recurso matemático de otimização, pode ser utilizada na obtenção de planos de exploração e gerenciamento de florestas que considerem simultaneamente os objetivos e restrições, permitindo a criação de modelos matemáticos que representem parcial ou totalmente os problemas reais do gerenciamento florestal.

Entre os diversos trabalhos realizados no Brasil com a utilização desta técnica, pode-se citar SOARES (1980), CARNIERI et al. (1992) e RODRIQUES et al. (1998 e 1999).

A realização deste trabalho, portanto, teve os seguintes objetivos:

a) Determinar o espaçamento a ser adotado em uma propriedade florestal específica, maximizando o Valor Esperado da Terra, considerando restrições de capital e mudas mediante a utilização da programação linear.

b) Determinar o regime de manejo a ser adotado na propriedade, de forma a atender a demanda de madeira e casca, maximizando o Valor Esperado da Terra.

MATERIAL E MÉTODO

Neste estudo de caso, um silvicultor possui uma área de 390 ha, que deseja reflorestar com acácia-negra, de forma a obter uma produção anual contínua de, no mínimo, 8.000 m³ de madeira e 1.200 toneladas de casca, em um prazo de 5 anos. Para atingir este objetivo, e, em função da capacidade produtiva do viveiro e da mão-de-obra disponível, a realização do plantio deve ser feita em um prazo máximo de 3 anos.

Para o plantio dispõe-se de um viveiro florestal com capacidade de produzir 300.000 mudas por ano e recursos de R\$ 50.000 anuais para investir nas atividades de plantio. Os dados de inventário realizado nos plantios anteriores indicaram que a propriedade possui 117 ha classificados

como áreas de boa produtividade, 195 ha classificados como de média produtividade e 78 ha de áreas de baixa produtividade. Os preços de madeira, casca e os custos médios apurados em empresas que utilizam esta matéria prima, são apresentados na Tabela 1.

Utilizando-se as Tabelas de produção para Acácia-negra desenvolvidas por SCHNEIDER et al. (2000), calculou-se o Valor Esperado da Terra, para encontrar qual seria o espaçamento mais indicado para cada sítio. A melhor classe de produtividade foi representada pelo Índice de Sítio 20, a classe de produtividade média pelo Índice de Sítio 16 e a pior classe de produtividade, pelo Índice de Sítio 12, sendo tomados os respectivos valores de produção de madeira e casca nas tabelas de produção, considerando-se o fator de conversão de m³ para mst de 1.48, o custo de exploração de 6,50 R\$/mst, e uma taxa de juros de 8% ao ano. Nas Tabela 2, 3 e 4 é apresentado o Valor Esperado da Terra (VET) para todos os espaçamentos e sítios em estudo.

TABELA 1 - Parâmetros econômicos considerados para o cultivo de acácia-negra.

Espaçamento (m x m)	Área (m²)	Custo de cultura (R\$/ha)
1x1	1	1850,6
2x1	2	925,3
2x2	4	462,6
3x1	3	617,0
3x1.67	5	462,6
3x2	6	308,0
Tipo de custo	Valor	Unidade
Administração	45,0	R\$/ha
Combate à formiga*	39,4	R\$/ha
Custo de exploração	6,50	R\$/m st
Produto	Valor	Unidade
Madeira	16,0	R\$/m st
Casca verde	52,15	R\$/ton

* Realizado no primeiro ano.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 2: Valor Esperado da Terra para o sítio ruim (IS= 12).

Espaç.	Ano	Produção/ha		Receita	Custo	VET	
		Casca (ton)	Madeira(m ³)				
1x1	3	15807	115.1	1918.2	3089.4	-4509.8	
	4	19652	146.8	2419.6	3336.6	-2543.8	
	5	22003	166.4	2727.8	3603.5	-1865.9	
	6	24393	186.6	3045.1	3891.8	-1442.8	
	7	26313	202.9	3299.8	4203.2	-1265.4	
	8	27983	217.3	3523.3	4539.4	-1194.1	
	9	28926	225.4	3649.8	4902.6	-1254.0	
	10	30089	235.5	3806.1	5294.8	-1284.5	
	2x1	3	11476	83.9	1395.7	1923.8	-2033.6
		4	15262	114.4	1882.8	2077.7	-540.9
5		17723	134.7	2203.7	2244.0	-85.7	
6		20327	156.1	2543.4	2423.5	204.3	
7		22486	174.2	2827.5	2617.4	294.4	
8		24409	190.5	3082.5	2826.7	300.5	
9		25513	199.8	3228.6	3052.9	175.9	
10		26889	211.5	3411.4	3297.1	98.6	
2x2		3	7810	57.4	952.8	1341.0	-1494.5
		4	11108	83.8	1375.1	1448.2	-203.0
	5	13397	102.4	1671.6	1564.1	229.1	
	6	15934	123.4	2003.6	1689.2	535.6	
	7	18123	141.6	2290.7	1824.4	653.2	
	8	20134	158.5	2555.8	1970.3	688.1	
	9	21313	168.4	2711.5	2127.9	584.1	
	10	22809	181.0	2909.0	2298.2	527.1	
	3x1	3	9263	67.9	1128.4	1535.5	-1567.3
		4	12810	96.3	1583.3	1658.3	-207.9
5		15204	115.9	1893.8	1791.0	219.1	
6		17804	137.3	2233.2	1934.2	509.5	
7		20009	155.7	2522.6	2089.0	607.4	
8		22006	172.4	2785.6	2256.1	622.3	
9		23167	182.2	2938.9	2436.6	502.9	
10		24627	194.6	3133.2	2631.5	432.9	
3x1.67		3	6720	49.4	820.1	1341.0	-2005.7
		4	9758	73.9	1210.5	1448.2	-659.6
	5	11912	91.3	1488.7	1564.1	-160.6	
	6	14336	111.3	1804.9	1689.2	197.2	
	7	16456	129.1	2084.2	1824.4	364.0	
	8	18422	145.5	2342.8	1970.3	437.7	
	9	19583	155.4	2497.6	2127.9	370.0	
	10	21063	168.0	2694.2	2298.2	341.8	
	3x2	3	5827	43.1	713.0	1146.2	-1668.0
		4	8584	65.1	1066.3	1237.9	-476.1
5		10565	81.3	1322.9	1336.9	-30.0	
6		12815	99.9	1617.4	1443.9	295.6	
7		14798	116.3	1876.8	1559.4	444.7	
8		16646	132.0	2122.2	1684.2	514.8	
9		17741	141.2	2266.5	1818.9	448.1	
10		19139	153.2	2453.3	1964.4	421.9	

Continua...

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 3: Valor Esperado da Terra para o sítio médio (IS= 16).

Espaç.	Ano	Produção/ha		Receita	Custo	VET
		Casca (ton)	Madeira(m st)			
1x1	3	22955	174.5	2854.8	3089.4	-903.6
	4	28219	219.3	3555.3	3336.6	606.7
	5	31450	247.3	3989.5	3603.5	822.5
	6	34212	271.4	4362.8	3891.8	802.5
	7	36256	289.6	4642.3	4203.2	615.2
	8	37653	302.1	4833.2	4539.4	345.3
	9	38416	308.9	4937.7	4902.6	35.2
	10	39111	315.2	5034.4	5294.8	-224.6
2x1	3	18749	143.1	2337.4	1923.8	1592.3
	4	24685	192.8	3119.3	2077.7	2889.4
	5	28522	225.4	3628.8	2244.0	2950.6
	6	31902	254.4	4080.6	2423.5	2823.7
	7	34461	276.5	4423.5	2617.4	2530.3
	8	36245	292.0	4664.2	2826.7	2159.4
	9	37240	300.7	4799.1	3052.9	1747.9
	10	38173	308.9	4925.0	3297.1	1404.7
2x2	3	14383	110.6	1800.4	1341.0	1768.9
	4	20427	160.9	2593.6	1448.2	3177.2
	5	24618	196.4	3149.6	1564.1	3378.2
	6	28475	229.5	3665.7	1689.2	3367.8
	7	31492	255.6	4070.5	1824.4	3146.6
	8	33641	274.2	4359.7	1970.3	2808.0
	9	34856	284.8	4522.9	2127.9	2397.3
	10	36006	294.8	4678.5	2298.2	2053.9
3x1	3	16221	124.3	2027.0	1535.5	1892.5
	4	22295	174.9	2824.6	1658.3	3235.3
	5	26379	209.4	3365.2	1791.0	3354.1
	6	30066	241.1	3858.3	1934.2	3278.5
	7	32911	265.5	4238.7	2089.0	3011.5
	8	34924	283.0	4509.6	2256.1	2648.2
	9	36059	292.9	4663.0	2436.6	2228.6
	10	37136	302.2	4807.7	2631.5	1877.8
3x1.67	3	12850	99.0	1610.7	1341.0	1038.8
	4	18710	148.0	2381.7	1448.2	2589.5
	5	22864	183.2	2933.0	1564.1	2916.7
	6	26734	216.5	3451.2	1689.2	3002.2
	7	29773	242.9	3859.9	1824.4	2851.6
	8	31931	261.8	4152.4	1970.3	2564.4
	9	33139	272.3	4315.2	2127.9	2189.5
	10	34262	282.2	4468.0	2298.2	1872.3

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Continua...

TABELA 3: Valor Esperado da Terra para o sítio médio (IS= 16).Continuação...

Espaç.	Ano	Produção/ha		Receita	Custo	VET
		Casca (ton)	Madeira(m st)			
3x2	3	11433	88.4	1435.6	1146.2	1114.3
	4	16918	134.2	2157.5	1237.9	2551.0
	5	20842	167.7	2679.9	1336.9	2861.5
	6	24493	199.2	3169.8	1443.9	2940.8
	7	27331	224.1	3554.0	1559.4	2794.2
	8	29303	241.4	3821.3	1684.2	2511.6
	9	30374	250.9	3967.2	1818.9	2150.4
	10	31324	259.4	4098.3	1964.4	1841.2

TABELA 4: Valor Esperado da Terra para o sítio bom (IS= 20).

Espaç.	Ano	Produção/ha		Receita	Custo	VET
		Casca (ton)	Madeira(m st)			
1x1	3	30319	237.5	3837.8	3089.4	2881.4
	4	36084	288.0	4617.9	3336.6	3554.2
	5	38529	309.9	4953.5	3603.5	2876.3
	6	39690	320.9	5118.0	3891.8	2089.4
	7	39585	320.7	5111.2	4203.2	1272.0
	8	38698	313.6	4997.4	4539.4	538.2
	9	37605	304.7	4856.1	4902.6	-46.6
	10	35949	291.0	4638.9	5294.8	-565.9
2x1	3	27163	213.9	3448.2	1923.8	5869.5
	4	34244	274.7	4395.4	2077.7	6429.1
	5	37389	302.1	4819.5	2244.0	5487.7
	6	39027	316.6	5042.7	2423.5	4463.0
	7	39187	318.3	5067.9	2617.4	3433.0
	8	38438	312.1	4969.8	2826.7	2518.5
	9	37430	303.5	4835.7	3052.9	1784.6
	10	35875	290.5	4630.9	3297.1	1150.9
2x2	3	23109	183.7	2950.0	1341.0	6195.4
	4	31233	253.2	4034.5	1448.2	7174.2
	5	35039	286.4	4547.9	1564.1	6357.6
	6	37077	304.3	4824.3	1689.2	5342.0
	7	37322	306.7	4859.6	1824.4	4252.0
	8	36473	299.4	4746.4	1970.3	3262.4
	9	35324	289.5	4592.3	2127.9	2466.8
	10	33573	274.5	4359.0	2298.2	1778.2

Continua...

TABELA 4: Valor Esperado da Terra para o sítio bom (IS= 20).
Continuação....

Espaç.	Ano	Produção/ha		Receita	Custo	VET	
		Casca (ton)	Madeira(m st)				
3x1	3	24919	197.1	3172.3	1535.5	6302.6	
	4	32667	263.4	4206.3	1658.3	7068.1	
	5	36230	294.4	4685.9	1791.0	6168.3	
	6	38149	311.2	4946.3	1934.2	5132.4	
	7	38421	313.8	4984.4	2089.0	4056.2	
	8	37677	307.4	4885.1	2256.1	3089.6	
	9	36637	298.7	4747.9	2436.6	2313.6	
	10	35025	284.9	4533.1	2631.5	1640.8	
	3x1.67	3	21362	170.5	2733.7	1341.0	5362.8
		4	29512	240.6	3825.2	1448.2	6593.7
5		33319	273.9	4340.1	1564.1	5914.8	
6		35252	291.1	4604.0	1689.2	4966.6	
7		35300	291.7	4612.1	1824.4	3905.4	
8		34244	282.7	4471.3	1970.3	2939.1	
9		32936	271.4	4296.2	2127.9	2170.4	
10		31016	255.0	4040.0	2298.2	1503.0	
3x2		3	19422	155.5	2490.6	1146.2	5176.3
		4	27089	222.0	3521.7	1237.9	6335.2
	5	30531	252.3	3989.4	1336.9	5651.7	
	6	32043	266.0	4197.6	1443.9	4692.2	
	7	31696	263.3	4154.2	1559.4	3635.1	
	8	30359	251.7	3974.8	1684.2	2692.0	
	9	28888	239.2	3778.6	1818.9	1961.7	
	10	26847	221.6	3504.9	1964.4	1329.2	

As Tabelas 2, 3 e 4 mostram que a maximização do Valor Esperado da Terra ocorre no espaçamento 2 x 2 metros em todos os sítios. No sítio ruim ocorre aos 8 anos de idade, no sítio médio aos 5 anos e no sítio bom aos 4 anos. Embora este critério tenha indicado este espaçamento e idade de corte como ideais, aspectos como as restrições em relação a demanda, área, e recursos financeiros disponíveis não são considerados.

Desta forma o problema inicial consiste em maximizar o Valor Esperado da Terra, em função da área, quantidade disponível de mudas e recursos financeiros para o plantio e, em seguida, determinar as melhores estratégias de manejo para atender a demanda, maximizando o Valor Esperado da Terra (VET) da floresta.

Estratégia ótima de plantio

Para definir a estratégia de plantio foi utilizado o programa LINDO, versão 6.1, sendo a função objetivo definida pela maximização do Valor Esperado da Terra para cada espaçamento e sítio. Os coeficientes da função objetivo foram os valores do VET na idade onde ocorreu a maximização (Tabelas 2, 3 e 4). Cada variável de decisão foi definida para i espaçamentos (1 a 6) e j sítios (1 a 3), de forma que a variável X_{11} , corresponde ao plantio no espaçamento de 1 x 1 metros no sítio 1 (boa capacidade produtiva), e a variável X_{43} , corresponde ao plantio no espaçamento de 3 x 1 metros no sítio 3 (baixa capacidade produtiva).

Desta forma, a função objetivo foi expressa por:

$$\text{Max } 3554.2 X_{11} + 6429.1 X_{21} + 7147.2 X_{31} + 7068.1 X_{41} + 6593.7 X_{51} + 6335.2 X_{61} + 822.5 X_{12} + 2950.6 X_{22} + 3378.2 X_{32} + 3354.1 X_{42} + 3002.2 X_{52} + 2940.8 X_{62} - 1194.1 X_{13} + 300.5 X_{23} + 688.1 X_{33} + 622.3 X_{43} + 437.7 X_{53} + 514.8 X_{63}$$

Restrições de área

As restrições de área, asseguram que o plantio será realizado na área total correspondente a cada sítio. Desta forma o somatório das áreas que devem ser plantadas em cada espaçamento deve corresponder a 117 ha para o sítio 1, 195 ha para o sítio 2 e 78 ha para o sítio 3.

As restrições de área são expressas por:

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} = 117$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} = 195$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} = 78$$

Restrições de capital e mudas

As restrições de mudas, asseguram que a quantidade de mudas plantadas será menor ou igual à capacidade de produção do viveiro florestal. Como o prazo de plantio é de 3 anos a produção do viveiro corresponde a 900.000 mudas para este período. O coeficiente associado a cada variável de

decisão corresponde ao número de mudas por hectare para um determinado espaçamento.

Desta forma a restrição de mudas é expressa por:

$$1000 X_{11} + 10000 X_{12} + 10000 X_{13} + 5000 X_{21} + 5000 X_{22} + 5000 X_{23} + 2500 X_{31} + 2500 X_{32} + 2500 X_{33} + 3333 X_{41} + 3333 X_{42} + 3333 X_{43} + 2000 X_{51} + 2000 X_{52} + 2000 X_{53} + 1667 X_{61} + 1667 X_{62} + 1667 X_{63} \leq 900000$$

A restrição de capital assegura que os custos relativos a cada espaçamento são menores ou iguais ao capital disponível, considerando um período de três anos de plantio (R\$150.000). O coeficiente de cada variável de decisão corresponde ao valor do custo de cultura em cada espaçamento (Tabela 1). A restrição de capital é expressa por:

$$1850.6 X_{11} + 1850.6 X_{12} + 1850.6 X_{13} + 925.3 X_{21} + 925.3 X_{22} + 925.3 X_{23} + 462.6 X_{31} + 462.6 X_{32} + 462.6 X_{33} + 617 X_{41} + 617 X_{42} + 617 X_{43} + 462.6 X_{51} + 462.6 X_{52} + 462.6 X_{53} + 308 X_{61} + 308 X_{62} + 308 X_{63} \leq 150000$$

Estratégia ótima de manejo

Após a definição da estratégia ótima de plantio foi necessário definir uma estratégia ótima de manejo, prevendo uma demanda contínua de madeira e casca por um período de 10 anos, a partir do ano de 2005. Com o objetivo de maximizar o Valor Esperado da Terra (VET) para um horizonte de planejamento de 10 anos, este foi dividido em 10 períodos anuais de corte (de 2005 à 2014), sendo realizada uma nova simulação para obter a área de corte anual sujeita a um determinado regime de manejo estratificado pelo sítio florestal.

Cada variável de decisão passou a ser do tipo X_{ijwz} , onde i corresponde à classe de idade, j ao sítio, w ao espaçamento e z ao regime de manejo. A idade de corte considerada em cada regime de manejo variou em mais ou menos 1 ano em relação à idade de rotação ótima para o sítio e espaçamento considerados (Tabelas 2, 3 e 4). Desta forma o sítio 1, plantado em espaçamento 2 x 2 metros, apresenta uma idade de rotação ótima (maior VET) aos 4 anos, portanto, a idade de corte para esta classe de manejo pode ser 3, 4 ou 5 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estratégia ótima de plantio

O resultado do processamento para definir a estratégia ótima de plantio, utilizando o programa LINDO, é apresentado na Tabela 5. Nesta simulação o valor alcançado pela função objetivo foi de R\$ 1.046.207,00, considerando a colheita dos 390 hectares no ano de maior VET para o respectivo espaçamento selecionado.

TABELA 5: Área de plantio (ha) por espaçamento (i) e sítio (j).

Variável	Área (ha)	Variável	Área (ha)
X ₁₁	0	X ₄₂	0
X ₂₁	0	X ₅₂	0
X ₃₁	117.0	X ₆₂	118.73
X ₄₁	0	X ₁₃	0
X ₅₁	0	X ₂₃	0
X ₆₁	0	X ₃₃	0
X ₁₂	0	X ₄₃	0
X ₂₂	0	X ₅₃	0
X ₃₂	76.27	X ₆₃	78.0

A Tabela 5 mostra que no melhor sítio deve ser adotado somente o espaçamento de 2 x 2 metros. No sítio médio 76,27 ha devem ser plantadas no espaçamento de 2 x 2 m e 118,73 ha devem ser plantadas no espaçamento de 3 x 2 metros. No pior sítio o espaçamento adotado deve ser o de 3 x 2 metros.

A análise das folgas dos recursos financeiros, mostraram que o fator limitante (recurso gargalo) para essa recomendação de plantio foi a disponibilidade de capital, uma vez que houve uma folga de 89000 mudas (aprox. 10% do total) e nenhuma folga de capital. A seleção de espaçamentos maiores (3 x 2 m) nos sítios 2 e 3 deve-se à restrição de capital para o plantio, uma vez que o espaçamento de 2 X 2 m apresentou um maior VET para todos os sítios analisados.

A Tabela 6, mostra o cronograma de plantio utilizado, considerando a disponibilidade de recursos financeiros e de mudas para o plantio.

TABELA 6: Cronograma de plantio para cada sítio, com respectivas áreas (ha) e espaçamentos.

Sítio	Ano de plantio		
	2002	2003	2004
1 (bom)	117 (2x2)*		
2 (médio)	13 (2x2)	63,27(2x2)	
3 (ruim)		66,73(3x2)	52 (3x2)
			78 (3x2)
Total	130	130	130

*O valor entre parênteses refere-se ao espaçamento de plantio.

Estratégia ótima de manejo

Com base na definição do programa de plantio (Tabela 6) os povoamentos foram divididos em três classes de idade. Os povoamentos plantados no ano de 2002 que chegam ao início do horizonte de planejamento com 3 anos formam a classe 1. Os povoamentos plantados em 2003, que chegam com 2 anos, formam a classe 2 e os povoamentos plantados em 2004, que chegam no início do horizonte de planejamento com um ano, formam a classe de idade 3.

A Tabela 7 mostra os regimes de manejo possíveis, com os seus respectivos volumes de madeira (m³) e peso de casca verde (toneladas), considerando a classe de idade, sítio e espaçamento utilizado.

TABELA 7: Regimes de manejo possíveis, com respectivos volumes de madeira (m³)* e peso de casca verde (ton.)**.

Regime de Manejo	Ano de colheita									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
X ₁₁₃₁	124.1* 23.1**			124.1 23.1			124.1 23.1			124.1 23.1
X ₁₁₃₂	124.1 23.1				171.1 31.2				171.1 31.2	
X ₁₁₃₃	124.1 23.1					193.5 35.0				
X ₁₁₃₄	124.1 23.1									
X ₁₁₃₅		171.1 31.2			124.1 23.1			124.1 23.1		
X ₁₁₃₆		171.1 31.2				171.1 31.2				171.1 31.2
X ₁₁₃₇		171.1 31.2					193.5 35.0			
X ₁₁₃₈		171.1 31.2								
X ₁₁₃₉			193.5 35.0			124.1 23.1			124.1 23.1	
X ₁₁₃₁₀			193.5 35.0				171.1 31.2			
X ₁₁₃₁₁			193.5 35.0					193.5 35.0		
X ₁₁₃₁₂			193.5 35.0							
X ₁₂₃₁		108.7 20.4				108.7 20.4				108.7 20.4
X ₁₂₃₂		108.7 20.4					132.7 24.6			

TABELA 7: Regimes de manejo possíveis, com respectivos volumes de madeira (m³)* e peso de casca verde (ton.)***, Continuação....

Regime de Manejo	Ano de colheita									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
X ₁₂₃₃		108.7 20.4						155.1 28.5		
X ₁₂₃₄		108.7 20.4								
X ₁₂₃₅			132.7 24.6				108.7 20.4			
X ₁₂₃₆			132.7 24.6					132.7 24.6		
X ₁₂₃₇			132.7 24.6						155.1 28.5	
X ₁₂₃₈			132.7 24.6							
X ₁₂₃₉				155.1 28.5				108.7 20.4		
X ₁₂₃₁₀				155.1 28.5					132.7 24.6	
X ₁₂₃₁₁				155.1 28.5						155.1 28.5
X ₁₂₃₁₂				155.1 28.5						
X ₂₂₃₁			108.7 20.4				108.7 20.4			
X ₂₂₃₂			108.7 20.4					132.7 24.6		
X ₂₂₃₃			108.7 20.4						155.1 28.5	
X ₂₂₃₄			108.7 20.4							
X ₂₂₃₅				132.7 24.6				108.7 20.4		
X ₂₂₃₆				132.7 24.6					132.7 24.6	
X ₂₂₃₇				132.7 24.6						155.1 28.5
X ₂₂₃₈				132.7 24.6						
X ₂₂₃₉					155.1 28.5				108.7 20.4	

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

X ₂₂₃₁₀					155.1					132.7
					28.5					24.6
X ₂₂₃₁₁					155.1					
					28.5					

TABELA 7: Regimes de manejo possíveis, com respectivos volumes de madeira (m³)* e peso de casca verde (ton.)**, Continuação....

Regime de Manejo	Ano de colheita									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
X ₂₂₆₁				113.3 20.8					113.3 20.8	
X ₂₂₆₂				113.3 20.8						134.6 24.5
X ₂₂₆₃				113.3 20.8						
X ₂₂₆₄					134.6 24.5					113.3 20.8
X ₂₂₆₅					113.3 20.8					
X ₂₂₆₆						151.4 27.3				
X ₃₂₆₁					113.3 20.8					113.3 20.8
X ₃₂₆₂					113.3 20.8					
X ₃₂₆₃						134.6 24.5				
X ₃₂₆₄							151.4 27.3			
X ₃₃₆₁							78.6 14.8			
X ₃₃₆₂								89.2 16.6		
X ₃₃₆₃									95.4 17.6	

Cada variável é dada por X_{ijwz} , onde X_{1131} corresponde ao povoamento de acácia-negra na classe de idade 1 (3 anos), classe de sítio 1 (sítio bom), plantado no espaçamento 3 (2 X 2 metros), sob o regime de manejo 1. Da mesma forma, a variável X_{2261} corresponde ao povoamento na classe de idade 2 (2 anos), na classe de sítio 2 (sítio médio), plantado no espaçamento 6 (3 X 3 metros) sob o regime de manejo 1.

Os coeficientes da função objetivo, dados pelo Valor Esperado da Terra (VET), foram calculados para cada regime de manejo. A receita

considerada envolveu os valores obtidos com a comercialização de madeira e casca. Nos custos foram considerados o combate a formiga (primeiro ano), o custo anual de administração e o custo de cultura específico para cada espaçamento. O valor de mercado de madeira e casca, bem como os custos utilizados são apresentados na Tabela 1. O Valor Esperado da Terra para cada regime de manejo é apresentado na Tabela 8.

TABELA 8: Valor Esperado da Terra (VET) para o respectivo regime de manejo (RM).

RM	VET	RM	VET	RM	VET
X ₁₁₃₁	7990.8	X ₁₂₃₅	7418.3	X ₂₂₃₉	3968.9
X ₁₁₃₂	8177.5	X ₁₂₃₆	7070.8	X ₂₂₃₁₀	3992.1
X ₁₁₃₃	7256.2	X ₁₂₃₇	6580.3	X ₂₂₃₁₁	3367.8
X ₁₁₃₄	6195.5	X ₁₂₃₈	6357.6	X ₂₂₆₁	3574.6
X ₁₁₃₅	8060.3	X ₁₂₃₉	6572.3	X ₂₂₆₂	3566.8
X ₁₁₃₆	8364.2	X ₁₂₃₁₀	6320.6	X ₂₂₆₃	2861.5
X ₁₁₃₇	7617.9	X ₁₂₃₁₁	5929.9	X ₂₂₆₄	3533.5
X ₁₁₃₈	7174.2	X ₁₂₃₁₂	5342.0	X ₂₂₆₅	2940.8
X ₁₁₃₉	7488.6	X ₂₂₃₁	4076.6	X ₂₂₆₆	2794.2
X ₁₁₃₁₀	7418.3	X ₂₂₃₂	4099.0	X ₃₂₆₁	3574.6
X ₁₁₃₁₁	7070.8	X ₂₂₃₃	4043.9	X ₃₂₆₂	2861.5
X ₁₁₃₁₂	6357.6	X ₂₂₃₄	3177.2	X ₃₂₆₃	2940.8
X ₁₂₃₁	8364.2	X ₂₂₃₅	4071.7	X ₃₂₆₄	2794.2
X ₁₂₃₂	7617.9	X ₂₂₃₆	4091.4	X ₃₃₆₁	444.7
X ₁₂₃₃	7016.6	X ₂₂₃₇	4043.9	X ₃₃₆₂	514.8
X ₁₂₃₄	7174.2	X ₂₂₃₈	3378.2	X ₃₃₆₃	448.1

Considerando o Valor Esperado da Terra calculado para o respectivo regime de manejo, a função objetivo é expressa por:

$$\begin{aligned}
 &max \ 7990.8X_{1131} + 8177.5X_{1132} + 7256.2X_{1133} + 6195.5X_{1134} + 8060.3 \\
 &\quad X_{1135} + 8364.2X_{1136} + 7617.9X_{1137} + 7174.2X_{1138} + 7488.6X_{1139} + \\
 &7418.3X_{11310} + 7070.8X_{11311} + 6357.6X_{11312} + 8364.2X_{1231} + 7617.9X_{1232} + \\
 &7016.6X_{1233} + 7174.2X_{1234} + 7418.3X_{1235} + 7070.8X_{1236} + 6580.3X_{1237} + \\
 &6357.6X_{1238} + 6572.3X_{1239} + 6320.6X_{12310} + 5929.9X_{12311} + 5342.0X_{12312} + \\
 &4076.6X_{2231} + 4099.0X_{2232} + 4043.9X_{2233} + 3177.2X_{2234} + 4071.7X_{2235} + \\
 &4091.4X_{2236} + 4043.9X_{2237} + 3378.2X_{2238} + 3968.9X_{2239} + 3992.1X_{22310} + \\
 &3367.8X_{22311} + 3574.6X_{2261} + 3566.8X_{2262} + 2861.5X_{2263} + 3533.5X_{2264} +
 \end{aligned}$$

$$2940.8X_{2265} + 2794.2X_{2266} + 3574.6X_{3261} + 2861.5X_{3262} + 2940.8X_{3263} + 2794.2X_{3264} + 444.7X_{3361} + 514.8X_{3362} + 448.1X_{3363}$$

Nesse processamento foram consideradas 20 restrições relativas ao fluxo de produção de madeira e casca e 6 restrições relativas à área total de floresta em cada sítio e espaçamento considerado, de acordo com o respectivo regime de manejo.

Nas restrições relativas ao fluxo de matéria-prima foi considerada uma produção anual de madeira maior ou igual a 8.000 m³ e uma produção de casca maior ou igual a 1.200 toneladas por ano. Dessa forma, considerando os regimes de manejo apresentados na Tabela 7, os anos de colheita e as respectivas produções de madeira e casca, as restrições de matéria-prima são dadas por :

$$\begin{aligned} &124.1X_{1131} + 124.1X_{1132} + 124.1X_{1133} + 124.1X_{1134} \geq 8000 \\ &171.1X_{1135} + 171.1X_{1136} + 171.1X_{1137} + 171.1X_{1138} + 108.7X_{1231} + 108.7X_{1232} + 108.7X_{1233} + 108.7X_{1234} \geq 8000 \\ &193.5X_{1139} + 193.5X_{11310} + 193.5X_{11311} + 193.5X_{11312} + 132.7X_{1235} + 132.7X_{1236} + 132.7X_{1237} + 132.7X_{1238} + 108.7X_{2231} + 108.7X_{2232} + 108.7X_{2233} + 108.7X_{2234} \geq 8000 \\ &124.1X_{1131} + 155.1X_{1239} + 155.1X_{12310} + 155.1X_{12311} + 155.1X_{12312} + 132.7X_{2235} + 132.7X_{2236} + 132.7X_{2237} + 132.7X_{2238} + 113.3X_{2261} + 113.3X_{2262} + 113.3X_{2263} \geq 8000 \\ &171.1X_{1132} + 124.1X_{1135} + 155.1X_{2239} + 155.1X_{22310} + 155.1X_{22311} + 134.6X_{2264} + 113.3X_{2265} + 113.3X_{3261} + 113.3X_{3262} \geq 8000 \\ &193.5X_{1133} + 171.1X_{1136} + 124.1X_{1139} + 108.7X_{1231} + 151.4X_{2266} + 134.6X_{3263} \geq 8000 \\ &124.1X_{1131} + 193.5X_{1137} + 171.1X_{11310} + 132.7X_{1232} + 108.7X_{1235} + 108.7X_{2231} + 151.4X_{3264} + 78.6X_{3361} \geq 8000 \\ &124.1X_{1135} + 193.5X_{11311} + 155.1X_{1233} + 132.7X_{1236} + 108.7X_{1239} + 132.7X_{2232} + 108.7X_{2235} + 89.2X_{3362} \geq 8000 \\ &171.1X_{1132} + 124.1X_{1139} + 155.1X_{1237} + 132.7X_{12310} + 155.1X_{2233} + 132.7X_{2236} + 108.7X_{2239} + 113.3X_{2261} + 95.4X_{3363} \geq 8000 \\ &124.1X_{1131} + 171.1X_{1136} + 108.7X_{1231} + 155.1X_{12311} + 155.1X_{2237} + 132.7X_{22310} + 134.6X_{2262} + 113.3X_{2264} + 113.3X_{3261} \geq 8000 \\ &23.1X_{1131} + 23.1X_{1132} + 23.1X_{1133} + 23.1X_{1134} \geq 1200 \\ &31.2X_{1135} + 31.2X_{1136} + 31.2X_{1137} + 31.2X_{1138} + 20.4X_{1231} + 20.4X_{1232} + 20.4X_{1233} + 20.4X_{1234} \geq 1200 \\ &35X_{1139} + 35X_{11310} + 35X_{11311} + 35X_{11312} + 24.6X_{1235} + 24.6X_{1236} + \end{aligned}$$

$$24.6X_{1237} + 24.6X_{1238} + 20.4X_{2231} + 20.4X_{2232} + 20.4X_{2233} + 20.4X_{2234} \geq 1200$$

$$23.1X_{1131} + 28.5X_{1239} + 28.5X_{12310} + 28.5X_{12311} + 28.5X_{12312} + 24.6X_{2235} + 24.6X_{2236} + 24.6X_{2237} + 24.6X_{2238} + 20.8X_{2261} + 20.8X_{2262} + 20.8X_{2263} \geq 1200$$

$$31.2X_{1132} + 23.1X_{1135} + 28.5X_{2239} + 28.5X_{22310} + 28.5X_{22311} + 24.5X_{2264} + 20.8X_{2265} + 20.8X_{3261} + 20.8X_{3262} \geq 1200$$

$$35X_{1133} + 31.2X_{1136} + 23.1X_{1139} + 20.4X_{1231} + 27.3X_{2266} + 24.5X_{3263} \geq 1200$$

$$23.1X_{1131} + 35X_{1137} + 31.2X_{11310} + 24.6X_{1232} + 20.4X_{1235} + 20.4X_{2231} + 27.3X_{3264} + 14.8X_{3361} \geq 1200$$

$$23.1X_{1135} + 35X_{11311} + 28.5X_{1233} + 24.6X_{1236} + 20.4X_{1239} + 24.6X_{2232} + 20.4X_{2235} + 16.6X_{3362} \geq 1200$$

$$31.2X_{1132} + 23.1X_{1139} + 28.5X_{1237} + 24.6X_{12310} + 28.5X_{2233} + 24.6X_{2236} + 20.4X_{2239} + 20.8X_{2261} + 17.6X_{3363} \geq 1200$$

$$23.1X_{1131} + 31.2X_{1136} + 20.4X_{1231} + 28.5X_{12311} + 28.5X_{2237} + 24.6X_{22310} + 24.5X_{2262} + 20.8X_{2264} + 20.8X_{3261} \geq 1200$$

As restrições de área levaram em consideração as áreas que foram plantadas de acordo com a recomendação da Tabela 6, considerando a classe de idade, o sítio, o espaçamento utilizado e a ordem da classe de manejo. Dessa forma, considerando a área total de 390 ha, as restrições de área são expressas por :

$$X_{1131} + X_{1132} + X_{1133} + X_{1134} + X_{1135} + X_{1136} + X_{1137} + X_{1138} + X_{1139} + X_{11310} + X_{11311} + X_{11312} = 117$$

$$X_{1231} + X_{1232} + X_{1233} + X_{1234} + X_{1235} + X_{1236} + X_{1237} + X_{1238} + X_{1239} + X_{12310} + X_{12311} + X_{12312} = 13$$

$$X_{2231} + X_{2232} + X_{2233} + X_{2234} + X_{2235} + X_{2236} + X_{2237} + X_{2238} + X_{2239} + X_{22310} + X_{22311} = 63.27$$

$$X_{2261} + X_{2262} + X_{2263} + X_{2264} + X_{2265} + X_{2266} = 66.73$$

$$X_{3261} + X_{3262} + X_{3263} + X_{3264} = 52$$

$$X_{3361} + X_{3362} + X_{3363} = 78$$

O resultado do processamento para definir a estratégia ótima de manejo, utilizando o programa LINDO, é apresentado na Tabela 9, onde pode se observar a área, em hectares, que deve ser colhida nos respectivos anos e de acordo com o regime de manejo selecionado.

Dos 48 regimes de manejo possíveis, 10 foram selecionados para

atender as restrições de fluxo contínuo de produção de 8.000 m³ de madeira e 1.200 ton. de casca por ano, com a função objetivo maximizando em R\$ 1.791.012,00.

Com base nas áreas de colheita da Tabela 9 e utilizando-se os respectivos valores de produção de madeira e casca verde da Tabela 7 pode-se determinar o volume total de madeira e casca produzidos para cada ano. Esses resultados são apresentados na Tabela 10.

TABELA 9: Cronograma de colheita, com área (ha) para cada regime de manejo selecionado.

Regime de Manejo	Ano de colheita									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
X ₁₁₃₁	7.93			7.93			7.93			7.93
X ₁₁₃₂	56.54				56.54				56.54	
X ₁₁₃₆		46.73				46.73				46.73
X ₁₁₃₁₀			5.80				5.80			
X ₁₂₃₁		13.00				13.00				13.00
X ₂₂₃₁			55.41				55.41			
X ₂₂₃₂			7.85					7.85		
X ₂₂₆₁				66.73					66.73	
X ₃₂₆₁					52.00					52.00
X ₃₃₆₂								78.00		
T	64,47	59,73	69,06	74,66	108,54	59,73	69,14	85,86	123,27	119,66
total										

Observa-se que nos anos de 2005, 2007, 2011 e 2012 a produção de madeira está no limite mínimo estabelecido nas restrições de fluxo de produção. Por outro lado, nos anos 2009, 2013 e 2014 teremos um grande excedente de produção de madeira. O conhecimento antecipado dessas condições permite buscar mercado para o excedente de produção, bem como planejar a antecipação ou o atraso da colheita, deslocando parte da produção para os anos de baixa produção.

Com respeito à produção de casca verde observa-se que haverá excedente de produção em todos os anos. No caso de atraso ou antecipação da colheita para favorecer o fluxo de madeira, a produção de casca verde dificilmente será afetada, devido a grande folga existente.

TABELA 10: Cronograma de colheita, com volume de madeira (m³) e casca verde* (ton.) para cada regime de manejo selecionado.

Regime de Manejo	Ano de colheita									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
X ₁₁₃₁	984			984			984			984
	183*			183			183			183
X ₁₁₃₂	7017				9674				9674	
	1306				1764				1764	
X ₁₁₃₆		7996				7996				7996
		1458				1458				1458
X ₁₁₃₁₀			1128				992			
			204				181			
X ₁₂₃₁		1413				1413				1413
		265				265				265
X ₂₂₃₁			6023				6023			
			1130				1130			
X ₂₂₃₂			853					1043		
			160					193		
X ₂₂₆₁				7561					7561	
				1388					1388	
X ₃₂₆₁					5892					5892
					1082					1082
X ₃₃₆₂								6958		
								1295		
T	8001	9409	8004	8545	15566	9409	8000	8001	17235	16284
	1489*	1723	1495	1571	2846	1723	1495	1488	3152	2988

* madeira (m³) ** casca verde (ton.)

CONCLUSÕES

A programação linear constitui-se uma ferramenta de grande utilidade para o planejamento do plantio e da produção no cultivo de Acácia-negra, possibilitando realizar simulações que consideram os recursos disponíveis e a receita obtida com diferentes alternativas de manejo. Essa ferramenta matemática aliada às tabelas de produção permitem a realização

de prognoses que facilitam a tomada de decisão e a estruturação das atividades de plantio e colheita dos povoamentos, racionalizando todo o processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, D.R., SWEENEY, D.J., WILLIAMS, T.A. **An introduction to management science**. St Paul: West Publishing. 1991, 833 p.

BRASIL. Ministério do Interior. **Levantamento dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: RADAN. 1986, v.33.

CARNIERI, C., GAVINHO, L.G., MAESTRI, R. Um sistema de planejamento florestal. In: Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento, 2, 1992. Curitiba, **Anais...**Curitiba, 1992, v.2, p.333-346.

DYKSTRA, D.P. **Mathematical programming for natural resource management**. New York: Mcgraw-Hill. 1984, 316 p.

RODRIGUES, F.L., LEITE, H.G., SOUZA, A.L et al. Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear: Uma aplicação da teoria do modelo II. Viçosa: **Revista árvore**,v.22, n.2, p. 193-213, 1998.

RODRIGUES, F.L., LEITE, H.G., SILVA, M.L et al. Determinação de estratégias ótimas de reforma, condução da brotação e compra de terras, utilizando programação linear. Viçosa: **Revista árvore**,v.23, n.2, p. 169-186, 1999.

RODRIGUEZ, L.C.E. **Gerenciamento da produção florestal**. Piracicaba: IPEF. 1991, 41 p.

SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G., SCHNEIDER, P.S.P, et al. **Subsídios para o manejo de acácia-negra, Acacia mearnsii De Wild**. Santa Maria: UFSM. 2000, 71p.

SOARES, R.V. Aplicações do modelo de programação linear na solução de problemas florestais. Curitiba: **Revista Floresta**, v.13, n.1 p.100-150, 1980.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

ESTIMATIVAS DE MÚLTIPLOS VOLUMES UTILIZANDO
MODELOS TIPO POVOAMENTO TOTAL

ESTIMATES OF MULTIPLE VOLUMES USING WHOLE STAND
MODELS

Carlos Pedro Boechat Soares¹ Helio Garcia Leite¹
João Carlos Chagas Campos¹

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar modelos tipo povoamento total utilizados para estimar múltiplos volumes por hectare. Para isso, foram utilizadas parcelas permanentes de povoamentos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com idades entre 29 e 80 meses, localizados na região norte do Estado da Bahia. Após análises, verificou-se que, para os volumes comerciais com e sem casca computados até os diâmetros limites de 3cm e 6cm, o modelo proposto por SOARES et al. (2001) apresentou-se mais preciso do que os modelos propostos por CAMPOS et al. (2001), embora todos os modelos tenham precisão satisfatória, ou seja, apresentaram coeficientes de determinação (R^2) acima de 93%.

Palavras-chave: eucalipto, modelos tipo povoamento total.

ABSTRACT

This work was accomplished with the objective of evaluating whole stand models used to estimate multiple volumes for hectare. For that, data of permanent plots of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* stands located in the the state of Bahia, were used. After analyses, it was verified that for the commercial volumes inside and outside bark, computed until the diameters limits of 3cm and 6cm, the model proposed by SOARES et al. (2001) it is more precise than the models proposed by CAMPOS et al. (2001), although all the models have satisfactory precision (coefficients of determination (R^2) above 93%).

Key words: eucalypt, whole stand models

¹ Professores do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa. CEP 36571-000, Viçosa - MG.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

INTRODUÇÃO

A predição da produção de madeira é fundamental para o planejamento das atividades florestais, constituindo-se em um dos elementos principais do manejo florestal (DAVIS e JOHNSON, 1987).

Existem, consagradas na literatura, três classes principais de modelos de crescimento e produção utilizados para esta finalidade: os modelos tipo povoamento total, os modelos de distribuição diamétrica e os modelos em nível de árvores. Os modelos da primeira classe são utilizados com frequência no Brasil e permitem estimar o crescimento e a produção volumétrica de povoamentos florestais por unidade de área. Porém, eles permitem estimar um único tipo de volume, total ou comercial. Como se torna cada vez mais comum a necessidade de efetuar a predição de mais de um tipo de volume por unidade de área, tendo em vista a verticalização das empresas do setor florestal, os modelos pertencentes às outras duas classes têm sido cada vez mais indicados.

Características como a facilidade de ajuste, a alta precisão geralmente alcançada e o menor custo têm levado as empresas florestais brasileiras a permanecerem com os modelos em nível de povoamento. Assim sendo, recentemente, alguns trabalhos foram feitos no Brasil mostrando o desenvolvimento de modelos tipo povoamento total para estimar diferentes volumes por unidade de área, em alternativa aos modelos de distribuição diamétrica e de árvores individuais. Nestes trabalhos, utilizando-se apenas um único modelo, foi possível estimar com precisão mais de um volume por hectare. Diante desse fato, este trabalho teve por objetivo avaliar o ajuste de alguns destes modelos, verificando a precisão das estimativas dos volumes comerciais por unidade de área, bem como analisar a possibilidade de uso dos modelos em sistemas verticalizados de produção.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os modelos são abstrações de um sistema real, por meio do qual descreve-se quantitativamente um sistema físico, mediante o uso de uma ou mais relações matemáticas (TITUS & MORTON, 1985).

Na ciência florestal, os modelos podem ser utilizados para descrever processos fundamentais relacionados ao crescimento das árvores até a estimação de quantidades relacionadas às árvores individuais ou a povoamentos florestais. Quando estimativas atuais e/ou futuras de

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

características quantitativas dos povoamentos são requeridas, normalmente são utilizados os modelos de crescimento e produção empíricos, os quais permitem a predição do crescimento dos povoamentos, fornecendo subsídios para a atualização de inventários florestais passados, prescrições silviculturais, elaboração de planos de manejo e estudos de regulação florestal, dentre outros (TITUS e MORTON, 1985).

Segundo DAVIS e JOHNSON (1987), os modelos de crescimento e produção empíricos podem ser classificados em modelos tipo povoamento total, modelos de distribuição diamétrica e modelos de árvores individuais.

Os modelos tipo povoamento total expressam a produção por unidade de área, não fornecendo nenhuma informação sobre a distribuição de volume por classe de tamanho (BUCKMAN, 1962; CLUTTER, 1963; CAMPOS e RIBEIRO, 1983; TREVISOL JUNIOR, 1985; ROSAS, 1994). Estes modelos têm como características comuns a estimação de um único volume por hectare e a relação entre o volume por hectare e características dos povoamentos como idade, densidade populacional e capacidade produtiva.

Os modelos de distribuição diamétrica baseiam-se em funções densidade de probabilidade e têm como característica principal descrever as alterações ocorridas na estrutura do povoamento (número de árvores por classe de diâmetro), nas relações hipsométricas e nas taxas de mortalidade, podendo analisar todas estas características simultaneamente ao longo do tempo. Haja vista estas características, estes modelos podem ser utilizados na predição de múltiplos produtos da madeira (CAMPOS e TURNBULL, 1981; SCOLFORO, 1990; LEITE, 1990; GUIMARÃES, 1994).

Por sua vez, os modelos de árvores individuais simulam o crescimento de cada árvore em diâmetro, altura e copa, bem como a probabilidade de cada árvore morrer ou não. Os resultados em nível de povoamento são obtidos, somando-se os valores individuais de cada árvore (DAVIS e JOHNSON, 1987).

MATERIAL E MÉTODOS

Os modelos considerados neste estudo foram:

SOARES et al. (2001)

$$V = \beta_0 \cdot I^{\beta_1} \cdot B^{\beta_2} \cdot S^{\beta_3} \cdot (\exp^{\beta_4 TX/q}) \cdot (1 - (d/q)^{1+\beta_5 \cdot d}) \cdot \varepsilon \quad (1)$$

CAMPOS et al. (2001)

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

$$V = \beta_0 \cdot q \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot l / IS \cdot \exp^{\beta_3 \cdot TX/q + \beta_4 \cdot d} \cdot \mathcal{E} \quad (2)$$

$$V = \beta_0 \cdot q \cdot \beta_1 \cdot \exp^{\beta_2 \cdot TX/q + \beta_3 \cdot d + \beta_4 / l} \cdot \mathcal{E} \quad (3)$$

$$V = \beta_0 \cdot q \cdot \beta_1 \cdot \exp^{\beta_2 \cdot TX/q + \beta_3 \cdot d + \beta_4 / IS} \cdot \mathcal{E} \quad (4)$$

em que:

V = volume do povoamento, em m³/ha;

l = idade, em meses;

B = área basal, em m²/ha;

S = índice de local, em metros;

q = diâmetro médio ou quadrático, em cm;

TX = variável binária, assumindo valor 0 e 1;

d = diâmetro limite comercial, em cm;

exp = exponencial;

β_0, \dots, β_5 = parâmetros dos modelos;

\mathcal{E} = erro aleatório.

Se a variável TX e o diâmetro comercial (d) assumirem diferentes valores, o modelo proporciona estimativas de diferentes volumes, isto é:

TX	d	Volume (m ³ /ha)
0	0	Volume total com casca
0	diferente de zero	Volume comercial com casca
1	0	Volume total sem casca
1	diferente de zero	Volume comercial sem casca

Os modelos propostos foram ajustados pelo método Gauss-Newton, utilizando-se dados de volumes comerciais por hectare com e sem casca computados até os diâmetros limites (d) de 3 e 6 cm, de parcelas permanentes de povoamentos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, pertencentes à COPENER FLORESTAL Ltda, com idades entre 29 e 80 meses, área basal entre 4,3 e 23,85 m²/ha, índice de local entre 17,38 e 32,51 metros (idade índice igual a 60 meses) e diâmetro médio (q) entre 6,9 e 16,1 centímetros.

A precisão dos modelos foi verificada através dos coeficientes de determinação (R^2), calculados elevando-se a correlação entre os volumes

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

observados e os volumes estimados (R_{yy}) ao quadrado, e através das análises gráficas dos volumes observados *versus* volumes estimados e dos resíduos percentuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações resultantes dos ajustes dos modelos, com indicação do número de observações e do grau de ajuste, foram:

$$V = 1,440425 \cdot I^{0,358560} \cdot B^{1,062469} \cdot S^{0,066689} \cdot (\exp^{-2,15638 \cdot TX/q}) \cdot (1 - (d/q))^{1+0,652364 \cdot d} \quad (5)$$

(N = 740; R² = 99,80%)

$$V = 0,2601710 \cdot q^{2,554637} \cdot 0,631274 \cdot I^{1/15} \cdot \exp^{-2,15909 \cdot TX/q - 0,002856 \cdot d} \quad (6)$$

(N = 740; R² = 93,09%)

$$V = 0,848419 \cdot q^{2,152258} \cdot \exp^{-2,15799 \cdot TX/q - 0,002856 \cdot d - 19,8275 / I} \quad (7)$$

(N = 740; R² = 94,08%)

$$V = 0,260171 \cdot q^{2,554637} \cdot \exp^{-2,15909 \cdot TX/q - 0,002856 \cdot d - 0,460015 / IS} \quad (8)$$

(N = 740; R² = 93,09%)

O modelo 1 (equação 5), descrito por SOARES et al. (2001) apresentou-se mais preciso do que os demais modelos, considerando os coeficientes de determinação, embora todos os modelos tenham se ajustado satisfatoriamente a dados com uma faixa ampla de variação (R² > 93%). Quanto ao comportamento da distribuição dos volumes estimados em relação aos valores observados (Figura 1), verifica-se, também, que o modelo 1 apresentou-se mais preciso, haja vista que os pontos estão dispostos sobre uma linha imaginária com 45° de inclinação, passando pela origem. O comportamento da distribuição dos valores estimados em relação aos valores observados, bem como as estimativas das medidas de precisão, foram bem semelhantes aos encontrados nos trabalhos originais.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

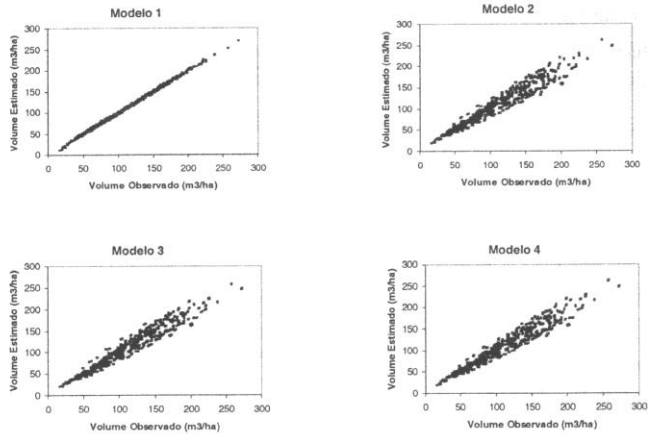


FIGURA 1 – Distribuição dos valores observados em relação aos valores estimados para os quatro modelos testados.

Cabe ressaltar que o modelo 1, que apresentou-se mais preciso, possui entre as variáveis independentes a variável área basal por hectare (B), que está altamente correlacionada com a produção volumétrica. Os demais modelos não possuem esta variável. CAMPOS et al. (20001), optaram por substituí-la pelo diâmetro médio do povoamento (q). Talvez isto tenha sido o diferencial do modelo 1 em relação aos demais, resultando em melhor ajuste.

Analisando a Figura 2, verifica-se que o modelo 1 possui uma leve tendência de superestimação dos volumes com e sem casca até o diâmetro comercial de 3cm (V3CC e V3SC), para povoamentos com produtividade abaixo de $75\text{m}^3/\text{ha}$. Considerando que os povoamentos destinados para uso múltiplo devem apresentar uma alta produtividade, verifica-se que o modelo proposto estima os volumes comerciais considerados com erros menores que 5%, ou seja, o modelo pode ser utilizado para estimar os volumes comerciais com e sem casca até os diâmetros comerciais de 3cm e 6cm, com precisão.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

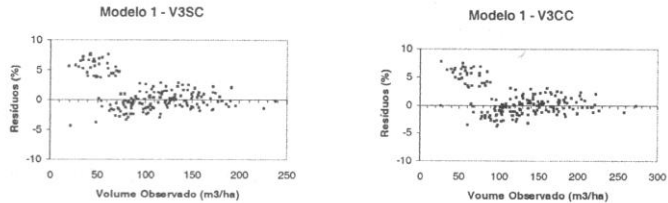


FIGURA 2 – Distribuição dos resíduos percentuais em função dos volumes comerciais observados dos povoamentos.

CONCLUSÕES

Após as análises, pôde-se concluir que:

- Os modelos propostos podem ser utilizados para prever a produção de múltiplos volumes em povoamentos não desbastados;
- Os modelos devem ser ajustados utilizando-se dados de outras espécies, uma vez que só foram testados para o gênero eucalipto;
- Os modelos devem ser testados para um maior número de diâmetros comerciais (d), objetivando avaliar a capacidade de estimação dos modelos para um número maior de volumes comerciais;
- Para que os modelos propiciem estimativas coerentes em relação aos valores observados, há a necessidade de desenvolver um sistema de equações, haja vista que as variáveis independentes estão correlacionadas entre si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUCKMAN, R.E. **Growth and yield of red pine in Minnesota.** Washington D.C.: USA, 1962. 50p. (Boletim Técnico, 1272).
- CAMPOS, J.C.C., TURNBULL, K.J. Um sistema para estimar produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação de efeitos de desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.5, n.1, p.1-16, 1981.
- CAMPOS, J.C.C., RIBEIRO, J.C. **Produção dos povoamentos de *Eucalyptus* spp. na região do triângulo mineiro.** Viçosa: SIF, 1983. 43p. (Boletim Técnico, 1).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- CAMPOS, J.C.C., SOARES, C.P.B., LEITE, H.G., CAMPOS, M.B. Estimação de diferentes volumes comerciais utilizando um modelo do tipo povoamento total. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.2, p.223-230, 2001.
- CLUTTER, J.L. Compatible growth and yield models for loblolly pine. **Forest Science**, Bethesda, v.9, p.354-371, 1963.
- DAVIS, L.S., JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3.ed. New York: McGraw-Hill Inc, 1987. 789p.
- GUIMARÃES, D.P. **Desenvolvimento de um modelo de distribuição diamétrica de passo invariante para prognose e projeção da estrutura de povoamentos de eucalipto**. Viçosa: UFV, 1994. 160p. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- LEITE, H.G. **Ajuste de um modelo de estimação de frequência e produção por classe de diâmetro, para povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith**. Viçosa: UFV, 1990. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- ROSAS, M.P. **Alternativas de determinação da idade técnica de corte de *Eucalyptus urophylla***. Viçosa: UFV, 1994. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- SCOLFORO, J.R.S. **Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção, com otimização de remuneração de capitais, para *Pinus caribea* var. *hondurensis***. Curitiba: UFPr, 1990. 290p. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1990.
- SOARES, C.P.B., LEITE, H.G. CAMPOS, J.C.C., Um novo modelo de crescimento e produção. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.2, p.265-270, 2001.
- TITUS, S.J., MORTON, R.T. Forest stand growth models: What for ? **Forestry Chronicle**, Ottawa, v.61, n. 1, p.19-22, 1985.
- TREVISOL JUNIOR, T.L. **Análise de um modelo compatível de crescimento e produção em plantações de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex Maiden)**. Viçosa: UFV, 1985. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1985.

**PLANEJAMENTO FLORESTAL OTIMIZADO: UMA
ABORDAGEM SOB MÚLTIPLOS CRITÉRIOS**

**OPTIMIZED FOREST PLANNING: A MULTICRITERIA
APPROACH**

Flávio Lopes Rodrigues¹ Gilson Fernandes da Silva¹ Heleno do Nascimento Santos² Carlos Pedro Boechat Soares³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo examinar a aplicabilidade da programação por metas no planejamento áreas florestais. Para tanto, foi formulado um problema de planejamento florestal sendo o mesmo resolvido pelo processo clássico de Programação Linear e pelo método de Programação por Metas Ponderadas. Foram consideradas como metas a maximização do lucro, a regularização do fluxo de demanda e a maximização do uso de mão-de-obra pela empresa florestal.. Observou-se uma maior flexibilidade do método PMP em relação ao modelo clássico de PL, resultando numa análise de sensibilidade mais detalhada. Ainda, o método PMP mostrou-se viável para problemas de planejamento florestal, apresentando-se como um paradigma superior aos modelos tradicionais de programação linear.

Palavras-chave: manejo florestal, programação linear, otimização sob múltiplos critérios.

ABSTRACT

The objective of this paper was examine the use of Goal Programming to forest management. So, was proposed and solved a forest management problem by the linear programming method and goal weight programming methods. The goals considered were profit maximization, demand flow regularization and labor maximization. Was used the Goal Weight programming method. The Goal Weight programming method present more flexible than the linear programming

¹ Doutorando em Manejo Florestal do Departamento de Engenharia Florestal - UFV (CEP 36.571.000).flavio@alunos.ufv.br

² Prof. Titular do Departamento de Informática, UFV

³ Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal - UFV.

method resulting in a more useful sensitive analysis. Other conclusions were that the method present viable when used in forest management problems and present too as a superior paradigm when compared with other classical linear programming models.

Key words: forest management, linear programming, multiple criteria optimization.

INTRODUÇÃO

O grande número de variáveis relacionadas a um processo de planejamento, em especial o florestal, requer grande habilidade e experiência do gerente florestal. Muitas vezes, a excessiva quantidade das variáveis pode comprometer o êxito de um empreendimento, se um modelo de planejamento adequado não for utilizado. Na maioria das vezes, o florestal está interessado numa produção sustentável de bens que: atenda as especificações e demandas de mercados, que atenda as restrições de capital e operacional, garantido um emprego regular da mão-de-obra e apresente um custo mínimo ou um retorno máximo dentro de um horizonte de planejamento.

Dentre as ferramentas da Pesquisa Operacional, utilizadas como instrumentos auxiliares nas tomadas de decisões, a Programação Linear (PL) tem sido amplamente aplicada em diversos setores. A PL é um dos métodos da programação matemática que trata de problemas de alocação de recursos limitados entre atividades competitivas de maneira ótima.

Segundo LEUSCHNER (1984), a programação linear é aplicada em uma variedade de problemas florestais como na solução de problemas nas indústrias florestais, na regulação e ordenação de florestas, no planejamento econômico florestal e na proteção florestal.

Justificativas comumente encontradas para o uso da PL no gerenciamento de recursos florestais são (Newman, 1988, citado por RIBEIRO, 1996): a) é uma das poucas técnicas que podem ser utilizadas para lidar com problemas do porte comumente encontrados nessa área; b) é uma técnica de otimização, podendo ser usada para satisfazer certas exigências legais; c) existe uma considerável experiência acumulada na área de modelagem e manejo de recursos naturais em diversos países; d) existência de programas para micro-computadores e de interfaces específicas para determinadas classes de problemas.

No entanto, NEWMAN (1988) fez algumas ressalvas, enfocando

que a PL tem encontrado muitas resistências como instrumento no auxílio do planejamento florestal pelas seguintes razões: a) problemas reais em geral não são bem definidos; b) pode existir uma quantidade insuficiente de dados; c) a PL é um método determinístico, quando a maioria dos problemas de planejamento florestal são estocásticos; d) a não integridade das soluções, quando muitas situações em planejamento florestal a almeja e) existência de uma única função objetivo.

A programação por meta (Goal Programming, GP) ou Programação com Múltiplos Objetivos (PMO) foi desenvolvida para planejamento de uso múltiplo e introduzida na literatura florestal por FIELD (1973). Deste então, vários autores têm aplicado esta técnica em uma variedade de problemas florestais. A GP é útil na solução de problemas de planejamento em que vários objetivos conflitantes devem ser otimizados de modo simultâneo. Práticas de uso múltiplo podem resultar neste tipo de problema. A maioria dos problemas de planejamento de uso de áreas florestais envolvem considerações de múltiplas metas conflitantes e objetivos tais como: aumento da renda líquida de recursos madeireiros, melhoria da qualidade da água, proteção da fauna silvestre, preservação de belezas naturais e aumento das oportunidades recreacionais. Além disso, uma empresa pode estar interessada em manter os lucros estáveis, aumentar sua fatia do mercado, diversificar produtos, melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores e aumentar o prestígio da companhia. Por outro lado, um empreendedor florestal se depara com o desafio de aumentar sua produtividade, minimizar as perdas de solo e incrementar os benefícios sociais gerados para a comunidade local. Diversos trabalhos foram desenvolvidos aplicando GP em planejamento florestal. Alguns exemplos podem ser encontrados em FIELD (1973); BARE e MENDOZA (1988); BARE e MENDOZA (1992); MENDOZA (1985); MENDOZA et al. (1986) e TARP et al. (1997).

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo examinar a aplicabilidade de PMO como uma ferramenta de planejamento para planos de manejo de áreas florestais, como uma alternativa viável e interessante para solução de problemas de tomada de decisão em empresas florestais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho consistiu na formulação e solução de um problema envolvendo planejamento florestal por meio de metodologias de otimização sob critérios múltiplos. Para tanto, formulou-se o seguinte problema.

Uma empresa florestal deseja elaborar um plano de manejo para uma floresta equiânea para os próximos 8 anos, com os seguintes objetivos i) maximizar o retorno econômico; ii) minimizar os desvios no atendimento da demanda esperada pela fábrica; iii) maximizar o uso de mão-de-obra pela empresa florestal; iv) obter estrutura regulada utilizando o controle por área ao final do horizonte de planejamento.

Assim, segue-se a caracterização do empreendimento florestal em questão:

$$\text{MIN } \alpha_1 \frac{L}{1543135} \times \frac{100}{1} + \alpha_2 \frac{D_1}{10000} \times \frac{100}{1} + \dots + \alpha_8 \frac{D_8}{10000} \times \frac{100}{1} + \alpha_9 \frac{MO}{630} \times \frac{100}{1}$$

QUADRO 1 - Descrição dos povoamentos em termos de área e idade atual

Povoamentos	Idade Atual	Área (ha)
1	0	50,00
2	1	80,00
3	2	50,00
4	3	50,00
5	4	90,00
6	5	50,00
7	6	50,00
8	7	70,00

Conforme já mencionado, pretende-se em um horizonte de planejamento de 8 anos, dividido em períodos anuais, obter-se uma floresta regulada ao final desse horizonte. No Quadro 2 estão disponíveis as informações de inventário florestal e valores comerciais e não comerciais da madeira em pé, necessários para implementação do estudo.

QUADRO 2 - Valores e volumes para a floresta, assumindo que todas as áreas possuem a mesma classe de produtividade

Produto (madeira)	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Valor (\$/m ³)
Classe não comercial	1	50,25	10*
	2	70,35	10
	3	95,74	10
	4	130,67	10
Classe comercial	5	179,10	20
	6	235,02	20
	7	285,37	20
	8	300,00	20

- valor fornecido para classe não comercial para fins de avaliação do estoque final.

Foram assumidos ainda os seguintes pressupostos: i) sítio homogêneo; ii) possíveis atividades incluem: corte seguido de imediata regeneração via plantio; iii) operações de corte ocorrem uma vez a cada ano, no início do ano; iv) demanda anual do mercado por madeira de 10.000,00 m³/ano; v) necessidade de uma unidade de mão-de-obra por hectare para alternativas de manejo com um corte e duas unidades por hectare para alternativas com dois cortes; e vi) a empresa dispõe de 560 unidades de mão-de-obra para todo o horizonte de planejamento.

Vale lembrar que o exemplo aqui apresentado trata-se de uma situação hipotética, sem maiores preocupações com questões de modelagem e com a realidade dos coeficientes técnicos, uma vez que o foco do trabalho dirige-se para questões relativas ao uso da técnica de programação por múltiplos objetivos para formulação de planos de manejo florestal.

Formulação do problema pelo modelo de programação linear

Inicialmente, o problema proposto foi formulado como um problema de programação linear clássico. Deste modo, foi empregado o modelo I proposto originalmente por Kidd et al. (1966), citado por DYKSTRA (1977), recebendo essa denominação por JOHNSON e SHEURMAN (1977). Nessa formulação, a variável de decisão X_{ij} representa a fração da unidade i , que deverá ser assinalada à prescrição j . Essa formulação baseia-se no fato de que a floresta é subdividida em classes homogêneas de idade, sendo posteriormente prescrito um elenco pré-

determinado de alternativas de manejo para cada classe. As prescrições representam sequências pré-estabelecidas de ações que ocorrerão ao longo do período de transição (RIBEIRO, 1996). As prescrições podem referir, por exemplo, às idades de colheita de uma área, seguidas de regeneração. Uma vez que uma dada fração de área seja assinalada a uma determinada prescrição de manejo, ela permanecerá sobre tal prescrição durante todo o horizonte de planejamento. O horizonte de planejamento, por sua vez, é subdividido em períodos, e as ações ocorrem no início dos mesmos (RIBEIRO, 1996).

Desta forma, as seguintes prescrições de manejo foram sugeridas para o problema em questão:

Para a determinação das prescrições, considerou-se como idades de corte, mínima e máxima, cinco e oito anos, respectivamente.

Considerou-se como objetivo principal do empreendedor a maximização do valor presente líquido (VPL) global da floresta, definindo-se a seguinte função objetivo:

$$Max. Z = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

em que:

C_{ij} = é o valor presente líquido de cada hectare do povoamento i , manejado sob a alternativa de manejo j ;

X_{ij} = fração de área (ha) do povoamento i assinalada alternativa de manejo j ;

M = número total de talhões;

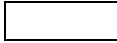
N = número total de alternativas de manejo do i -ésimo povoamento.

Para obtenção do valor presente líquido da produção (VPL), empregou-se a metodologia utilizada por RODRIGUES (1998). Para o cálculo do VPL foi considerado uma taxa de desconto de 7% a.a e os dados apresentados nos Quadros 1 e 2.

QUADRO 3 - Prescrições viáveis de manejo para um horizonte de planejamento de 8 anos

Prescrição de manejo	Idade (anos)	Rotação (anos)	Horizonte de Planejamento							Idade Final	
			0	1	2	3	4	5	6		7
X ₁₁	0	5									3
X ₁₂	0	6									2
X ₁₃	0	7									1
X ₂₁	1	5									4
X ₂₂	1	6									3
X ₂₃	1	7									2
X ₂₄	1	8									1
X ₃₁	2	5									5
X ₃₂	2	6									4
X ₃₃	2	7									3
X ₃₄	2	8									2
X ₄₁	3	5-5									1
X ₄₂	3	6									5
X ₄₃	3	7									4
X ₄₄	3	8									3
X ₅₁	4	5-5									2
X ₅₂	4	5-6									1
X ₅₃	4	6-5									1
X ₅₄	4	7									5
X ₅₅	4	8									4
X ₆₁	5	5-5									3
X ₆₂	5	5-6									2
X ₆₃	5	5-7									1
X ₆₄	5	6-5									2
X ₆₅	5	6-6									1
X ₆₆	5	7-5									1
X ₆₇	5	8									5
X ₇₁	6	6-5									3
X ₇₂	6	6-6									2
X ₇₃	6	6-7									1
X ₇₄	6	7-5									2
X ₇₅	6	7-6									1
X ₇₆	6	8-5									1
X ₈₁	7	7-5									3
X ₈₂	7	7-6									2
X ₈₃	7	7-7									1
X ₈₄	7	8-5									2
X ₈₅	7	8-6									1

Corte



Não Corte

As restrições impostas ao modelo foram:

a) Restrição de área disponível para colheita: Esta é a restrição que determina a disponibilidade total de área de cada projeto florestal e é imprescindível, uma vez que impõe que a soma das áreas de um mesmo projeto submetido a diferentes alternativas de corte seja igual à área total de cada projeto, sendo:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ij} = A_i \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \text{ e } 8) \quad (2)$$

em que:

A_i = área do i -ésima classe de idade no início do horizonte de planejamento.

b) Restrição de produção anual: Esta, talvez, seja a restrição de maior importância, uma vez que a principal meta do empreendedor é a produção periódica de volume de madeira de modo a atender a uma demanda preestabelecida por uma fábrica ou atender a uma demanda contratual do mercado vigente.

Considerando-se V_{HK} o volume total removido no período K :

$$V_{HK} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N V_{ijK} X_{ij} \quad \{K = 0, 1, \dots, H - 2\} \quad (3)$$

em que:

V_{ijK} = volume (m^3/ha) produzido pela i -ésima classe de idade sujeita a j -ésima alternativa de manejo no início do período K ;

V_{HK} = volume total (m^3) removido no período K , representando a demanda a ser atendida no período k .

Para o problema proposto, a demanda do mercado por madeira é de $10.000,00 m^3/ano$.

Estas restrições podem ser assim representadas:

c) Exigência de uma estrutura regulada: Uma das opções mais comumente usada para obter uma floresta regulada ao final do horizonte de planejamento, consiste na inclusão de restrições que imponham uma distribuição adequada de classes de idades para o inventário final. Assim é

possível ter uma floresta regulada ao fim de um horizonte de planejamento finito. Essa formulação é feita da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ijk} = \frac{S}{NC} \quad \{K = 1, 2, \dots, NC\} \quad (4)$$

em que:

X_{ijk} = área do i -ésimo povoamento manejado sobre a j -ésima alternativa de manejo, cujas áreas terão k períodos (anos) de idade ao final do horizonte de planejamento;

NC = número de classe de idade para a floresta regulada; e

S = área total da floresta (490 ha).

No problema exemplo, a rotação regulatória é igual a idade de rotação econômica (7 anos). Ainda, neste caso, em que o intervalo de corte é igual a 1 ano, tem-se $NC = 7$. Assim, $S/NC = 490/7 = 70$ ha.

d) Restrição de mão-de-obra: considerando os gastos de mão-de-obra de uma e duas unidades para alternativas com um corte e dois cortes, respectivamente, e, uma disponibilidade total de mão-de-obra durante todo o horizonte de planejamento de 630 unidades, a restrição de mão-de-obra pode ser expressa como se segue:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N M_{ij} X_{ij} \leq MO \quad (5)$$

em que:

M_{ij} = mão-de-obra (un./ha) utilizada pela j -ésima alternativa de manejo n -ésima unidade de produção;

MO = mão-de-obra total disponível durante todo o período de planejamento (un.);

Formulação do problema sob múltiplos critérios

Considerando-se o problema formulado, o planejador florestal poderia se deparar com os seguintes objetivos:

- Maximizar o Valor Presente Líquido (VPL) do investimento;

- Minimizar os desvios de produção acima da demanda exigida pela fábrica;
- Maximizar o uso de mão-de-obra como uma forma de ganho social para a empresa.

Deve-se observar que o objetivo de maximizar o VPL está em conflito com os objetivos de regularizar a demanda e de aumentar o uso de mão-de-obra.

Como já foi proposto anteriormente, este problema pode ser resolvido como um Problema de Programação Linear considerando o objetivo único de maximizar o VPL, e incluindo os demais objetivos no modelo como restrições. Entretanto, maximizar apenas um objetivo, tratando os demais objetivos como constantes, pode levar a resultados insatisfatórios.

Assim, para resolver o problema proposto, foi utilizada a metodologia de Programação de Metas Ponderada (PMP) (FATURETO, 1997).

Foram utilizadas variações percentuais dos alvos presentes na função objetivo para evitar os problemas de incompatibilidade entre diferentes unidades de medida usadas em cada meta conforme sugerido por (FATURETO, 1997). Ainda, os pesos atribuídos às variáveis de desvios foram atribuídos de acordo com a preferência do tomador de decisão pelas metas consideradas.

Assim, para solução do problema proposto nesse trabalho, assumiu-se que as metas que dizem respeito à regulação da floresta fossem tratadas como restrições rígidas pelo tomador de decisão, não podendo ser violadas. Portanto, a nova formulação para o problema de PMP para o exemplo formulado nesse trabalho será:

$$\text{MIN } \alpha_1 \frac{L}{1543135} + \alpha_2 \frac{D_1}{10000} \times \frac{100}{1} + \dots + \alpha_8 \frac{D_8}{10000} \times \frac{100}{1} + \alpha_9 \frac{MO}{560}$$

em que:

L = desvio em relação ao lucro esperado pelo tomador de decisão;

Di = desvios relativos à demanda anual da fábrica;

MO = desvio relativo à mão-de-obra utilizada pela empresa;

α_i = pesos associados às variáveis de desvio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelo Clássico de PL

Os resultados apresentados no Quadro 4 mostram a estrutura de um plano de manejo considerando a otimização com um único objetivo produzido pela solução do modelo de PL. Nesse quadro podem ser respondidas questões essenciais tais como: quando, quanto e onde cortar. Além disso pode-se verificar facilmente, ao longo dos anos, a regulação da floresta, o atendimento de cotas mínimas de produção, alocação ótima da mão-de-obra, tudo isso obtendo-se o máximo lucro possível. As variáveis de decisão (X_{ij}) expressas em unidades de área colhidas (ha) referem-se à j -ésima prescrição de manejo assinalada à i -ésima unidade de manejo de manejo. As idades de colheita oscilaram entre 5 e 7 anos. O lucro máximo obtido pela solução do problema utilizando a PL foi de \$ 1.543.135,63. Para obter este lucro foram gastos 560 unidade de mão-de-obra. Pode-se observar que em nenhum período a produção foi inferior a 10.000,00 m³, o que garante o atendimento da restrição de produção mínima. Embora a resposta apresentada contenha informações de grande interesse ao planejador florestal, um dos pontos frágeis dos modelos de Programação Linear é a impossibilidade de otimizar, simultaneamente, objetivos conflitantes. Esta propriedade é pouco adequada para a realidade dos ecossistemas florestais, onde diversos objetivos devem ser considerados simultaneamente pelo tomador decisão. Desta forma, além de simplesmente maximizar o lucro, serão apresentados a seguir, o estudo de outras metas do tomador de decisão.

Modelo PMP que prioriza o lucro

No Quadro 5 são apresentados os resultados da otimização sob critérios múltiplos, onde o tomador de decisão estabeleceu um peso maior (0,7) para a meta lucro, e automaticamente, o complemento do peso (0,3) para as metas de demanda e mão-de-obra. Nota-se que os resultados obtidos sob todos os aspectos (valores das variáveis de decisão, alocação de recursos e lucro obtido) foram exatamente iguais aos resultados obtidos quando um único objetivo foi estabelecido. Vale ressaltar que apesar da restrição de demanda ter sido atendida, ocorre uma variação muito grande

nos seus níveis, principalmente nos 5 primeiros períodos. Dois aspectos são particularmente interessantes sobre este ponto de vista. Primeiro é que a restrição de regulação, estabelecendo o controle por área, não estabelece um controle eficiente nas cotas de produção de madeira, apesar da suposição de sítios homogêneos. Esta grande flutuação deve-se à heterogeneidade das áreas e das idades iniciais das unidades de manejo, além da pouca flexibilidade dos planos alternativos (opções de manejo). A segunda ressalva, deve-se à dificuldade que o tomador de decisão teria se adotasse os planos anteriores. Esta irregularidade no fluxo de madeira e seus excedentes em relação ao valor mínimo de 10.000 m³, oferecem um grau de risco maior da sua não adequação já que, neste caso, esta sobra deveria ser absorvida pelo mercado vigente para viabilizar o cumprimento fiel do plano proposto.

QUADRO 4 - Plano de manejo florestal considerando a otimização de um único critério (lucro)

	Prescrição	Idade de corte (anos)	Área(ha)	Prod. (m ³ /ha)	Lucro (\$)	M.O.(un)
0	X ₈₁	7	70	19.975	1.543.135,63	560
Total	-	-	70	19.975,90		
1	X ₆₄	6	20	4.700,40		
1	X ₇₄	7	50	14.268,50		
Total	-	-	70	18.968,90		
2	X ₅₃	6	40	9.400,80		
2	X ₆₆	7	30	8.561,10		
Total	-	-	70	17.961,90		
3	X ₄₂	6	20	4.700,40		
3	X ₅₄	7	50	14.268,50		
Total	-	-	70	18.968,90		
4	X ₃₂	6	40	9.400,80		
4	X ₄₃	7	30	8.561,10		
Total	-	-	70	17.961,90		
5	X ₈₁	5	70	12.537,00		
Total	-	-	70	19.975,90		
6	X ₆₄	5	20	3.582,00		
6	X ₇₄	5	50	8.955,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
7	X ₅₃	5	40	7.164,00		
7	X ₆₆	5	30	5.373,00		
Total	-	-	70	12.537,00		

QUADRO 5 - Plano de manejo florestal considerando a otimização de múltiplos critérios, com priorização da meta lucro ($p = 0,7$ p/ lucro e $p = 0,3$ p/ outras metas)

Ano	Prescrição	Idade de corte (anos)	Área (ha)	Prod. (m ³ /ha)	Lucro (\$)	M.O. (un.)
0	X ₈₁	7	70	19.975,90	1.543.135,00	560
Total	-	-	70	19.975,90		
1	X ₆₄	6	20	4.700,40		
1	X ₇₄	7	50	14.268,50		
Total	-	-	70	18.968,90		
2	X ₅₃	6	40	9.400,80		
2	X ₆₆	7	30	8.561,10		
Total	-	-	70	17.961,90		
3	X ₄₂	6	20	4.700,40		
3	X ₅₄	7	50	14.268,50		
Total	-	-	70	18.968,90		
4	X ₃₂	6	40	9.400,80		
4	X ₄₃	7	30	8.561,10		
Total	-	-	70	17.961,90		
5	X ₈₁	5	70	12.537,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
6	X ₆₄	5	20	3.582,00		
6	X ₇₄	5	50	8.955,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
7	X ₅₃	5	40	7.164,00		
7	X ₆₆	5	30	5.373,00		
Total	-	-	70	12.537,00		

Modelo PMP que prioriza a demanda

O tomador de decisão não avesso a um grau de risco maior em relação ao cumprimento do plano com priorização do lucro, poderia então penalizar os desvios acima do fluxo de demanda, estabelecendo um desvio menor desta meta em relação aos seus valores mínimos preestabelecidos. Os resultados do Quadro 6 mostram exatamente esta preferência, ou seja, neste cenário o tomador de decisão opta por estabelecer um peso maior (0,7) para o cumprimento da meta demanda, e seu complemento (0,3) distribuídos para as demais metas. Os resultados mostram, agora, um plano de manejo alternativo, ou seja, diferente dos planos anteriores, onde a preferência era a maximização do lucro. Além de uma composição diferente das variáveis de decisão (planos alternativos de manejo), houve uma grande melhoria na distribuição do fluxo de madeira ao longo do horizonte de planejamento,

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

com desvios menores em relação às metas estabelecidas. Isto provavelmente oferecerá uma maior facilidade para a execução desse plano, uma vez que, um menor excedente poderá ser mais facilmente absorvido pelo mercado. Além disso, pelo mesmo Quadro 6, nota-se que houve um aumento na alocação de mão-de-obra, passando de 560 para 595 unidades, mostrando que do ponto de vista social este cenário é mais atrativo que o anterior.

QUADRO 6 - Plano de manejo florestal considerando a otimização de múltiplos critérios, com priorização da meta demanda

Ano	Prescrição	Idade de corte (anos)	Área (ha)	Prod. (m ³ /ha)	Lucro (\$)	M.O. (un.)
0	X ₈₁	7	35,04	10.000,00	1.041.403,00	595
Total	-	-	35,04	10.000,00		
1	X ₅₁	5	70	12.537,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
2	X ₄₁	5	50	8.955,00		
2	X ₅₃	6	20	4.700,40		
Total	-	-	70	13.655,40		
3	X ₃₁	5	50	8.955,00		
3	X ₆₇	8	20	6.000,00		
Total	-	-	70	14.955,00		
4	X ₂₁	5	70	12.537,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
5	X ₁₁	5	34,96	6.261,34		
5	X ₈₁	5	35,04	6.275,66		
Total	-	-	70	12.537,00		
6	X ₅₁	5	70	12.537,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
7	X ₄₁	5	50	8.955,00		
7	X ₅₃	5	20	3.582,00		
Total	-	-	70	12.537,00		

Entretanto, há um custo envolvido ao se optar por esse novo plano. Este custo pode ser medido pela redução do lucro que caiu de \$ 1.543.135,00 para \$ 1.041.403,63, correspondendo à \$ 501.731,37 (32,51%), um valor bastante alto para um tomador de decisão mais adepto à maximização da eficiência do capital financeiro.

Modelo PMP que prioriza a mão-de-obra

Um tomador de decisão mais preocupado com aspectos sociais, representando investimentos públicos ou entidades privadas com maior vocação à priorização de recursos humanos poderia considerar, ainda, uma maior alocação de mão-de-obra. Este cenário é avaliado aqui pela maior preferência da meta mão-de-obra em relação às demais. Para tal, foi estabelecido à ela um peso de 0,7. Os resultados apresentados no Quadro 7 mostram que este novo valor é de 630 unidades, uma diferença de 90 unidades (16,10%) em relação ao cenário onde a prioridade era maximizar o lucro, e 35 unidades (5,88%) em relação ao cenário com preferência à meta de minimização dos desvios da demanda. O custo social, medido em redução do lucro foi \$ 156.777,75 (10,16%) em relação à meta de maximizar o lucro. Entretanto, o fluxo de demanda apresenta-se agora mais irregular em relação ao cenário anterior.

QUADRO 7 - Plano de manejo florestal considerando a otimização de múltiplos critérios, com priorização da meta mão-de-obra

Ano	Prescrição	Idade de corte (anos)	Área (ha)	Prod. (m ³ /ha)	Lucro (\$)	M.O. (un.)
0	X ₈₁	7	70	19.975,90	1.386.357	630
Total	-	-	70	19.975,90		
1	X ₆₄	6	20	4.700,40		
1	X ₇₄	7	50	14.268,50		
Total	-	-	70	18.968,90		
2	X ₅₃	6	40	9.400,80		
2	X ₆₆	7	30	8.561,10		
Total	-	-	70	17.961,90		
3	X ₃₁	5	50	8.955,00		
3	X ₄₂	6	20	4.700,40		
Total	-	-	70	13.655,40		
4	X ₂₁	5	70	12.537,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
5	X ₈₁	5	70	12.537,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
6	X ₆₄	5	20	3.582,00		
6	X ₇₄	5	50	8.955,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
7	X ₄₁	5	50	8.955,00		
7	X ₅₃	5	20	3.582,00		
Total	-	-	70	12.537,00		

Modelo PMP com pesos iguais para as metas lucro, regulação da demanda e mão-de-obra

O estabelecimento de metas com pesos iguais representam um tomador de decisão indiferente à preferência por qualquer uma das metas. Os resultados deste cenário estão apresentados no Quadro 8. O lucro máximo obtido foi de \$ 1.060.628,00 uma redução de \$ 482.507,00 (uma redução de 31,27%) em relação ao cenário onde um único objetivo é estabelecido, qual seja a maximização do lucro. Entretanto, as metas estabelecendo um desvio mínimo no fluxo de demanda, apresentam-se mais regulares quando comparadas ao cenário com um único objetivo. Em relação à meta de maximização da mão-de-obra utilizada, houve um aumento de 35 unidades (6,25%) em relação ao mesmo cenário com um único critério. Portanto, apesar de não haver preferência do tomador de decisão, houve uma tendência do modelo em penalizar o lucro obtido, em contrapartida à melhor distribuição do fluxo de madeira ao longo do horizonte de planejamento e uma maior utilização do recurso mão-de-obra. Provavelmente o favorecimento da meta demanda deve-se à natureza do problema, o qual não oferece alternativas para que se possa obter maiores lucros com demandas regularizadas, a forte inter-relação entre as metas de demanda que ocorrem pela influência do ano seguinte sobre o ano atual. Finalmente, a meta de mão-de-obra favoreceu uma melhor regularização da demanda em detrimento ao lucro, conforme já ressaltado.

CONCLUSÕES

Pelo presente trabalho, pode-se concluir que:

O uso de otimização sob múltiplos critérios mostrou-se viável para problemas de planejamento florestal;

A maior flexibilidade proporcionada pelas variáveis de desvio e pelas diferentes ponderações permite uma análise de sensibilidade mais detalhada, além de gerar soluções alternativas que podem então ser escolhidas e implementadas respeitando às preferências específicas do TD;

Finalmente, conclui-se, pela observação das metodologias apresentadas, que a tomada de decisão sob múltiplos critérios oferece um paradigma superior aos modelos tradicionais de programação linear para o problema de planejamento florestal apresentado.

QUADRO 8 - Plano de manejo florestal considerando a otimização de múltiplos critérios, com pesos iguais para as metas propostas

Ano	Prescrição	Idade de corte (anos)	Área (ha)	Prod. (m ³ /ha)	Lucro (\$)	M.O. (un.)
0	X ₈₁	7	35,04	10.000,00	1.060.628	595
Total	-	-	35,04	10.000,00		
1	X ₅₁	5	50	8.955,00		
1	X ₆₄	6	20	4.700,40		
Total	-	-	70	13.655,40		
2	X ₄₁	5	30	5.373,00		
2	X ₅₃	6	40	9.400,00		
Total	-	-	70	14.773,80		
3	X ₃₁	5	50	8.955,00		
3	X ₄₂	6	20	4.700,00		
Total	-	-	70	13.655,00		
4	X ₂₁	5	70	12.537,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
5	X ₁₁	5	34,96	6.261,34		
5	X ₈₁	5	35,04	6.275,66		
Total	-	-	70	12.537,00		
6	X ₅₁	5	50	8.955,00		
6	X ₆₄	5	20	3.582,00		
Total	-	-	70	12.537,00		
7	X ₄₁	5	30	5.373,00		
7	X ₅₃	5	40	7.164,00		
Total	-	-	70	12.537,00		

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARE, B.B.; MENDOZA, G.A. (1988) A soft optimization approach to forest land management planning. **Forest Science**. 18: 545-552.
- BARE, B.B.; MENDOZA, G.A. (1992). Timber harvest scheduling in a fuzzy decision enviroment. **Can. J. For. Res.** 22: 423-428
- DYKSTRA, D.P. (1984). **Mathematical programing for natural resource manegement**. New York: McGraw-Hill.
- FIELD, D.B. Goal programming in forest management. (1973). **Forest Science**.,19, 125-135.
- JOHNSON, K. N., SCHEURMAN, H. L. (1977). Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives -

discussion and synthesis. **Forest Science**, Washington, 18, 1-31.

LEUSCHNER, W.A. **Introduction to forest resource management**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 298p.

MENDOZA, G.A. (1985). A heuristic programming approach in estimating efficient target levels in goal programming. **Can J. For. Res.**, 16, 363-366.

MENDOZA, G.A.; BARE, B.B.; CAMPBELL, G.E. (1986). Multiobjective programming for generating alternative: a multiple-use planning example. **Forest Science**, 33, 458-468.

NEWMAN, D.H. The optimal forest rotation: a discussion and annotated bibliography. **General Technical Report**, Washington, v.90, n.48, p.1-47, 1988.

RIBEIRO, C.A.A.S. **Pesquisa operacional aplicada ao manejo florestal**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Florestal, 1996, 107p. (Notas de aula).

RODRIGUES, F.L. (1997). Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear. Viçosa, MG. UFV. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.

TARP, P.; PAREDES, G.L.; HELLES, F. (1997). A dual approach to policy analysis in multiple-use forest management planning. **Can J. For. Res.**, 27, p849-858.

EFFECTOS DE LA INTENSIDAD DE TRANSITO DURANTE LA TALA RASA SOBRE EL CRECIMIENTO DEL *Pinus taeda* Y LA DENSIDAD APARENTE DE SUELOS ROJOS DEL NORESTE DE ARGENTINA.

TRAFFIC INTENSITY EFFECTS DURING CLEARCUTTING, ON THE GROWTH OF *Pinus taeda* AND RED SOIL BULK DENSITY IN NOREARSTEN ARGENTINA.

R. Fernández¹⁻² A. Lupi¹⁻² P. Mac Donagh² E. Crechi¹ N. Pahr² H. O'Lery² R. Martiarena¹ J. Falher³

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el impacto de la intensidad de tránsito durante la tala rasa de la primer rotación sobre el crecimiento del *Pinus taeda* y sobre la densidad aparente, luego de ocho años de la cosecha. Se procedió al registro de datos dasométricos y al muestreo de la densidad en tres espesores, en 60 parcelas instaladas en rodales no raleados, 30 de ellas localizadas en áreas de mayor intensidad de tránsito (MA-IT) y otras 30 en áreas de menor intensidad (ME-IT). No se detectaron diferencias significativas en altura dominante (Hdom), área basal ni en volumen. Por otro lado, presentaron diferencias significativas (P:0,05) tanto la densidad aparente (Dap) como la porosidad total (Pt) para el espesor 10-30 cm. Los mayores valores de Dap correspondieron a las áreas MA-IT. Se identificaron regresiones estadísticamente significativas entre Hdom y Dap₁₀₋₃₀, Pt₀₋₃₀, y Pt₀₋₆₀. Por lo tanto se detectó compactación subsuperficial en las áreas que soportaran mayor intensidad de tránsito en oportunidad de la tala rasa, y que dicho impacto perdura después de ocho años.

Palabras clave: compactación de suelos, cosecha, *Pinus taeda*, Argentina.

* Trabajo parcialmente financiado por el Proyecto Forestal de Desarrollo. SAGPyA-BIRF.

¹ INTA. EEA Montecarlo. Libertador 2472, Montecarlo, Misiones. Argentina. Email: rfernandez@ceel.com.ar

² UNaM. Facultad de Ciencias Forestales. CC295 (3380) . Eldorado, Misiones LIPSIA SA. Pto Esperanza. Misiones.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the traffic intensity impact during the clear-cutting of the first rotation on the growth of the *Pinus taeda* and the bulk density, after eight years of the harvest. The data registered were growth and bulk density, sampled in three soil depth's, in 60 plots installed in non thinned plantations, 30 of them in areas of high traffic intensity (HI-TI) and 30 in areas of low traffic intensity (LO-TI). No significant differences were detected in the dominant height (Hdom), basal area and volume. On the other hand, the bulk density (Bde) and the total porosity (Tp) showed significant differences (P: 0.05) for the depth 10-30 cm. The biggest values of Bde corresponded to the areas HI-TI. Statistically significant regressions were identified between Hdom and Bde_{10-30} , Tp_{0-30} , and Tp_{0-60} . Therefore subsurface compaction was detected in the areas that supported bigger traffic intensity when the clear-cut was made, and that impact persists after eight years.

Key Words: soil compaction, forest harvesting, *Pinus taeda*, Argentine.

INTRODUCCION

Las provincias de Misiones y Corrientes cuentan con más de la mitad del área de bosques implantados de Argentina, sumando alrededor de 500.000 has, predominando el *Pinus taeda* y el *P. elliottii*, y el *Eucaliptus grandis* y, en menor medida, otras especies e híbridos de estos géneros. Complementan el panorama de especies *Araucaria angustifolia*, *Melia Azederach* (paraiso), *Paulownia spp* (kiri), y *Grevillea robusta*.

La actividad tuvo sus inicios en la década del 50 y presentó un fuerte crecimiento en los '70, por lo cual gran parte de las plantaciones se encuentran cerca de su turno, mientras que otras ya se desarrollan en sitios de segunda rotación.

Uno de los objetivos del manejo forestal sustentable es el mantenimiento de la productividad a lo largo de las rotaciones. Las operaciones de cosecha representan una de las actividades de mayor riesgo para el mantenimiento de la capacidad productiva de los suelos. Ya Froehlich (1979); Cochran y Brock (1985), y Pritchett (1986) hacen referencia a efectos negativos producidos por el uso inadecuado de máquinas pesadas, tanto sobre las propiedades del suelo como sobre el crecimiento de los bosques.

Las operaciones de cosecha pueden causar disturbios tales como la remoción del piso forestal, su mezcla con el suelo mineral, la exposición del subsuelo y compactación. La intensidad y la extensión de estas alteraciones dependen de algunas características del suelo, como textura, mineralogía de arcillas, contenido de materia orgánica, así como de decisiones técnicas, como oportunidad -humedad al momento de cosecha-, el equipo utilizado - peso total y por eje, oruga o neumáticos, etc-, y el número de veces que han transitado los vehículos (Howard et al, 1981; Gayoso e Irumé, 1993; Rab, 1994; Jorajuría et al., 1995; Woodward, 1996).

La compactación es el aumento en la densidad del suelo como resultado de cargas aplicadas. Soane y Ouwerkerk (1994) definen a la compactación como un proceso de densificación del suelo mediante el cual se reduce la porosidad y la permeabilidad, y se induce a cambios en la estructura, y por ende en su comportamiento funcional.

Los cambios provocados por la compactación en la porosidad pueden generar condiciones inadecuadas de aireación y de drenaje, reducción en la eficiencia de la absorción de nutrientes y menor accesibilidad a estos últimos por parte de las raíces (Mitchell et al, 1982; Horn y Lebert, 1994).

Desde el punto de vista del crecimiento y la productividad, también pueden esperarse efectos no deseados. Cochran y Brock (1985), encontraron que la altura de plantas de *Pinus ponderosa*, guardaban una correlación negativa con el incremento de la densidad aparente. Lockaby y Vidrine (1984) reportaron una reducción del crecimiento en altura del *Pinus taeda* del 39 %, cuando la densidad aparente incrementaba un 14 %. Froehlich (1989), señala pérdidas de madera a largo plazo del orden del 6 al 15% en volumen. Fernández et al (1995) observaron que el *Pinus taeda* presentó mayor mortalidad y menor tasa de crecimiento inicial en las áreas más transitadas durante la tala rasa.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Evaluar el efecto de la compactación sobre el crecimiento del *Pinus taeda*.
- Evaluar el grado de densificación -superficial y subsuperficial- en tierras forestales destinadas a una segunda rotación.

Atendiendo a que las diferentes intensidades de tránsito pueden asociarse a impactos diferenciales sobre el crecimiento y la condición física de los suelos se plantearon las siguientes hipótesis de trabajo:

- El crecimiento del *Pinus taeda* en áreas de mayor intensidad de tránsito resulta menor que el correspondiente a las áreas de menor intensidad

de tránsito.

- Las áreas sometidas a mayor intensidad de tránsito, presentan mayor compactación superficial y sub-superficial, que las áreas sometidas a menor intensidad.

MATERIALES Y METODOS

El muestreo se llevó a cabo en un rodal de *Pinus taeda* de segunda rotación, localizado en el Departamento Iguazú, en el NO de la provincia de Misiones, Argentina. Las coordenadas geográficas aproximadas son: 26° 00' de latitud Sur y 54° 20' de longitud Oeste.

El clima se caracteriza por una temperatura media anual entre 20 y 21° C y una amplitud media anual de 11° C. Las precipitaciones varían en torno a los 2000 mm al año y su distribución es de tipo isohigro.

El uso anterior fue una primer rotación de *Pinus elliottii*, único uso luego del desmonte. El suelo responde a las características del gran grupo Kandudult, conocido regionalmente como tierra colorada, localizado en una posición de media loma alta dentro de un relieve suave ondulado. Contiene entre 55 y 65 % de arcilla, y su mineralogía corresponde a sesquióxidos y arcillas del tipo de la caolinita.

Se efectuó el muestreo inicial del suelo, estratificado por tratamiento y abarcando dos espesores: 0-10 cm y 10-20 cm. Los valores obtenidos para los diferentes tratamientos resultaron semejantes, por lo cual en la Tabla 1 se presentan la media correspondiente a cada espesor para el conjunto del sitio.

TABLA 1: Características químicas del suelo.

Espe sor (cm)	PH (H ₂ O)	MO (%)	Nt (%)	P	CIC	Valor S	Valor V (%)
				ppm	(cmol.kg ⁻¹)		
0-10	4,8	2,5	0,28	2,8	10,2	4,0	33,7
10-20	4,6	1,6	0,19	2,3	8,9	3,2	28,3

RE: MO: materia orgánica, Nt: nitrógeno total, P: fósforo disponible, CIC: capacidad de intercambio catiónico, Valor S: suma de bases, Valor V: saturación de bases.

Se seleccionó un rodal de *Pinus taeda*, origen Marion, de ocho años de edad, no raleado, cuya distancia de plantación fue 2,4 x 2,4 metros.

La línea de plantación se definió en el centro de la entrelínea de la primer rotación. Las parcelas de muestreo se localizaron en dos tipos de áreas de acuerdo a la intensidad de tránsito soportada durante la operación de tala rasa, las áreas de menor intensidad de tránsito (ME-IT) y las de mayor intensidad (MA-IT), de acuerdo a la siguiente caracterización:

- ME-IT: las operaciones con máquinas implicaron el pasaje de motoarrastradoras, de alrededor de 11 Mg, tanto para aplastar el sotobosque como para la extracción de los fustes enteros.

- MA-IT: se correspondieron con las franjas aledañas a las calles internas. Estas, luego de la cosecha de los árboles, fueron transformadas en áreas de acopio, elaboración y carga de los rollos arrastrados desde el interior del rodal. Su ancho oscila en los 20 metros. En ellas también operaron cargadoras frontales (peso sin carga: 9 a 11 Mg) y camiones (peso con carga: 24 a 26 Mg).

A efectos del registro de datos de crecimiento y del muestreo de suelos se instalaron 60 parcelas pareadas, 30 en áreas de MA-IT y otras 30 en áreas ME-IT. El número de árboles fue de 20 por parcela.

En cada parcela se relevó el diámetro de la altura del pecho de todos los árboles y la altura de los dos de mayor diámetro. Se midió la altura de una muestra de 80 árboles, balanceada por clase diamétrica. Mediante el ajuste de una relación hipsométrica y el uso de funciones disponibles se calculó el volumen total por parcela y su equivalente a hectárea, el área basal, y la altura dominante (H_{dom}) como la media de la altura de los dos individuos de mayor diámetro de cada parcela. Se calculó el Factor de Espaciamiento según la fórmula FE: $((10000/n^{\circ} \text{ de árboles})^{1/2} / H_{dom}) \times 100$.

La toma de muestras para densidad aparente se realizó de forma sistemática, manteniendo igual proporción de muestras en áreas de líneas y de entrelineas de la primer rotación. Se utilizó el método del cilindro para cada uno de los siguientes espesores: 0-10, 10-30 y 30-60 cm. Las muestras fueron llevadas a laboratorio y puestas en estufa a 105°C hasta peso constante, para posteriormente proceder al cálculo de la humedad y la densidad aparente. Fueron tomadas 10 muestras por parcela, para los espesores más superficiales y 5 para el más profundo. La porosidad total (Pt) se obtuvo por cálculo a partir de las densidades aparente y de partícula, utilizando como valor promedio de esta última $2,86 \text{ Mg.m}^{-3}$.

Para comparar el comportamiento de la altura dominante, el volumen, el área basal, la densidad aparente (espesores de 0-10, 10-30 y 30-60 cm) y la porosidad total (espesores: de 0-10; 0-30 y 0-60 cm)

correspondientes a las dos intensidades de tránsito, se aplicó el test de comparación de medias por muestras pareadas mediante la prueba de "t" student. Para aplicar la regla de decisión se trabajó al 0,05 de nivel de riesgo, resultando un valor crítico de "t" de tabla de 2,04.

Se efectuaron regresiones de la altura dominante en función de la densidad aparente (espesores de 0-10, 10-30 y 30-60cm) para el conjunto de las 60 parcelas. También entre la Hdom y la porosidad total ponderada (espesores de 0-10, 0-30 y 0-60 cm), para el mismo grupo de parcelas.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 2 presenta el crecimiento acumulado al octavo año en Altura dominante, Area basal y Volumen. Estos guarismos representan el promedio de las 30 parcelas de Menor intensidad de tránsito y de las 30 de Mayor intensidad.

TABLA 2: Altura dominante, área basal y volumen del *Pinus taeda* en función de la intensidad de tránsito. Edad: 8 años.

	Altura dominante (m)		Area basal (m ² . ha ⁻¹)		Volumen (m ³ . ha ⁻¹)	
	ME-IT	MA-IT	ME-IT	MA-IT	ME-IT	MA-IT
Promedio (n:30)	16,3	16,2	30,1	29,0	280	263
Desvío estándar.	0,51	0,45	3,9	4,6	37,5	38,8

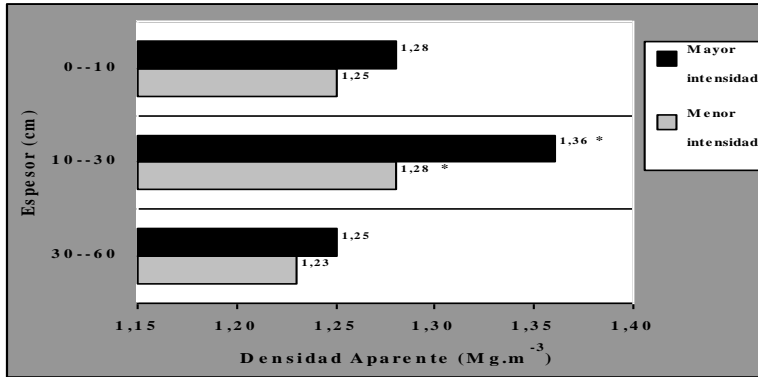
ME-IT Menor intensidad de tránsito, MA-IT Mayor intensidad de tránsito.

Las pruebas de diferencias de medias entre las áreas ME-IT y MA-IT, realizadas con los valores de crecimiento acumulado, indican la ausencia de diferencias significativas, tanto para Altura dominante, Area basal como para Volumen.

El Factor de Espaciamiento (FE) resultó en 16,6 para ME-IT y 17,1 para MA-IT. De acuerdo con las curvas de FE determinadas por Crechi et al (1998) estos valores indican que las condiciones de competencia en las parcelas correspondientes a ambos tratamientos fueron comparables, y que las mismas se encontraban próximas al límite inferior de la zona de mortalidad inminente por competencia.

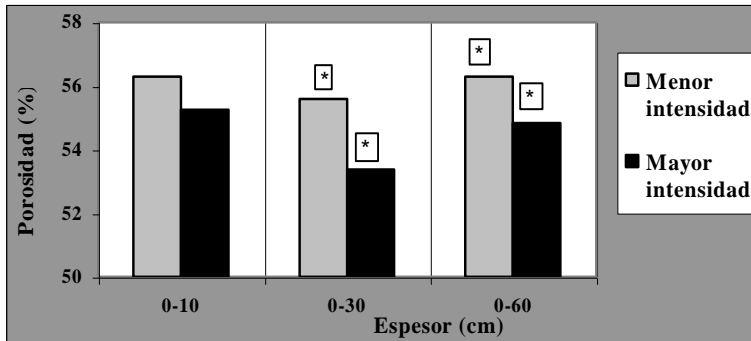
Las Figuras 1 y 2 grafican los valores medios (n:30) de densidad aparente y porosidad total para los diferentes espesores e intensidades de tránsito. La humedad al momento del muestreo varió entre el 30 y 34% para

el espesor superficial y entre el 32 y 42% para los más profundos.



*) Indica diferencias significativas entre medias (P:0,05).

FIGURA 1: Densidad aparente en función de la intensidad de tránsito y del espesor de suelo.



(*) Indica diferencias significativas entre medias (P:0,05).

FIGURA 2: Porosidad total en función de la intensidad de tránsito y del espesor de suelo.

Las pruebas de diferencias de medias entre las áreas ME-IT y MA-IT realizadas con los valores de densidad aparente y de porosidad total, correspondientes a los diferentes espesores estudiados permitieron detectar diferencias significativas (P: 0,05) en el espesor 10-30 cm para densidad aparente -Dap₁₀₋₃₀ -, y para porosidad total en los espesores 0-30 y 0-60 cm - Pt₀₋₃₀ y Pt₀₋₆₀ -.

La Tabla 3 presenta los indicadores de ajuste de las tres regresiones que presentaron significancia estadística al 95%, ellas fueron: Hdom con la Dap₁₀₋₃₀ , Hdom - Pt₀₋₃₀ y Hdom - Pt₀₋₆₀. Los análisis de residuos correspondientes corroboraron la bondad del ajuste ya que mostraron una distribución de tipo homogénea.

TABLA 3: Indicadores de ajuste de las regresiones estadísticamente significativas (P: 0,05).

Regresión (1)	Error Estándar	Coef. de correlación r	Coef. de determinación R ²	Probabilidad de la pendiente
Hdom - Dap ₁₀₋₃₀	0.42	- 4,96	24,6	0,0001
Hdom - Pt ₀₋₃₀	0.42	4,86	23,6	0,0001
Hdom - Pt ₀₋₆₀	0.45	3,22	10,4	0,012

(1) Número de parcelas, n: 60.

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran el comportamiento de la altura dominante en función de la Dap₁₀₋₃₀, de la Pt₀₋₃₀ y de la Pt₀₋₆₀.

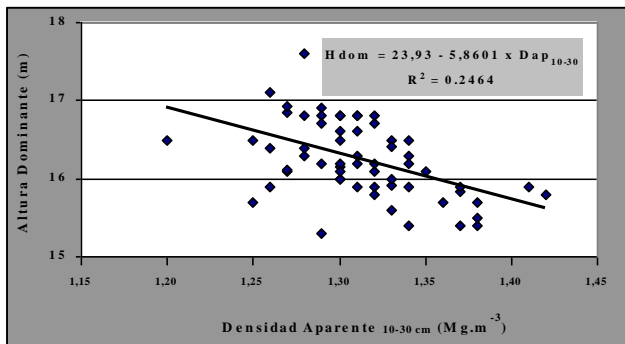


FIGURA 3: Altura dominante del Pinus taeda en función de la densidad aparente del espesor 10-30 cm. Edad: 8 años. (n: 60).

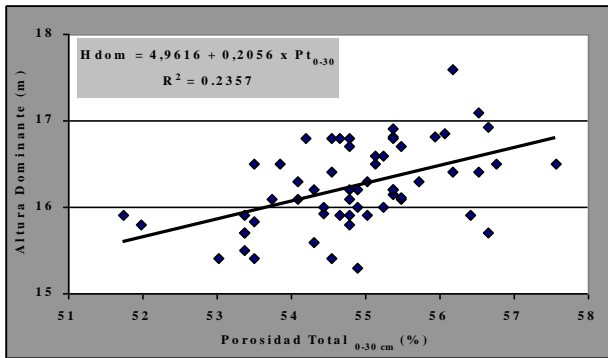


FIGURA 4: Altura dominante del Pinus taeda en función de la Porosidad total en el espesor 0-30. Edad: 8 años. (n: 60).

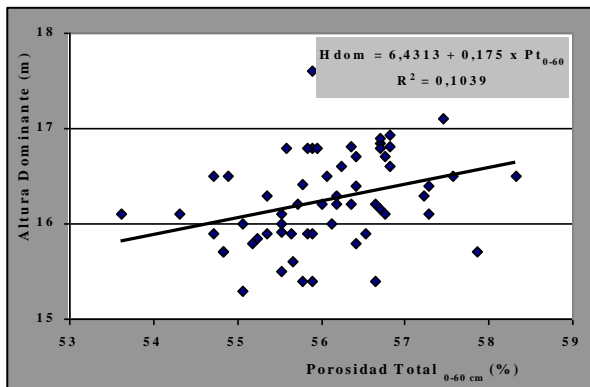


FIGURA 5: Altura dominante del Pinus taeda en función de la Porosidad total en el espesor 0-60. Edad: 8 años. (n: 60)

Dado que el comportamiento de la altura dominante puede considerarse independiente de la densidad, la ausencia de diferencias respecto de esta variable implica que la misma no fue afectada por los tratamientos en estudio. De manera semejante, se observó que el área basal

y el volumen tampoco resultaron afectados, dado que como fue indicado, los respectivos valores de Factor de espaciamiento permiten considerar que las condiciones de competencia en los rodales de ambos tratamientos resultaron comparables.

Por otro lado, se detectó una función estadísticamente significativa entre altura dominante y densidad aparente -espesor 10-30 cm- (Tabla 3 y Figura 3), hecho que aparece como una contradicción respecto de lo expresado en el párrafo anterior.

Cabe mencionar que los valores de densidad aparente detectados en ambas condiciones de intensidad de tránsito resultaron mayores que los registrados por Fernández et al (1998) en suelos del mismo tipo, vírgenes, bajo condición de bosque primario; del orden del 20 al 25 % en el espesor superficial y de más del 10% en el 10-30 cm. Esto significa que las cargas sufridas como consecuencia del desmonte y demás operaciones de implantación y manejo del rodal de la primer rotación han provocado un nivel de compactación en todo el área de trabajo.

De esta manera, la condición de densidad evaluada en este estudio probablemente exprese el efecto de los sucesivos procesos de densificación acumulados durante toda la historia del sitio hasta la tala rasa, incrementado por el efecto de los tratamientos bajo evaluación en este estudio, o sea la variación en densidad aparente debido a diferencias de intensidad de tránsito ocurridas en la operación de tala rasa.

A su vez, y de acuerdo a lo determinado por Håkansson y Reeder (1994) y por Cullen et al (1991), es probable que la mayor proporción de la compactación actual se haya producido durante las primeras pasadas de máquinas, con el inicio de las tareas mecanizadas.

Adicionalmente, por la modalidad de trabajo antes descripta, es de prever que la distribución de las cargas, debidas al tránsito de las máquinas durante la operación de tala rasa, no haya sido homogénea en las parcelas de MA-IT, como tampoco en las de ME-IT. De hecho algunas parcelas de las áreas de menor intensidad de tránsito manifestaron valores de densidad similares a algunas de las parcelas de mayor intensidad.

El coeficiente de correlación (Tabla 3) entre altura dominante y densidad aparente en el espesor 0-30 cm resultó negativo. Esto significa que los incrementos en densidad repercuten negativamente en el crecimiento del bosque, comportamiento ya reportado para *Pinus taeda* por Lockaby y Vidrine (1984) y por Fernández et al (1995). Es esperable que el aumento de la densidad se haya producido especialmente a expensas del volumen de macroporos disminuyendo de este modo el intercambio gaseoso, la oferta de

oxígeno y el volumen explorable por las raíces, con consecuencias detrimentales sobre el crecimiento.

Por otro lado, el signo positivo del coeficiente de correlación correspondiente a las regresiones entre altura dominante y porosidad total (Tabla 3), para los espesores 0-30 y 0-60 cm, indica que los incrementos en porosidad se asocian con incrementos en altura dominante.

Respecto del impacto sobre el suelo, en la Figura 1 puede observarse que el tratamiento MA-IT presentó mayores valores de densidad aparente que el ME-IT, en los tres espesores, de los cuales sólo en el espesor 10-30 cm se diferenciaron estadísticamente. Este comportamiento puede asociarse a un proceso de densificación subsuperficial debido al mayor número de pasadas de máquinas pesadas ocurrido en las áreas de mayor intensidad de tránsito. El fenómeno de compactación subsuperficial fue reportado para suelos de la región por Fernández et al (2000).

CONCLUSIONES

La altura dominante se asoció negativamente con la densidad aparente del espesor 10-30 cm, por lo tanto la compactación subsuperficial afectó el crecimiento del *Pinus taeda*.

Las áreas de mayor intensidad de tránsito durante la tala rasa manifestaron un incremento significativo en la densidad aparente para el espesor 10-30 cm, el cual perdura luego de ocho años, desde la cosecha. Los espesores 0-10 cm y 30-60 cm también presentaron mayor densidad que las áreas de menor intensidad, pero sin significancia estadística.

La porosidad total mostró diferencias estadísticas entre mayor y menor intensidad de tránsito, en los espesores 0-30 y 0-60 cm; resultando mayor en las áreas de menor intensidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los alumnos Marcelo Marek, Marcelo Da Cunha, Pablo Cortéz, Mario Alvez y Pablo Bart de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNaM, y a Ezequiel Fernández Tschieder, de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de UNLP por su colaboración en diferentes tareas de campaña y de gabinete. A los Ings Hugo Fassola por su colaboración en la interpretación de datos de crecimiento, Luis Colcombet por las correcciones del resumen en inglés, y Julio Bernio por su participación en diferentes etapas del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

COCHRAN, P. H.; BROCK, T. Soil Compaction and initial height growth of planted Ponderosa Pine. IN: FOREST SERVICE RESERCH, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, 1985, Note PNW-434.

CULLEN, S. J.; MONTAGNE, G.; FERGUNSON, H. Timber harvest trafficking and soil compaction in Western Montana. Soil Sci. Soc. Am. J., v. 55, p. 1416-1421, 1991.

FASSOLA, H; CRECHI, E; FERRERE, P; FRIEDL, A. Función de mortalidad en Pinus taeda para la Provincia de Misiones. Informe de Avance. Proyecto Cooperativo Simuladores de Crecimiento. INTA - EEA Montecarlo, Montecarlo, 1998, p. 24.

FERNANDEZ, R.; FAHLER, J.; FASSOLA, H.; PAHR, N.; LUPI, A. Influencia de la compactación producida durante la tala rasa sobre la productividad del segundo ciclo de Pinus taeda L. Bosque, Valdivia, v.16, n. 2, p. 91-99, 1995.

FERNANDEZ, R.; LUPI, A.; REIS, H.; PAHR, N.; BERNIO, J. Compactación de suelos. Efecto del desmonte y la cosecha forestal sobre un Ultisol. EN: AVANCES EN EL MANEJO DE SUELOS Y AGUA EN LA INGENIERÍA RURAL LATINOAMERICANA. Editorial Facultad de Agronomía, La Plata, 1998, p.105-112.

FERNANDEZ, R.; LUPI, A.; MAC DONAGH, P; PAHR, N.; GARIBALDI, J; ALVEZ, M; MAREK, M; CORTEZ, P. Compactación de suelos causada por el aprovechamiento de bosques subtropicales en Misiones, Argentina. EN: AVANCES EN INGENIERIA AGRICOLA. 2000, Ed. Facultad Agronomia, Buenos Aires, p. 50-55.

FROEHLICH, H. Soil compaction from logging equipment: Effects on growth of young ponderosa pine. Journal of soil and water conservation, v. 34 n. 6, p. 276-278, 1979.

FROEHLICH, H. A. Soil damage, tree growth, and mechanization of forest operations. IN: SEMINAR ON THE IMPACT OF MECHANIZATION OF FOREST OPERATIONS ON THE SOIL. Louvain-la Neuve, Bélgica, 1989, p. 76-86.

GAYOSO, J.; IROUMÉ, A. Impacto al suelo por efecto de la cosecha

forestal. Boletín Nro 10, Soc. Chilena de la Ciencia del Suelo. Ed. Renato Grez Z, 1993.

HÅKANSSON, I; REEDER, R. C. Subsoil compaction by vehicles with high axle load-extent, persistence and crop response. Soil & Tillage research, v. 29, p. 277-304, 1994.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactability and compressibility. EN: SOIL COMPACTION IN CROP PRODUCCTION. B. D. Soane and C.V. Ouwerkerk (Editors), 1994, Elsevier, Londres, p. 45-69.

HOWARD, R. F.; SINGER, J.; FRANTZ, G. A. Effects of soil properties, water content and compactive effort on the compaction of selected California forest and range soil. Soil. Science Soc. of America Journal, v. 45, n. 2, p. 231-236, 1981.

JORAJURIA, D.; DRAGHI, A.; ARAGON, A. Compactación del suelo bajo tráfico repetido. Investigación Agraria, Producción y Protección vegetales, Madrid, v. 10, n. 3, p. 473-483, 1995.

LOCKABY, B.; VIDRINE, C. G. Effect of logging equipment traffic on soil density and growth and survival of young loblolly pine. South J. Appl. For., v. 8, p. 109-112, 1984.

MITCHELL, M. L.; HASSAN, A.; DAVEY, C.; GREGORY, J. Loblolly pine Growth in compacted greenhouse soil. Trans. ASAE, v. 25, p. 304-307, 1982.

PRITCHET, W. Suelos Forestales. México. Editorial Limusa. 1986, 634 p.

RAB, M. A. Changes in physical properties of a soil asociated with logging of Eucalyptus regnans forest in southeastern Australia. Forest Ecology and Management, v.70, p. 215-229, 1994.

SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. V. Soil compaction problems in World Agriculture. IN: SOIL COMPACTION IN CROP PRODUCCTION. B. D. Soane and C.V. Ouwerkerk (Editors), 1994, Elsevier, Londres, Elsevier, p. 1-21.

WOODWARD, C. L. Soil compaction and topsoil removal effects on soil properties and seedling growth in Amazonian Ecuador. Forest Ecol. and Management, v. 82, p. 197-208, 1996.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

EFEITO DA EXPLORAÇÃO EM FLORESTA SOB MANEJO
SUSTENTÁVEL EM ESCALA COMERCIAL NA AMAZÔNIA
CENTRAL

LOGGING EFFECT IN FOREST UNDER SUSTAINABLE
MANAGEMENT ON COMMERCIAL-SCALE IN CENTRAL
AMAZONIA

Luiz Marcelo Brum Rossi¹ Celso Paulo de Azevedo¹ Josué Rogério de
Souza² Mônica Suani Barbosa da Costa³

RESUMO

Foi estudado o comportamento da floresta, antes e após a exploração seletiva, situada na empresa MIL Madeireira em Itacoatiara (AM). Os dados foram baseados no inventário contínuo efetuado em 14 parcelas permanentes de 1 ha, distribuídas aleatoriamente na área de 2250 ha do compartimento "B". Foram consideradas todas as árvores com DAP \geq 15 cm, medidas em duas ocasiões: em dezembro de 1996 e após a exploração 18 meses mais tarde. Foram quantificados dados de abundância, área basal e volume relativos à exploração, danos, mortalidade, incremento e ingresso das espécies comerciais e não comerciais.

Palavras-chave: floresta tropical, mortalidade, distribuição diamétrica, parcelas permanentes

ABSTRACT

It was studied the behavior of a forest, before and after the selective logging, located in MIL Madeireira company in Itacoatiara (AM). The data had been based on the recurrent inventory done in fourteen one-hectare permanent plots, randomly scattered in the area of 2250 ha in compartment "B". It had been considered all the trees with DBH \geq 15

¹ Engenheiro Florestal, Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, 69011-970, Manaus – AM

² Engenheiro Florestal, Madeireira Itacoatiara Ltda., Rodovia AM-010, km 225, 69100-000, Itacoatiara – AM

³ Bolsista PIBIC/CNPq/Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, 69011-970, Manaus – AM

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

cm, measured in two occasions: in December 1996 and after the logging, eighteen months later. The variables used were: abundance, basal area and volume concerning to the felled trees, damage, mortality, diameter increment and recruitment of commercial and non-commercial tree species.

Key words: tropical forest, mortality, diameter distribution, permanent sampling plots

INTRODUÇÃO

A floresta amazônica é considerada a maior reserva de madeira tropical do mundo, mesmo com o avanço do desmatamento nas bordas meridional e oriental, locais estes onde a floresta é mais rica do ponto de vista madeireiro com maior número de espécies produtoras de madeira nobre como o mogno, a cerejeira e o cedro. A porção central da Amazônia é caracterizada por possuir amplas áreas alagáveis (várzeas e igapós), baixa densidade demográfica, alta diversidade de espécies vegetais, reduzido número de espécies madeireiras nobres, solos ácidos e pouco férteis e reduzida atividade antrópica com desmatamento ao redor de 1,88% em contraponto com o valor global de 11% da Amazônia Legal (INPE, 2000).

Entre os desafios tem-se o de desenvolver um sistema de manejo sustentável, ecologicamente adequado e principalmente economicamente viável, que possibilite o desenvolvimento da região e a melhoria das condições sócio-econômicas da população. Apesar do manejo florestal estar considerado na legislação pelo menos desde 1986 com a promulgação da Lei nº 7511, somente em 1991 com a Instrução Normativa nº 80 e em 1994 com o Decreto nº 1.282 é que foi disciplinado a forma de apresentação, princípios e diretrizes técnicas dos Planos de Manejo Florestal para a Amazônia. Entretanto poucos são os casos de aplicação efetiva das diretrizes e prescrições do Manejo Florestal Sustentável, a maioria dos planos executados contempla apenas a extração da madeira e o abandono da área logo após o término das atividades.

Um dos primeiros exemplos foi o da MIL Madeireira Itacoatiara Ltda. de propriedade do grupo suíço Precious Woods que estabeleceu-se em 1995 nos municípios de Itacoatiara e Silves no Amazonas, distantes 250 km a leste de Manaus em uma área de cerca de 80000 ha. Pela primeira vez, na Amazônia, uma empresa madeireira planejou a execução das atividades com base em princípios técnicos e científicos do manejo florestal e adotou o sistema silvicultural policíclico CELOS com a colaboração de órgãos de pesquisa como o INPA e a EMBRAPA. As atividades de campo incluem

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

desde o planejamento dos talhões anuais (compartimentos), abertura de estradas, inventário prospectivo, inventário 100% para a exploração, abate, arraste e transporte da madeira até o local de processamento.

Isto possibilitou que em 1997 a empresa recebesse o “Selo Verde”, a certificação emitida pelo SmartWood/FSC (Forest Stewardship Council). Um outro ponto importante é o sistema de monitoramento das áreas exploradas através de inventário contínuo com o uso de parcelas permanentes, utilizando a metodologia desenvolvida pela Embrapa Amazônia Oriental. Atualmente os dados coletados pela empresa são acompanhados, armazenados e processados pela Embrapa Amazônia Ocidental através de um convênio de cooperação técnica e a partir destes dados foi elaborado este trabalho.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A complexidade dos sistemas florestais tropicais tornam bastante difíceis as avaliações de parâmetros biológicos, principalmente os relacionados com a vegetação arbórea. Um sistema de monitoramento da floresta requer grande volume de trabalho, além de ter um custo bastante elevado. Uma das maneiras de monitorar a dinâmica da floresta é a aplicação do inventário contínuo com o objetivo de detectar mudanças na floresta quando submetida à exploração, embora também possa ser usado em monitoramento de áreas não perturbadas.

A dinâmica de florestas tropicais deve ser muito bem entendida para que se possa planejar a utilização sustentada dos recursos e a floresta com sua alta heterogeneidade dificulta a determinação de um sistema de manejo silvicultural, que seja lucrativo, em qualquer região tropical do mundo (CARVALHO, 1999).

De acordo com PHILIP (1994) o inventário contínuo é adequado para produzir informações que torna possível estudos detalhados de modelos de crescimento da floresta e também é parte do sistema de manejo empregado fornecendo informações atualizadas sobre o crescimento da floresta. Isto permite a tomada de decisões do manejador em relação à necessidade de aplicação de tratamentos silviculturais para estimular a regeneração natural e/ou o crescimento da floresta sob manejo.

Em florestas heterogêneas o inventário contínuo é a única forma de estimar as mudanças dentro da floresta e prever o crescimento futuro. Os inventários podem ser executados usando-se parcelas temporárias, parcelas permanentes ou uma combinação das duas (PHILIP, 1994).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

SHEIL (1995) relata uma série de problemas relacionados com a implantação e uso de parcelas permanentes, entre eles cita: o erro ou não identificação de espécies, perda da identificação da árvore em campo, medições de diâmetro em troncos com sapopemas fora da altura padrão, avaliação subjetiva de danos, troncos com espinhos, falta de cuidado nas medições, avaliações em diferentes épocas (chuva/seca), e outros fatores que podem influenciar a tomada de dados e os cálculos efetuados ao longo do tempo com várias medições periódicas, cujos erros e desvios podem se acumular.

Apesar dos problemas do uso de parcelas permanentes, este é o método mais utilizado em florestas tropicais na Ásia, África e América Latina. Diversos trabalhos realizados no Pará pela EMBRAPA e Imazon e no Amazonas pelo INPA utilizam-se deste tipo de dados para modelagem e monitoramento.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no compartimento "B" na propriedade denominada "Fazenda 2 Mil" e fazem parte do sistema de monitoramento com o uso de parcelas permanentes da floresta manejada da empresa MIL Madeireira Itacoatiara Ltda.

A área florestal da MIL está localizada no km 225 da rodovia AM-010, município de Itacoatiara (AM), possuindo área total de 80571 ha, sendo a área de produção de 61718 ha dividida em 25 compartimentos de exploração anual com tamanho médio de 2500 ha.

O clima da área é do tipo "AmW" de Köppen com estação seca de dois a três meses (com precipitação mensal nunca inferior a 50 mm), precipitação média anual de 2200 mm e temperatura média anual de 26°C. Os solos são do tipo Latossolo Amarelo Distrófico com pH variando entre 4,3 e 4,7, saturação de alumínio entre 85 e 90% e teor de fósforo abaixo de 4 mg dm³. A floresta é classificada como Floresta Ombrófila Densa de terra firme. O inventário florestal prospectivo da área, considerando árvores com DAP ≥ 5 cm, mostrou valores médios de 981 árvores ha⁻¹ (404 de espécies comerciais), área basal de 30,2 m² ha⁻¹ (com 17,6 m² ha⁻¹ referente a espécies comerciais) e volume de 303,6 m³ ha⁻¹, sendo comerciais o volume de 184,3 m³ ha⁻¹. O volume das espécies comerciais com DAP maior ou igual a 60 cm foi de 59 m³ ha⁻¹ (PRECIOUS WOODS, 1997). O sistema silvicultural utilizado é derivado do sistema CELOS (GRAAF, 1986; 1991).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

com adaptações dos sistemas SEL do INPA (HIGUCHI *et al.*, 1991) e do sistema CPATU (SILVA *et al.*, 1999), prevendo um ciclo de corte de 25 anos.

O compartimento "B" possui área total de 2250 ha e área de produção florestal efetiva de 1992 ha. em cuja exploração foi executada em 1997. As parcelas permanentes em número de 14 foram alocadas aleatoriamente na área antes da exploração. Cada parcela permanente possui dimensões de 100 x 100 m e é subdividida em 100 subparcelas de 10 x 10 m. A metodologia utilizada é a descrita em SILVA & LOPES (1984) desenvolvida pela Embrapa Amazônia Oriental. Foram avaliadas todas as árvores com DAP ≥ 15 cm com a coleta de informações de dez variáveis (espécie, DAP, tratamento silvicultural, classe de floresta da subparcela, classe de identificação do fuste, danos, forma da copa, iluminação de copa, presença de cipós e grau de comercialização do tronco).

Os dados aqui considerados foram obtidos na primeira medição, antes da exploração, em dezembro de 1996 e na segunda medição, realizada após a exploração, em junho de 1998. Todos os dados foram processados no sistema de banco de dados denominado SFC (Sistema de Inventário Contínuo) desenvolvido pela Embrapa Amazônia Oriental (EMBRAPA, 1995). Cálculos estatísticos adicionais foram executados no programa BioEstat 2.0 (AYRES *et al.*, 2000) e Statistica 5.0 (STATISTICA, 1994). O cálculo do volume foi feita pela equação genérica desenvolvida para a Amazônia pela Embrapa Amazônia Oriental (SILVA *et al.*, 1984) $V = e^{(7,6281 + 2,1809 \ln DAP)}$ para árvores com DAP ≥ 45 cm e $V = 0,0094 + 9,1941 * DAP^2 * 10^{-4}$ para árvores com DAP < 45 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Povoamento original

O inventário realizado nas parcelas permanentes, considerando todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 15 cm, antes da exploração indicou que haviam em média 299 árvores por hectare, das quais 147 eram de espécies comerciais. Foram encontradas 145 espécies, pertencentes a 100 gêneros e 43 famílias, as espécies comerciais foram em número de 54 de 45 gêneros e 20 famílias.

A área basal total encontrada foi de 27,12 m² ha⁻¹, sendo 58% relativa às espécies comerciais. O volume comercial total médio foi de 297,6 m³ ha⁻¹, dos quais 181 m³ ha⁻¹ eram de espécies comerciais. O volume

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

das espécies comerciais com DAP ≥ 45 cm foi de $120,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Neste caso não foi considerado a espécie *Minquartia guianensis* que é explorada e comercializada na forma de postes, com diâmetros abaixo de 45 cm, e cujos indivíduos encontram-se em sua maioria distribuídos nas classes diamétricas inferiores a este valor.

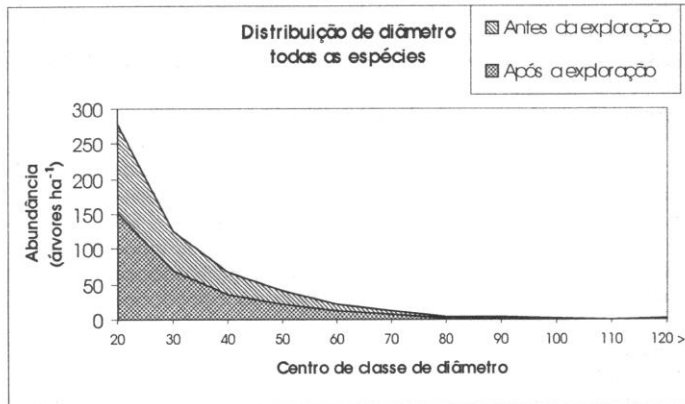


FIGURA 1: Distribuição diamétrica de indivíduos de todas as espécies com DAP ≥ 15 cm antes e após a exploração no compartimento "B".

A distribuição de diâmetros do número total de árvores (figura 1) teve um bom ajuste ao modelo exponencial (Meyer I) $y = 437,3961 * e^{-0,0616 * x}$ onde y é o número de árvores por hectare e x o valor do centro de classe diamétrica em centímetros. O valor do coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,9731 com $p < 0,00001$. A distribuição diamétrica dos indivíduos das espécies comerciais (Figura 2) também apresentou um bom ajuste ao modelo exponencial $y = 239,2029 * e^{-0,0602 * x}$ com o valor do R^2 igual a 0,9886 ($p = 0,0018$).

Considerando a abundância total do povoamento 13 espécies contribuíram com 50% da abundância total do povoamento, destas, 6 eram espécies comerciais (c) (Tabela 2). As espécies mais abundantes foram *Pouteria guianensis* (c), *Protium sagotianum* e *Lecythis prancei* (c). Em relação à área basal, 18 espécies contribuíram com 50% da área basal, sendo 10 espécies de interesse comercial, as espécies com maior área basal foram *Pouteria guianensis* (c), *Lecythis prancei* (c) e *Iryanthera* sp. Dezesete

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

espécies contribuíram com mais de 50% do volume total, entre elas 11 eram espécies comerciais, as espécies com maior volume foram as mesmas da área basal.

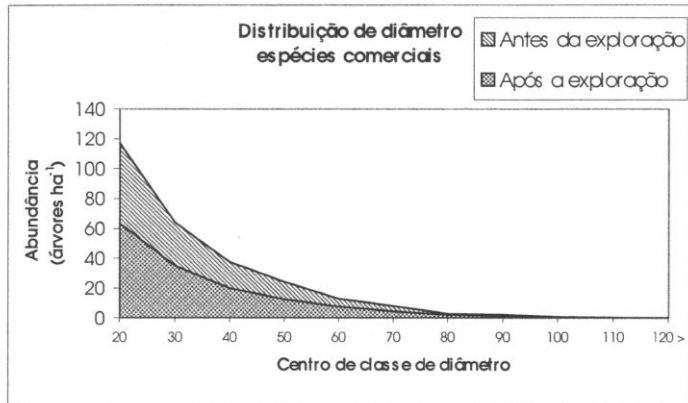


FIGURA 2: Distribuição diamétrica de espécies comerciais com DAP \geq 15 cm antes e após a exploração no compartimento "B".

Exploração

Nas parcelas permanentes do compartimento "B" foram exploradas 31 espécies, destas, 8 espécies contribuíram com 50% da área basal removida pela exploração, predominantemente foram exploradas *Minquartia guianensis* e *Manilkara huberi*, com 17 e 11% da abundância total respectivamente e, *Manilkara huberi* e *Ocotea rubra* com 11,8 e 10,2% da área basal, respectivamente. A metade do volume total explorado pertence a 7 espécies, principalmente *Manilkara huberi* (11,7%) e *Ocotea rubra* (11%). A diferença de posição entre *Manilkara* e *Minquartia* é porque as árvores desta última são de dimensões bem menores (DAP < 45 cm) que as demais espécies.

Em relação à distribuição de diâmetros das árvores exploradas (Figuras 2 e 3), a quase totalidade encontra-se nas classes de diâmetro superiores a 45 cm, já que este é o limite inferior para exploração. Entretanto algumas espécies podem ser exploradas com diâmetro abaixo deste limite, como no caso da *Minquartia guianensis*, que é uma espécie

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

utilizada para postes e foi a espécie mais explorada em número de árvores por hectare, e encontra-se distribuída nas classes entre 15 e 45 cm de DAP.

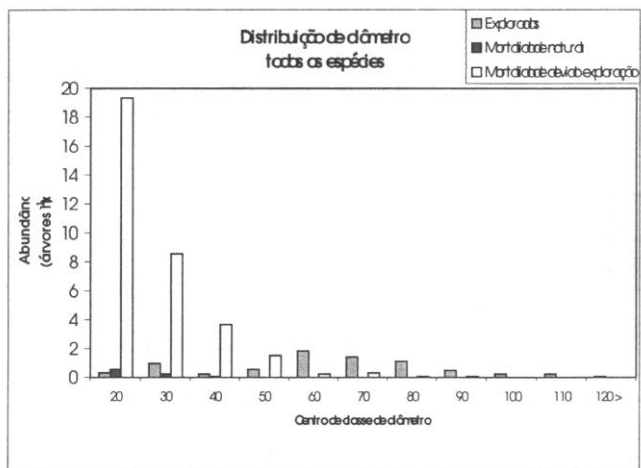


FIGURA 3: Distribuição diamétrica das árvores exploradas, da mortalidade natural e da mortalidade causada pela exploração no compartimento "B".

Danos da exploração

O inventário executado após a exploração registrou danos em 41,5 árvores por hectare, das quais 19,5 eram árvores de espécies comerciais, isto corresponde a $2,62 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ de área basal, dos quais $1,37 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ referente aos indivíduos de espécies comerciais (Tabela 1). O volume danificado foi de $24,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, do qual 55% é de espécies comerciais. Destes valores de árvores danificadas, cerca de 80% dos indivíduos morreram antes de completar um ano após a exploração, o mesmo percentual foi encontrado para as variáveis área basal e volume. Das árvores danificadas remanescentes vivas, $6,0 \text{ árvores ha}^{-1}$ tiveram danos leves e $1,6 \text{ árvore ha}^{-1}$ teve danos severos originados pela exploração. Em relação às espécies comerciais estes valores foram, de 3,0 e de 0,9 árvores ha^{-1} respectivamente.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Estudos feitos por VERISSIMO et al. (1992) em Paragominas (PA), em três áreas de exploração madeireira convencional, indicaram que os valores médio de danos causado pela exploração foram de 148 árvores ha⁻¹, área basal danificada de 6,4 m² ha⁻¹ e volume danificado de 62 m³ ha⁻¹, estes valores são de 3 a 4 vezes mais altos que os resultados obtidos na exploração da Mil Madeireira.

TABELA 1: Dinâmica da abundância, área basal e volume comercial no compartimento "B".

	Espécies	Abundância (árvores ha ⁻¹)	Área Basal (m ² ha ⁻¹)	Volume (m ³ ha ⁻¹)
Árvores vivas antes da exploração	total	299,3	27,12	297,6
	comercial	147,4	15,83	181,1
Árvores exploradas	total	7,5	2,74	35,7
	comercial	7,2	2,65	35,0
Mortalidade natural	total	0,9	0,85	0,23
	comercial	0,6	0,57	0,17
Danificado pela exploração	total	41,5	2,62	24,8
	comercial	19,5	1,37	13,6
Mortalidade causada pela exploração	total	33,9	2,13	20,4
	comercial	15,6	1,08	10,7
Ingresso	total	2,9	0,06	0,44
	comercial	1,3	0,03	0,17
Vivas após exploração	total	255,6	22,65	246,0
	comercial	123,4	12,38	138,7
Vivas com danos leves pela exploração	total	6,0	0,36	3,6
	comercial	3,0	0,23	2,4
Vivas com danos severos pela exploração	total	1,6	0,13	0,8
	comercial	0,9	0,05	0,5

Povoamento remanescente

O levantamento realizado após a exploração e 18 meses após a primeira avaliação revelou que o estoque remanescente foi de 256 árvores vivas por hectare (85,4% do estoque inicial), sendo 123 árvores de espécies comerciais (83,7% do valor inicial). Foram encontradas 147 espécies, pertencentes a 100 gêneros e 43 famílias, sendo que as duas espécies que ingressaram são não-comerciais.

A distribuição diamétrica para os indivíduos de todas as espécies do povoamento remanescente (Figura 1) foi ajustada ao modelo exponencial $y=479,2721 * e^{-0,0677 * x}$, o qual apresentou o maior valor do coeficiente de determinação $R^2=0,9538$ ($p < 0,00001$). Em relação a distribuição das

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

árvores vivas de espécies comerciais do povoamento após a exploração (Figura 2) a equação com melhor ajuste foi o modelo logarítmico $y=125,4316-327,7266*\ln x$, com $R^2=0,8763$ ($p<0,00001$).

A área basal remanescente foi de 22,65 m² ha⁻¹ e 12,38 m² ha⁻¹ para todas as espécies e espécies comerciais respectivamente. O volume total encontrado foi de 246,0 m³ ha⁻¹, sendo 138,7 m³ ha⁻¹ de espécies comerciais. O volume remanescente de árvores vivas de espécies comerciais com DAP ≥ 45 cm foi de 86,6 m³ ha⁻¹.

As comparações feitas com os valores de cada parcela, entre os valores antes e após a exploração, das variáveis número de árvores e área basal de espécies comerciais e para todas as espécies, mostraram diferença significativa ($p<0,0001$) em todas as comparações de acordo com o teste *t* aplicado.

Mortalidade

A mortalidade natural registrada em 18 meses foi de 0,85 árvores por hectare, correspondendo ao valor anual de 0,19%. Deste valor 0,57 árvore ha⁻¹ são de árvores comerciais cuja mortalidade anual foi de 0,26%. A mortalidade devido à exploração (mortalidade catastrófica) alcançou após a exploração 33,9 árvores por hectare, correspondendo a 11,3% do valor do número de árvores existentes anterior à exploração.

Das espécies comerciais o valor foi de 15,6 árvores ha⁻¹ correspondendo à mortalidade de 10,6% da abundância comercial anterior à exploração. De acordo com a distribuição diamétrica da mortalidade natural (Figura 3) a totalidade dos indivíduos mortos encontram-se nas três primeiras classes de diâmetro, isto é, com DAP < 45 cm. A distribuição diamétrica da mortalidade devido a exploração (Figura 3) mostra que os indivíduos danificados e mortos encontram-se nas classes de menor diâmetro, exatamente por serem de menores dimensões e sofrerem maiores injúrias pela queda das árvores maiores.

Ingresso

Houve ingresso de 2,86 árvores ha⁻¹ (0,63% ao ano) para todas as espécies e de 1,29 árvore ha⁻¹ ou percentual de 0,58% anual de indivíduos de espécies comerciais. O ingresso de área basal total foi de 0,062 m² ha⁻¹ e de 0,026 m² ha⁻¹ para as espécies comerciais. O ingresso em volume foi de 0,44 m³ ha⁻¹ e de 0,17 m³ ha⁻¹ para todas as espécies e para espécies comerciais, respectivamente.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Proporção de Danos e Mortalidade

Para cada árvore explorada foram danificadas 5,53 árvores (2,6 de espécies comerciais), destas, 4,5 árvores (2,08 comercial) morreram antes de um ano após a exploração, 0,8 árvore (0,4 comercial) teve danos leves e 0,21 árvore (0,12 comercial) teve danos severos ocasionado pela exploração.

Em relação à área basal, para cada 1 m² explorado foi danificado 0,954 m² (0,5 m² de espécies comerciais), destas 0,78 m² (0,4 m² comerciais) morreram antes de um ano, 0,355 m² (0,232 m² comercial) teve danos leves e 0,127 m² (0,05 m² comercial) teve danos severos. Cada árvore explorada danifica em média 0,3488 m², sendo 0,182 m² de espécies comerciais, e das quais morrem 0,285 m² (0,144 m² de espécies comerciais) antes de um ano após a exploração.

Os danos causados pela exploração de 1 m³ de madeira podem ser descritos com as seguintes relações: cada metro cúbico extraído danifica 0,69 m³ (0,38 m³ de espécies comerciais), deste valor 0,57 m³ (0,30 m³ comercial) morrem antes de um ano após a exploração. Os danos leves atingiram 0,10 m³ (0,07 m³ comercial) e os danos severos 0,02 m³, do qual a metade é de espécies comerciais.

Cada árvore extraída danifica em média volume de 3,3 m³ (1,81 m³ comercial) dos quais 2,71 m³ (50% comercial) morrem em até um ano após a exploração da floresta.

Estes valores são bem inferiores aos da exploração convencional na Amazônia, VERÍSSIMO et al. (1992) encontrou em Paragominas (PA) valores médios de danos em 3 áreas de 27 árvores para cada indivíduo explorado e volume danificado de 1,9 m³ para cada metro cúbico extraído. Ainda afirma que a exploração sem manejo e sem planejamento destrói a área basal em 25% do povoamento original, valor bem superior ao encontrado neste trabalho de 9,6%.

Na região de Manaus em uma exploração manejada experimentalmente, os valores obtidos foram de 8 árvores danificadas para cada árvore explorada (HIGUCHI & VIEIRA, 1990). Na FLONA de Tapajós na exploração experimental de uma área houveram danos/mortes em 20% das árvores com DAP ≥ 5 cm, sendo 12% em espécies comerciais e o volume destruído foi de 28 m³ ha⁻¹ (SILVA et al, 1990)

Incremento diamétrico

O incremento em diâmetro registrado para o período de 18 meses

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

considerando todas as espécies foi em média de 0,25 cm ano⁻¹ e de 0,27 cm ano⁻¹ para as espécies comerciais. O incremento maior ocorreu nas classe de 65-75 cm para espécies comerciais de 0,42 cm ano⁻¹ e de 0,47 cm ano⁻¹ para não comerciais. Na FLONA de Tapajós para um período de observação de 13 anos o valor do incremento foi de 0,2 cm ano⁻¹ (SILVA *et al*, 1990).

CONCLUSÕES

A exploração planejada, vinculada a um efetivo manejo florestal reduziram bastante o impacto da extração das árvores sobre o povoamento, comparando-se com a exploração convencional, os valores de danos pós-exploratórios são cerca de três a seis vezes menores. A redução dos valores das variáveis abundância, área basal e volume do povoamento remanescente em relação ao original foi na ordem de 17%, exceto para a área basal e volume das árvores comerciais que ficaram em torno de 23%.

Pelo fato dos dados serem tomados logo após a exploração ainda é muito grande a influência da mortalidade catastrófica e a perturbação causada pela extração das árvores, com o tempo haverá a estabilização do povoamento remanescente e sua recuperação com provável incremento diamétrico e volumétrico devido à abertura do dossel. A terceira avaliação a ser efetuada ainda em 2001, quatro anos após a exploração, provavelmente detectará estas mudanças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, M.; AYRES JR, M; AYRES, D.L. et al. **BioEstat 2.0** - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2000. 272p.
- CARVALHO, J.O.P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL., 1999. Belém. **Resumos Expandidos**. Belém: EMBRAPA-CPATU/DFID, 1999. p.174-179. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 123)
- EMBRAPA. **SFC - Sistema de inventário contínuo versão 3.0 net** - Manual do usuário. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1995. 63p.

TABELA 2: Variáveis dendrométricas da dinâmica das 15 espécies mais abundantes no compartimento "B".

Espécie	Antes da exploração			Após exploração			Ingresso		Mort.		Explorado	
	N	G	V	N	G	V	N	V	N	V	G	V
<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	26,2	2,57	29,0	23,4	2,42	27,6	0,21	27,6	2,57	0,21	0,08	1,1
<i>Protium sagotianum</i> Marchand	13,6	0,63	5,1	11,1	0,52	4,2	0,14	4,2	2,36			
<i>Lecythis prancei</i> S.A. Mori	13,1	1,35	15,1	11,7	1,24	14,1	0,07	14,1	1,00	0,21	0,06	0,7
<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	12,4	0,72	6,5	10,1	0,63	5,9		5,9	2,00			
<i>Ocotea fragrantissima</i> Ducke	11,5	0,84	8,7	9,6	0,64	6,3		6,3	1,57	0,21	0,06	0,8
<i>Protium altsonii</i> Sandwith	11,3	0,73	7,0	9,2	0,60	5,8	0,07	5,8	1,93	0,07	0,03	0,5
<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	11,1	0,78	8,0	9,8	0,74	7,8	0,14	7,8	1,36			
<i>Eschweilera</i> sp.	10,5	0,51	4,3	9,4	0,48	4,0		4,0	0,86			
<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	8,6	0,43	3,5	7,4	0,39	3,3	0,14	3,3	1,21			
<i>Eschweilera coriaceae</i> (D.C.) S.A. Mori	8,3	0,51	4,8	7,9	0,50	4,9	0,14	4,9	0,64			
<i>Iryanthera</i> sp.	7,9	0,91	11,1	6,9	0,74	8,8		8,8	0,64			
<i>Licania</i> sp.	7,6	0,62	6,5	6,8	0,59	6,3		6,3	0,79			
<i>Sclerobium chrysophyllum</i> Poepp.	7,2	0,81	9,3	5,7	0,66	7,5	0,21	7,5	1,29	0,14	0,07	0,9
<i>Chrysophyllum oppositum</i> (Ducke) Ducke	7,2	0,52	5,3	6,5	0,51	5,2		5,2	0,57			
<i>Aniba</i> sp.	6,6	0,33	2,7	5,3	0,25	2,0	0,14	2,0	1,29			
Valor percentual do total de espécies (%)	54,5	45,2	42,6	55,1	48,1	46,1	44,1	46,1	57,8	11,2	11,1	11,3

Onde: Mort.: Mortalidade; N: árvores ha⁻¹; G: m² ha⁻¹; V: m³ ha⁻¹

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- GRAAF, N.R. de. **A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname.** Wageningen: Agricultural University, 1986. 250p.
- GRAAF, N.R. de. Managing natural regeneration for sustained timber production in Suriname: the celos silvicultural and harvesting system In: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. **Rain forest regeneration and management.** Paris: UNESCO/Parthenon Publishing, 1991. p.393-405 (Man and the Biosphere series, v.6)
- HIGUCHI, N.; VIEIRA, G. Manejo Sustentado da Floresta Tropical Úmida de Terra-firme na Região de Manaus - um projeto de pesquisa do INPA In: Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão. **Trabalhos convidados.** São Paulo: SBS / SBEF, 1990. v.1. p.34 – 37.
- HIGUCHI, N., VIEIRA, G., MINETTE, L., FREITAS, J. V., JARDIM, F. C. S. Sistema SEL (Seleção de Espécies Listadas) para Manejar a Floresta Tropical Úmida de Terra-firme da Amazônia In: VAL, A.L.; FIGLIUOLO, R.; FELDBERG, E. **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia - Fatos e Perspectivas** v.1. Manaus: INPA, 1991. p.197-206.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite - 1999-2000.** São José dos Campos: INPE, 2000. Disponível em http://www.inpe.br/Informacoes_Eventos/amz1999_2000/Prodes/index.htm.
- PHILIP, M.S. **Measuring trees and forests.** 2 ed. Wallingford, UK: CAB, 1994. 310p.
- PRECIOUS WOODS. **Management plan for sustained use of the forests of MIL Madeireira Itacoatiara Ltda.** Itacoatiara: Precious Wood, 1997.117p.
- SHEIL, D. **A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda.** Forest Ecology and Management, v.77, 1995. p. 11-34.
- SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. ; LOPES, J.C.A. **Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós.** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1984. p.50-63. (EMBRAPA-URPFCS. Boletim de Pesquisa Florestal, 8-9)

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. ; LOPES, J.C.A. Um sistema policíclico para produção sustentada de madeira na Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL., 1999. Belém. **Resumos Expandidos**. Belém: EMBRAPA-CPATU/DFID, 1999. p.180-185. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 123)
- SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais** - a metodologia utilizada pela EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 36p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 33)
- STATISTICA. **General Conventions and Statistics I**. Tulsa: StatSoft, 1994. p.1000-1718.
- VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R.; UHL, C. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier - the case of Paragominas. **Forest Ecology and Management**, v.55, p.169-199, 1992.

EFEITO DO TAMANHO DA CLAREIRA NA MORTALIDADE DE PLÂNTULA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DOIS ANOS APÓS O PLANTIO, NO MUNICÍPIO DE MOJU-PA¹

THE EFFECT OF GAPS' SIZE ON THE MORTALITY OF TWO FOREST SPECIES SEEDLINGS, TWO YEARS AFTER PLANTATION, IN MOJU-PA

Lia Mara Rabêlo Vasconcelos² Paulo César Silva Vasconcelos³
Fernando Cristóvam da Silva Jardim⁴

RESUMO

Há uma grande carência no conhecimento do comportamento das espécies florestais para estudos de manejo, daí a importância de pesquisas voltadas a este fim. Este estudo objetivou avaliar o grau de mortalidade de plântulas de *Jacaranda copaia* e *Protium trifoliolatum*, dois anos após o transplante, da regeneração natural para nove clareiras, bem como indicar ou não o uso dessas espécies em planos de manejo florestal. A área de estudo localiza-se no Campo Experimental da EMBRAPA Amazônia Oriental, Km 30 da PA 150 no Município de Moju-PA. Selecionou-se nove clareiras de tamanhos variados e traçou-se quatro transectos nas direções Norte, Sul, Leste e Oeste, onde instalou-se três parcelas amostrais de 5m x 5m. Uma parcela idêntica foi instalada no centro da clareira para efeito de comparação. Levantou-se todos os indivíduos que morreram até completar vinte e quatro meses após o plantio. Verificou-se a mortalidade x classes de tamanho de clareira e mortalidade x direções. Os valores da mortalidade geral das plântulas de *J. copaia* e *P. trifoliolatum* foram, respectivamente, de 62,7% e 43,5%. Nas clareiras pequenas, médias e grandes, as espécies

¹ Projeto Rendimento Sustentável em Floresta Tropical Manejada”, financiado pelo CNPq e SECTAM/FUNTEC.

² Acadêmica do 9º semestre de Eng^a Florestal/ Bolsista de Iniciação Científica- PIBIC/CNPQ/FCAP. Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. Av. Tancredo Neves S/N, Terra Firme, Belém-PA. CEP 66077-530. CP:197.

³ Professor/ Mestre em Ciências Florestais- DCF/FCAP.

⁴ Orientador – Professor/ Doutor em Ciências Florestais- DCF/FCAP.

apresentaram uma mortalidade de 61,9 e 57,6; 68,8% e 39,3; 42,3 e 49,1%,

respectivamente. A menor mortalidade ocorreu no centro das clareiras em relação às direções, com 20,3% para *J. copaia* e 14,8% para *P. trifoliolatum*. Tais espécies são indicadas para plantios de enriquecimento no centro de clareiras em planos de manejo, considerando que suas plântulas apresentam baixa mortalidade nessas ambientes.

Palavras-chave: *Jacaranda copaia*, *Protium trifoliolatum*, manejo florestal, mortalidade

ABSTRACT

There is a large lack in knowledge of forest species behavior for management study, that's the reason of making researches like this one. The objective was evaluate the mortality of *J. copaia*'s and *P. trifoliolatum*'s seedlings two years after plantation and indicate or not these species in forest management plans. The study was carried out at Campo Experimental of Embrapa Amazônia Oriental, Km 30, 150 PA highway, Moju-PA. Nine gaps with different sizes were selected and installed three 5m² plots in North, South, Leste and West directions and one plot in the center of gap to comparison. Were checked all the death seedlings twenty four months after plantation. Were evaluated the mortality x gap size and mortality x directions. The values of mortality of *J. copaia*'s and *P. trifoliolatum*'s seedlings as whole were 62,7% and 43,3%, respectively. In small, medium and big gaps the values were 61,9 and 57,6; 68,8% and 39,4; 42,3 and 49,1%, respectively. The smaller mortality was found in center of the gaps with 20,3% for *J. copaia* and 14,8% for *P. trifoliolatum*. These species can be indicated for plantation in the center of gaps in management plans, considering the small values os mortality in these environments.

Key words: *Jacaranda copaia*, *Protium trifoliolatum*; forest management, seedling mortality

INTRODUÇÃO

Para atender a demanda madeireira exigida pelo comércio, o processo extrativo de matéria-prima das florestas tropicais cresce a cada dia. Entretanto, o uso florestal racional, com rendimento sustentável, é a forma de utilização mais adequada e menos danosa que se pode dar a essas florestas (Jardim, 1995). Ainda hoje, há uma grande carência no

conhecimento do comportamento das espécies florestais para estudos de manejo, daí a importância da realização de pesquisas voltadas a este fim.

O processo sucessional das florestas se dá através das formações de clareiras. Vários trabalhos vêm sendo realizados a partir de clareiras utilizando-se metodologias de amostragem com base em diferentes conceitos. Portanto, torna-se difícil a comparação dos resultados finais entre os estudos (Almeida, 1989). As clareiras são responsáveis pela sucessão da floresta, mantendo a diversidade e afetando a evolução das espécies. Vários conceitos de clareiras são sugeridos por diversos autores. Neste trabalho, considerou-se clareira toda área de floresta com dossel descontínuo, aberta pela queda de galhos, de uma única ou mais árvores, e toda área de influência a partir da bordadura da mesma. Este trabalho teve como objetivo, avaliar o grau de mortalidade de plântulas de *Jacaranda copaia* e *Protium trifoliolatum*, transplantadas da própria regeneração natural da floresta para nove clareiras de dimensões variadas, bem como indicar as possibilidades do uso de tais espécies em planos de manejo florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no Campo Experimental da EMBRAPA Amazônia Oriental, Km 30 da Rodovia PA 150 no Município de Moju-PA.

O Campo apresenta uma área total de aproximadamente 1500 ha, sendo que este experimento foi implantado em uma área de 200 ha onde realizou-se uma exploração florestal seletiva que resultou na formação de clareiras de várias dimensões. Este estudo iniciou em abril de 1998, quando foram selecionadas nove clareiras de tamanhos variados, distribuídas em três classes (Tabela 1). Com o auxílio de equipamentos topográficos (trena, bússola, etc.), foram traçados quatro transectos nas direções Norte (N), Sul (S), Leste (E) e Oeste (W) onde instalou-se três parcelas amostrais (1, 3 e 5) de 5m x 5m. A parcela 1 localiza-se na bordadura das clareiras e as demais (3 e 5), a 30 e 50m, nas quatro direções. Outra parcela idêntica foi instalada no centro da clareira para efeito de comparação (Figura 1).

Realizou-se o plantio com seis indivíduos da regeneração natural de seis espécies florestais, quais sejam: *Jacaranda copaia* Aubl (parapará), *Protium trifoliolatum* Engl. (breu-almescla), *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum (axixá), *Vouacapoua americana* Aubl (acapu), *Tabebuia serratifolia* (Vaal) Nicholson (ipê-amarelo) e *Newtonia suaveolens* (Miq) Benon (timborana). Os indivíduos foram plantados aleatoriamente no espaçamento

de 1m x 1m. As mudas foram selecionadas de forma a manter uma homogeneidade de tamanho e sanidade dentro da espécie.

Para a realização deste estudo, foram levantados todos os indivíduos de *J. copaia* e *P. trifoliolatum* que morreram até a coleta de dados do mês de junho de 2000 , perfazendo dois anos após o plantio, tendo sido considerados dois fatores relacionados à dinâmica da vegetação: Mortalidade X classes de tamanho de clareira e mortalidade X direções Norte (N), Sul (S), Leste (E) e Oeste (W). Além desses dois fatores, analisou-se também o desempenho dessas duas espécies, considerando-se que elas apresentam diferentes necessidades de radiação solar.

TABELA 1: Dimensões e áreas das nove clareiras e distribuição nas devidas classes de tamanho, Moju-PA.

Classe de tamanho	Clareira	Tamanho (m)	Área (m ²)
Pequena ($200\text{m}^2 < S \leq 400\text{m}^2$)	2	14 x 16,5	231
	8	16 x 20	320
	1	17 x 20	340
Média ($400\text{m}^2 < S \leq 600\text{m}^2$)	5	23 x 19	437
	9	32 x 14	448
	7	25 x 24	600
Grande ($S > 600\text{m}^2$)	6	20 x 33	666
	3	36 x 19	684
	4	34 x 22	748

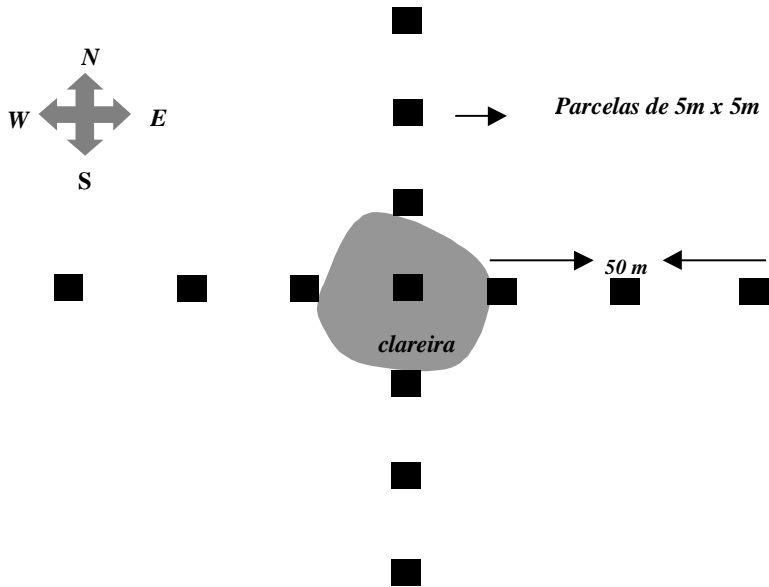


FIGURA 1: Desenho esquemático da distribuição das parcelas amostrais em torno das clareiras, Município de Moju-Pa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o grau de mortalidade das plântulas de *J. copaia* e *P. trifoliolatum* com relação às classes de tamanho de clareira (Figura 2), verificou-se que, nas clareiras pequenas, médias e grandes, *J. copaia* obteve uma mortalidade de 61,9; 57,6 e 68,8% e *P. trifoliolatum* 39,3%; 42,3% e 49,1%, respectivamente. Em termos gerais, a mortalidade ao final de dois anos foi de 62,7% e 43,5% de mortalidade, respectivamente para *J. copaia* e *P. trifoliolatum*.

Estatisticamente, constatou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (classes de tamanho de clareiras), segundo o Teste F. Porém, nota-se uma leve tendência de acréscimo nos valores de mortalidade da classe pequena para a classe grande para *J. copaia*. Apesar de ser considerada uma espécie heliófila, *J. copaia*, no seu estágio inicial de crescimento, apresentou uma mortalidade mais elevada que *P. trifoliolatum*,

talvez pelo fato de suas plântulas apresentarem uma estrutura física mais sensível. O próprio transplante pode ter contribuído para uma alta mortalidade no primeiro trimestre em ambas as espécies (Figura 2).

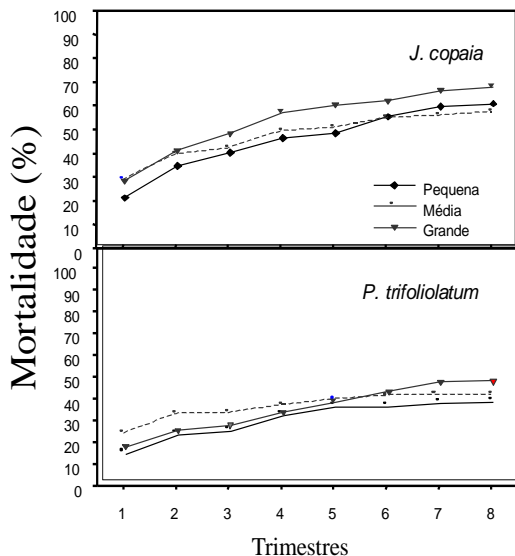


FIGURA 2: Porcentagem da mortalidade de plântulas de *J. copaia* e *P. trifoliolatum* em diferentes tamanhos de clareiras no município de Moju, PA.

As causas de mortalidade de plântulas são variados e podem propiciar uma excelente estratégia de sobrevivência determinada pela espécie (FENNER, 1987), pois resultam da interação de fatores bióticos e abióticos (SCHUPP et al-1989). Segundo SCHUPP et al(1989), a mortalidade causada por doença, quase sempre, é mais alta (até 72 vezes) em sombra que em sol. Maior intensidade de luz e baixa umidade em clareiras são hostis a patógenos de plantas e crescimento mais rápido em clareiras reduz o período de susceptibilidade. Em lugar com limitação de luz, as doenças podem ser a fonte de mortalidade como em mudas sombreadas da maioria de espécie tolerantes de árvores tropicais.

Mudas de espécies tropicais podem ter maior mortalidade na fase de estabelecimento pós germinativo na sombra que em sol. O número e

distribuição de clareiras interagirá com estes padrões de comunidade para determinar o nível de regeneração .

Ao avaliar o comportamento e o crescimento de mudas de espécies florestais em diferentes tamanhos de clareiras na mesma área de estudo, Kishi et al. (1999) verificaram que *J. copaia* apresentou um bom desenvolvimento em altura nas três classes de clareiras em relação às demais espécies estudadas. Enquanto que *P. trifoliolatum* desenvolveu-se melhor em clareiras consideradas pequenas. Supõe-se que após o total estabelecimento e o período crítico de maior competitividade no crescimento inicial das plântulas, há uma grande probabilidade de sobrevivência para tornarem-se árvores maduras (Richards, 1996).

A mortalidade das plântulas com relação às direções N, S, E e W, evidenciou um comportamento semelhante para as duas espécies(Figura 3). A maior mortalidade ocorreu na direção N - S, diminuindo no sentido E - W, talvez por este apresentar uma maior incidência de radiação solar. Porém, estatisticamente, esses valores não apresentaram diferenças significativas. A direção S registrou a maior mortalidade tanto para *J. copaia* como para *P. trifoliolatum*, sendo de 69,7% e 50,6%, respectivamente. Desconsiderando o centro (comparativo), E e W foram as direções que apresentaram menor mortalidade com 63,5% para *J. copaia*. *P. trifoliolatum* obteve menor mortalidade na direção W com 37,6%. A menor mortalidade ocorreu no centro das clareiras, com 20,3% para *J. copaia* e 14,8% para *P. trifoliolatum*.

Quando comparados o centro e as direções N, S, E e W, houve diferença altamente significativa no Teste F quanto à mortalidade das duas espécies. A mortalidade de *J. copaia* e *P. trifoliolatum* foi menor no centro que nas direções, segundo Teste Tukey ao nível de 95% de probabilidade (Figura 3).

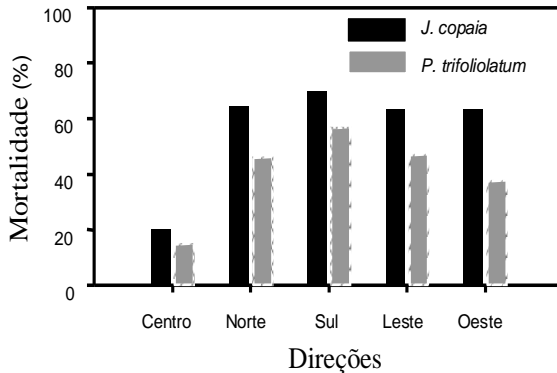


FIGURA 3 - Porcentagem de mortalidade de indivíduos de *J. copaia* e *P. trifoliolatum* transplantados da regeneração natural em relação às direções e ao Centro, Moju, PA.

VIANA (1989), ao estudar o estabelecimento de plântulas de *J. copaia* da regeneração natural da floresta no Tapajós, também constatou que a maior sobrevivência ocorria em áreas de clareiras. Apesar de ser considerada uma espécie tolerante pelo critério da sua distribuição diamétrica (contínua), *P. trifoliolatum* apresentou uma tendência similar à *J. copaia*. Provavelmente, a mortalidade dessas espécies se comportará de maneira diferente ao longo do tempo, pois de acordo com a literatura consultada e observações de campo, as espécies tolerantes apresentam uma mortalidade contínua ao longo da vida e nas heliófilas a mortalidade é grande apenas no início não apresentando indivíduos em algumas classes de diâmetro, caracterizando uma distribuição diamétrica descontínua. Onde houve uma maior disponibilidade de luminosidade (Centro), a mortalidade foi consideravelmente menor para ambas as espécies. Esses resultados ratificam a demanda de qualquer espécie florestal por radiação solar em seu estágio inicial de desenvolvimento, seja ela extremamente heliófila ou tolerante.

CONCLUSÕES

Em relação aos primeiros vinte e quatro meses do estudo da dinâmica de *J. copaia* e *P. trifoliolatum* pode-se concluir que:

As plântulas de *J. copaia* e *P. trifoliolatum* comportaram-se como espécies heliófilas no estágio de plântulas, porém *J. copaia* é mais heliófila que *P. trifoliolatum*.

O tamanho das clareiras não influenciou significativamente no nível de mortalidade de ambas as espécies.

J. copaia e *P. trifoliolatum* podem ser indicadas para plantios de enriquecimento no centro de clareiras em planos de manejo, considerando que suas plântulas apresentam baixa mortalidade nesses ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. S. 1989. Clareiras naturais na Amazônia Central: bundância, Distribuição, Estrutura e Aspectos da colonização Vegetal. Dissertação de Mestrado. INPA, Manaus-AM, 125 p.

FENNER, M. Plântulas. (Separata). Departamento de Biologia. Universidade de Southampton. Southampton- Inglaterra., 1987.

JARDIM, F. C. S. 1995. Comportamento da Regeneração Natural de Espécies Arbóreas em Diferentes Intensidades de Desbaste de Anelamento, na Região de Manaus-AM. Tese de Doutorado. Viçosa-MG. 169 p.

KISHI, I. A. S.; JESUS, R. T.; SERRÃO, D. R. & JARDIM, F. C. S. Comportamento de mudas de seis espécies arbóreas transplantadas da regeneração natural em condições alteradas de luz, em uma floresta equatorial na região de Moju-Pa. IX Seminário de Iniciação Científica da FCAP e III Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, 1999, Belém. Resumos. Belém: FCAP. p. 223-225.

RICHARDS, P. W. 1996. The Tropical Rain Forest. Cambridge University Press. Second Edition. 575 p.

SCHUPP, E. W.; HOWE, H. F.; AUGSPURGER, C. K. & LEVEY, D. J. Arrival and survival in tropical treefall gaps. Special Feature- Treefall gaps and forest dynamics. Ecology Society of America, vol. 70, Nº 3. p. 562-564. EUA, 1989.

VIANA, V. M. 1989. Seed dispersal and gap regeneration of three tropical tree species. Harvard University. Cambridge, Massachusetts. 269 p.

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA DIMENSIONAL DE FLORESTA AMAZÔNICA EM INTERVALOS DE CLASSE COM TAMANHO DIFERENTE: DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA¹

CHARACTERIZATION OF THE DIMENSIONAL STRUCTURE OF AMAZON FOREST IN INTERVALS OF CLASS WITH DIFFERENT SIZE: DIAMETER DISTRIBUTION¹

Eduardo Coutinho da Cruz² Roberto Tuyoshi Hosokawa³

RESUMO

O método *Cross* foi desenvolvido como um procedimento alternativo para caracterizar a estrutura diamétrica de floresta heterogênea multiana como a da Amazônia brasileira. Utilizou-se dados oriundos de parcelas permanentes instaladas na Floresta Nacional do Tapajós, localizada no Município de Belterra, Estado do Pará. Testou-se e comparou-se este método, em escala logarítmica natural, com o procedimento Tradicional, em escala decimal, largamente usado por pesquisadores florestais. A metodologia baseou-se na definição de intervalos de classe diamétrica de forma diferenciada para cada método, e no agrupamento das árvores nessas respectivas classes. Utilizou-se a amplitude, o número de árvores absoluto e relativo, o coeficiente de variação e o quociente “q” de De Liocourt por classe de DAP, para comparar os dois métodos e selecionar o melhor dentre eles para descrever a estrutura diamétrica da floresta estudada. Segundo os procedimentos e critérios metodológicos testados, verificou-se a superioridade do método *Cross* em relação ao Tradicional. Em geral, os resultados encontrados confirmaram e validaram a de utilização do método alternativo *Cross* para caracterizar a estrutura diamétrica

¹ Trabalho desenvolvido a partir da Tese de Doutorado do 1º Autor.

² Eng. Florestal, Prof. Adjunto I do Departamento de Ciências Florestais da Universidade do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000 Campus Universitário, CEP: 69077-000, Manaus-Amazonas. ecruz@fua.br

³ Eng. Florestal, Prof. Titular do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Orientador da Tese de Doutorado, Av. Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico – Campus III, CEP: 80210-170, Curitiba-Paraná.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

floresta heterogênea multiana como a da Amazônia brasileira.

Palavras-chave: dendrometria, distribuição de frequência, classes de tamanho, método *Cross*.

ABSTRACT

The *Cross* method was developed as an alternative procedure to characterize the diameter structure of uneven aged heterogeneous forest such as the Brazilian Amazon. The data were collected from permanent plots installed at the National Forest of Tapajós, located in the Municipal District of Belterra in the State of Pará. This method, in natural logarithmic scale, was tested and compared to Traditional procedure, in decimal scale, widely used by forest researchers. The methodology was based on the definition of diameter class intervals in a different way for each method, and in the trees groups in those respective classes. The range, absolute and relative trees number, variation coefficient and quotient "q" of De Liocourt for DAP class were used to compare the two methods and to select the best among them for describing the diameter structure of forest studied. According to the methodological procedures and criteria tested, it was verified the superiority of *Cross* method over the other procedure. In general, the results confirmed and validated the use of the alternative *Cross* method to characterize the diameter structure of uneven aged heterogeneous forest such as the Brazilian Amazon.

Key words: dendrometry, frequency distribution, size class, *Cross* method.

INTRODUÇÃO

Até então, as pesquisas sobre estrutura dimensional em florestas heterogêneas multianas têm sido feitas a partir da caracterização da distribuição diamétrica obtida pela relação entre frequências e classes diamétricas com intervalos que apresentam amplitude constante. Essa distribuição determina a tradicional curva na forma de "J" invertido.

HERING (1994) apresenta um método não difundido na literatura florestal especializada e, por conseguinte, não utilizado em nosso meio científico, que de certa forma define os intervalos de classes diamétricas com amplitude variável. Apesar de algumas discrepâncias estatísticas

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

decorrentes da sua aplicação, esse método já apresenta algumas vantagens em relação ao método Tradicional.

Desde a teorização da distribuição diamétrica de floresta heterogênea multiana formulada pelo francês F. de De Liocourt em 1898, portanto 102 anos após, CRUZ (2000), no afã de resolver as discrepâncias estatísticas decorrentes do método Hering, desenvolveu um outro procedimento matemático-estatístico para caracterizar a estrutura florestal, segundo uma escala logarítmica natural, a partir de modificações efetuadas no método Hering.

O principal objetivo do trabalho foi apresentar, comparar e propor a utilização de um método alternativo para caracterizar a estrutura diamétrica de florestas heterogêneas multianas em intervalos logarítmicos neperianos ou naturais, frente ao procedimento matemático-estatístico Tradicional, em escala decimal, largamente utilizado por pesquisadores florestais.

REVISÃO DA LITERATURA

Quando se resumem grandes massas de dados brutos, costuma-se distribuí-los em classes ou categorias e determinar o número de indivíduos pertencentes a cada uma das classes, denominadas freqüência da classe. Um arranjo tabular dos dados por classes, juntamente com as freqüências correspondentes, é denominado distribuição de freqüência ou tabela de freqüência (SPIEGEL, 1993). Ainda segundo esse autor, o agrupamento dos dados em tabelas de freqüências elimina muitos detalhes originais, porém obtém-se a importante vantagem que é o aspecto global, o que possibilita maior clareza e evidencia as relações essenciais.

O primeiro procedimento que se tem a fazer num agrupamento de dados é a escolha do intervalo de classe (GRANER, 1966).

Para TOLEDO e OVALLE (1991), classe de freqüência, ou simplesmente classe, é cada um dos grupos de valores em que se subdivide a amplitude total do conjunto de valores observados da variável.

De modo geral, ANGELINI e MILONE (1993) expressam que a forma de agrupamento, e conseqüentemente o número de agrupamentos, é arbitrário e depende, entre outros aspectos, da natureza dos dados, das preferências individuais e das necessidades e objetivos do usuário da informação.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Segundo LEVIN (1985), o pesquisador deve levar em conta o número de categorias (classes) que ele deseja empregar. Geralmente toma sua decisão baseada em seu próprio conjunto de dados e em seus objetivos pessoais. Por sua vez, FONSECA (1994) afirma que não há uma fórmula exata, e PEREIRA e TANAKA (1984) assim ratificam, citando que não existe regra fixa para a determinação do número de classes.

De acordo com TOLEDO e OVALLE (1991), é importante que a distribuição de freqüências conte com um número adequado de classes. Se esse número for escasso, os dados originais ficarão tão comprimidos que pouca informação se poderá extrair da tabela. Se, por outro lado, forem utilizadas muitas classes, haverá algumas com freqüência nula ou muito pequena, e o resultado será uma distribuição irregular e prejudicial à interpretação do fenômeno como um todo. Os textos geralmente recomendam usar não menos do que 5 e nem mais do que 20 intervalos.

SPIEGEL (1993) define amplitude do intervalo de classe como a diferença entre os limites reais superior e inferior dessa classe, sendo também referida como a amplitude, o tamanho ou o comprimento da classe.

Por sua vez, ANGELINI e MILONE (1993) entendem amplitude como a diferença entre o maior e o menor valor de certo conjunto de dados, podendo ser referente ao total dos dados (Amplitude Total) ou a uma das classes em particular (Amplitude da Classe).

Segundo NAZARETH (1995), deve-se escolher o número de classes, e conseqüentemente a amplitude, de modo que se possa verificar as características da distribuição. É lógico que, ao se ter um número reduzido de observações, não se pode utilizar grandes amplitudes, assim como também, se o número de observações for muito grande, as amplitudes não devem ser pequenas.

A caracterização da estrutura de uma floresta é o passo inicial para conhecê-la e manejá-la. Assim sendo, a ordenação, classificação e agrupamento dos dados tornam-se necessários para formar uma importante base de informações.

Considerando a maior facilidade para sua obtenção, a sua eficácia e o seu poder de informação, geralmente a distribuição diamétrica é a principal forma para descrever a estrutura de uma floresta.

ROLLET (1974) considera a estrutura total de uma floresta como a distribuição dos diâmetros tomados a 1,30 m do solo ou acima, no caso de sapopemas, de todas as árvores do povoamento florestal em classes diamétricas.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

A distribuição diamétrica é o agrupamento das árvores de um povoamento em certos intervalos de DAP (LOETSCH et al., 1973b).

Para HOSOKAWA (1981) a descrição da distribuição diamétrica em relação ao número de árvores, área basal e volume melhora a caracterização da estrutura da floresta. Essa importância da análise estrutural é enfatizada por JARDIM e HOSOKAWA (1987), haja vista que não se pode prescindir da avaliação da estrutura diamétrica para a elaboração de planos de manejo florestal em regime de rendimento sustentado.

François DE LIOCOURT⁴, citado por ROLLET (1974), estabeleceu o conceito original sobre distribuição de diâmetros em florestas de *Sapin pectine* de Gérardmer na região dos Vosges/França, a partir de 7 povoamentos dessa espécie. O autor verificou que o número de árvores de uma floresta de *Sapin pectine* jardinada (no caso regulada) deve conter todas as gradações de diâmetros a uma densidade máxima. As classes diamétricas 20-24 cm, 25-29 cm, 30-34 cm, cm, apresentavam um número de árvores em progressão geométrica decrescente.

Ao comparar o número de árvores por classe de diâmetro, De Liocourt observou que a proporção (q) entre número de árvores nas sucessivas classes de diâmetro continua a mesma por toda a série de classes de diâmetro representadas em uma floresta. Contudo, o valor desta proporção difere de uma floresta para outra.

A partir de então, para florestas heterogêneas multianas, estabeleceu-se a teoria de que a estrutura diamétrica tende para uma distribuição de frequência das árvores em forma de "J" invertido, onde o número destas decresce de acordo com uma progressão geométrica.

Segundo LOETSCH et al. (1973b), as distribuições decrescentes são encontradas principalmente em florestas naturais que apresentam árvores de todas as idades, povoamentos florestais bem manejados que contenham indivíduos de uma determinada espécie em todas as idades e plantações florestais quando consideradas em seu conjunto, em relação a um Estado, Região ou País.

Na distribuição diamétrica do Tipo III, o número de árvores por unidade de área decresce nas classes sucessivas de diâmetros em uma progressão geométrica decrescente, $n_1 < q n_2 < q^2 n_3 < \dots < q^{k-1} n_k$, onde:

⁴ DE LIOCOURT, F. De l'aménagement des sapinières. Besançon, **Bull. Soc. For. de Franche Comté et Belfort**, v. 4, n. 6, p. 396-409, 1898.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

$$q = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_2}{n_3} = \dots = \frac{n_{k-1}}{n_k} = \text{“quociente ou razão de De Liocourt”}$$

n_i = número de árvores por classe de DAP ($i = 1, 2, \dots, k$)

k = número de classes diamétricas.

De acordo com VANCLAY (1994), o termo “classe de tamanho” é usado por conveniência, assim como tamanho é o critério mais comum para a formação de classes. O diâmetro não é o único critério que pode ser usado, pois classes de altura também são comumente usadas. Outros critérios também podem ser usados para formar classes (por exemplo, espécie e idade).

Com relação aos intervalos de classes de diâmetros adotados para caracterizar a estrutura diamétrica das florestas, não há nenhuma regra a respeito, mas geralmente se usa intervalo de classes de 10 ou 20 cm (LAMPRECHT, 1962). Por sua vez, BERNAL (1967) afirma que o intervalo de classe diamétrica mais adequado para avaliação da estrutura diamétrica é de 10 cm de amplitude.

Esta última afirmativa é realmente constatada pela quase totalidade dos inúmeros trabalhos científicos já desenvolvidos. Ainda segundo VANCLAY (1994), geralmente, as classes de tamanho são classes diamétricas de igual amplitude (10-19; 20-29; , >100 cm DAP).

HERING (1994) descreve um outro método para representar a distribuição diamétrica de uma floresta natural, a partir de um método que determina os intervalos de classe com amplitudes variáveis, em escala semi-logarítmica, além de modificar a forma da curva “J” invertido, tornando-a mais suave devido a melhor distribuição das árvores nas diversas classes que expressam a estrutura do povoamento, com exceção ao número de árvores da última classe.

CRUZ (2000) testou o método Hering e verificou que a utilização do mesmo ocasiona, por exemplo, as seguintes restrições ou discrepâncias: 1) a forma arbitrária ou subjetiva de definição do número de classes; 2) a não utilização da amplitude total de variação dos DAP; 3) o cálculo do número de árvores que admite um número médio de árvores para a última classe diamétrica, daí acarretar uma discrepância nessa classe em termos de distribuição diamétrica em florestas heterogêneas multianas; 3) a desproporcionalidade do número de árvores na última classe diamétrica (6,7% do total de árvores); e, 4) o limite inferior dessa classe correspondeu

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

a um DAP $\geq 33,5$ cm para uma respectiva amplitude de 134,3 cm. Estes fatos são ilógicos em termos de florestas heterogêneas multianias.

No afã de resolver essas restrições ou discrepâncias do método Hering, CRUZ (2000) efetuou modificações no mesmo e desenvolveu um novo procedimento matemático-estatístico denominado *Cross*, para caracterizar a estrutura dimensional de florestas tropicais como a da Amazônia Brasileira, segundo uma escala logarítmica natural.

MATERIAL E MÉTODOS

Com aproximadamente 144 hectares, a sub-área experimental objeto do estudo faz parte da Floresta Nacional do Tapajós e está situada à altura do km 114 da rodovia federal Santarém-Cuiabá (BR-163). Ainda localiza-se perto da foz do Rio Tapajós, ao sul de Santarém e a oeste do Estado do Pará, entre os paralelos $3^{\circ} 18' 36''$ e $3^{\circ} 19' 12''$ latitude Sul e os meridianos $54^{\circ} 55' 48''$ e $54^{\circ} 57' 00''$ de longitude Oeste de Greenwich. Dista aproximadamente 90 km da sede municipal de Belterra.

O relevo é plano a levemente ondulado. O solo é classificado como Latossolo Amarelo Álico a moderado com textura argilosa pesada (60-94% de argila), pobre em nutrientes, com inclusão de Latossolo Amarelo Concrecionário, derivado de argila pedregosa (CARVALHO et al., 1999). De acordo com AZEVEDO et al. (1993), o ambiente fitoecológico é Floresta Tropical Densa com Árvores Emergentes em Relevo Dissecado em Colinas. SILVA et al. (1985) encontraram 246 espécies e área basal de $35,936 \text{ m}^2/\text{ha}$. Considerando apenas as árvores com DAP ≥ 45 cm, ocorreram 40 árvores por hectare correspondendo a $220 \text{ m}^3/\text{ha}$. Este volume representou $113 \text{ m}^3/\text{ha}$ de espécies comerciais, $51 \text{ m}^3/\text{ha}$ de espécies potenciais e $56 \text{ m}^3/\text{ha}$ de espécies não comerciáveis na região.

Segundo CARVALHO et al. (1999), o clima da região, baseando-se nos dados coletados na estação meteorológica mais próxima da sede do município de Belterra (a 35 km do limite norte da Floresta Nacional do Tapajós), é classificado como Ami no sistema Köppen, com uma temperatura média anual de 25°C , com variação de $18,4^{\circ}\text{C}$ a $32,6^{\circ}\text{C}$, e umidade relativa de 86% (76% a 93%). A precipitação média anual é altamente variável, em média 2.110 mm. Normalmente, a maior precipitação ocorre entre março e maio, com uma estação seca curta de 2 ou 3 meses, geralmente entre agosto a novembro, meses em que a precipitação é menor que 60 mm. A insolação anual média é de 2150 horas.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Os dados diamétricos foram obtidos por pesquisadores e pessoal de apoio da EMBRAPA-CPATU na área experimental já caracterizada. Mediuse esta variável com o auxílio de uma fita diamétrica, com precisão em milímetros.

Utilizou-se dois métodos para definição dos intervalos de classes diamétricas e para compará-los. O método conhecido como Tradicional obedece a uma escala não logarítmica por admitir classes diamétricas com amplitude igual a 10 cm, exceto para a última classe (superior) cuja amplitude sempre será maior que 10 cm.

O outro método denominado como *Cross* para facilitar as comparações entre os métodos, é derivado do método HERING (1994) e obedece a uma escala natural por considerar toda a amplitude de variação da população amostral. Os limites dos intervalos das classes diamétricas são obtidos de forma logarítmica natural. Também apresenta intervalos de classe com amplitudes variáveis.

O método *Cross* descrito a seguir, determina, de forma logarítmica natural, os limites dos intervalos de classes, a partir de modificações efetuadas no método Hering:

1) determinar o número de árvores enumeradas pelo(s) inventário(s) florestal(is), estático ou periódico, seja para o efetivo total, seja para parcelas experimentais de controle ou submetidas a tratamentos silviculturais;

2) utilizar a fórmula de Sturges para determinar o número total de classes (k) necessárias para caracterizar a estrutura da floresta em estudo:

$$k = 1 + 1,4427 \cdot \ln NA, \text{ onde } NA \text{ é o número de árvores medidas;}$$

3) ordenar os DAP inventariados em ordem crescente;

4) determinar a diferença entre o logaritmo natural do maior DAP e o logaritmo natural do menor DAP inventariado (p. ex. 5 cm);

5) dividir o valor dessa diferença pelo número de classes diamétricas encontrado na etapa 2;

6) esse valor logarítmico passa então a ser considerado como razão logarítmica *Cross* "rIC" e é admitida como passo para o cálculo do limite superior das classes;

7) para a 1ª classe, adicionar o logaritmo natural do menor DAP inventariado ao produto do algarismo ou número que expressa a ordem da classe (=1) pelo valor da "rIC", e então extrair o antilogaritmo, estabelecendo assim o valor do limite superior do primeiro intervalo de

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

classe; e,

8) iterativamente, no caso das classes sucessivas, para determinar os limites superiores, a base do logaritmo natural elevada a cada um dos expoentes assim calculados, fornecerá os limites na escala original.

Esse procedimento matemático-estatístico determina as seguintes propriedades:

1) o limite superior das classes diamétricas sucessivas à 1ª classe (LS_{i+1}) é função direta do limite inferior desta classe ($LI_{i \text{ classe}}$), da razão logarítmica “rIC” e do número cardinal (k_i) que representa a respectiva classe sucessiva. A representação matemática dessa propriedade é:

$$LS_{i+1} \cong \text{Exp} (\text{Ln } LI_{i \text{ classe}} + k_i \cdot rIC).$$

Onde, Ln é o logaritmo natural e Exp é o antilogaritmo na base natural, e k_i = número da classe diamétrica ($i = 1, 2, \dots, k-1, k$).

2) o produto ($k_i \cdot rIC$) é crescente em direção às classes superiores, fazendo com que os limites superiores, assim como a amplitude (h), entre classes sucessivas, aumente segundo uma progressão crescente. A representação matemática dessa propriedade é:

$$1 \cdot (rIC) < 2 \cdot (rIC) < 3 \cdot (rIC) < \dots < (k-1) \cdot (rIC) < k \cdot (rIC)$$

$$h_{k=1} < h_{k=2} < h_{k=3} < \dots < h_{k-1} < h_k.$$

3) o número de árvores por unidade de área decresce nas classes diamétricas sucessivas ou imediatamente superiores, segundo uma progressão decrescente. A representação matemática dessa propriedade é:

$$NA_{k=1} > NA_{k=2} > NA_{k=3} > \dots > NA_{k-1} > NA_k \quad e$$

$$q^1 < q^2 < q^3 < \dots < q^{k-1} < q^k \quad \text{ou}$$

$$q = (NA_{k=1} / NA_{k=2})^1 < (NA_{k=2} / NA_{k=3})^2 < \dots < (NA_{k-1} / NA_k)^k.$$

Entretanto, inicialmente, “q” é expresso na forma logarítmica, assim sendo:

$$1 \cdot (\text{Ln}q) < 2 \cdot (\text{Ln}q) < 3 \cdot (\text{Ln}q) < \dots < (k-1) \cdot (\text{Ln}q) < k \cdot (\text{Ln}q).$$

Como $\text{Ln}q = rIC$, e extraíndo-se o antilogaritmo dessa igualdade tem-se $q = rC$, sendo o segundo termo a razão Cross, portanto:

$$(NA_{k=1}) > (NA_{k=1}) \cdot (rC)^1 > (NA_{k=1}) \cdot (rC)^2 > \dots >$$

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

$$> (NA_{k=1}) \cdot (rC)^{k-1} > (NA_{k=1}) \cdot (rC)^k.$$

O método *Cross* também pode ser modificado nas etapas 7 e 8 conforme é apresentado em CRUZ (2000).

Para comparar o número de árvores por classe diamétrica em relação aos dois métodos estudados, para o total de árvores medidas no ano de 1981, e selecionar o melhor dentre eles, foram considerados os seguintes critérios:

a) estatísticos - amplitude dos intervalos de classe; número de árvores absoluto e relativo; e, coeficiente de variação;

b) analíticos - relações, razões, formas e comportamento, como por exemplo, razão ou quociente "q" de De Liocourt.

CRUZ (2000) também testou e comparou a probabilidade empírica e as seguintes estatísticas por classe diamétrica para cada método: média aritmética dos DAP; desvio padrão; erro padrão da média, em termos absoluto e relativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Normalmente, como no método Tradicional, a determinação do número de classes para expressar a relação número de árvores por classes diamétricas é feita de forma subjetiva ou arbitrária, ou então se utilizando a fórmula da amplitude de classe. O método Hering também não utiliza uma das fórmulas clássicas da estatística descritiva.

Assim sendo, para evitar o uso de um procedimento subjetivo ou arbitrário, CRUZ (2000), após testar e comparar cinco fórmulas encontradas para determinar o número de classes ou intervalos, verificou que a fórmula de Sturges apresentou os melhores resultados estatísticos e, portanto, foi selecionada para integrar o método *Cross*. Essa determinação empírica é importante, e corresponde ao primeiro passo do método alternativo em contestação ao de Hering, que considera um número médio de árvores para a última classe (superior).

A admissibilidade da fórmula de Sturges no método *Cross* para a determinação do número ideal de classes diamétricas em função do número total de árvores, permitiu relacionar esses dois fatores conforme pode ser visto na Tabela 1.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 1: Relação entre número de árvores e de classes a partir da fórmula de Sturges

Intervalo do número de árvores	Intervalo do número de classes	Número ideal de classes
512 - 724	9,500 - 10,499	10
725 - 1448	10,500 - 11,499	11
1449 - 2896	11,500 - 12,499	12
2897 - 5792	12,500 - 13,499	13
5793 - 11584	13,500 - 14,499	14
11585 - 23169	14,500 - 15,499	15
23170 - 46339	15,500 - 16,499	16
46340 - 92678	16,500 - 17,499	17
92679 - 185356	17,500 - 18,499	18
185357 - 370711	18,500 - 19,499	19
370712 - 524265	19,500 - 20,499	20

A Tabela 2 apresenta os limites inferior e superior, as amplitudes dos intervalos de classes diamétricas e respectivos números de árvores absoluto e relativo obtidos a partir dos métodos Tradicional e *Cross*, para o efetivo total de 1981 em área experimental de 12 hectares.

O primeiro método admitiu as classes diamétricas com amplitude constante e igual a 10 cm, exceto a última com 22,8 cm, também conhecida como escala decimal. O segundo determinou classes com amplitudes variáveis, obtidas em escala natural, porém sem limitação da amplitude total de variação dos DAP, por exigir a determinação do número de classes por meio da fórmula de Sturges.

TABELA 2: Limites inferior e superior e amplitudes dos intervalos de classe diamétrica e respectivos números de árvores absoluto e relativo por método

Nº da Classe Diamétrica	Limites Inferior e Superior (cm)		Amplitudes (cm)		NA Absoluto		NA Relativo (%)	
	Tradicional	Cross	Tradicional	Cross	Tradicional	Cross	Tradicional	Cross
1	5,0 - 14,9	5,0 - 6,3	10,0	1,3	9683	2952	73,39	22,38
2	15,0 - 24,9	6,4 - 7,9	10,0	1,5	1986	2277	15,05	17,26
3	25,0 - 34,9	8,0 - 10,0	10,0	2,0	713	1993	5,40	15,11
4	35,0 - 44,9	10,1 - 12,7	10,0	2,6	311	1597	2,36	12,10
5	45,0 - 54,9	12,8 - 16,1	10,0	3,3	205	1210	1,55	9,17
6	55,0 - 64,9	16,2 - 20,3	10,0	4,1	120	968	0,91	7,34
7	65,0 - 74,9	20,4 - 25,7	10,0	5,3	76	758	0,58	5,75
8	75,0 - 84,9	25,8 - 32,5	10,0	6,7	42	519	0,32	3,93
9	85,0 - 94,9	32,6 - 41,1	10,0	8,5	32	328	0,24	2,49
10	95,0 - 104,9	41,2 - 52,0	10,0	10,8	12	255	0,09	1,93
11	105,0 - 114,9	52,1 - 65,7	10,0	13,6	4	166	0,03	1,26
12	115,0 - 124,9	65,8 - 83,1	10,0	17,3	1	105	0,01	0,80
13	125,0 - 134,9	83,2 - 105,0	10,0	21,8	3	52	0,02	0,39
14	135,0 - 144,9	105,1 - 132,7	10,0	27,6	2	7	0,02	0,05
15	145,0 - 167,8	167,8 - 167,8	22,8	35,0	2	6	0,02	0,05
Total	--	--	--	--	13193	13193	100,00	100,00

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Partindo-se de uma verificação dos resultados da Tabela 2, fica claro que o método de determinação dos intervalos de classes diamétricas, em escala logarítmica natural, apresenta comportamento bem distinto em relação ao método Tradicional, em razão das amplitudes serem variáveis.

Para melhor comparar os resultados indicados na Tabela 2 para as 15 classes diamétricas, é preferível que a discussão seja feita com base na interpretação da Figura 1 que mostra as amplitudes de cada intervalo de classe por método de agrupamento.

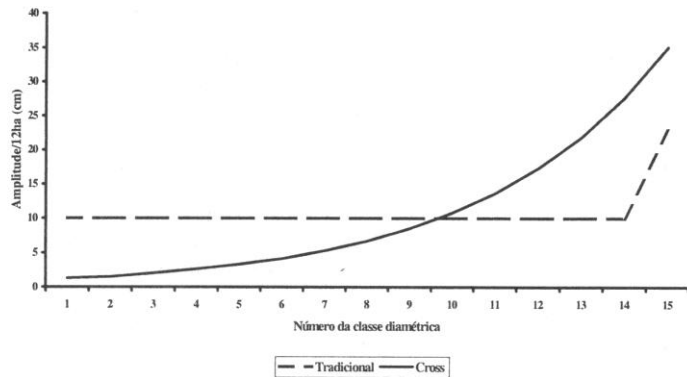


FIGURA 1: Amplitude por classe de dap e por método

Nessa Figura, exceto para a última classe, as amplitudes do método Tradicional obrigatoriamente seguem uma linha reta em função do valor da sua constante, que é previamente definida de forma subjetiva ou arbitrária, e do coeficiente angular igual a zero. Sabe-se que esse artifício de agrupamento arbitrário não é feito em bases científicas, portanto, não expressa o ordenamento dos eventos conforme eles ocorrem de forma natural. Por isso, buscou-se uma forma de categorizar os eventos de um experimento segundo um método que melhor represente a tendência de ocorrência natural dos mesmos.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

É pouco elucidativo fazer uma interpretação detalhada do comportamento estrutural e dinâmico dessa floresta face o uso desse método Tradicional de agrupamento, talvez residindo aí um dos motivos da pouca compreensão da complexidade dos fatores e processos que regem suas relações. Para a ciência é um grande paradoxo admitir-se até hoje essa forma de agrupamento de indivíduos sem fundamento científico nenhum por não seguir um princípio teórico. O que se deve buscar é um método alternativo com mais fundamentação científica e que obedeça a um princípio teórico em bases naturais.

O desenvolvimento do método *Cross* veio satisfazer essa preocupação, uma vez que permitiu melhor proporcionalidade entre as amplitudes e os respectivos intervalos de classes, cuja relação definiu uma curva exponencial positiva ou crescente com inclinação gradativa e suave. Isto confirma a indicação deste método para agrupar as árvores do experimento em classes diamétricas com limites dos intervalos e amplitudes variáveis.

O número de árvores determinado pelo método Tradicional apresentou aproximadamente 73% dos indivíduos somente na 1ª classe, ou seja, cerca de 3/4 do efetivo total da sub-área de estudo. As 2 primeiras classes totalizaram 11669 árvores, representando aproximadamente 84% das 13193 árvores que foram enumeradas na 1ª medição (1981). Em relação as árvores com $DAP \leq 45$ cm, obteve-se 12693 indivíduos, ou cerca de 96% do total.

Ainda por este método, a estrutura diamétrica da floresta estudada obrigatoriamente apresentou a tradicional curva com a forma de “J” invertido com queda abrupta da 1ª para a 2ª classe, e menos acentuada entre a 2ª e as 3ª e 4ª classes, notadamente não fugindo a característica típica quando se trata de florestas heterogêneas multianas, conforme pode ser visto na Figura 2.

Os intervalos de classes com amplitude variável definidos pelo método *Cross* segundo uma escala logarítmica natural, melhor descreveu a distribuição diamétrica da floresta estudada sem intervenção antrópica, quando comparado com o método Tradicional, conforme pode ser visto na Figura 2. À medida que a amplitude das classes diamétricas aumenta, o número de árvores diminui guardando uma certa proporcionalidade inversa e equilibrada.

Por este método alternativo, aproximadamente 95,5% das árvores distribuíram-se em 9 classes, cujo DAP do limite superior da 9ª classe corresponde a 41,1 cm. Ao considerar-se o diâmetro mínimo de exploração comercial como sendo igual a 41,2 cm, ter-se-ia cerca de 4,5% (591

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

árvores) do efetivo total disponível para provável corte, e pelo método Tradicional teria-se apenas 24 ($\cong 0,2\%$) árvores sujeitas a serem exploradas.

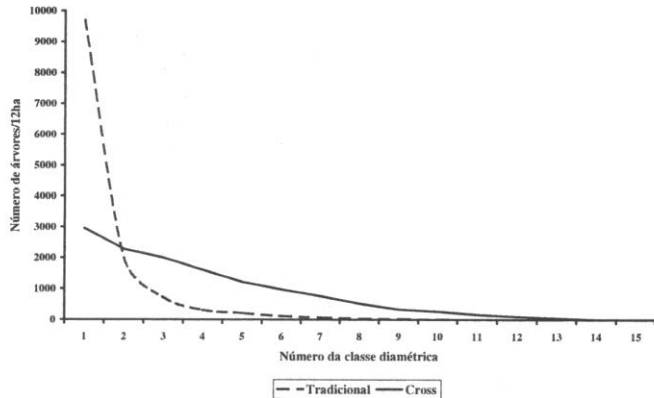


FIGURA 2: Número de árvores absoluto por classe de dap e por método

Assim sendo, esse método ao ser indicado para representar a distribuição diamétrica da Floresta Nacional do Tapajós, exige melhor análise com relação às 2 últimas classes, face o número de árvores ser bem diferente em relação à proporcionalidade do número de árvores *versus* amplitude verificada com as demais.

A razão ou quociente “q” de De Liocourt expressa a relação entre o número de árvores da classe anterior com o da classe posterior, e essa razão entre as classes diamétricas por método de agrupamento é apresentada na Tabela 3.

Seguindo a lógica das discussões anteriores, a razão ou quociente “q” de De Liocourt apresentou características bem diferenciadas entre os métodos Tradicional e *Cross*.

Os valores de “q” determinados pelo método *Cross* guardaram uma certa equivalência, com exceção do valor de “q” da relação entre as 13ª e 14ª classes que se apresentou desproporcional, haja vista o abrupto decréscimo do número de árvores de uma classe para a outra.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 3: Quociente “q” de De Liocourt entre classes de dap por método

Relação NA entre classes diamétricas	Quociente “q” / Método	
	Tradicional	<i>Cross</i>
1 : 2	4,8756	1,2964
2 : 3	2,7854	1,1425
3 : 4	2,2926	1,2480
4 : 5	1,5171	1,3198
5 : 6	1,7083	1,2500
6 : 7	1,5789	1,2770
7 : 8	1,8095	1,4605
8 : 9	1,3125	1,5823
9 : 10	2,6667	1,2863
10 : 11	3,0000	1,5361
11 : 12	4,0000	1,5810
12 : 13	0,3333	2,0192
13 : 14	1,0000	7,4286
14 : 15	1,5000	1,1667

NA = número de árvores por classe diamétrica/12ha.

A Figura 3 mostra a característica das curvas relacionadas a cada método, e evidencia a forma bem irregular para o método Tradicional, devido a desproporcionalidade marcante da relação número de árvores e classes diamétricas.

De modo geral, nenhum dos dois métodos apresentou uma tendência lógica entre os valores de “q”, pois ora assumiram uma tendência decrescente, em seguida crescente, voltando a decrescer em seguida, assim se mantendo até as últimas classes. Neste caso, a tendência variável dos valores encontrados demonstrou que os quocientes não obedecem a seqüência de De Liocourt, porém é plenamente justificável em termos de florestas não manejadas, pois a floresta na qual esse pesquisador determinou a referida série geométrica era “jardinada”.

Entretanto, independente dessa variação dos valores de “q” por método, pode-se afirmar que o método *Cross* oferece melhor equilíbrio para o quociente de De Liocourt, daí admitir-se que o uso desse método oferece um grande avanço em termos de proporcionalidade aproximadamente constante.

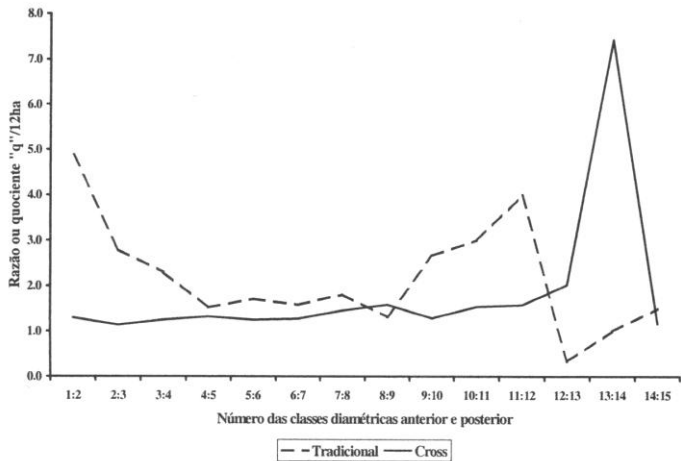


FIGURA 3: Razão ou quociente “q” de De Liocourt entre classes diamétricas por método

No caso do método *Cross*, esses quocientes relacionados com as últimas classes devem-se à baixa ocorrência e a irregularidade dimensional de árvores com DAP acima de 83,1 cm, daí exigir uma análise mais aprofundada ou mesmo uma pequena modificação neste método com relação à amplitude total de variação dos DAP.

Os valores encontrados para o coeficiente de variação por classe diamétrica para cada método de agrupamento são apresentados na Tabela 4.

A Tabela 4 mostra que o método Tradicional apresentou valores do coeficiente de variação por classe diamétrica bem variáveis daqueles obtidos pelo método *Cross*, principalmente em relação às 6 primeiras classes, tendo em vista que as classes com amplitude constante agruparam um grande número de árvores com ampla variação do DAP, principalmente em se tratando das duas primeiras classes.

Os valores do CV% por classe diamétrica para o método Tradicional seguiu uma tendência decrescente, exceto para a última classe devido ao agrupamento das árvores a partir do $DAP \geq 145$ cm, conforme pode ser visto na Figura 4.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 4: Coeficiente de variação por classe de dap e por método

Nº da classe diamétrica	Coeficiente de variação (%)	
	Tradicional	<i>Cross</i>
1	31,93	7,01
2	14,74	6,36
3	9,75	6,95
4	7,37	7,01
5	5,92	6,72
6	4,95	6,55
7	3,52	6,61
8	3,99	6,66
9	3,16	6,76
10	3,50	6,65
11	3,07	6,53
12	--	6,38
13	2,55	6,47
14	1,86	8,93
15	9,25	8,85
Geral	92,66	92,66

Porém, esta tendência não se verificou com relação ao método não tradicional *Cross* com amplitude variável, haja vista que não segue um comportamento crescente ou decrescente bem característico, mas um padrão de constância por serem similares em face das pequeníssimas variações entre os valores, com exceção do ocorrido com as últimas classes. Esse comportamento é marcante e muito importante no caso de florestas heterogêneas multianas.

A análise do comportamento das curvas da Figura 4 mostra uma certa proporcionalidade entre os valores do coeficiente de variação por classe diamétrica para o método não tradicional *Cross*. A curva obtida através do método Tradicional apresenta a forma característica da relação número de árvores por classe diamétrica com amplitude constante.

Assim sendo, constata-se que o coeficiente de variação do número de árvores é um critério essencial para indicar o uso do método *Cross*, pois apresentou um padrão mais definido para o CV%, tendo em vista que os valores por classe diamétrica são praticamente iguais e por isso

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

determinaram uma tendência linear, o que significa afirmar uma ocorrência de proporcionalidade constante entre o DAP médio e a variância por classe devido a redução da heterocedasticidade dimensional.

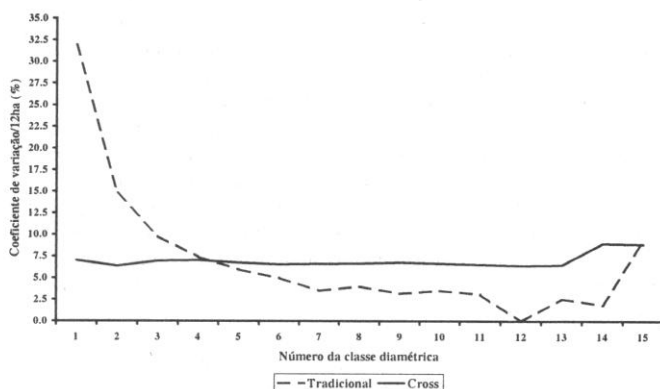


FIGURA 4: Coeficiente de variação por classe de dap e por método

CONCLUSÕES

De acordo com a linha metodológica que foi delineada, e considerando os resultados e discussão comparativos entre os dois métodos, o estudo permitiu as seguintes conclusões favoráveis ao uso desse procedimento matemático-estatístico alternativo ou não tradicional *Cross*:

➤ eliminou o critério subjetivo ou arbitrário do pesquisador para a determinação do número de classes, em face da admissibilidade da fórmula empírica de Sturges, fazendo com que os eventos fossem agrupados seguindo uma tendência mais natural de suas ocorrências;

➤ melhor caracterizou a estrutura diamétrica da Floresta Nacional do Tapajós, tendo em vista que estabeleceu melhor distribuição do número de árvores por classe diamétrica devido a uma proporcionalidade inversa mais equilibrada entre esse parâmetro e os intervalos de classes com amplitudes variáveis;

➤ determinou quocientes "q" de De Liocourt mais regulares e

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

quase constantes devido a melhor proporcionalidade entre o número de árvores e as classes diamétricas, uma vez que o valor paramétrico diminuiu gradualmente à medida que a amplitude dos intervalos aumentou de forma exponencial;

➤ reduziu a contumaz heterocedasticidade dimensional dos dados de DAP por classe diamétrica ao provocar uma sensível e lógica distributividade da dispersão caracterizada pela homogeneização da relação DAP médio e variância, assim comprovada pelo coeficiente de variação praticamente constante ao longo das classes diamétricas.

Muito embora o método *Cross* tenha apresentado vantagens em relação ao procedimento Tradicional, algumas considerações complementares devem ser indicadas quanto ao seu provável uso:

↳ a princípio, o uso do método não permite comparações entre estudos relacionados com os parâmetros estruturais e com os processos dinâmicos da floresta, seja para um mesmo tipo florestal ou para diferentes tipos, pois à cada conjunto de dados inventariados gera uma nova distribuição;

↳ exige rigorosamente o cumprimento das etapas pré-estabelecidas, daí demandar mais tempo e cuidado na definição dos limites inferior e superior dos intervalos de classe, principalmente com relação às aproximações para décimos de centímetros (milímetros);

↳ a dificuldade para o uso do método *Cross* é inicial, mas, com o seu reconhecimento e uso continuado, deve ser incorporado nas rotinas computacionais, de modo a solucionar a definição dos intervalos de classes diamétricas com amplitude variável num menor tempo operacional possível;

↳ apesar de permitir agrupar um maior número de árvores nas últimas classes, o método *Cross* não conseguiu estabilizar a variância associada com as mesmas, em razão da grande dispersão dos dados de DAP e a baixa frequência nessas classes.

Em suma, estas conclusões podem proporcionar um novo entendimento para o manejador intervir na floresta, levando em consideração esse novo método para caracterizar a estrutura dimensional de florestas heterogêneas multiantas como a da Amazônia brasileira. Com isso, novas e acentuadas perspectivas de viabilidade técnico-econômica e ecológica para o manejo florestal podem ser estabelecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELINI, F.; MILONE, G. *Estatística geral*. São Paulo: Atlas, 1993.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

206 p.

- AZEVEDO, V. R. C. G et al. Monitoramento da ação antrópica nos ambientes fitoecológicos no interior e no entorno da Floresta Nacional do Tapajós. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. Curitiba: INPE-SELPER-SBC, 1993. v. 2, p. 15-20.
- BERNAL, J. Estudio ecológico del Bosque Caimital. **Revista Forestal Venezolana**, Merida, v. 10, n. 15, p. 47-82, 1967.
- CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; SILVA, J. N. M. da. Espécies mais importantes ecologicamente em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: CONTRIBUIÇÕES DO PROJETO EMBRAPA/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos**. Belém: EMBRAPA/DFID, 1999. p. 161-166. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 123).
- CRUZ, E. C. da. **O método Cross para caracterização das estruturas diamétrica e basimétrica de floresta tropical amazônica**. Curitiba: UFPR, 2000. 225 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 2000.
- FONSECA, J. S. da; MARTINS, G. de A. **Curso de estatística**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1994. 317 p.
- GRANER, E. A. **Estatística: bases para o seu emprego na experimentação agrônômica e em outros problemas biológicos**. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1966. 184 p.
- HERING, K. G. **Diversidade e manejo da floresta atlântica**. Florianópolis: Ed. Paralelo 27, 1994. 88 p.
- HOSOKAWA, R. T. **Manejo de florestas tropicais úmidas em regime de rendimento sustentado**. Curitiba: CNPq, 1981. 125 f.
- JARDIM, F. C. da S.; HOSOKAWA, R. T. Estrutura da floresta equatorial úmida da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. **Acta Amazônica**, Manaus, n. 16-17, p. 411-507, 1987.
- LAMPRECHT, H. Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. **Acta Científica Venezolana**, Merida, v. 13,

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

n. 2, p. 57-65, 1962.

LEVIN, J. **Estatística aplicada a ciências humanas**. 2. ed. São Paulo: Ed. Harper & Row do Brasil Ltda., 1985. 392 p.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest Inventory**. München: BLV Verlagsgesellschaft, Wie. v. 2, 1973. 469 p.

NAZARETH, H. R. de S. **Curso básico de estatística**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1995. 160p.

PEREIRA, W.; TANAKA, O. K. **Estatística: conceitos básicos**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1984. 341 p.

ROLLET, B. **L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine**. Nogent sur Marne: CTFT, 1974. 298 p.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 10/11, p. 38-110, 1985.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1993. 643 p. (Coleção Schaum).

TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. **Estatística básica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1985. 459 p.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Wallingford: CAB International, 1994. 312 p.

**PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CASTANHEIRA
(*Bertholletia excelsa* H.B.K.), BARRAGEM DO GELADO,
FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS, PARÁ¹**

**PATTERN OF SPATIAL DISTRIBUTION OF CASTANHEIRA
(*Bertholletia excelsa* H.B.K.), BARRAGE OF THE FROZEN
IGARAPÉ, NATIONAL FOREST OF CARAJÁS, PARÁ**

Maristela Machado Araujo² Hortência Osaqui³ Rosiane Silva de Melo⁴

RESUMO

Foi realizado estudo da vegetação em torno da Barragem do Gelado, na Floresta Nacional de Carajás tendo por objetivo verificar a distribuição espacial de castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). Utilizaram-se 158 unidades amostrais de 10 x 350 m distribuídas sistematicamente na vegetação que circunda a barragem, considerando os indivíduos com Circunferência à Altura do Peito (CAP) igual ou maior de 30 cm. Observou-se que a espécie apresentou padrão de distribuição espacial gregário.

Palavras-chave: Castanheira; padrão de distribuição espacial; gregário.

ABSTRACT

This work aimed at studying the vegetation around the Barrage of Frozen Igarapé, in the National Forest of Carajás tends for objective to verify the spatial distribution of castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). 158 units amostrais of 10 x 350 m were distributed systematically in the vegetation that surrounds the barrage, considering the individuals with Circumference at Breast Height (CAP) equal or larger of 30 cm. Was observed that the specie presented pattern of spatial distribution gregarious.

Key words: Castanheira; pattern of spatial distribution; aggregation.

¹ Trabalho financiado pela Companhia Vale do Rio Doce.

² Eng. Florestal, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal-Doutorado, UFSM, eumarisbr@yahoo.com.br, Santa Maria-RS.

³ Eng. Florestal, Companhia Vale do Rio Doce, osaqui@cverd.com.br, Serra dos Carajás-PA.

⁴ Eng. Florestal, shimoko@carajasnet.com.br, Serra dos Carajás-PA.

INTRIDUÇÃO

A (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) é uma espécie de grande importância econômica na Amazônia, principalmente, nos estados do Pará e Acre que exploram a castanha-do-pará ou “*Brazil nut*”, um importante produto de exportação da região (SILVA & ROSA, 1986; RIBEIRO *et al.*, 1999).

Além disso, a castanheira desperta interesse pela qualidade da madeira, que juntamente com a expansão agrícola reduz suas reservas naturais, assim como de outras espécies ameaçadas na região. Isso associado ainda, a enorme riqueza e diversidade da Amazônia produz lacunas de informações auto-ecológicas e silviculturais de espécies, como é o caso da castanheira.

Assim, a Companhia Vale do Rio Doce e IBAMA, diante da oportunidade de obtenção de dados de uma floresta natural em torno da Barragem do Igarapé Gelado, subsidiaram informações para estudo sobre a distribuição espacial da castanheira, com o objetivo de conhecer o comportamento da espécie nesse ambiente. Além de obter informações que contribuam para o desenvolvimento de projeto alternativo em sistemas agroflorestais, a ser elaborado e desenvolvido pela Companhia e comunidade que ocupa esta unidade de conservação.

REVISÃO DE LITERATURA

A castanheira (*Bertholletia excelsa*) é uma espécie da família Lecytidaceae, cujas características morfológicas são: árvore emergente com 30 a 50 m podendo atingir 60 m, o fuste é retilíneo de 100 a 180 cm de diâmetro, sem sapopemas; apresenta folhas simples, glabras de 25 a 35 cm de comprimento; as flores são enroladas por capuz; e os frutos são secos e indeiscente pesando de 500 a 1500 gramas e contendo 15 a 24 sementes (LORENZI, 1998; RIBEIRO *et al.*, 1999)

A espécie ocorre naturalmente nos estados do Pará, Amazonas, Acre e Rondônia e no norte do Mato Grosso e Goiás (LORENZI, 1998).

No entanto, apesar da ampla distribuição geográfica e existência de artigos claros (15, 19, 20, 21) da Lei 4771, que regulamentam a exploração florestal de forma geral, assim como o artigo 10 da Portaria nº 48/95, ANDRADE & CARDOSO (1984) e MARTINI *et al.* (1998) relatam que as reservas de castanheira vem desaparecendo. Isso provavelmente, deva-se as características comerciais da madeira (moderadamente pesada, macia ao

corte e resistente ao ataque de organismos xilófagos) e expansão agrícola da região amazônica.

Atualmente, o corte da castanheira só é permitido, em caráter piloto e experimental, nos municípios de Marabá, Itupiranga, São João do Araguaia, Nova Ipixuna, Novo Repartimento, Pacajá, Eldorado do Carajás, São Geraldo do Araguaia e Parauapebas, na região sudeste do Pará (Portaria nº 56-N, de 11 de setembro de 2000).

LORENZI (1998) relata que a espécie ocorre com grande frequência formando castanhais, sempre associada a outras espécies de grande porte. Porém, SILVA *et al.* (1987) em estudo na área do Projeto Ferro Carajás, observaram apenas 1 indivíduo de castanheira em 40 parcelas.

Para a exploração de uma área o padrão de distribuição espacial de espécies é um fator limitante, pois considera o grau de agregação dos indivíduos (BARROS & MACHADO, 1984).

JANKAUSKIS (1990) descreveu que a distribuição da espécie está relacionado a densidade e frequência de seus indivíduos nas amostras estudadas.

Conforme JANZEN (1970) quando deseja-se conhecer uma população a forma de distribuição dos indivíduos é um importante aspecto a ser avaliado, juntamente com fatores intrínsecos (auto ecologia da espécie) e extrínsecos (fatores ambientais).

Entre as medidas de dispersão de fácil utilização existem o Índice de Morisita (I) e a Razão variância/média (R) (CARVALHO, 1983; BARROS, 1986; NASCIMENTO, 2000).

Determinada espécie da comunidade, estará distribuída aleatoriamente quando cada ponto da área tiver igual probabilidade de estar ocupado por um de seus indivíduo (Razão ou $I=1$). Quando os indivíduos ocorrem agrupados é dito que a espécie apresenta padrão agregado, resultante da variância do número de indivíduos por unidade amostral exceder a média (Razão ou $I>1$), sendo esta variância alta consequência dos indivíduos estarem agrupados em poucas parcelas. O padrão de distribuição uniforme ocorre quando os indivíduos estão regularmente distribuídos na área (Razão ou $I<1$), resultado da variância entre parcelas ser menor que a média (MATTEUCCI & COLMA, 1982; BARROS & MACHADO, 1984).

Após a obtenção destes valores é calculado o X^2 e os resultados são comparados ao X^2 com grau de liberdade ($gl=n-1$) a determinado nível de significância ($\alpha= 0,01$ ou $0,05$), o que permite verificar a veracidade dos resultados (BARROS, 1986).

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área

O Inventário Florestal foi realizado em uma superfície de 258.37 hectares nas margens da Barragem do Igarapé Gelado, situado em Área de Proteção Ambiental, município de Parauapebas-PA.

A área apresenta relevo plano a suavemente ondulado, cujo tipo de solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

A cobertura vegetal é do tipo Ombrófila Aberta Montana, segundo dados do MPEG (Museu Paraense Emílio Goeldi) citado por SILVA & ROSA (1989). As árvores são total ou parcialmente envolvidas pelos cipós apresentando número reduzido de palmeiras e uma grande riqueza florística, comum em vegetação de transição.

Em Carajás, segundo a classificação de Tarifa, o clima pode ser descrito como Equatorial Mesotérmico de Altitude com temperatura média anual de 22.8°C e estação seca definida. AB'SABER (1986) relatou que na Serra de Carajás ocorre clima montano ou serrano amazônico, arejado por alísios do nordeste, com umidade entre 70 e 80% e amplitude térmica, entre os meses mais frio e mais quente nunca superior a 3° C.

Metodologia

Foram avaliadas 158 unidades amostrais (UA) de 10 x 350m (3500m²), distribuídas de forma sistemática, distantes 50m entre si, em torno da Barragem do Igarapé Gelado, a 30 m do dique.

Considerou-se em cada unidade amostral todos os indivíduos da espécie com circunferência à altura do peito (CAP) igual ou maior de 30 cm.

As medidas de dispersão (Razão e Índice de Morisita) da espécie foi obtida através da elaboração de uma tabela, conforme modelo da Tabela 1.

TABELA 1: Tabela modelo para medida de dispersão (Razão e Índice de Morisita).

x	f (x)	f (x) * x	f (x) * x²
0			
1			
2			
:			
:			
n			
Σ			

Sendo: x= número de indivíduos de 1 a n (número máximo de indivíduos que ocorre numa parcela); f(x)=freqüência observada (número de parcelas em que ocorre n indivíduos da espécie); Σ= Somatório.

Sendo a Razão (R) calculada por:

$$R = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

considerando que: S^2 = variância; \bar{X} = média; em que:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f(x) * x^2 - \left(\sum_{i=1}^n f(x) * x \right)^2 / \sum_{i=1}^n f(x)}{\sum_{i=1}^n f(x) - 1}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n f(x) * x}{\sum_{i=1}^n f(x)}$$

e o Índice de Morisita (I) por:

$$I = n * \frac{\sum x^2 - N}{N * (N - 1)}$$

considerando que: n = Número total de parcelas; $\sum x^2 = \sum f(x) * x^2$ = Soma do quadrado do número de indivíduos por parcela; $N = \sum f(x) * x$ = Número de indivíduos encontrados em todas as parcelas.

A significância dos valores calculados de R e I pode ser obtida pelo teste do Qui-quadrado (X^2), onde X^2 calculado é:

$$X^2 = n * \left(\frac{\sum x^2}{N} \right) - N$$

Posteriormente, obtém-se o valor do X^2 tabelado, conforme sugerido por BROWER & ZAR (1984) que estima o valor preciso para graus de liberdade (gl) e nível de significância α , desejados. Nesse estudo para gl ($n-1=158-1$), obteve 201,148 e 187,237, para α igual 0,01 e 0,05, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de Razão (R) e Índice de Morisita (I) de calculados para a castanheira foram, respectivamente, 1,4991 e 1,2829. A significância estatística foi constatada através do valor X^2 calculado (201,42) maior do que o tabelado, tanto para a probabilidade de 95 ou 99%. Este resultado confere o padrão de distribuição espacial agregado para a espécie.

O padrão de distribuição gregário pode ocorrer devido a espécie estar bem distribuída e representada (densidade) na área, formando um grande grupo; ou pelo fato da espécie apresentar muitos indivíduos em pequenos grupos (NASCIMENTO, 2000).

Conforme ODUM (1988) a agregação em diferentes graus, é o padrão mais comum na natureza. Isso ocorre onde o antagonismo ou competição entre indivíduos não é tão severa, contrário ao que conduz à distribuição uniforme.

Considerando a distribuição sistemática das unidades amostrais, quando observa-se a presença ou número de indivíduos em cada uma, percebe-se o agrupamento de castanheira em parcelas seguidas, como por

exemplo, nas parcelas 92, 93 e 95 ocorreram 2 indivíduos de castanheira e 1 na 94. Em algumas parcelas ocorrem 2, 3 ou até 6 indivíduos.

Nas 158 UA, 14 agrupamentos com 2 a 5 parcelas continham de 1 a 6 indivíduos da espécie, o que permite verificar não só a agregação de indivíduos dentro da parcela como também entre as parcelas, ou seja, se o tamanho das UA fosse maior, mesmo que em menor número, provavelmente, seria possível constatar ainda melhor o agrupamento desses indivíduos.

Observou-se que 6 parcelas, com apenas um indivíduo, não apresentaram tendência alguma ao agrupamento. Esse fato é justificável considerando que a espécie ao disseminar seus frutos sob a planta mãe é atraída por dispersores que carregam algumas sementes para locais mais afastados. Conforme RIBEIRO *et al.* (1999) cutias, macacos e morcegos são dispersores de muitas espécies de Lecytidaceae.

A ausência da castanheira foi observada em parcelas (UA) subseqüentes, com maior umidade no solo. Este fato condiz com relatos de MEDRI & LIERAS (1979) que descreveram que há aumento da eficiência da condução em castanheira sob condição xérica, conseqüentemente, maior adaptação e estabelecimento da espécie em ambientes mais secos. LORENZI (1998) também relatou que a espécie é característica de mata de terra firme (não inundável).

A presença do açai (*Euterpe oleracea*) em algumas dessas parcelas, confirmaram a saturação hídrica desse local.

Estes resultados conferem com descrição de ODUM (1988) que relatou que o padrão de dispersão ocorre em resposta a diferença do habitat, alteração temporal (diária e estacional) e processo reprodutivo.

CONCLUSÕES

Estudando-se a densidade de castanheiras por unidade amostral constatou-se que a espécie apresenta padrão de distribuição gregário.

Observou-se o agrupamento de unidades amostrais subseqüentes com castanheira.

No ambiente mais saturado em torno da barragem não foi observado castanheira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB`SABER, A. N. Geomorfologia da região. In: Gonçalves, J. M. Jr. (org.).

Carajás: Desafio político, ecologia e desenvolvimento. São Paulo: Brasiliense, CNPQ. 89-124. 1986.

ANDRADE, J. D. de & CARDOSO, J. E. Caracterização de uma doença fúngica na castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). *Acta Amazônica*, v14, n. 1/ 2, p.3-8, 1984.

BARROS, P. L. C. de. **Estudo fitossociológico de uma floresta tropical úmida no planalto Curuá-Una, Amazônia Brasileira.** Curitiba: UFPR, 1986. 146 p. Tese (Doutorado em Manejo Florestal) - Universidade Federal do Paraná.

BARROS, P. L. C. de; MACHADO, S. A. **Aplicação de índices de dispersão em espécies florestais da Amazônia brasileira.** Curitiba: FUFPEF, 1984. 44 p. (Série Científica, 1).

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and Laboratory Methods for General.** 2. ed. Iowa: Brown Publishers, 1984. 226p.

CARVALHO, J. O. P. Abundância, frequência e grau de agregação de Pau rosa (*Aniba duckei*) na Floresta nacional de Tapajós. Belém: EMBRAPA-CAPTU. **Boletim Técnico.** 1983. 19p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 2ed. Nova Odessa-SP: Editora Plantarum. 1998. 368p.

JANKAUSKIS, J. **Avaliação de técnicas de manejo florestal.** Belém: SUDAM. 1990. 143p.

JANSEN, D. H. Herbívoros and the numbers of tree species in tropical forest. *Amer. Nat.*, v.104, p.501-528. 1970.

MARTINI, A.; ROSA, N. de A.; UHL, C. **Espécies de Árvores Potencialmente Ameaçadas pela Atividade Madeireira na Amazônia.** Belém. IMAZON. 1998. 35p.

MATTEUCCI, S. D; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion.** Washington: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, 1982. 168p.

MEDRI, M. E. & LIERAS, E. Ecofisiologia de plantas da Amazônia. 2-

Anatomia foliar e ecofisiologia de *Bertholletia excelsa* Humb. & Ponpl.
Acta Amazônica, v.9, n.1, p.15-24. 1979

NASCIMENTO, A. R. T. **Análise estrutural e padrões de distribuição espacial de uma amostra de Floresta Ombrófila Mista**. Santa Maria: UFSM, 2000. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.

ODUM, E. P. **Fundamentos da Ecologia**. 4 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988. 927p.

RIBEIRO, J. E. L. da S.; HOPKINS M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. da S.; BRITO, J. M. de; SOUZA, M. A. D. de; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L.; PEREIRA, E. da C.; SILVA, C. F. da; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus:INPA. 1999. 800p.

SILVA, M. F. F. da & ROSA, N. Estudos botânicos na área do Projeto Ferro Carajás, Serra Norte, Pará. II. Regeneração de “castanheira” em mata primária na bacia do Itacaiúnas. In: 1º Simpósio do Trópico Úmido. **Anais**. Belém: EMBRAPA:CPATU. Documento 36. 1986. p. 167-170.

SILVA, M. F. F. da & ROSA, N. A. Análise do estrato arbóreo da vegetação sobre jazidas de cobre na Serra dos Carajás- PA. **Boletim Mus. Para. Emílio Goeldi**, série Botânica, v.2, n.5, p.175-205. 1989.

SILVA, M. F. F. da; ROSA, N. A.; OLIVEIRA, J. Estudos botânicos na área do Projeto Fero Carajás. 5- Aspectos florísticos da mata do Rio Gelado, Pará. **Boletim Mus. Para. Emílio Goeldi**, série Botânica, v.3, n.1, p.1-20. 1987.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES APLICADO A FLORESTAS DE
ARAUCÁRIA EM PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO NO BRASIL**

**AN INFORMATION SYSTEM APPLIED TO ARAUCARIA
FORESTS UNDER CERTIFICATION PROCESS IN BRAZIL**

Carlos R. Sanquetta¹ Luciano F. Watzlawick²
Ana P. Dalla Côte³ Flávio Felipe Kirchner⁴

RESUMO

A Certificação Florestal está se tornando uma importante estratégia de marketing para os produtores de madeira do Brasil, uma vez que o selo verde é uma condição fundamental para a busca de novos mercados. No contexto da Certificação Florestal, a adoção de um sistema de informações se constitui em um importante instrumento, uma vez que permite a integração de todos os dados e informações disponíveis sobre as unidades de manejo, sejam variáveis do meio físico, biológico, econômico ou social. Este trabalho descreve um sistema de informações aplicado a florestas naturais de araucária em processo de Certificação pertencentes a uma empresa privada, localizadas na região sul do Estado do Paraná, Brasil. O sistema consiste da combinação de informações advindas de quatro níveis hierárquicos organizadas em um banco de dados interativo e inter-relacionado. O primeiro nível compreende imagens de satélite IKONOS, o

¹ Professor Adjunto, Departamento de Ciências Florestais, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba - PR, sanqueta@floresta.ufpr.br

² Professor Substituto, Departamento de Ciências Florestais, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, luciano_farinha@uol.com.br

³ Programa Especial de Treinamento, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba - PR, anadalla@netbank.com.br

⁴ Professor Adjunto, Departamento de Ciências Florestais, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba - PR, kirchner@floresta.ufpr.br

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

segundo consiste de inventário florestal realizado em nível de campo, e o terceiro e o quarto níveis referem-se a determinações de biomassa e carbono acumulado na floresta, respectivamente. O sistema integra informações através de tabelas de banco de dados e informações espaciais das unidades florestais sob diferentes regimes de manejo. O emprego do sistema gera ao usuário, de forma instantânea, uma série de informações, como a área de uma unidade de manejo, sua estrutura e diversidade biológica, a quantidade de produtos madeiráveis e não madeiráveis disponíveis e o valor econômico correspondente. Informações sobre bacias hidrográficas, rios, solos e outros elementos da paisagem, infra-estrutura (estradas, pontes, edificações, pátios de estocagem, etc.) são também gerenciadas. Concluiu-se que o sistema tem muita utilidade para a gestão da informação e no manejo de florestas de araucária em Certificação.

Palavras-chave: araucária, certificação, inventário florestal, sistema de informações

ABSTRACT

Forest certification is becoming an important marketing strategy to Brazilian wood producers because the green stamp is a key requirement for assessing various international markets. An important tool in forest certification activities is the information system, because it is able to integrate all available data on the physical, biological, economical and social aspects of the management units. This paper describes an information system applied to natural Araucaria forests owned by a private company under certification in southern Paraná State, Brazil. The system consists in combining information coming from four hierarchical levels in an interactive and interrelated data bank. The first level comprises IKONOS satellite imagery, the second forest inventory at ground level, and the third and the fourth refer to direct field biomass and carbon stock determinations, respectively. The system integrates information through data bank tables and spatial attributes of several forest units under different management regimes. Using the system, the user may calculate the area of each unit, its biological diversity and structure, the available wood and non-wood stocks and the related economical values. Watersheds, rivers, soil types and various other landscape and infrastructure elements (roads, bridges, buildings, harvesting yards, etc.) can be also readily assessed. The system

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

proved to be very powerful to address certification schemes in Araucaria forests.

Key words: araucaria, certification, forest inventory, information system

INTRODUÇÃO

A certificação florestal tem se tornado uma estratégia importante de marketing de várias empresas brasileiras para entrar ou permanecer no competitivo mercado internacional. O selo verde tem se convertido em exigência de muitos compradores, que gradativamente têm imposto barreiras a matérias-primas obtidas em desconformidade com os princípios da sustentabilidade.

O processo de certificação tem exigido ações inovadoras de gestão ambiental nas propriedades rurais, sobretudo naquelas de uso múltiplo de recursos naturais. Uma das dificuldades enfrentadas nesse processo diz respeito à geração e ao controle das informações concernentes às características do ambiente natural e aos regimes de manejo dos recursos existentes.

Vários autores têm empregado sistemas computadorizados de informação para distintas finalidades (CÂMARA e MEDEIROS, 1998; MAGUIRE *et al.* 1991), porém raros são os trabalhos dedicados à aplicação desses sistemas em processos de certificação florestal.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como propósito apresentar as características mais importantes do sistema denominado ARAUCERT, em desenvolvimento para o manejo otimizado e sustentável de florestas de araucária em processo de certificação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos trabalhos realizados por AMEND *et al.* (1996), a aplicação de sistemas de informação geográfica, como apoio ao planejamento florestal, teve como enfoque a separação de matrizes de uso do solo. A primeira matriz ambiental, correspondente à região ambiental, contempla algumas restrições legais de uso do solo, a partir de informações de hidrologia, manejo de fauna, conservação do solo e de fragmentos de florestas naturais bem como áreas inaptas ao plantio florestal. A segunda matriz, denominada de área produtiva, está dividida em unidades de manejo, as quais possuem características homogêneas definidas por espécies, idades, classes de

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

produtividades, etc.. Os autores observam que apesar dos resultados apresentarem alguma limitação devido à disponibilidade de dados, o sistema de informações possui grande potencialidade de aplicação em nível operacional, integrando variáveis ambientais e econômicas ao manejo florestal.

Para WATZLAWICK *et al.* (1999), a utilização das técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica auxilia muito no planejamento florestal. Apesar das limitações ainda existentes no tocante aos recursos tecnológicos e humanos especializados, estas técnicas terão cada vez mais um uso crescente no Brasil. Os autores acrescentam ainda que esses sistemas são talhados como uma ferramenta gerencial poderosa o suficiente para administrar, organizar e processar volumes de informações geográficas e prover fundamentos para resolver problemas que afligem os tomadores de decisão sobre as atividades de planejamento florestal.

OLIVEIRA FILHO (2001) relata a importância e a interação do modelo administrativo de empresas florestais com as geotecnologias atualmente disponíveis, como a topografia, cartografia digital, GPS e o cadastro, através da implementação de sistemas de informação geográfica. O autor realizou um trabalho aplicando sistemas de informações geográficas para apoio aos processos administrativos relativos à gestão da empresa florestal. O sistema foi estruturado e implementado com espacialização e prognose das operações florestais, gerando resultados de análises econômicas e espaciais. No trabalho, o autor mostrou a interatividade, a implementação e as aplicações de diversos programas informatizados para a área florestal em integração com sistema de informação geográfica.

O crescente uso de sistemas de informação, devido à sua distinta capacidade de armazenamento e manipulação de dados, demonstra a sua importância e contribuição na resolução de diversos problemas da atualidade. O aumento no emprego desta técnica na área ambiental se faz notória através de aplicações em inventários e no monitoramento de recursos florestais (SANTOS, 2000).

Segundo AMARAL *et al.* (2000), um sistema de gestão florestal deve ter como grande objetivo a viabilização do controle e do monitoramento das florestas e das propriedades. Nesse contexto, a cartografia digital, combinada com a base cadastral das florestas, forma a base para a construção de um sistema de informações geográficas, que é uma poderosa ferramenta para apoio a administração dos recursos florestais.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

MATERIAL E MÉTODO

Para desenvolver o presente sistema de informações, foi empregado como estudo de caso uma propriedade rural privada pertencente a uma empresa florestal de médio porte, sediada no município de General Carneiro, sul do Estado do Paraná, conforme pode ser visto na Figura 1.

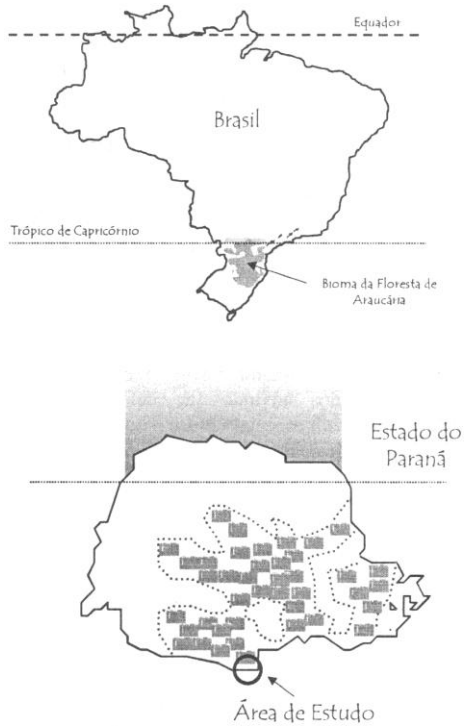


FIGURA 1 – Localização da área de estudo

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

A propriedade consiste de diferentes unidades manejadas sob distintos regimes, como reflorestamento de *Pinus* spp. e de *Araucaria angustifolia*, florestas naturais em diferentes estágios sucessionais e níveis de intervenção antrópica, áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água, reserva florestal legal, pastagens com capões de araucária, áreas residenciais, industriais, estradas, pontes, pátios, rios, tanques e lagos, entre outros.

O sistema congrega os principais atributos de cada unidade de manejo ou feição natural, identificando seu perímetro, área, localização geográfica, infra-estrutura, entre outros, todos advindos da interpretação visual da imagem de satélite IKONOS.

A partir deste primeiro nível hierárquico, composto de tabelas e atributos geográficos, um segundo é alimentado com informações advindas de inventário de campo, efetuado a partir de medições dendrométricas em parcelas amostrais retangulares de 25 m x 100, de onde se extraem dados de diversidade de espécies, de estrutura fitossociológica, de volumetria de madeira para distintas finalidades potenciais de uso (laminação, serraria, energia e resíduo) e quantitativos de outros produtos não madeiráveis (xaxim, erva-mate, etc.). Um terceiro nível hierárquico é composto a partir de levantamentos intensos de pesagem de biomassa de folhagem, troncos, galhos e raízes das árvores, da vegetação rasteira e de outros componentes do ecossistema, como serapilheira e solo. Finalmente, um quarto nível hierárquico integra dados advindos de determinações de elementos químicos da biomassa, com especial ênfase para o carbono em estoque nas diferentes partes da vegetação, uma vez que este tem grande relevância ambiental.

RESULTADOS

A combinação de elementos vetoriais, *raster* e tabulares, de forma interativa nos diferentes níveis hierárquicos, permite ao usuário a conexão das informações de forma cruzada. É possível, por exemplo, estimar os quantitativos de madeira total existente em um determinado compartimento da propriedade, bem como detalhamentos dos volumes disponíveis para uso comercial (toras acima de 40 cm de diâmetro, por exemplo), por espécie, classe de diâmetro, entre outros. Pode-se também efetuar avaliações econômicas dos recursos disponíveis em cada unidade de manejo, bem como identificar as condições ambientais associadas e eventuais impactos,

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

além de permitir traçar estratégias de conservação e uso dos recursos naturais contemplados.

Além das possibilidades acima alinhavadas poderem ser avaliadas, as informações relacionais do banco de dados gerado para cada caso estão conectadas às coordenadas e a todos atributos geográficos da propriedade. Assim, é possível gerar efetuar um zoneamento ecológico-econômico de uma propriedade ou de parte dela, desenho a melhor forma de uso dos recursos ambientais em apreço. As informações disponibilizadas pelo sistema auxiliam de forma importante o processo de certificação florestal, tanto por parte da empresa propriamente dita como pela auditoria ambiental.

O sistema de informações em desenvolvimento, denominado ARAUCERT: Sistema de Informações Aplicado a Florestas de Araucária em Processo de Certificação, se constitui numa ferramenta de grande alcance para os próprios encarregados do processo de certificação na propriedade e até mesmo aos auditores que possam vir a se interessar em fazer avaliações rápidas e com amostragens mais amplas e representativas na propriedade investigada.

CONCLUSÕES

O sistema ainda está em desenvolvimento e deverá ser continuamente aperfeiçoado. Portanto, ainda é precoce a emissão de conclusões mais contundentes. Todavia, é oportuno enumerar o que segue:

O processo de certificação florestal depende de um sistema integrado de controle de informações ambientais capaz gerar alternativas de manejo e estratégias de conservação ambiental de forma ágil e fidedigna.

A combinação de elementos dos sistemas de informações e de cunho biométrico permite um alcance maior no zoneamento econômico-ecológico de propriedades rurais em processo de Certificação Florestal.

O desenvolvimento de um sistema de informações no setor florestal deve passar por diferentes fases, desde a formação de um banco de dados, mapeamentos e chegar ao pleno uso nas áreas e atividade.

Torna-se necessário para tanto incentivar o uso de forma integrada com diferentes sistemas de planejamento e controle, ficando assim viável a combinação e a interação dos diferentes níveis de informação. Assim, é possível estabelecer uma visão ampla do processo produtivo florestal e promover a melhor eficiência das atividades durante o processo de certificação florestal.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

O sistema ARAUCERT oferece ao proprietário de florestas de araucária em processo de certificação, bem como aos auditores envolvidos, uma ferramenta útil de análise e decisão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Indústrias Pedro N. Pizzatto Ltda. e ao CNPq através do Programa PELD pelo apoio financeiro à pesquisa. Os engenheiros florestais Luciano Pizzatto e Marco Aurélio Busch Ziliotto também deram contribuições importantes ao presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, J. C. M. do; JESUS, D. de; COSTA, L. G. Sistema de gestão florestal: da teoria à prática. In: Seminário de atualização em sensoriamento remoto e sistemas de informação geográficas aplicados à engenharia florestal, 4, 2000. Curitiba. **Anais...** Curitiba, p.127-130. 2000.
- AMEND, M. R.; BERGER, R.; MENEGOL, O.; WIECHETECK, M.; VENTURA, J. B. Aplicação de sistemas de informação geográfica como apoio ao planejamento florestal na Inpacel. In: Seminário de atualização em sensoriamento remoto e sistemas de informação geográficas aplicados à engenharia florestal, 2, 1996. Curitiba. **Anais...** Curitiba, p.101-112. 1996.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistemas de informações geográficas – aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. p. 3-11.
- MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W. Geographical information systems. New York, EUA: Longman Scientific & Technical, 1991, 649 p.
- OLIVEIRA FILHO, P. C. **Implementação de sistemas de informação geográfica para a gestão da empresa florestal**. Curitiba: UFPR, 2001. 152p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade do Paraná, 2001.
- SANTOS, J. R. dos. **Contribuição do sensoriamento remoto e GIS nas ações de C & T relativas às questões ambientais**. In: Seminário de

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

atualização em sensoriamento remoto e sistemas de informação geográficas aplicados à engenharia florestal, 4, 2000. Curitiba. **Anais...** Curitiba, p.15-21. 2000.

WATZLAWICK, L. F.; MADRUGA, P. R. de A.; PEREIRA, R. S.; SCHEEREN, L. W. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica no planejamento florestal. In: Ciclo de atualização florestal do cone-sul, 1999. Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, p. 43-52. 1999.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO EM FLORESTA
DE *Acacia mearnsii* DE WILD EM DIFERENTES IDADES

ESTIMATING OF ORGANIC CARBON IN FOREST OF *Acacia
mearnsii* DE WILD IN DIFFERENT AGES

Mauro Valdir Schumacher¹ Hamilton Luiz Munari Vogel² Leonir
Rodrígues Barichello² Marcos Vinícios Wincler Caldeira³

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo estimar a quantidade de carbono orgânico no solo, serapilheira e biomassa, de povoamentos de *Acacia mearnsii* com 4 e 6 anos de idade. O estudo foi realizado na Empresa Florestal AGROSETA S.A., localizada no município de Butiá-RS. O solo da região em estudo é caracterizado como Argissolo Vermelho Escuro, textura argilosa, relevo ondulado e substrato granito. Em cada uma das idades da floresta a ser amostrado o carbono orgânico do solo, foram abertas três trincheiras com 100 cm de profundidade. Em cada uma destas, a amostragem foi feita a cada 20 cm, onde se coletaram amostras para determinação da densidade do solo e análise do carbono orgânico do solo. As coletas da serapilheira foram realizadas com o auxílio de uma moldura de ferro com dimensões de 25 cm x 25 cm, de forma aleatória com 24 repetições por idade. Para determinação da biomassa em cada uma das idades da floresta (4 e 6 anos), inicialmente foram levantados os diâmetros de seis parcelas de 18 m x 24 m, e posterior distribuição diamétrica, dividindo em três classes e abatendo a árvore de diâmetro médio em cada classe. Após as árvores foram amostradas em folhas, galhos, madeira e casca. Para amostragem de folhas, estas foram coletadas do terço médio da copa. Para galhos vivos e galhos mortos na parte intermediária. Foi retirado um disco com 5 cm de espessura à 50% da altura total da planta, para amostragem do tronco e casca. Num próximo passo foi quantificada a biomassa radicial das árvores, as quais foram arrancadas junto com o toco da árvore, separadas do mesmo, devidamente pesadas e amostradas. De

¹ Prof. Dr nat. techn. do Departamento de Ciências Florestais, UFSM. schuma@ccr.ufsm.br .

² Mestrandos da UFSM. hvogel@zaz.com.br .

³ Doutorando da UFPR.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

posse dos resultados concluiu-se que, o estoque de carbono orgânico no solo até 100 cm de profundidade foi de 110,1 Mg ha⁻¹ e 101,5 Mg ha⁻¹ para a floresta de *A. mearnsii* com 4 e 6 anos de idade, respectivamente; para a floresta de *A. mearnsii* com 4 anos de idade, o estoque de carbono orgânico foi de 2,26 Mg ha⁻¹ e 27,68 Mg ha⁻¹, na serapilheira e biomassa total, respectivamente, sendo que 17,1 Mg ha⁻¹ do carbono orgânico estão armazenados na madeira; já para a floresta com 6 anos de idade, o estoque de carbono orgânico foi de 4,53 Mg ha⁻¹ e 55,75 Mg ha⁻¹, na serapilheira e biomassa total, respectivamente, com 36,6 Mg ha⁻¹ do carbono orgânico retidos na madeira.

Palavras-chave: carbono, *Acacia mearnsii*, biomassa.

ABSTRACT

The present study had as objective, estimate the amount of organic carbon in the soil, litter and biomass, from a stands of *Acacia mearnsii* with 4 and 6 years old. It was accomplished in AGROSETA S.A., located on Butiá county, RS. The soil is characterized as Dark Red Podzolic, clay texture, wavy projection and kernel substratum. In each age of the forest, where the organic carbon was sampled, three ditches were trenched with 100 cm deep. In each one of this, the sampling was done in each 20 cm, were samples to determinate the density of the soil and analysis of the soil organic carbon were collected. The litter assessments were done with the assistance of an iron frame with 25 cm x 25 cm of dimensions, in a randomized way, with 24 repetitions per age. To the determination of the biomass in each age of the forest (4 and 6 years), Initially were surveyed the diameters from six plots of 18 m x 24 m, and after, the diametric distribution were done, dividing in three classes and throwing down the tree with the average diameter in each class. After the trees were sampled in leaves, branches, wood and bark. To the leaves samples, these were collected from the medium third from the crown. To the live branches and dead branches on the intermediate part. A disc with 5 cm thickness on the 50% of the total height of the plant, to stump and bark samples. In a next step, the rooting biomass was evaluated, this were wrenched in conjunction with the tree stump, separated, weighed and sampled. With this results, concludes that, the storage of organic carbon in the soil until 100 cm deep was the 110,1 Mg ha⁻¹ and 101,5 Mg ha⁻¹ to the forest of *A. mearnsii* with 4 and 6 years of age, respectively; to the *A. mearnsii* forest with 4 years, the

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

storage of organic carbon was the 2,26 Mg ha⁻¹ and 27,68 Mg ha⁻¹, on the litter and total biomass, respectively, thus so 17,1 Mg ha⁻¹ from the organic carbon were stored on the wood; to the forest with 6 years, the storage of organic carbon was 4,53 Mg ha⁻¹ and 55,75 Mg ha⁻¹, on the litter and total biomass, respectively, with 36,6 Mg ha⁻¹ of the organic carbon retained on the wood.

Key words: carbon, *Acacia mearnsii*, biomass.

INTRODUÇÃO

As florestas plantadas, geralmente com fins econômico-comerciais, são orientadas por critérios técnicos, conforme um plano de manejo, definindo-se a época de sua colheita. Porém durante sua existência, estas florestas realizam a atividade de captura e fixação de carbono na madeira e demais componentes.

Assim a quantificação do carbono orgânico torna-se importante, porque durante a existência destas florestas, são imobilizadas quantidades de carbono existentes na atmosfera, principalmente na madeira.

Segundo SCHUMACHER & HÖPPE (1997), em um ecossistema florestal, existe uma grande dinâmica na produção de biomassa, ou seja, à medida que a floresta vai se desenvolvendo, ocorre uma gradual redução da biomassa da copa das árvores e simultaneamente verifica-se um aumento na produção dos componentes madeira e casca, podendo os troncos das árvores representarem em média mais de 80% da biomassa aérea em uma floresta madura.

De acordo com SIMPSON & BOTKIN (1992), a remoção do dióxido de carbono da atmosfera, ocorre através da fotossíntese nos vegetais, e sua liberação pela respiração, sendo que parte deste carbono removido é armazenado na madeira em florestas. Os mesmos autores comentam que, medições na concentração de CO₂ na atmosfera, são menores durante o verão, onde ocorre maior atividade da fotossíntese, com maior crescimento dos vegetais, e maiores concentrações de CO₂ são registradas no inverno, devido a menor fotossíntese realizada pelas plantas, com conseqüente redução do crescimento.

O presente estudo teve como objetivo estimar a quantidade de carbono orgânico no solo, serapilheira e biomassa, de um povoamento de *Acacia mearnsii* com 4 e 6 anos de idade no município de Butiá-RS.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produtividade de um ecossistema florestal está relacionada diretamente com o consumo e com a disponibilidade de dióxido de carbono no meio, pois este é o elemento que movimenta o processo de absorção das plantas (SCHUMACHER & HOPPE, 1997).

SWISHER (1994), sugere que o reflorestamento na América Latina, pode contribuir significativamente para a redução da emissão global de CO₂, sendo que o uso e capacidade da terra devem ser apropriados para cada situação.

Conforme SOMBROEK et al. (1993), em solos tropicais, na profundidade de 1 a 2 metros, pode conter até 50 Gt de carbono armazenado. Assim mudanças no uso do solo, como o desmatamento, pode reduzir o carbono orgânico entre 20 e 50% na camada superior do solo, diminuindo este valor nas camadas mais profundas.

De acordo com TEDESCO et al. (1995), no solo o carbono pode ser encontrado nas formas inorgânicas (carbonato e bicarbonato) e orgânica, este último constituído por microrganismos, húmus estabilizado, resíduos vegetais e animais em vários estágios de decomposição e carbono inerte (carvão vegetal e/ou mineral).

Os autores RAICH & POTTER (1995), comentam que, ocorre máxima emissão de CO₂ do solo, quando coincide com o período de crescimento das plantas.

Segundo NABUURS & MOHREN (1995), o estoque de madeira, em diferentes tipos de florestas, tem grande potencial para o seqüestro de carbono, podendo reter na biomassa e produtos de madeira aproximadamente 110-200 Mg ha⁻¹ de carbono, em florestas de longa rotação com crescimento moderado.

Nas florestas decíduais da América do Norte, a biomassa estimada ficou entre 17,1 e 23,1 kg m⁻², com teores estimados de carbono armazenado entre 7,7 e 10,4 kg m⁻² (BOTKIN, D.B. et al., 1993).

Segundo CANNELL & DEWAR (1993), no ano de 1990 na Grã-Bretanha, em plantações florestais, o carbono armazenado nas árvores e serapilheira foi de 60 milhões de toneladas, sendo que a emissão nacional anual de carbono foi de 164 milhões de toneladas.

KEITH et al. (1997), estimaram o fluxo de carbono, para uma floresta natural de *Eucalyptus pauciflora* próximo a Camberra na Austrália, em 138 t ha⁻¹ de C (aproximadamente 80% na biomassa acima do solo e 20% abaixo do solo), com 8,5 t ha⁻¹ de C na serapilheira. Neste estudo o

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

carbono no solo até um metro de profundidade foi estimado em 369 t ha⁻¹, representando 70% do carbono total do ecossistema.

De acordo com FOELKEL (1997), a estimativa de emissão de gases do efeito estufa para florestas plantadas de uso industrial para *Pinus* e *Eucalyptus*, apresentaram um saldo positivo de mais de 45 milhões de toneladas de carbono fixado, no período de 1990 a 1994, sendo que a contribuição do gênero *Pinus* situou-se acima de 3 milhões e o gênero *Eucalyptus* o saldo foi de 42 milhões de toneladas de carbono fixado.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo sobre quantificação de carbono orgânico foi realizado na Empresa Florestal AGROSETA S.A., localizada no município de Butiá-RS, com coordenadas 30° 07' 12" de latitude Sul e 51° 57' 45" de longitude Oeste de Greenwich, pertencente a região fisionômica natural do Estado do Rio Grande do Sul denominada Serra do Sudeste.

Segundo Koeppen o clima da região é do tipo Cfa, subtropical, com temperatura média anual entre 18 e 19°C, e precipitação pluvial anual de 1400 mm (MORENO, 1961).

A serra do Sudeste abrange a parte montanhosa do Estado do Rio Grande do Sul, com altitude média de 300 metros, subindo ocasionalmente até 600 metros em relação ao nível do mar. Na cidade, a altitude média fica em torno de 35 metros (RAMBO, 1994).

Ainda segundo o mesmo autor, a natureza geológica da Serra do Sudeste é granito. Os solos de granito, no caso a Serra do Sudeste, são bastante silicosos.

O solo da região em estudo é caracterizado como Argissolo Vermelho Escuro, textura argilosa, relevo ondulado e substrato granito.

Características dos povoamentos

Na Tabela 1 verifica-se os valores obtidos do inventário nos povoamentos de *A. mearnsii*.

TABELA 1 - Valores do inventário realizado nos povoamentos de *A. mearnsii*.

Idade	Frequência Árvores ha ⁻¹	DAP médio cm	Altura média m	Volume médio m ³ ha ⁻¹
4 anos	1995	8,1	10,7	81,54
6 anos	1690	10,9	13,4	135,87

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

O Carbono no solo

Em cada uma das idades da floresta (4 e 6 anos) a ser amostrado o carbono orgânico do solo, foram abertas três trincheiras com 100 cm de profundidade. Em cada uma destas, a amostragem foi feita a cada 20 cm, onde se coletou amostras para determinação da densidade do solo e análise do carbono orgânico do solo. A análise da densidade do solo foi realizada conforme o método do anel de Kopecky (EMBRAPA, 1997). O carbono orgânico do solo foi determinado segundo a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995). O método utilizado foi o de Walkley-Black (com calor externo) descrito por Allison (1965) com aumento em 25% da concentração de dicromato (para maior abrangência de amostras com diferentes teores de C) e decantação da fração mineral.

Nas trincheiras, foram coletadas 5 amostras para densidade do solo e 5 para determinação do carbono, totalizando 75 amostras para análise física (densidade do solo) e 75 amostras para análise química (carbono orgânico).

As análises foram realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFSM.

O carbono na serapilheira

As coletas foram realizadas com o auxílio de uma moldura de ferro com dimensões de 25 cm x 25 cm, de forma aleatória com 24 repetições por idade (4 e 6 anos).

Todo o material encontrado no interior da moldura, foi devidamente coletado e acondicionado em sacos de papel, e posteriormente levado ao Laboratório de Ecologia Florestal - UFSM. No laboratório o material foi posto para secar em estufa de renovação e circulação de ar a uma temperatura média de 75°C até atingir peso constante. Após seco o material foi resfriado em dissecadores e pesado em balança com 0,01 g de precisão. O carbono orgânico da serapilheira foi determinado de acordo com a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995).

Carbono na biomassa

Para as árvores de *A. mearnsii*, o carbono orgânico, foi determinado nos seguintes componentes: folhas, galhos vivos e mortos, casca, madeira e raízes.

Para cada uma das idades da floresta de acácia (4 e 6 anos), inicialmente foram levantados os diâmetros de seis parcelas de 18 m x 24

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

m. Num próximo passo foi feita a distribuição diamétrica, dividindo em três classes e abatendo a árvore de diâmetro médio em cada classe.

Após identificadas, as árvores foram abatidas e amostradas em folhas, galhos, madeira e casca, para determinação do percentual de umidade e posterior análise de carbono. Para amostragem de folhas, estas foram coletadas do terço médio da copa. Para galhos vivos e galhos mortos na parte intermediária, bem como para o tronco e casca foi retirado um disco com 5 cm de espessura à 50% da altura total da planta.

Após, se removeu todos os galhos do tronco e posteriormente foram coletadas todas as folhas. Uma vez separadas às folhas dos galhos, ambos tiveram seu peso verde total aferido com balança de gancho e também o tronco foi separada em toretes, retirada a casca, também amostrados para análises de laboratório.

Após a pesagem e amostragem da biomassa acima do solo, foi quantificado a biomassa radicial das árvores. Para isto foi necessária a demarcação da área útil de cada planta (para um espaçamento de 1,33 m x 3, m a área útil por planta é de 3,99 m²) a ser escavada até 100 cm de profundidade.

As raízes foram arrancadas junto com o toco da árvore, separadas do mesmo e após foram devidamente pesadas e amostradas para análise de laboratório.

As análises de carbono orgânico no tecido vegetal foram feitas segundo metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995), no Laboratório de Ecologia Florestal - UFSM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carbono orgânico no solo:

a) Floresta de *A. mearnsii* aos 4 anos de idade

Na Tabela 2, são observados os valores médios da densidade do solo, dos tores e quantidades de carbono orgânico no solo sob floresta de *A. mearnsii* aos 4 anos de idade.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 2 - Valores médios da densidade do solo (ds), dos teores e quantidades de carbono orgânico no solo sob floresta de *A. mearnsii* aos 4 anos de idade.

Profundidade cm	ds g cm ⁻³	Carbono Orgânico	
		g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹
00-20	1,47	9,07	26,61
20-40	1,47	6,78	21,23
40-60	1,44	8,88	25,56
60-80	1,37	7,34	20,05
80-100	1,31	6,36	16,65
TOTAL			110,10

b) Floresta de *A. mearnsii* aos 6 anos de idade

Na Tabela 3, são observados os valores médios da densidade do solo, dos teores e quantidades de carbono orgânico no solo sob floresta de *A. mearnsii* aos 6 anos de idade.

TABELA 3 - Valores médios da densidade do solo (ds), dos teores e quantidades de carbono orgânico no solo sob floresta de *A. mearnsii* aos 6 anos de idade.

Profundidade cm	ds g cm ⁻³	Carbono Orgânico	
		g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹
00-20	1,37	10,00	27,32
20-40	1,46	6,78	19,74
40-60	1,43	7,84	22,47
60-80	1,28	6,86	17,61
80-100	1,42	5,04	14,31
TOTAL			101,45

O maior valor obtido da quantidade de carbono orgânico na camada de 0-20 cm (Tabelas 2 e 3), deve-se ao teor mais elevado de matéria orgânica nesta profundidade, proveniente principalmente da decomposição da serapilheira.

Verifica-se nas Tabelas 2 e 3, que os teores e quantidades de carbono orgânico, diminuem na medida em que aumenta a profundidade do solo, sendo este fato atribuído a redução dos teores de matéria orgânica com a profundidade.

Segundo os autores BALBINOT et al. (2000a) e BALBINOT et al. (2000b), em florestas de *Pinus taeda* com 15 e 20 anos, o carbono orgânico

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

no solo até 100 cm de profundidade foi estimado em 246,01 e 189,69 Mg ha⁻¹, respectivamente. Os mesmos autores comentam que nestas região frias, os teores de matéria orgânica e carbono orgânico do solo, normalmente são altos, principalmente na camada superficial.

c) Carbono orgânico na serapilheira

Na Tabela 4, verifica-se o valor médio da biomassa de serapilheira, o teor e quantidade de carbono orgânico nos diferentes povoamentos analisados.

TABELA 4 - Valores da biomassa média de serapilheira, teores e quantidades de carbono orgânico nos diferentes povoamentos analisados de floresta de *A. mearnsii* aos 4 e 6 anos de idade.

Ecossistema de Floresta	Serapilheira kg ha ⁻¹	Carbono Orgânico	
		g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
<i>A. mearnsii</i> aos 4 anos	7.935,33	284,33	2.256,24
<i>A. mearnsii</i> aos 6 anos	13.471,40	336,49	4.532,94

Nota-se na Tabela 4, que o teor e quantidade de carbono orgânico é maior na floresta de *A. mearnsii* com 6 anos de idade, ocasionado pela maior devolução de serapilheira no ecossistema, devido ao maior estágio de desenvolvimento deste povoamento.

Conforme BALBINOT et al. (2000a), em uma floresta de *Pinus taeda* com 15 anos, foi estimado 17,5 Mg ha⁻¹ de serapilheira, com um total de 7,1 Mg ha⁻¹ de carbono orgânico.

Carbono orgânico na biomassa:

a) Floresta de *Acacia mearnsii* com 4 anos de idade

Na Tabela 5, verifica-se o valor da biomassa, teores e quantidades de carbono orgânico dos diferentes componentes das árvores de *A. mearnsii* aos 4 anos de idade. A biomassa foi estimada para um total de 1.995 árvores por hectare.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 5 - Valores da biomassa, teores e quantidades de carbono orgânico dos componentes das árvores de *A. mearnsii* aos 4 anos de idade.

Componente	Biomassa kg ha ⁻¹	Carbono Orgânico	
		g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Folhas	2.547,90	433,56	1.104,66
Galhos Mortos	2.394,69	392,51	939,93
Galhos Vivos	7.391,27	392,02	2.897,55
Casca	5.663,44	379,95	2.151,83
Madeira	41.059,90	417,14	17.127,57
Raízes	8.621,27	400,72	3.454,68
TOTAL	67.678,47		27.676,22

b) Floresta de *A. mearnsii* com 6 anos de idade

Na Tabela 6, observa-se o valor da biomassa, teores e quantidades de carbono orgânico dos diferentes componentes das árvores de *A. mearnsii* aos 6 anos de idade. A biomassa foi estimada para um total de 1.690 árvores por hectare.

TABELA 6 - Valores da biomassa, teores e quantidades de carbono orgânico dos componentes das árvores de *A. mearnsii* aos 6 anos de idade.

Componente	Biomassa kg ha ⁻¹	Carbono Orgânico	
		g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Folhas	7.579,05	451,91	3.425,03
Galhos Mortos	3.352,60	410,38	1.375,83
Galhos Vivos	16.227,98	387,68	6.291,22
Casca	7.850,00	382,85	3.005,36
Madeira	90.976,35	402,65	36.631,46
Raízes	12.664,76	396,37	5.019,93
TOTAL	138.650,75		55.748,82

Verifica-se nas Tabelas 5 e 6 que a produção de biomassa é maior nas árvores de *A. mearnsii* com 6 anos de idade, resultando em maior quantidade de carbono orgânico retido por hectare (50,4% a mais de carbono orgânico em relação as árvores com 4 anos de idade).

Nota-se que a maior quantidade de carbono orgânico retido na biomassa encontra-se na madeira, em ambas as idades (Tabelas 5 e 6).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Neste estudo a floresta de *A. mearnsii* com 6 anos de idade fixou 53,2% a mais de carbono orgânico na madeira, em relação a floresta com 4 anos.

Para uma floresta de *Pinus taeda* com 15 anos de idade, com biomassa dos componentes acículas, galhos, casca, madeira e raízes, estimada em 15,0, 43,1, 13,6, 179,1 e 26,4 Mg ha⁻¹, respectivamente, o carbono acumulado nestes componentes foi de 5,5, 17,1, 5,4, 75,4 e 11,3 Mg ha⁻¹, respectivamente (BALBINOT et al., 2000a).

Conforme Ciesla apud CARPANEZZI (2000), uma floresta de *Acácia nilótica* com rotação de 10-15 anos, consegue reter na biomassa aérea 12-17 t ha⁻¹ de carbono.

Segundo GRIERSON et al. (1992), analisando o crescimento de florestas em Victoria-Austrália, verificaram uma taxa média de fixação de carbono em torno de 6-7 t ha⁻¹ ano⁻¹ para florestas jovens de *Eucalyptus*. De acordo com os mesmos autores, o *E. regans* pode fixar altas taxas de carbono em sítios bons (8-10 t C ha⁻¹ ano⁻¹); já para florestas de *Eucalyptus* de pequeno porte, taxas de menos de 3 t C ha⁻¹ ano⁻¹ são fixadas.

Estes resultados indicam que as florestas de *A. mearnsii* retêm grandes quantidades de carbono orgânico em sua biomassa, principalmente na madeira, comprovando a sua importância na capacidade de fixação do carbono.

CONCLUSÕES

- O estoque de carbono orgânico no solo até 100 cm de profundidade foi de 110,10 Mg ha⁻¹ e 101,45 Mg ha⁻¹ aos 4 e 6 anos de idade, respectivamente, para a floresta de *A. mearnsii*.

- Para a floresta de *A. mearnsii* com 4 anos de idade, o estoque de carbono orgânico foi de 2,26 Mg ha⁻¹ e 27,68 Mg ha⁻¹, na serapilheira e biomassa total, respectivamente, sendo que 17,1 Mg ha⁻¹ do carbono orgânico estão armazenados na madeira.

- O carbono orgânico armazenado em uma floresta de *A. mearnsii* com 6 anos de idade, foi de 4,53 Mg ha⁻¹ e 55,75 Mg ha⁻¹, na serapilheira e biomassa total, respectivamente, com 36,6 Mg ha⁻¹ do carbono orgânico retidos na madeira.

- As florestas de *A. mearnsii*, com 4 e 6 anos de idade, retêm grandes quantidades de carbono orgânico em sua biomassa, principalmente na madeira.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALBINOT, R., SCHUMACHER, M.V., HERNANDES, J.I. Carbono orgânico em uma floresta de *Pinus taeda* na Região de Cambará do Sul-RS. In: Sexto Congresso e Exposição Internacional Sobre Florestas, 2000, Porto Seguro. **Resumos Técnicos...**Porto Seguro-BA, 2000a, p.56.
- BALBINOT, R., SCHUMACHER, M.V., HERNANDES, J.I., SUTILI, F.J. Quantificação do carbono orgânico em uma floresta de *Pinus taeda* na Região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. In: Sexto Congresso e Exposição Internacional Sobre Florestas, 2000, Porto Seguro. **Resumos Técnicos...**Porto Seguro-BA, 2000b, p.176.
- BOTKIN, D.B., SIMPSON, L.G., NISBET, R.A. Biomass and carbon storage of the North American deciduous forest. **Biogeochemistry**, v.20, p.1-17, 1993.
- CANNELL, M.G.R., DEWAR, R.C. The carbon sink provided by plantation forests and their products in Britain. **Forestry**, p.35-48, 1993.
- CARPANEZZI, A.A. Benefícios indiretos da floresta. In: GALVÃO, A.P.M. (org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Brasília: Embrapa, 2000. 351p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro-RJ: **Manual de métodos de análise de solo**, 1997. 212 p.
- FOELKEL, C. Avaliação das emissões de gases de efeito estufa devido as mudanças nos estoques de florestas plantadas. **Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro, 1997. 44p.
- GRIERSON, P.F., ADAMS, M.A., ATTIWILL, P.M. Estimates of carbon storage in the above-ground biomass of Victoria's Forests. **Aust. J. Bot.**, v.40, p.631-640, 1992.
- KEITH, H., RAISON, R.J., JACOBSEN, K.L. Allocation of carbon in a mature eucalypt Forest and some effects of soil phosphorus availability. **Plant and Soil**, v.196, p.81-99, 1997.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- NABUURS, G.J., MOHREN, G.M.J. Modelling analysis of potential carbon sequestration in selected forest types. **Can. J. For. Res.**, v.25, p.1157-1172, 1995.
- RAICH, J.W., POTTER, C.S. Global patterns of carbon dioxide emissions from soils. **Global Biogeochemical Cycles**, v.9, nº1, p.23-36, 1995.
- RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. São Leopoldo: Unisinos, 1994. 473p.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A complexidade dos ecossistemas**. Porto Alegre: Pallotti. 1997. 50 p.
- SIMPSON, L.G., BOTKIN, D.B. Vegetation, the global carbon cycle, and global measures. In: DUNNETTE, D.A., O'BRIEN, R.J. (eds). **The science of global change**. American Chemical Society, 1992. P.413-425.
- SOMBROEK, W.G., NACHTERGAELE, F.O., HEBEL, A. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in Tropical and Subtropical soils. **Ambio.**, v.22, nº7, p.417-426, 1993.
- SWISHER, J.N. Forestry and biomass energy projects: bottom-up comparisons of CO₂ storage and costs. **Biomass and Bioenergy**, v.6, nº5, p.359-368, 1994.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS. 1995. 174p. (Boletim Técnico n. 5).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

ESTUDO COMPARATIVO DA DIVERSIDADE ARBÓREO-
ARBUSTIVA E DAS SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE SEMENTES
EM DOIS FRAGMENTOS FLORESTAIS

COMPARATIVE STUDY OF THE ARBOREAL AND SHRUBBY
DIVERSITY AND SEEDS DISPERSION SYNDROMS IN TWO
FOREST FRAGMENTS

André R. Terra Nascimento¹ Solon Jonas Longhi²
Luís Cláudio da Silva³

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo comparar a diversidade florística do componente arbóreo-arbustivo e a proporção das síndromes de dispersão de sementes em duas comunidades vegetais, localizadas em Candelária, região central do Estado do Rio Grande do Sul- Brasil. Usando o método de parcelas, foram instaladas duas amostras de 2000 m² em dois pequenos fragmentos de Floresta Estacional Decidual Sub-montana, sendo mensuradas as espécies arbóreas e algumas arbustivas (todos os indivíduos com DAP maior ou igual à 3,18 cm) e analisadas suas respectivas síndromes de dispersão de sementes. Os dois fragmentos florestais analisados, apresentaram uma fraca similaridade florística em relação a composição das espécies vegetais (Jaccard = 0,53) e uma proporção similar com relação a síndrome de Zoocoria (77,8 % e 77,3 %), destacando a importância destes pequenos fragmentos como fonte de propágulos na matriz de vegetação local. A manutenção destes pequenos fragmentos em adiantado processo de fragmentação é de suma importância para a conservação da diversidade vegetal regional e para o fluxo de sementes entre os mesmos.

Palavras-chave: Floresta Estacional Decidual, diversidade florística, síndrome de dispersão.

¹ Eng. Florestal, M.Sc., Doutorando em Ecologia, Universidade de Brasília, Instituto de Biociências, Brasília-DF. E-mail: arterra@unb.br.

² Eng. Florestal, Dr., Prof. Titular do Departamento de Ciências Florestais, CCR, UFSM, Santa Maria-RS, E-mail: longhiso@ccr.ufsm.br.

³ Eng. Florestal, Mestrando, Diretor do Museu das Missões, São das Missões/RS.

ABSTRACT

The present study has the purpose of comparing the floristic diversity of the arboreal and shrubby component and the proportion of the seeds dispersion syndroms in two vegetals communities, located in Candelaria, central region of the Rio Grande do Sul state, Brazil. Using the pieces method, two samples of 2000 m² were installed in two small fragmentes of the Seasonal Deciduous Submountain Forest, where it was measured the arboreal species and some shrubby (all of individuals with DAP more than or equal to 3,18 cm) and analised their respective seeds dispersion syndroms. The two analised forest fragmentes presented a weak floristic similarity in relation to the vegetal species composition (Jaccard=0,53) and a similar proportion in relation to the Zoocoria Syndrom (77,8% and 77,3%), emphasizing the importance of this small fragments as source of seeds of the local vegetation. The maintenance of this small fragmentes in advanced fragmentation process is of extreme importance for the conservation of the regional vegetal diversity and for the seeds flux.

Key words: Seasonal Deciduous Florest, floristic diversity, dispersion syndrom.

INTRODUÇÃO

A transformação de áreas contínuas de florestas naturais, em pequenas porções ou “ilhas” de vegetação, é uma prática que acarreta sérias implicações para a conservação da diversidade biológica. Estudos recentes, mostram que os processos de migração de espécies e as taxas de extinção podem ser mais elevadas, nestes locais, que nas florestas intactas e os efeitos de borda podem ser notados até centenas de metros para o interior de grandes fragmentos de Floresta Tropical (LAURANCE, 1991, LAURANCE *et al.*, 1997).

Estudos demonstram que os animais frugívoros desempenham um importante papel como geradores de diversidade em comunidades tropicais. A chuva das sementes que cai abaixo da copa das árvores que não produzem frutos carnosos nem sementes ariladas (como aquelas que dispersam as sementes através do vento), deve mostrar uma riqueza de espécies ainda menor, o que é esperado, já que estas árvores não são atrativas para espécie de animais frugívoros (MARTÍNEZ RAMOS, 1994). Para um total de 41 espécies vegetais do gênero *Cocrosma* (Rubiaceae) com frutos carnosos, foi descrito uma maior porcentagem de espécies com frutos zoocóricos, de

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

morfologia colorida (com diferentes tons de vermelho) (55 %), relacionada com a maior altitude dos sítios e com os organismos dispersores das sementes (neste caso aves frugívoras). Nos habitats abertos e nas bordas da floresta, os frutos apresentaram tonalidades escuras (preto, marrom) sendo pouco destacados na folhagem do dossel (LEE *et al.*, 1988).

Um aspecto importante do processo de dispersão de sementes animais vertebrados em espécies tropicais é a sua relação com a sucessão vegetal (KUBITZKI, 1985), sendo que a entrada de propágulos zoocóricos pode ser facilitada com o fluxo dos animais entre os fragmentos. A cor dos frutos é comumente o mais importante meio de advertência de quando o fruto está maduro para os frutos coloridos e mais de uma cor pode ser usada na demonstração da frutificação. Espécies que mostram frutificação nas cores vermelho e preto são mais atrativas para aves, que frutos com somente uma cor e totalmente pretos (WILLSON, 1983). Na estrutura densa da folhagem, os frutos zoocóricos coloridos apresentam um maior destaque e podem ser visualizáveis de maiores distâncias para os animais dispersores de sementes nestes locais (aves e mamíferos de pequeno porte).

O presente estudo objetiva comparar a diversidade de espécies arbóreo-arbustivas e a proporção das síndromes de dispersão de sementes em dois fragmentos florestais, visando contribuir para o conhecimento de aspectos da ecologia dos mecanismos de dispersão de sementes e do manejo de habitats fragmentados na Floresta Estacional Sub-montana.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo

Foram estudados dois fragmentos de Floresta Estacional Decidual Submontana (LONGHI *et al.*, 1986; VELOSO *et al.*, 1991), localizados no município de Candelária, Rio Grande do Sul. Os fragmentos encontram-se isolados entre si e apresentam área similar (2 hectares), histórico de perturbação semelhantes e grau de isolamento distintos.

Uma das comunidades vegetais estudada (Área I) encontra-se isolada, situada na base do Cerro Botucará, em terreno relativamente plano (5-10°) com inundação periódica, predominando em número de espécies vegetais as famílias botânicas Euphorbiaceae, Lauraceae, Myrtaceae e Meliaceae. O outro fragmento estudado (Área II) situa-se em um pequeno vale, ligado à Serra Geral, em terreno de declividade acentuada (27°) e com uma maior restrição ao uso agrícola. Nesta comunidade vegetal

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

predominam, em diversidade de espécies as famílias Lauraceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae e Meliaceae (NASCIMENTO *et al.*, 2000)

A região apresenta um clima do tipo Cfa, de acordo com a classificação climática de Köppen. Segundo MORENO (1961) a precipitação média anual está em torno de 1564 mm e a temperatura média anual em torno de 19,2 °C (dados de Cachoeira do Sul, no período de 1912-1942, cidade próxima a Candelária).

Método de amostragem das comunidades vegetais

Foram inventariadas ambas comunidades, com o uso de 20 parcelas de 10 m x 10 m (100 m²), totalizando uma área de 2000 m² em cada fragmento. Em cada unidade amostral quadrada utilizada, foram levantadas todas as espécies com PAP (Perímetro à altura do peito) maior ou igual à 10 cm (DAP \geq 3,18), sendo anotados: espécie, PAP, altura total e altura comercial (posição em relação ao dossel). As amostras foram levantadas, de maneira aleatória (PÉLICO NETTO & BRENA, 1998) na área central dos dois fragmentos, desconsiderando uma área de 20 metros da borda em direção ao interior das duas comunidades.

As espécies foram identificadas no local e quando não possível sua identificação na floresta, coletou-se material botânico para a sua posterior determinação, junto ao Herbário do Departamento de Ciências Florestais da UFSM (HDCF) e do Herbário de Departamento de Botânica (ICN) da UFRGS e também envio para especialistas em determinadas famílias. Todo o material, incluindo as duas espécies ainda não determinadas, encontram-se incorporadas ao acervo do HDCF.

Para a caracterização das síndromes de dispersão adotou-se as categorias anteriormente propostas por VAN DER PIJL (1982), HOWE & SMALWOOD (1982), HOWE & WESTLEY (1988), TABARELLI (1992), HAMMOND & BROWN (1995), NASCIMENTO *et al.* (2000), entre outros; sendo as espécies vegetais reunidas em três grupos: Anemocóricas - espécies com frutos adaptados à dispersão pelo vento; zoocóricas - espécies com frutos adaptados à dispersão por animais (aves, mamíferos, etc) e autocóricas - espécies que não apresentam adaptações morfológicas para dispersão pelas categorias anteriores, reunindo espécies barocóricas e com dispersão explosiva. As cores do frutos, utilizadas para auxiliar na caracterização das síndromes, foram analisadas com base nas características morfológicas dos frutos e sementes e nos trabalhos clássicos de dispersão

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

como WILLSON (1983), WILLSON *et al.* (1989), JANSON (1992), MORELLATO & LEITÃO-FILHO (1992), FISCHER & CHAPMAN (1993).

Calculou-se o Índice de diversidade de Shannon, obtido com o uso do programa Fitopac II, desenvolvido pelo Prof. Dr. George J. Sheppard da Unicamp e o Índice de similaridade de Jaccard (MAGURRAN, 1989) buscando dados comparativos entre as duas comunidades vegetais da Floresta Estacional Sub-montana.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Amostragem da vegetação e diversidade de espécies

Foram amostrados 40 espécies e 686 indivíduos na área 1 e 52 espécies e 683 indivíduos na área 2, que representam as duas amostras da Floresta Estacional Sub-montana (Figura 1). As duas curvas apresentaram uma menor inflexão nas parcelas 14 e 16 nas amostras 1 e 2, respectivamente, com uma tendência a mudança na inclinação nos dois locais de amostragem. O fragmento número 2 apresenta uma maior inclinação e representa uma comunidade vegetal com um maior diversidade de espécies arbóreas e arbustivas.

A diversidade florística do componente arbóreo-arbustivo dos dois fragmentos é melhor visualizada nos baixos valores do Índice de Shannon $H' = 2,7$ e $H' = 2,9$. Estes resultados destacam, no entanto, que mesmo em fragmentos de área pequena (2 hectares), podem ser encontrados um número mediano de espécies para os padrões de diversidade das espécies arbóreas e arbustivas da região (Tabela 1), sendo inclusive, também comparáveis com algumas florestas secundárias no domínio da Floresta Estacional Decidual.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

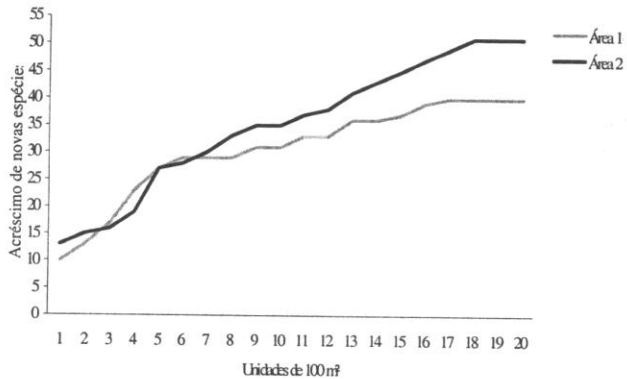


FIGURA 1 - Curva do aumento de novas espécies em relação à área de amostragem, em dois fragmentos de Floresta Estacional Submontana, Candelária, RS.

TABELA 1 - Relação das espécies arbóreas e arbustivas amostradas, com suas respectivas famílias botânicas em duas amostras de vegetação com PAP ≥ 10 cm (DAP $\geq 3,18$ cm), Candelária-RS.

ESPÉCIE	FAMÍLIA	AMOSTRA	
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	1	2
<i>Aiouea saligna</i> Meissner	Lauraceae	1	2
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	1	2
<i>Allophylus edulis</i> (St.Hil.) Radlk.	Sapindaceae	1	2
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macbr.	Mimosaceae		2
<i>Bohemeria caudata</i> Sw.	Urticaceae	1	2
<i>Cabralea cangerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	1	2
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg	Myrtaceae	1	2
<i>Celtis iguanea</i> (Jacq.) Sargent	Ulmaceae		2
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Flacourtiaceae	1	2
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eich.) Engl.	Sapotaceae	1	2
<i>Citronella paniculata</i> (Miers) Howard	Icacinaceae		2
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Boraginaceae	1	2
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab.ex Steud.	Boraginaceae		2
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	Sapindaceae	1	2
<i>Dyospiros inconstans</i> Jacq.	Ebenaceae	1	2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	Mimosaceae		2

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 1 - Continuação

<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Myrtaceae	1	2
<i>Eugenia rostrifolia</i> Legr.	Myrtaceae	1	2
<i>Eugenia schuechiana</i> Berg	Myrtaceae		2
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	1	2
<i>Faramea marginata</i> Cham.	Rubiaceae	1	2
<i>Ficus cf. insipida</i> Will.	Moraceae		2
<i>Ficus luschnahitana</i> Miq.	Moraceae	1	2
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	Meliaceae	1	2
<i>Inga marginata</i> Willd.	Mimosaceae	1	2
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Bignoniaceae	1	2
<i>Miconia rigidiuscula</i> Cogn.	Melastotaceae		2
<i>Mollinedia</i> sp. 1	Moniminaceae	1	2
<i>Mollinedia</i> sp. 2	Moniminaceae		2
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez.	Lauraceae	1	2
<i>Nectandra rigida</i> Nees	Lauraceae	1	2
<i>Ocotea cf. silvestris</i> Vatt.	Lauraceae	1	2
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meissn.) Mez	Lauraceae		2
<i>Ocotea puberula</i> Nees	Lauraceae		2
<i>Ocotea teleiandra</i> (Meissn.) Mez	Lauraceae		2
<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M.Johnston	Euphorbiaceae	1	2
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Mimosaceae		2
<i>Phytolacca dioica</i> L.	Phytolaccaceae		2
<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth.	Piperaceae	1	2
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae		2
<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	Nyctaginaceae		2
<i>Prunus sellowii</i> Koehne	Rosaceae		2
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae		2
<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. ex A. DC.) Mez	Myrsinaceae		2
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	Euphorbiaceae		2
<i>Sebastiania commersoniana</i> Smith & Downs	Euphorbiaceae	1	2
<i>Solanum sanctae-catharinae</i> Dunal	Solanaceae		2
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.)Burger, Lajow &Boer	Moraceae	1	2
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepping & Endlicher	Euphorbiaceae	1	2
<i>Trichilia claussenii</i> C. DC.	Meliaceae	1	2
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	Meliaceae	1	2
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae	1	2

Em florestas secundárias, em um remanescente da floresta Estacional Decidual VACCARO (1997), usando uma área amostral similar (2000 m², DAP ≥ 3,18 cm), descreve uma diversidade de 48 espécies arbóreo-arbustivas, 23 famílias botânicas e um valor de H' = 2,75 para o índice de Shannon. O número de famílias encontrada nas duas áreas estudadas (18 e 26 famílias), pode ser considerado expressivo e comparável

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

com os encontrados pelo autor, no estágio denominado de sucessão secundária.

Síndromes de dispersão nas duas comunidades vegetais

A proporção das síndromes de dispersão por animais vertebrados (Zoocoria) é o mecanismo predominante de dispersão nas duas áreas, com valores muito semelhantes (Tabela 2 e Figura 2). As duas amostras de vegetação estudada, apresentaram uma fraca similaridade florística (Jaccard = 0,53) mesmo pertencendo são mesmo tipo de comunidade vegetal (Floresta Estacional Decidual Submontana), apresentando as duas comunidades 32 espécies em comum, com 8 espécies exclusivas da área 1 e 21 espécies exclusivas da amostra 2.

TABELA 2 - Dados comparativos sobre diversidade de espécies arbóreas e a proporção de frutos zoocóricos em dois fragmentos florestais, Candelária/RS

*	Nº de espécies	Nº de indivíduos	Diversidade (H')	Nº de famílias	% Zoocoria
Área 1	40	686	2,7	18	77,5
Área 2	52	683	2,9	26	77,3

* dados originados de duas amostras de 2000 m², onde foram levantadas todas as espécies arbóreas e arbustivas com DAP ≥ 3,18 cm.

A carência de dados comparativos sobre as síndromes de dispersão nestas comunidades, não permite inferências mais detalhadas, entretanto a importância de espécies vegetais com frutos zoocóricos é destacada nos ambientes com uma forte influência das bordas da vegetação. A menor área central, dos pequenos fragmentos (< 5 hectares), pode facilitar a movimentação de animais frugívoros e conseqüentemente, o fluxo de diásporos para dentro e para fora da área destes fragmentos. Isto pode ser visualizado, nas elevadas percentuais de Zoocoria encontradas nas duas comunidades.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Os altos percentuais de Zoocoria encontrados nos dois fragmentos são comparáveis com outras Florestas Estacionais da região (69 %) (ALBERTI *et al.*, 2000), Florestas Mesófilas (70 %) (MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1992), Florestas Tropicais no Brasil (74 %) (COSTA *et al.*, 1992) e Florestas Tropicais na Austrália (80 %) (WILLSON *et al.*, 1989). Em florestas desenvolvidas, a importância dos agentes bióticos pode ser mais expressiva, em comparação com os estádios iniciais de sucessão, e os mecanismo de dispersão tendem a ser mais complexos, com o desenvolvimento das espécies tolerantes “de sombra”, que envolve desde árvores de grande porte do dossel até arbustos do sub-bosque da floresta.

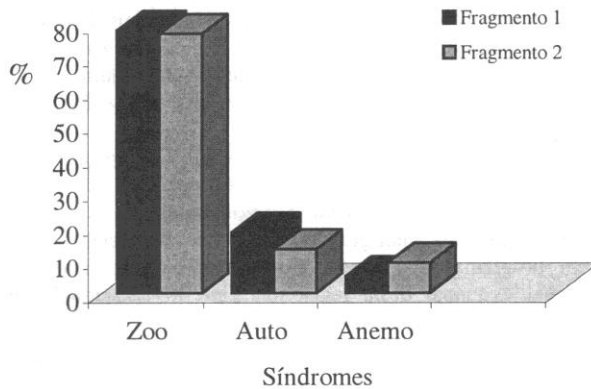


FIGURA 2 - Proporção das síndromes de dispersão de sementes em dois fragmentos de Floresta Estacional Sub-montana, Candelária/RS. Zoo = Espécies zoocóricas, Auto = Espécies autocóricas e Ane = Espécies anemocóricas.

Com relação as espécies anemocóricas e autocóricas, parece ocorrer uma maior variação entre os dois locais, e no fragmento 1 existe uma menor proporção de espécies anemocóricas. A maior declividade da área 2 (com uma maior restrição ao uso agrícola) e a ligação deste fragmento, com trechos de floresta mais desenvolvidos, facilitou o fluxo de sementes e pólen, podendo estar entre os principais fatores, que explicam o

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

maior número de espécies (12 espécies vegetais) e o maior número de famílias (6 famílias botânicas) em relação ao fragmento 1.

CONCLUSÕES

Os elevados percentuais de zoocoria encontrados nos dois fragmentos (77,5 % e 77,3 %) são comparáveis com outras Florestas Estacionais e Florestas Tropicais. A composição de espécies dos dois fragmentos, embora apresente uma fraca similaridade florística (Jaccard = 0,53), possui entretanto, 32 espécies em comum nas duas amostras de vegetação.

Os dois fragmentos estudados apresentaram uma grande similaridade quanto à proporção de frutos dispersos por animais (Zoocoria), e diferentes valores percentuais de Anemocoria e Autocoria. Estes locais devem ser considerados como importantes fonte de propágulos para a comunidade de frugívoros em ambientes fragmentados (pequenos mamíferos, aves e morcegos).

As duas comunidades vegetais estudadas desempenham um importante papel na diversidade de elementos da vegetação do local. A manutenção destes elementos da paisagem, mesmo tratando-se de pequenos fragmentos (< 5 hectares) com um grande nível de interferência, deve ser considerada em programas que visem a manutenção e o manejo da diversidade vegetal e animal desta região da Floresta Estacional Submontana.

AGRADECIMENTOS

À FAPERGS pela bolsa concedida ao primeiro autor. Aos botânicos Adelino Alvarez Filho, Marcos Sobral e Gilberto Pedralli pelo auxílio na determinação de material botânico. Ao prof. Dr. Bruno E. Irgang da UFRGS pelas informações e discussões sobre estas comunidades vegetais. À seu Albino "in memoriam" e à seu Alberi pela permissão de trabalhar nas suas propriedades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, L.F.; HIRT, J.A.N.; MACHADO, D.B.F.; TOMBINI, C. S.; LONGHI, S.J. Aspectos florísticos e síndromes de dispersão das

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- espécies arbóreas do morro de Santo Antônio. **Ciência e Natura**, Santa Maria, n.22, p.145-160, 2000.
- COSTA, L.G.S.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; JESUS, R.M. Grupos ecológicos e a dispersão de espécies arbóreas em um trecho de Floresta Tropical na reserva florestal de Linhares (ES). **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v.4, p.303-305, 1992.
- FISCHER, K.E. & CHAPMAN, C.A. Frugivores and fruit syndromes: differences at the genus and species level. **Oikos**, v. 66, p. 472-482, 1993.
- HAMMOND, D.S.; BROWN, V.K. Seed size of woody plants in relation to disturbance, dispersal. soil type in Wet Neotropical forests. **Ecology**, v.8, n.76, p.2544-2561, 1995.
- HOWE, H. F. & SMALWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Ann. Ver. Ecol. Syst.**, v.13, p.201-208, 1982.
- HOWE, F.H. & WESTLEY, L.C. **Ecological relationships of plants and animals**. Oxford: University Press, 1988.
- JANSON, C.H. Measuring evolutionary constraints: a Markov model for phylogenetics transitions among seed dispersal syndromes. **Evolution**, n. 46, v.1, p.136-158, 1992.
- LEE, W.G.; WILSON, J.B.; JOHNSON, P.N. Fruit color in relation to the ecology and habitat of *Cocrosma* (Rubiaceae) species in New Zealand. **Oikos**, v.53, p. 325-33, 1998.
- KUBITZKI, K. The dispersal of forest plants. PRANCE, G.T. & LOVEJOY, T.E. **Key environments Amazônia**. Oxford: Pergamon Press, 1995. p.192-206.
- LAURANCE, W. F. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for design of nature reserves. **Biological Conservation**, v. 57, p.205-219, 1991.
- LAURANCE, W.F., LAURANCE, S.; FERREIRA, L.; RANKIN-DE-MERONA, J.M. GASCON, C.; LOVEJOY, T. E. Biomass collapse in Amazonian forest fragments. **Science**, v.278, p.. 1117-1118, 1997.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- LONGHI, S.J., SANTOS, P.; SCHORN, L.A. Diferenciação dos tipos florestais do Cerro Botucaraí, em Candelária, Rio Grande do Sul. **Acta For. Bras.**, Curitiba, p.99-114, 1986.
- MAGURRAN, A.E. **Diversidad Ecológica y su Medición**. Barcelona: Vedra, 1989. 200 p.
- MARTÍNEZ RAMOS, M. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. **Bol. Soc. Bot. México**, v.54, p.179-224, 1994.
- MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. L.P.C. MORELLATO (Org.), Editora da Unicamp, Campinas, p. 112-140, 1992.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre:, Secr. da Agricultura, Diretoria de terra e colonização, 1961. 42 p.
- NASCIMENTO, A.R.T.; LONGHI, S.J.; ALVAREZ-FILHO, A.; GOMES, G.S. Análise da diversidade florística e dos sistemas de dispersão de sementes em um fragmento florestal na região central do Estado do Rio Grande do Sul. **Napaea**, n.12, p. 49-67, 2000.
- PELLICO NETTO, S. & BRENA, D.A. **Inventário florestal**. Curitiba: Universidade federal do Paraná- Universidade Federal de Santa Maria, 1998. 316 p.
- TABARELLI, M. Flora arbórea da Floresta Estacional Baixo-montana no município de Santa Maria, RS. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v.4, p.260-268, 1992.
- VACCARO, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza – RS**. Santa Maria: UFSM, 1997. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.
- VAN DER PIJL, J. **Principles of dispersal in higher plants**. 3. ed. Berlin, Springer-Verlag, 1982. 213 p.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE/PROJETO RADAM BRASIL, 1991. 123 p.

WILLSON, M.F. **Plant reproductive ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 282 p.

WILLSON, M.F.; IRVINE, A.K.; WALSH, N.G. Vertebrate dispersal syndromes in some Australian and New Zealand plant communities, with geographic comparacions. **Biotropica**, n.21, p.133-147, 1989.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

**RELAÇÕES INDIVIDUAIS DE BIOMASSA E CONTEÚDO
CARBONO EM PLANTAÇÕES DE *Araucaria angustifolia* E *Pinus
taeda* NO SUL DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL**

**INDIVIDUAL BIOMASS AND CARBON CONTENT IN
Araucaria angustifolia AND *Pinus taeda* PLANTATIONS IN
SOUTHERN PARANÁ STATE, BRAZIL**

Carlos R. Sanquetta¹ Luciano F. Watzlawick²
Mauro Valdir Schumacher³ Anabel A. de Mello⁴

RESUMO

O papel das florestas na fixação de carbono atmosférico tem se constituído em uma questão ambiental muito debatida nos últimos anos. Entretanto, ainda são poucos os estudos realizados com a finalidade de quantificar a participação das florestas neste importante processo ecológico. Possivelmente, as razões para isto estão atreladas à grande dificuldade intrínseca de se quantificar a biomassa das florestas, à complexidade dos fenômenos correlacionados com a fixação de carbono e ao fato deste tema ser ainda pouco estudado pela ciência. O presente artigo tem o propósito de apresentar resultados de um estudo sobre as relações individuais de

¹ Professor Adjunto, Departamento de Ciências Florestais, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba - PR, sanqueta@floresta.ufpr.br

² Professor Substituto, Departamento de Ciências Florestais, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba - PR, luciano_farinha@uol.com.br

³ Professor Adjunto, Departamento de Ciências Florestais, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Ecologia Florestal, CEP 97.105-900, Santa Maria – RS, schuma@ccr.ufsm.br

⁴ Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba - PR, anabel@floresta.ufpr.br

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

biomassa e conteúdo de carbono em árvores de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* plantadas em General Carneiro, sul do Estado do Paraná, Brasil. As relações foram estudadas considerando, em separado, diversas partes componentes da parte aérea e radicular de árvores de várias idades. Em geral, o ajuste de equações de biomassa foi muito satisfatório para a variável Peso do Fuste, enquanto que para as demais variáveis os resultados de ajuste foram apenas razoáveis. No presente estudo, foi encontrado um modelo mais adequado para cada relação dimensional, contudo pode-se dizer que em geral o modelo 7 (Tabela 1) foi o melhor para *Pinus taeda* enquanto o 4 for mais satisfatório no caso de *Araucaria angustifolia*. Os estudos de carbono evidenciaram a existência de relações lineares (sem intercepto) consistentes entre o peso verde da biomassa e o peso do carbono contido nas diversas partes das árvores, indicando a inexistência de variação no percentual de carbono com o tamanho da árvore e com a sua idade.

Palavras-chave: araucária, biomassa, carbono, pinus

ABSTRACT

The role of forests in carbon sink to the atmosphere is becoming an important environmental issue in the last years. However, few studies have been carried out to quantify the participation of forests in this ecological process. Perhaps, the reasons are the great difficulties in assessing forest biomass, the complexity of such phenomena and the only recent advances in this important research field. This paper deals with biomass variables correlation and mathematical model fitting to estimate fresh weight of trunk, foliage, living and dead branches, and root of pine and araucaria trees growing plantation conditions. Data for this study came from forest plantations in southern Paraná State, southern Brazil. Correlations were evaluated and seven biomass models were tested, relating fresh weight to tree dbh and height. In general, fitting was very satisfactory for trunk weight as the dependent variable, whereas for the others the results the goodness of fit was only reasonable. In this study, it was found a best fitting model for each dependent variable considered, but it can be said than in general model 7 (Table 1) was the most satisfactory for pine and model 4 was the best for araucaria. The carbon content studies revealed the existence of a consistent linear relation (without intercept) between fresh weight of biomass and carbon weight for the trees analyzed. This indicated that carbon amount in percentage may not vary with tree size and age.

Key words: araucaria, biomass, carbon, pine

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

INTRODUÇÃO

O papel das florestas na captura de gás carbônico tem recebido muita ênfase nos últimos anos. Entretanto, estudos científicos sobre o estoque e a dinâmica de carbono em florestas ainda são escassos. Poucos trabalhos foram realizados para espécies florestais brasileiras e espécies exóticas plantadas no Brasil.

A inexistência de trabalhos sobre este assunto se deve, em grande parte, ao imenso trabalho que demandam os estudos de biomassa florestal e ao fato deste tema ser ainda recente.

Este trabalho teve como objetivo de apresentar resultados de uma pesquisa sobre biomassa e conteúdo de carbono em diferentes partes componentes de árvores das espécies *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* plantadas em condições de povoamento, ou seja, em plantios puros. O presente documento enfoca o ajuste de equações por regressão para estimar variáveis de biomassa em função de variáveis ordinárias de inventário florestal e conteúdo de carbono a partir da biomassa verde.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A emissão contínua de gases de efeito estufa pela sociedade industrializada, pelas atividades rurais e por ações naturais tem gerado preocupação muito grande da comunidade científica, da mídia e da população de forma geral. A grande preocupação concentra-se na hipótese que estas emissões causaram grandes cataclismas em função do aquecimento global e das mudanças climáticas decorrentes do processo.

Segundo LIMA et al. (1999), os gases estufa mais importantes incluem vapor d'água, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, óxidos de nitrogênio, ozônio troposférico, monóxido de carbono e clorofluorcarbonetos. Segundo os autores, entre os processos envolvidos em atividades agropecuárias que contribuem para o aumento de gases de efeito estufa estão o desflorestamento, a queima de biomassa, o cultivo de arroz inundado e o uso de fertilizantes e a pecuária. O desflorestamento e a queima de biomassa aumentam o monóxido de carbono e o dióxido de carbono da atmosfera.

Exatamente por isso é que muita atenção tem sido dada ao papel das florestas e das árvores como retentores de carbono, sejam como fixadores ou sumidouros destes compostos carbônicos. Por esta razão, crescem os interesses em reflorestar e/ou manter áreas florestais intactas para amenizar o problema do aquecimento global e os demais problemas inerentes ao efeito estufa.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Muito tem sido especulado, mas ainda pouco tem sido efetivamente comprovado sobre a real capacidade de acúmulo de carbono pelas árvores. Por exemplo, é comum a generalização de que o teor de carbono representa 50% da biomassa seca FOSTER BROWN *et al.* (1992). Entretanto, autores como HIGUCHI e CARVALHO JR. (1994), têm mostrado que embora os valores possam ser próximos desta magnitude, existem diferenças interespecíficas, interespecíficas e até mesmo dentro da árvore. Estudos de biomassa e de teor de carbono precisam ser aprofundados para clarificar esta variabilidade, sobretudo entre as diversas partes componentes da biomassa aérea e subterrânea.

Autores como HIGUCHI e CARVALHO JR., trabalhando com a Floresta Amazônica, BALBINOT *et al.* (2000), trabalhando com *Pinus taeda*, e ROCHADELLI (2001), estudando *Mimosa scabrella*, têm apresentado importantes contribuições ao tema. Entretanto, ainda são escassos os trabalhos a respeito das relações dimensionais entre as diversas partes componentes da biomassa e os teores de carbono, sobretudo para as espécies florestais mais importantes do sul do Brasil, ou seja, *Araucaria angustifolia* e espécies temperadas de do gênero *Pinus*. Estudos com essa característica precisam ser desenvolvidos para que se possa efetivamente subsidiar os tomadores de decisão sobre qual a melhor estratégia empregar para minimizar os efeitos nefastos do efeito estudo através do plantio de árvores e/ou da condução de regeneração espontânea das florestas naturais.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados para desenvolver esta pesquisa são provenientes de plantios de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* de diversas idades (29 a 33 anos para araucária e 14 a 32 anos para pinus) localizados no município de General Carneiro, sul do Estado do Paraná. A coleta de dados foi efetuada em 02/2001, tomando-se nas 35 árvores avaliadas as seguintes variáveis: CAP (circunferência à altura do peito), HT (altura total), HC (altura comercial), Volume do Fuste (VF), Peso Verde do Fuste (PVF), Peso Verde da Folhagem Viva (PVFv), Peso Verde dos Frutos (PVFr), Peso Verde de Galhos Vivos (PVGv), Peso Verde de Galhos Mortos (PVGm) e Peso Verde de Raízes (PVR).

Após a organização dos dados, todas as relações dimensionais foram analisadas via matriz de correlação. Adicionalmente, sete modelos de regressão, sugeridos por HIGUCHI e CARVALHO JR. (1994), que expressam peso verde de variáveis em função de DAP e altura, foram testados para as variáveis de peso verde da parte aérea e subterrânea adotadas nesta pesquisa (Tabela 1). As equações foram ajustadas e

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

analisadas quanto à qualidade do ajuste com base no coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa em percentagem ($Sy\%$), distribuição gráfica de resíduos e ANOVA da regressão.

TABELA 1 – Modelos de biomassa individual testados para *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do Estado do Paraná, Brasil

Modelo Nº	Formulação Matemática
1	$PV = a D^b$
2	$PV = a + bD + c D^2$
3	$PV = a + b D + c (D^2H)$
4	$PV = a + b D + c D^2 + d (D^2H)$
5	$PV = a + b D^2 + c (D^2H)$
6	$PV = a + b D + c H$
7	$PV = a D^b H^c$

Notas: PV: Peso verde (kg); D: DAP (cm); H: altura total (m); a, b, c, d: coeficientes de regressão linear.

Após toda a avaliação de biomassa, foram tomadas amostras de todas as partes da árvore (discos do fuste e porções de galhos, folhagem e raízes). O material foi então seco à temperatura constante e transformado por meio de moagem, para se obter amostras apropriadas para a análise laboratorial. As análises de carbono foram realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, utilizando-se o método de ataque com ácidos por via úmida e oxidação da matéria orgânica, onde se oxida a matéria orgânica e posteriormente faz-se as determinações por indicadores.

RESULTADOS

As determinações de biomassa para ambas as espécies mostraram que a porção fuste corresponde a 59,00% do peso total verde de pinus e 54,22% da biomassa aérea verde de araucária. Para a folhagem, os percentuais foram de 4,27% e 8,76%, respectivamente. No caso de galhos vivos e galhos mortos, estes valores foram 13,62% e 17,66% e 1,89% e 1,62%. A casca apresentou-se bastante diversa entre as espécies, com 9,75% para pinus e 17,74% para araucária, considerando a relação com a biomassa total para a primeira espécie e biomassa aérea para a segunda. A biomassa da raiz corresponde a 11,48% da biomassa total de pinus (Figuras 1 e 2).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

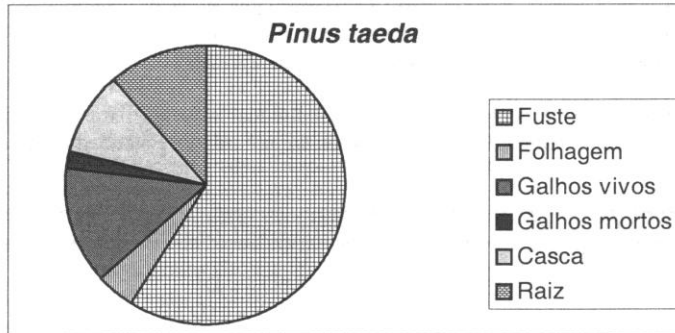


FIGURA 1 – Participação percentual das partes componentes da biomassa de *Pinus taeda* em relação à sua biomassa verde total em General Carneiro, Paraná, Brasil

Os estudos de correlação entre as componentes da biomassa florestal para a araucária evidenciaram correlações bastante fortes para a maioria das associações entre variáveis. Apenas a variável HC não se relacionou bem com as demais. A maior correlação encontrada foi de 99,79% entre as variáveis PVFl e PVGv, enquanto a menor correlação foi de 45,58%, a qual foi encontrada entre HC e PVGv. Padrão semelhante foi encontrado para o caso do pinus, contudo as correlações neste caso foram inferiores. A maior correlação encontrada foi de 95,88% para as variáveis CAP e PVF, enquanto uma correlação praticamente zero foi encontrada entre HC e PVFl.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

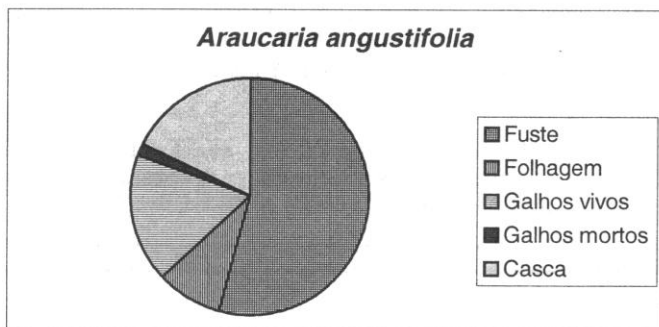


FIGURA 2 – Participação percentual das partes componentes da biomassa de *Araucaria angustifolia* em relação à sua biomassa verde total em General Carneiro, Paraná, Brasil

A apreciação da qualidade de ajuste dos modelos para araucária revelou os indicadores estatísticos apresentados na Tabela 2. Diante dos resultados revelados, evidencia-se que quase todos modelos ajustaram-se bem aos dados no caso de PVF, exceto o modelo 6. Os indicadores de ajuste mostraram também que para PVFI, os modelos 3 e 4 foram superiores aos demais; particularmente os modelos 1, 6 e 7 foram muito ruins em termos de ajuste.

Comportamento semelhante foi visto no que diz respeito à variável PVGv. Porém, neste caso, evidenciou-se uma condição mais favorável para o modelo 4. Já para PVGm, percebe-se uma generalizada má qualidade de ajuste para todos os modelos. Isto se deve mais à grande variabilidade desta variável e a baixa correlação da mesma com DAP e HT. As análises para raízes de araucária não foram realizadas, em virtude de se ter disponível até o presente um número reduzido de dados para realização das avaliações estatísticas.

A Tabela 3 apresenta os indicadores estatísticos de ajuste para pinus. Como se observa, os ajustes foram muito bons para PFV. Praticamente todos os modelos ajustados se comportaram bem, mas pode-se destacar a leve superioridade dos modelos 4, 5 e 7. No tocante ao PVFI, os ajustes se situaram num patamar médio, com erros gravitando em torno de 30 a 32%. Não foram evidenciadas diferenças pronunciadas entre os modelos para o caso de PVFI. Já no caso de PVGv, os ajustes foram um tanto inferiores, conforme revelam os indicadores. Os modelos também se equivaleram no que tange a esta variável, com leve superioridade de alguns

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

em relação a outros. Os ajustes para a variável PVGm foram superiores em relação à variável PVGv, onde se sobressaíram os modelos 3 e 4. Os ajustes para PVR foram bastante modestos, com superioridade para os modelos 4 e 6.

TABELA 2 – Indicadores de ajuste de sete modelos testados para quantificar biomassa individual de árvores de *Araucaria angustifolia* no sul do Estado do Paraná, Brasil

Modelo	Variável	a	B	c	d	R ² %	Syx%
1	PVF	- 0,8400	2,4796	-	-	98,41	6,05
	PVFI	- 2,4131	2,6506	-	-	91,54	73,45
	PVGv	- 3,6361	3,8751	-	-	97,51	38,30
	PVGm	- 2,5559	2,4669	-	-	68,19	98,33
2	PVF	172,5039	- 4,7556	1,3887	-	99,88	5,52
	PVFI	62,2796	- 7,7363	0,2706	-	99,38	16,77
	PVGv	124,9923	- 17,2253	0,6072	-	99,82	10,27
	PVGm	- 11,2261	0,9705	- 0,0008	-	63,69	88,47
3	PVF	4,2191	0,0020	0,0461	-	99,82	6,83
	PVFI	31,1120	- 3,0335	0,0090	-	99,73	10,94
	PVGv	51,8472	- 6,4328	0,0202	-	99,77	11,69
	PVGm	- 9,7916	0,8565	0,00006	-	63,73	88,42
4	PVF	111,7988	- 15,5317	0,8544	0,0180	99,91	4,61
	PVFI	35,4810	- 3,6643	0,0347	0,0079	99,72	11,21
	PVGv	94,4247	- 12,5807	0,3381	0,0091	99,91	7,27
	PVGm	- 23,5523	2,8435	- 0,1093	0,0037	65,57	86,63
5	PVF	- 7,7017	0,0925	0,0418	-	99,83	6,62
	PVFI	7,2873	- 0,1450	0,0136	-	99,52	14,88
	PVGv	- 2,3711	- 0,2789	0,0284	-	99,39	19,44
	PVGm	- 1,6748	0,0319	- 0,0007	-	60,03	94,83
6	PVF	- 502,0710	65,4060	- 34,9650	-	88,77	54,56
	PVFI	- 73,5478	9,6292	- 6,1405	-	80,01	95,50
	PVGv	- 161,0980	22,6070	- 16,6480	-	81,04	108,03
	PVGm	- 21,6623	0,4201	1,6783	-	67,73	83,41
7	PVF	- 1,2469	1,9686	0,9679	-	99,35	7,70
	PVFI	- 2,4618	2,2128	0,8295	-	91,53	75,32
	PVGv	- 3,7853	3,6877	0,3550	-	97,37	39,68
	PVGm	- 2,7796	2,1859	0,5322	-	65,97	100,66

Notas: PVF: Peso verde do fuste (kg); PVFI: Peso verde da folhagem (kg); PVGv: Peso verde de galhos vivos (kg); PVGm: Peso verde de galhos mortos (kg); a, b, c, d: coeficientes de regressão linear.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 3 – Indicadores de ajuste de sete modelos testados para quantificar biomassa individual de árvores de *Pinus taeda* no sul do Estado do Paraná, Brasil

Modelo	Variável	a	b	c	d	R ² %	Syx%
1	PVF	- 0,3074	2,1289	-	-	89,76	14,56
	PVFI	- 2,0618	2,4706	-	-	82,21	31,36
	PVGv	- 2,8670	3,2783	-	-	74,40	55,39
	PVGm	- 3,2587	2,9908	-	-	72,19	41,38
	PVR	0,1849	1,2780	-	-	55,63	24,23
2	PVF	-382,8500	23,5880	0,4410	-	91,51	14,00
	PVFI	5,8088	- 0,8091	0,0660	-	72,66	32,13
	PVGv	- 244,3550	10,6850	0,0520	-	58,48	52,31
	PVGm	50,4838	- 4,0260	0,0933	-	82,63	36,79
	PVR	162,0559	- 9,2412	0,2393	-	43,34	22,75
3	PVF	113,2520	- 1,1716	0,0303	-	95,49	10,20
	PVFI	- 73,5960	3,9677	- 0,0001	-	70,22	33,53
	PVGv	-340,2210	16,2850	- 0,0010	-	58,45	52,35
	PVGm	31,7353	- 2,4354	0,0026	-	85,22	33,93
	PVR	263,0526	-14,4282	0,0124	-	49,85	21,21
4	PVF	- 314,7860	27,1740	- 0,7920	0,0450	96,30	9,23
	PVFI	1,7591	-1,0224	0,1394	- 0,0026	73,85	31,42
	PVGv	- 250,6450	10,3540	0,1660	- 0,0040	55,97	53,97
	PVGm	53,4200	- 3, 8714	0,0401	0,0019	85,30	33,84
	PVR	256,8161	-13,6711	- 0,0801	0,0151	33,54	21,90
5	PVF	142,6198	- 0,3940	0,0444	-	96,04	9,56
	PVFI	- 15,4518	0,1245	- 0,0027	-	75,47	30,55
	PVGv	- 76,3680	0,3174	- 0,0044	-	58,17	52,50
	PVGm	- 11,7458	- 0,0166	0,0020	-	82,26	37,35
	PVR	39,5338	- 0,1705	0,0106	-	43,97	22,42
6	PVF	- 1601,24	47,2200	40,6200	-	94,84	10,91
	PVFI	- 20,5329	4,2955	- 2,8606	-	73,46	31,65
	PVGv	- 263,9870	14,6990	- 2, 3020	-	58,52	52,28
	PVGm	- 71,2475	2,3371	0,8012	-	71,64	47,01
	PVR	- 40,3714	6,8804	- 1,9488	-	34,28	24,28
7	PVF	- 1,8547	1,6922	1,6175	-	96,64	9,31
	PVFI	- 1,3878	2,6608	- 0,7045	-	82,01	31,13
	PVGv	- 3,3065	3,1542	0,4593	-	72,91	57,35
	PVGm	- 5,1927	2,4449	2,0217	-	75,22	42,07
	PVR	- 0,4656	1,0870	0,6888	-	45,47	25,23

Notas: PVF: Peso verde do fuste (kg); PVFI: Peso verde da folhagem (kg); PVGv: Peso verde de galhos vivos (kg); PVGm: Peso verde de galhos mortos (kg); PVR: Peso verde de raízes (kg); a, b, c, d: coeficientes de regressão linear.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Os estudos de conteúdo de carbono nas diversas partes componentes da biomassa mostraram que aparentemente existe uma consistência muito grande nos números em termos percentuais. Não foram evidenciadas grandes variações nos conteúdos de carbono nem entre espécies, nem entre idades e nem entre partes da árvore. Todavia essas diferenças aparentemente pequenas não devem ser desprezadas quando se pretende calcular o potencial de fixação de carbono pelas plantas. Neste trabalho, os percentuais de carbono gravitaram entre 37% (casca) e 47% (fuste) do peso seco nas amostras analisadas em laboratório. As médias de conteúdo de carbono em relação à massa seca para araucária foram de: 44,97% (fuste), 43,84% (folhagem), 41,80% (galhos vivos) e 40,08% (casca). Para pinus, os resultados foram: 45,42% (fuste), 44,61% (folhagem), 43,37% (galhos vivos) e 40,81% (casca). Esses valores coincidem bem com resultados apresentados na literatura.

A Tabela 4 traz os resultados do ajuste de equações de regressão de Peso Verde em função de Peso de Carbono. Como se observa, as relações entre estas variáveis são nitidamente lineares (sem intercepto) e muito consistentes. Os coeficientes de determinação foram todos superiores a 93%, exceto no caso da folhagem de pinus. Os erros padrão relativos também se comportaram de forma satisfatória, novamente com exceção do caso da folhagem de pinus.

A relação entre Peso Verde e Peso de Carbono é interessante da perspectiva de se estimar o estoque ou sequestro efetuado pelas árvores a partir de inventários florestais convencionais. Utilizando as relações apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4, é possível calcular também o Peso de Carbono de uma árvore destas espécies somente a partir de diâmetro e altura da mesma.

Os coeficientes das equações contidas na Tabela 4 também se revestem de interpretações interessantes. Nota-se que os percentuais de carbono em relação à massa verde variam de cerca de 12% (folhagem de araucária) a 19% (fuste de araucária). Percebe-se também que o percentual de carbono é maior no fuste e na casca e menor na folhagem para ambas as espécies. Apesar do mais alto teor de carbono em relação à massa seca para pinus em relação à araucária, evidencia-se que a relação se inverte quando se trata de uma relação com peso verde. Esta constatação tem conotações importantes e decorre da maior retenção de água em uma espécie (pinus) em relação à outra (araucária) em condições de ambiente externo na floresta.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 4 – Equações que expressam o Peso Individual de Carbono em função do Peso Verde de diversas partes da biomassa de árvores de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do Estado do Paraná, Brasil

Espécie	Parte da Árvore	Formulação Matemática	R ²	Syx%
<i>A. angustifolia</i>	Fuste	PCFsc = 0,1862 PVFsc	99,61	10,22
	Folhagem	PCFl = 0,1238 PVFl	99,59	11,68
	Galhos Vivos	PCGv = 0,1541 PVGv	99,88	7,35
	Casca	PCCa = 0,1747 PVCa	99,85	6,42
	Aérea	PCA = 0,1715 PVA	99,81	7,51
<i>P. taeda</i>	Fuste	PCFsc = 0,1737 PVFsc	94,21	13,46
	Folhagem	PCFl = 0,1422 PVFl	83,77	28,67
	Galhos Vivos	PCGv = 0,1595 PVGv	98,69	9,01
	Casca	PCCa = 0,1763 PVCa	93,68	16,49
	Aérea	PCA = 0,1705 PVA	96,66	10,66
	Raiz	PCR = 0,1676 PVR	95,33	10,18
	Total	PCT = 0,1721 PVT	95,44	8,19

Notas: PVFsc: Peso verde do fuste sem casca (kg); PVFl: Peso verde da folhagem (kg); PVGv: Peso verde de galhos vivos (kg); PVCa: Peso verde de casca (kg); PVR: Peso verde de raízes (kg); PCFsc: Peso de carbono do fuste sem casca (kg); PCFl: Peso de carbono da folhagem (kg); PCVGv: Peso de carbono de galhos vivos (kg); PCCa: Peso de carbono de casca (kg); PCR: Peso de carbono de raízes (kg); PCA: Peso de carbono da parte aérea (kg); PCT: Peso de carbono total (kg); PVA = PVF + PVFl + PVGv + PVCa; PVT = PVA + PVR; PCA = PCF + PCFl + PCGv + PCCa; PCT = PCA + PCR; Em PVA, PVT, PCA e PCT foram excluídos os galhos mortos; PVCa λ 0,2676 PVF (para *A. angustifolia*); PVCa λ 0,1416 PVF (para *P. taeda*).

CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu documentar as seguintes conclusões:

- As determinações de biomassa mostraram que a porção fuste corresponde a mais de 50% da biomassa verde total em ambas as espécies (biomassa aérea no caso de araucária). As porções folhagem e casca são mais expressivas em termos percentuais para a espécie araucária do que para pinus.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- No tocante às correlações para araucária, pôde-se concluir que as variáveis analisadas neste trabalho são altamente correlacionadas entre si. Já no caso do pinus, pôde-se concluir que as variáveis analisadas neste trabalho apresentaram maior heterogeneidade no tocante às correlações dimensionais. As correlações sugerem que estimar biomassa a partir de variáveis de inventários convencionais é uma tarefa viável, particularmente para a porção fuste.

- No que se refere ao ajuste de modelos de biomassa para araucária e pinus, concluiu-se que, de forma geral, as estimativas para peso verde de fuste em função de variáveis de inventário (DAP e altura) são muito boas, enquanto as demais são apenas razoáveis. Isto se deve a mais alta correlação entre as medidas do tronco em relação às demais partes da árvore. Para cada variável houve um modelo que melhor se ajustou aos dados, mas de forma geral pode-se dizer que o modelo 7 foi o que teve a melhor performance para ajuste de biomassa de pinus e o 4 para araucária, no presente estudo.

- Os estudos de conteúdo de carbono revelaram a existência de relações lineares (sem intercepto) consistentes entre o peso verde da biomassa e o peso do carbono contido nas diversas partes das árvores, indicando a inexistência de variação no percentual de carbono com o tamanho da árvore e com a sua idade. A maior concentração de teor de carbono em relação ao peso verde se verifica no fuste e em seguida na casca, enquanto os menores concentram-se na folhagem. Os teores de carbono são ligeiramente superiores em araucária do que em pinus, se considerada uma relação com o peso verde, havendo uma inversão quando se considera a relação com peso seco, em virtude da maior retenção de água no segundo caso.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Indústrias Pedro N. Pizzatto Ltda. e ao CNPq através do Programa PELD pelo apoio financeiro à pesquisa. Os Engenheiros Florestais Luciano Pizzatto e Marco Aurélio Busch Ziliotto também deram contribuições importantes ao presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M.V.; HERNANDEZ, J.I. Carbono orgânico em uma floresta de *Pinus taeda* na região de Cambará do Sul-RS. In: 6º. Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas, Porto Seguro: 2000, Resumos. Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p. 56.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- FOSTER BROWN, I.; NEPSTAD, D.C; PIRES, I.O. *et al.* Carbon storage and land use in extractive reserves, Acre, Brazil. **In:** Environmental Conservation/19(4), 1992, pp. 307-315.
- HIGUCHI, N.; CARVALHO Jr., J. A. Fitomassa e conteúdo e carbono de espécies arbóreas da Amazônia. **In:** Seminário Emissão x seqüestro de CO₂ – uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, Rio de Janeiro: 1994, Anais. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p. 125-153.
- LIMA, M.A.; LIGO, M.A.V.; CABRAL, O.M.R. *et al.* **Emissão de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 60p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 07).
- ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamentos (Estudo de caso: *Mimosa scabrella* Bentham, *bracatinga*).** Curitiba: UFPR, 2001. 86p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, 2001.

**LEVANTAMENTO SOCIOAMBIENTAL DA MICRO-BACIA DO
IGARAPÉ ARAPIRANGA, MUNICÍPIO DE LARANJAL DO JARI,
SUL DO ESTADO DO AMAPÁ**

**SOCIO-ENVIRONMENT SURVEY OF MICRO-BASIN OF
TRIBUTARY OF THE RIVER ARAPIRANGA, IN THE TOWN OF
LARANJAL DO JARI, IN SOUTHERN AMAPÁ**

Gemaque, R. C. R.¹

RESUMO

Com os recursos do PPG-7 e do Governo do Estado do Amapá, a SEMA realizou-se um levantamento socioambiental na micro-bacia do Igarapé Arapiranga, localizado no município de Laranjal do Jari, sul do Estado do Amapá. Para isso, foram utilizadas imagens de satélites Landsat de 09/09/98 e 24/10/00 e aplicados formulários para o levantamento de dados socioambiental. A micro-bacia do Igarapé Arapiranga apresenta uma área de 6.547,04ha e de acordo com a imagem Landsat de 09/09/98, as alterações ambientais (solo exposto) abrangiam 1.679,16ha. Na imagem de 2000, as alterações alcançaram 1.891ha, registrando um incremento de 211,89ha neste período. Um dos principais fatores que contribuiu para o aumento das alterações foi a atividade de agricultura itinerante (71% dos entrevistados) que abastece o comércio de Laranjal do Jari (100% dos entrevistados). Outra atividade que merece destaque é a exploração desordenada de madeira (11% dos entrevistados) praticada na nascente do igarapé. No aspecto social, esta população apresenta alto índice de analfabetismo (59% dos entrevistados), a água para o consumo provém do rio e não recebe tratamento (100% dos entrevistados) e 83% dos entrevistados utilizam-se de fossas negras. Estes fato refletem na má qualidade de vida desta população. A ocupação desordenada e a agricultura itinerante contribuem para a grande quantidade de áreas abandonadas na região. Sugere-se ações a serem implementadas pelo setoriais como o reaproveitamento destas áreas abandonadas através de SAF's, ações educativas sobre os aspectos ambientais (mata ciliar, áreas de preservação permanente), noções de legislação ambiental, estruturação

¹ Eng. Florestal, DECO/CRA/SEMA-AP. Av. Mendonça Furtado, CEP. 68900-060, Macapá/AP, E-mail: rgemaque@bol.com.br

técnica e física do órgão de extensão rural e ações de fiscalização. No aspecto social, sugere-se a implementação da unidade educacional existente além da introdução de agentes e/ou postos de saúde levando informações básicas de saúde na região.

Palavras-chave: Levantamento socioambiental, gestão ambiental e Amapá.

ABSTRACT

With financial resources from PPG7 and Amapá State Government, SEMA has undertaken a socio-environment survey of the micro-basin of tributary of the river Arapiranga, located in the town of Laranjal do Jari, in southern Amapá. Data was obtained from satellites images Landsat, from 09/09/98 and 24/10/00, and socio-environment questionnaires. The area of micro-basin of tributary of the river Arapiranga is 6547, 04ha, and according to Landsat image from 09/09/98, deforestation and agricultural land changes (erosion soil) included 1679, 16ha. In the 2000 image, the changes reached 1.891ha, marking an increase of 211,89ha in this period. One of the main factors which contribute to increase changes is the activity of itinerant agriculture, (71% of interviewed people), practised in the region that supplies agricultural produce and services in Laranjal do Jari. (100% of interviewed people). Another activity which is remarkable is the some illegal and unplanned exploitation of timber (11% of interviewed people), that is practised at the source of the tributary of the river. Concerning the social aspect, this population presents a high level of illiteracy (59% of interviewed people). There is no piped potable water supply or sanitation for the local population. Water is abstracted from the river (100% of interviewed people) and 83% of people interviewed say they dig “black holes” for sanitation. This has a serious impact on the health of these communities. The disorganized occupation and the itinerant agriculture contribute to the large number of abandoned areas in the region. Some of them can be improved by the introduction of agroforest systems, environmental education and work with the communities. Regarding this social aspect, we recommend the further development of the existing educational unit, with local health clinics, and the introduction of health agents to provide basic information about environmental health in the region.

Key Words: socio-environment survey, environment management and Amapá.

INTRODUÇÃO

O sul do Estado do Amapá, apresenta uma área de 25.487,98km² e é detentor de uma grande biodiversidade com domínios de floresta densa de terra firme (21.244,46km²), florestas de várzea (1.444,91km²), áreas de transição (802,61km²), cerrados (1.600,55km²) e áreas antropizadas (337,09km²) (AMAPÁ, 1999a). Apesar dessa grande biodiversidade, as pressões ambientais estão presentes e são objeto de preocupação da Gestão Ambiental do Estado.

Tomando como critério norteador as informações geradas pelo ZEE/IEPA (AMAPÁ, 2000), as áreas de maior pressão estão localizadas no município de Laranjal do Jari, ao longo de estradas e micro-bacias hidrográficas, áreas estas que merecem uma atenção especial do ponto de vista ecológico.

O município de Laranjal do Jari localiza-se na margem esquerda do Rio Jari, com uma distância de Macapá de aproximadamente 272 Km, cujo acesso é feito através da rodovia BR-156 e por via fluvial. No município de Laranjal do Jari há várias micro-bacias que alimentam grandes cursos d'água e dentre os quais a micro-bacia do Igarapé Arapiranga.

Esta micro-bacia foi definida pelo ZEE/IEPA (AMAPÁ, 2000) como uma das áreas de maior pressão do Sul do Estado do Amapá. As pressões ambientais nesta micro-bacia tem como principal fator os desmatamentos decorrentes da exploração desordenada de madeira, associadas a expansão das fronteiras agrícolas (roçados). Por ser uma área relativamente próxima da sede do município (Laranjal do Jari), tem acesso facilitado de pessoas, que por falta de outras atividades no município, buscam uma alternativa de renda na exploração dos recursos florestais. A migração para este local é ocasionada pela atual política e pelo declínio do Projeto Jari S/A.

Grandes disponibilidades de terras, descaso do poder público associado à mão-de-obra não especializada facilitaram o acesso a estas áreas, que pela falta de alternativas retiram a madeira seguindo-se do desenvolvimento de uma agricultura itinerante. Esses fatores agravaram a situação ambiental local.

As alterações ocorrentes nas áreas críticas, causam perdas significativas nos componentes da biodiversidade e que necessitam de monitoramento e ações mitigadoras eficientes de curto, médio e longo prazo.

Além de responsabilidade com incidências de impactos sobre a biodiversidade, é necessário que se estabeleçam acordos bilaterais entre estados, municípios e regiões para o monitoramento e ações mitigadoras dos impactos de origem natural ou antropogênica, observados na área de estudo.

As informações investigadas fazem referência às atividades econômicas, utilização do solo, questões sociais, saúde (indicadores socioeconômicos), culturas anuais (indicadores agrônômicos), comercialização (indicadores econômicos) e áreas alteradas (indicadores ambientais).

Nesta linha, procuramos oferecer uma visão socioambiental da micro-bacia do Igarapé Arapiranga e que as informações apontadas aqui subsidiem a Gestão Ambiental Local numa ação inovadora, totalmente singular, cujo os indicadores devem ser construídos à luz da inovação.

MATERIAL E MÉTODOS

Indicadores

Este levantamento oferece informações sobre aspectos selecionados do sistema natural e social ao longo do tempo na micro-bacia do Igarapé Arapiranga. A partir destas informações, ações corretivas foram elaboradas com mais segurança (Quadro 1).

Metodologia de coleta dos dados

Grande parte dos indicadores socioambientais foram obtidos através da aplicação de formulários junto aos moradores da área. Foram utilizados dois (2) diferentes formulários para o levantamento de informações, nos quais estão inclusos questões sobre a flora, percepção familiar, aptidão da área e atividade econômica local .

Processamento das informações

As informações foram sistematizadas e analisadas na forma de relatório e foram cruzadas com informações georeferenciadas, buscando um maior refinamento na análise.

No item abaixo são apresentados resultados obtidos por meio de processamento dos formulários e análise de imagens de satélites.

QUADRO 1: Descrição dos indicadores utilizados no levantamento socioambiental da micro-bacia do Igarapé Arapiranga, Laranjal do Jari, sul do Estado do Amapá.

Indicadores	Aspectos abordados
Flora	<ul style="list-style-type: none">• Medir alterações na cobertura vegetal mediante ações antrópicas (áreas de exposição de solo), identificando tendências e agentes da alterações.
Saúde	<ul style="list-style-type: none">• Monitorar os aspectos relacionados à saúde da população com variáveis facilmente comparáveis (por exemplo, doenças mais comuns na região).
Educação	<ul style="list-style-type: none">• Monitorar o acesso à escolarização, especialmente para o público infantil, bem como o nível de escolaridade da população.
Renda	<ul style="list-style-type: none">• Monitorar a renda possível destas populações, por meio de dados de populações agrícolas, extrativismo e comercialização da produção.

RESULTADOS

Aspectos gerais da micro-bacia do igarapé arapiranga

A micro-bacia do igarapé Arapiranga esta inserida na Bacia do Rio Jari. Seu principal rio é o Arapiranga que apresenta uma extensão de 15km. Esta micro-bacia ocupa uma área de 6.547,02ha e de acordo com a imagem Landsat (09/09/98), as alterações abrangem cerca de 1.679,16ha. Para o ano de 2000, as alterações atingiram cerca de 1.891,05ha, constatando-se um incremento de 211,89ha neste período (Figura 1).

Os solos da micro-bacia do Igarapé Arapiranga são arenosos seguido de uma camada de argila que varia de espessura. São de baixa fertilidade natural, são fortemente ácidos e exigem a aplicação de insumos agrícolas para o uso intensivo além de serem bem drenados e permeáveis.

Na nascente do Igarapé Arapiranga ocorre domínio de relevos ondulados; na sua porção mediana e foz apresenta um relevo suavemente ondulado à plano.

A tipologia florestal desta região apresenta particularidades que a diferem das demais regiões, como uma floresta densa de terra firme na sua nascente, com domínios de espécies como acapú (*Vouacapoua americana* Aublet.), breu branco (*Protium pubescens* Ducke.), cumaru (*Dipteryx odorata* Willd.), maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke.) e louro amarelo (*Ocotea costulara* (Nees.) Mez.) (AMAPÁ, 2001a). Apesar de ser uma área crítica, esta região apresenta um grande potencial madeireiro, o que estimula a exploração desordenada de madeira que por sua vez favorece a abertura de ramais que facilitam o escoamento da produção.

Constatou-se a inexistência das atividades de manejo florestal o que compromete a perpetuação de espécies vegetais na área. As ações de manejo têm que ser apoiadas pelos órgãos municipais, estaduais e federais através de ações conjuntas e de forma a aproximar a exploração desordenada da legalidade e com práticas sustentáveis.

Na porção mediana, ocorre um domínio de floresta de transição drasticamente alterada, principalmente, pela agricultura itinerante com a presença de grandes áreas improdutivas (capoeira) e com forte influência periurbana. Apesar da forte pressão, estas áreas apresentam domínios de espécies como lacre vermelho (*Vismia japurensis*), mucamba (*Astrocarium mumbaca*) e embaúba (*Cecropia palmata* Willd.) (AMAPÁ, 2001a).

O relevo nestas localidades é plano com intensos sistemas de ramais que facilitam o acesso. Além da agricultura itinerante ocorre a atividade de balneários (lazer), sendo registrado durante o levantamento, dois empreendimentos desta natureza. Nesta área ocorre a maior concentração de moradores e uma escola municipal.

Na foz, ocorre domínios de campos de várzea, que facilitam a atividade pecuária. Nesta área, ocorre domínios de espécies nas áreas de campos como ciperacea e graminóide além de espécies como virola (*Virola surinamensis* (Rol) Warb.), mangue (*Clausia columnaria*) e anani (*Symphonia Globulifera* L. F.) (AMAPÁ, 2001b).

A situação de criticidade ao longo do Arapiranga é tão alarmante que a vegetação ciliar, em domínios de florestas densa de terra firme, está em torno de 4m de largura (AMAPÁ, 2001) causando assoreamento no leito do igarapé e voçorocas ao longo de suas margens.

Apesar da situação de criticidade, a micro-bacia do Igarapé Arapiranga apresenta potencial madeireiro na sua nascente, constatado pela

presença de espécies comerciais com diâmetro superior a 15 cm, como acapú (*Vouacapoua americana* Aublet.), maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke.) e angelim vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke) (AMAPÁ, 2001b).

Aspectos socioambiental da micro-bacia do igarapé arapiranga

Este levantamento foi realizado em agosto de 2000. Nesta ocasião, foram contactadas 19 famílias que residiam na área. Desse total, cerca de 39% são provenientes do Estado do Pará, seguido do Maranhão e Amapá (22%) (Figura 2). Esta população apresenta nível de escolaridade de 1ª à 4ª série com cerca de 50%, seguidos de analfabetos (22%) (Figura 3).

A principal atividade econômica desta região é a agricultura itinerante (71%) seguindo-se da extração desordenada de madeira (11%) (Figura 4). Dentre as culturas, tem-se na mandioca (*Manihot utilissima*) sua principal representante (49%). A mandioca sai destas áreas já beneficiada (farinha de mandioca). Além da mandioca, outras culturas merecem destaque como o arroz (*Oryza sativa*) (38%) e o milho (*Zea mays*) (13%) cultivados nas entrelinhas da mandioca (Figura 5).

Além da agricultura itinerante e da extração de madeira, têm-se também a atividade de pecuária e balneário com 6% cada (Figura 4). A atividade de pecuária ocorre na região da foz do Arapiranga, favorecida pelos campos de várzea locais e a atividade de balneário ocorre no médio Arapiranga. Para esta última atividade foram registrado 2 empreendimentos (00°47'095''S, 0052°26'34''W e 00°47'037''S, 052°27'09''W).

As atividades acima relatadas são desenvolvidas em áreas de imóveis de 100ha (61%) onde a maior partes destas propriedades são tomadas por áreas abandonadas (capoeiras) (Figura 6). O escoamento da produção ocorre pelo transporte municipal (44%) (Figura 7) tendo como destino o comércio de Laranjal do Jari (100%) (Figura 8), assegurando uma renda mensal de cerca de 3 a 4 salários mínimos (44%) (Figura 9).

As moradias desta população são formadas por casas de madeiras cobertas com telhas de amianto (72%), seguido de casas de madeira coberta com cavaco (22%) (Figura 10). A iluminação é proveniente de lâmparinas (72%) (Figura 11).

O saneamento na região é precário; a água para o consumo humano provém do rio e não recebe tratamento (100%) (Figura 12), o destino do lixo é a queima (71%) (Figura 13) e utilizam-se de fossa negra (83%) (Figura 14).

Esta situação reflete a qualidade da vida dos que residem nesta área, contribuindo para o aparecimento de doenças como malária (63%), doenças respiratórias (21%) e diarreias (11%) (Figura 15).

Esta população quando doente, utiliza-se do hospital do Laranjal do Jari (45%) e do Posto da Fundação Nacional de Saúde (44%) (Figura 16).

O tempo de moradia da população nesta área é de 4 anos com 29%, levando-se em consideração que 46% dos entrevistados não informaram o tempo que moram na área (Figura 17). Apesar deste tempo, a integração social é baixa na região. Constatando que apenas 22% (Figura 18) participam da Associação Mista dos Agricultores do Laranjal do Jari-AMAJA, e são os que moram ao longo dos ramais que dão acesso a nascente do Igarapé Arapiranga.

Em 1996, o Governo do Estado do Amapá deu início ao processo de negociação desta área com o Projeto Jari S/A. No entanto, esta negociação não teve andamento desde então. O documento que alguns destes ocupantes têm é o expedido pelo Instituto de Terras do Amapá - TERRAP/AP (AMAPÁ, 1997) para a realização de uma assentamento na área. Juridicamente, estas áreas ainda pertencem ao Projeto Jari S/A, implicando na definição de posseiros (100%) da área (Figura 19).

A ausência de título de terras e a baixa participação na organização social contribui para a baixa aquisição de financiamento rurais (17%) na micro-bacia do igarapé Arapiranga (Figura 20)

De acordo com levantamento do Governo do Estado do Amapá (AMAPÁ, 1997), na micro-bacia do Igarapé Arapiranga residiam 49 famílias e no presente trabalho registrou-se 19 famílias. Esta redução no número de pessoas residente na área é favorecida pelas informações acima citadas, como falta de escolas de qualidade e posto e/ou agente de saúde, entre outros.

CONCLUSÕES PRELIMINARES

As alterações nestas áreas tiveram início na década de 70, com o início do Projeto Jari. A continuidade se deu pela falta de atendimento às necessidades básicas da população, como saúde, educação e incentivos à produção. Sem alternativas, estas populações partem para a retirada de madeira seguida de agricultura itinerante. Atividades que não exigem capacitação e estão próximas de sua realidade. O que se sugere é o suprimento das necessidades básicas juntamente com ações de cunho ambiental.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Este levantamento procurou demonstrar a situação socioambiental da micro-bacia do Igarapé Arapiranga, qualificando e quantificando as problemáticas e, que estas informações sirvam de norteador às ações institucionais para a área em questão.

QUADRO 2: Resumo da problemática ambiental na micro-bacia do Igarapé Arapiranga

Problemática	Ações/sugestões
Grandes áreas abandonadas (Capoeiras)	reaproveitamento destas áreas através de SAF's com definição das espécies em conjunto com a comunidade, amparo técnico e pesquisa de mercado; práticas de enriquecimento; planejar a área a ser desmatadas; ações de educação ambiental; ações de fiscalização;
Nascente comprometida	preservação das nascentes; práticas de enriquecimento com utilização de espécies nativas; ações de educação ambiental; ações de fiscalização; noções básicas de legislação ambiental;
Mata ciliar comprometida	conservação da vegetação ciliar numa faixa de largura superior a 30m, conforme prescrito no Código Estadual de Meio Ambiente (Cap. II, Art.41) (AMAPÁ, 1999b); utilização de aceiros de forma a limitar a faixa ciliar; práticas de enriquecimento com utilização de espécies nativas; ações de educação ambiental; ações de fiscalização; noções básicas de legislação ambiental;

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Leito do curso d'água assoreado	reposição da cobertura vegetal nativa; práticas de enriquecimento com utilização de espécies nativas; ações de educação ambiental; ações de fiscalização; noções básicas de legislação ambiental;
Voçorocas	ações de educação ambiental; reposição da cobertura vegetal nativa;
Lixo inorgânico	ações educativas na área.
Evitar práticas de pousio	evitar o pousio através de rotação de culturas, adubação verde, adubação orgânica; incorporação total ou parcial de resíduos vegetais no solo; compostagem de material vegetal para uso posterior;
Acompanhamento técnico deficiente das atividades agrícolas	estruturação técnica e física do órgão de extensão rural na área de estudo para que se tenha um acompanhamento técnico agrícola sistemático;
Exploração Florestal desordenada	planejar e buscar o aproveitamento integral (uso misto) da madeira (uso próprio) e da lenha direto e indireto); instruções de práticas de manejo florestal;
Falta de energia elétrica	implementação da rede elétrica

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMAPÁ (Estado). Instituto de Terras do Amapá. Plano preliminar – Projeto de Assentamento. COPAF/COAS, Julho, 1997, p. 14.

AMAPÁ (Estado). Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá. Primeira Aproximação do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Amapá: Relatório Final. Versão simplificada.

Macapá: IEPA, 1998, p. 209.

AMAPÁ (Estado). Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá. Ordenamento territorial da região sul do Amapá em debate. Ciclo de seminários do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Amapá. 1999, p. 80a.

AMAPÁ (Estado). Código Estadual de Meio Ambiente do Estado do Amapá: SEMA, 1999, 149p. b.

AMAPÁ (Estado). Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá. Zoneamento Ecológico Econômico da Área Sul do Estado do Amapá. Macapá, 2000, p. 44.

AMAPÁ (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Relatório de Monitoramento da Cobertura Vegetal nas Áreas Críticas do Sul do Estado do Amapá. Macapá: SEMA, 2001, p 102 (no prelo) a.

AMAPÁ (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Levantamento Florístico na Micro-Bacia do Igarapé Arapiranga. Macapá: SEMA, 2001, p 60 (no prelo) b.

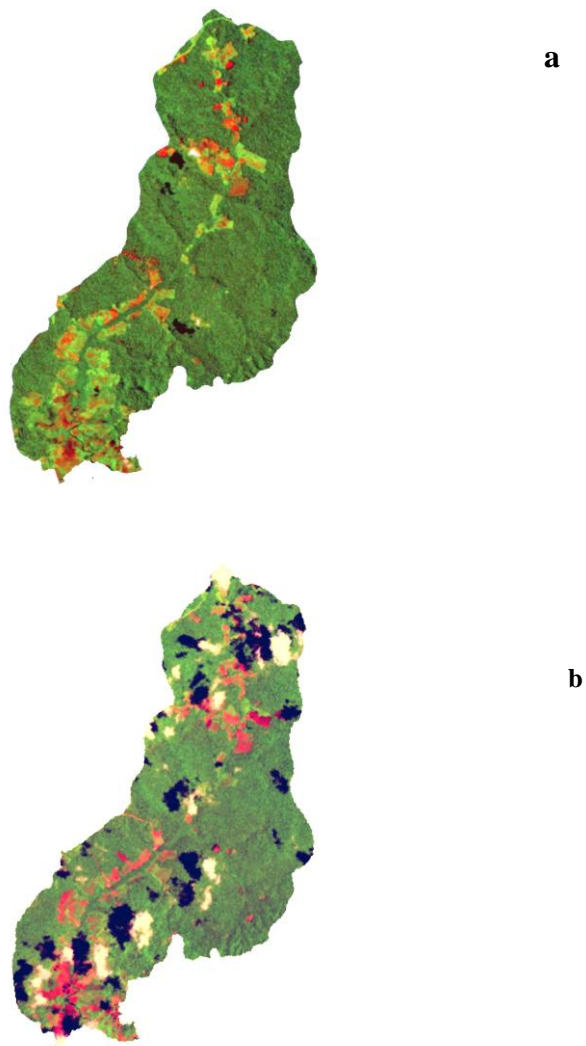


FIGURA 1: Microbacia do igarapé Arapiranga. Área total 6.547,02ha
a – Área alterada em 1998 – 1216,96ha
b – Área alterada em 2000 – 1493,53ha

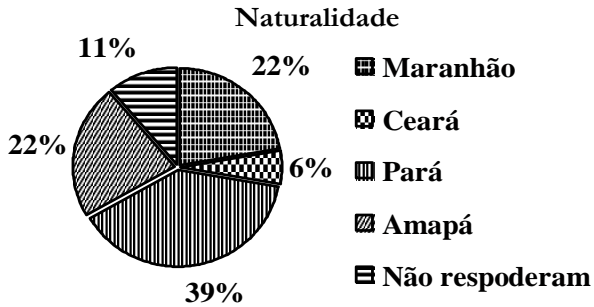


FIGURA 2: Naturalidade da população residente na micro-bacia do Igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

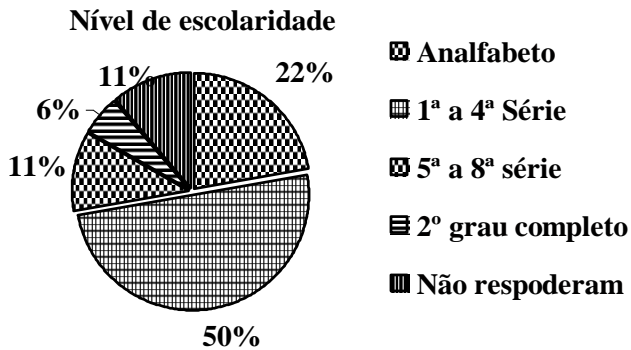


FIGURA 3: Nível de escolaridade da população da micro-bacia do Igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

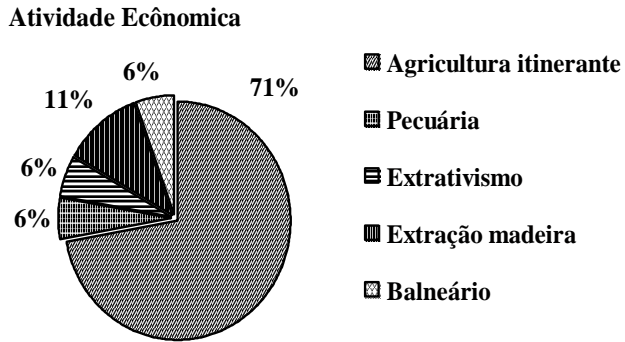


FIGURA 4: Atividade econômica desenvolvida na micro bacia do Igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

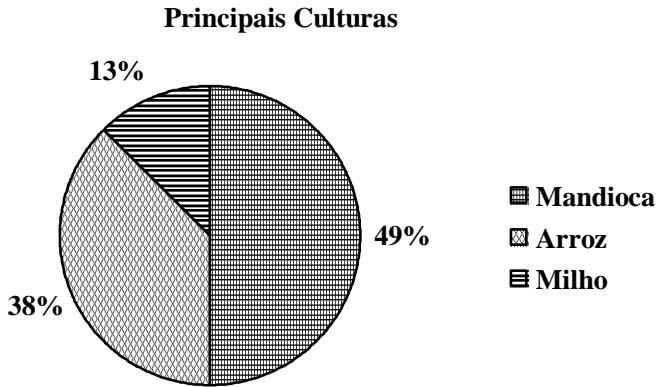


FIGURA 5: Principais culturas desenvolvidas na micro bacia do Igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

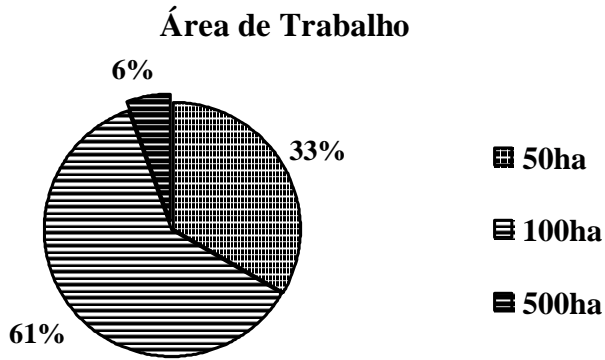


FIGURA 6: Áreas de trabalho utilizado no microbacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

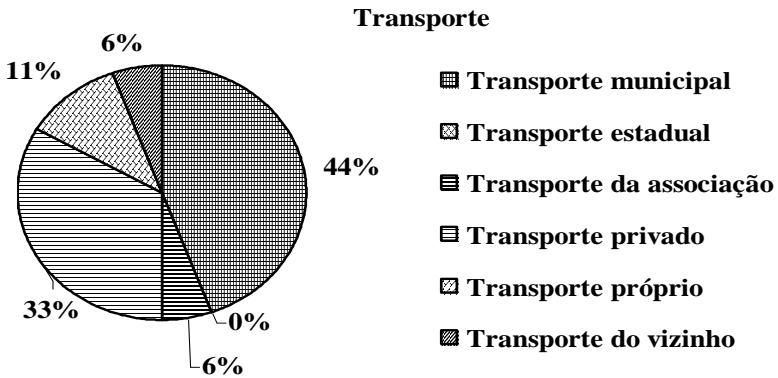


FIGURA 7: Distribuição do transporte utilizado na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari – AP/2000.

Destino da Produção

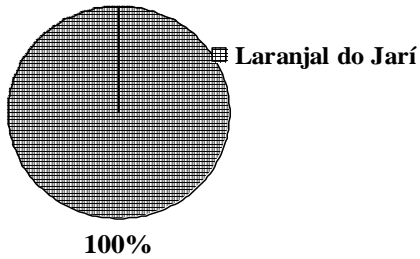


FIGURA 8: Destino da produção na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

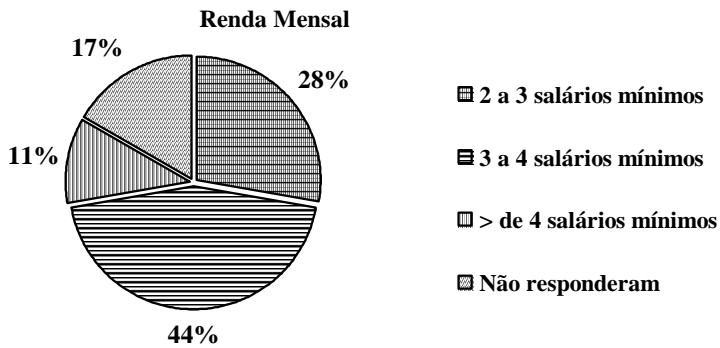


FIGURA 9: Distribuição da renda mensal da população na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

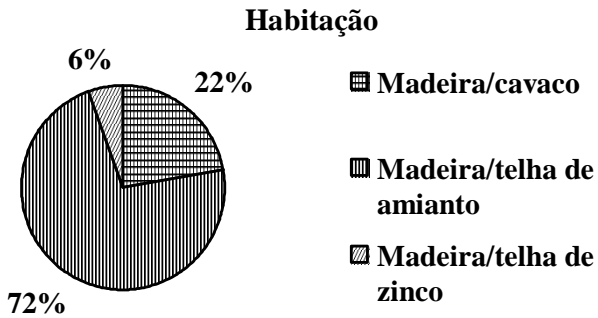


FIGURA 10: Tipos de habitação usadas na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

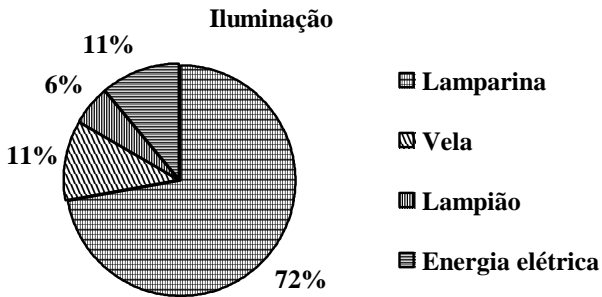


FIGURA 11: Distribuição do tipo de iluminação usado na micro bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

Água

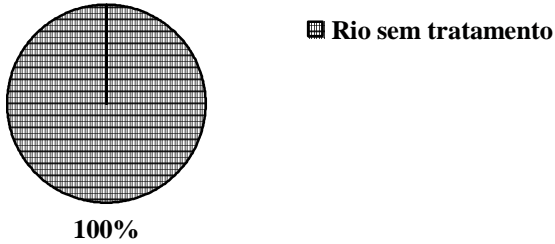


FIGURA 12: Água utilizada na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari – AP/2000.

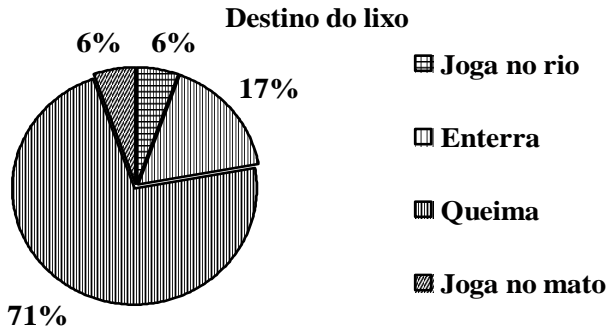


FIGURA 13: Destino do lixo na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

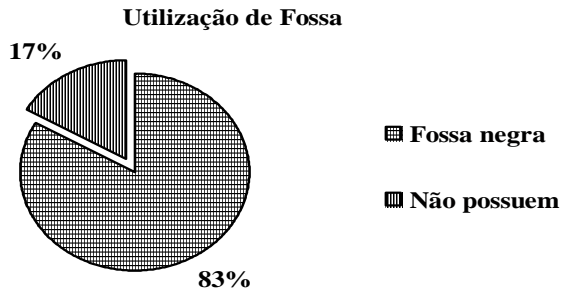


FIGURA 14: Distribuição de fossas na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

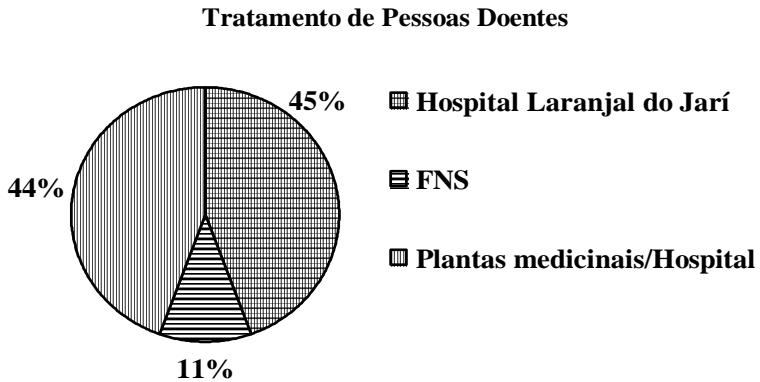


FIGURA 15: Distribuição das principais doenças na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

Tratamento de Pessoas Doentes

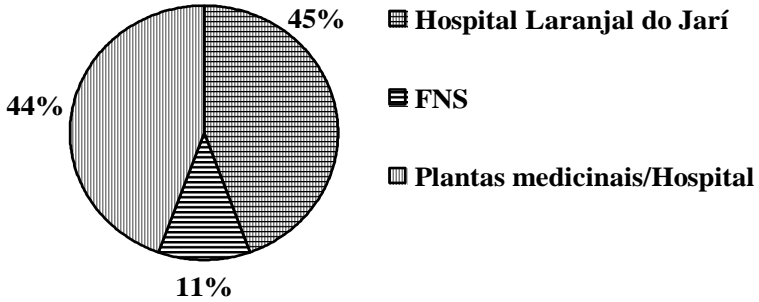


FIGURA 16: Distribuição do tratamento de saúde na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

Tempo de Moradia

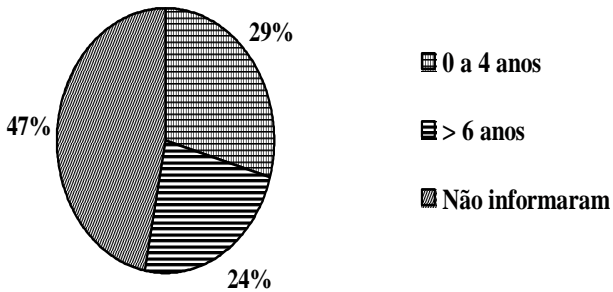


FIGURA 17: Distribuição do tempo de moradia na micro bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

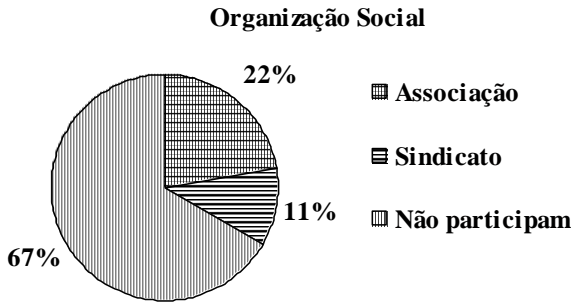


FIGURA 18: Distribuição da participação em organização social na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

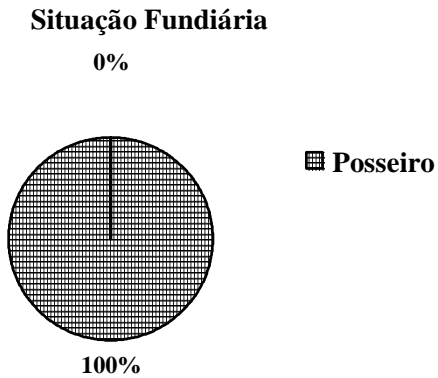


FIGURA 19: Distribuição da situação fundiária na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

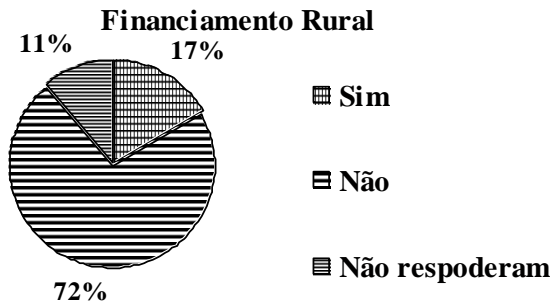


FIGURA 20: Distribuição de financiamento rurais na micro-bacia do igarapé Arapiranga. Laranjal do Jari-AP/2000.

DETERMINAÇÃO DE ESTRATÉGIAS EM UM PLANO DE
MANEJO SUSTENTADO ATRAVÉS DA PROGRAMAÇÃO
LINEAR – UM ESTUDO DE CASO¹

DETERMINING STRATEGIES IN A FOREST MANAGEMENT
PLAN USING LINEAR PROGRAMMING

Ricardo Trevisan Vasconcellos² Helio Tonini³ Paulo Renato Schneider⁴

RESUMO

Foi aplicada a técnica da programação linear para a definição de estratégias ótimas de reforma, condução da brotação e substituição de povoamentos de *Eucalyptus globulus* em um plano de manejo sustentado realizado para a região do Conselho de Mortágua em Potugal. Com o objetivo de maximizar o Valor Esperado da Terra durante o horizonte de planejamento de 28 anos, foram retirados 301.965 m³, em uma área média de corte de 128 ha.

Palavras-chave: Plano de manejo, programação linear, *Eucalyptus globulus*

ABSTRACT

The linear programming technique was applied for the definition of optimal strategies of renewal, conducting coppicing and substitution of the *Eucalyptus globulus* stands in a forest management plan accomplished in the area of the Council of Mortágua in Potugal. With the objective of maximizing the land expectation value in a 28 year-old horizon were retired 301.965 m³, in a medium area of cut of 128 hectares.

Key words: management plan, linear programming, *Eucalyptus globulus*

1 Trabalho de final de curso de graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS).

2 Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria, (RS).

3 Engenheiro Florestal, doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS)

4 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciência Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Pesquisador do CNPq.

INTRODUÇÃO

A utilização racional dos recursos naturais, devido a sua complexidade, consiste em um dos maiores desafios à Ciência Florestal, e o plano de manejo por integrar dados relativos a estrutura dos povoamentos em suas características físicas e ecológicas, com técnicas silviculturais e econômicas constitui-se na ferramenta indispensável quando o objetivo for produzir madeira em regime sustentado.

Um dos maiores problemas enfrentados na prática, envolve a determinação do nível máximo de colheita contínua, que pode ser imposto a uma determinada floresta, de forma sustentada e perpétua.

CLUTTER *et al.* (1983) e NEWNHAN (1975), afirmaram que existem vários critérios que podem ser utilizados na identificação do regime ótimo de manejo, que produzem resultados físicos e/ou econômicos ótimos e indicam estratégias de reforma ou condução de povoamentos. Os mais utilizados são os que consideram aspectos econômicos como a maximização do Valor Presente Líquido para uma única rotação, para uma série infinita de prováveis rotações ou a Valor Esperado da Terra (VET). Entretanto, a maioria destes critérios não considera diversas outras restrições como os recursos financeiros disponíveis, a existência de uma demanda Prestabelecida, a limitação da área de reforma em função dos recursos ou limitações operacionais, a exigência de uma produção sustentável, legislação, entre outras.

Portanto, o problema de como utilizar recursos limitados visando alcançar benefícios máximos, sujeitos a uma série de restrições é muito freqüente em diversos ramos da ciência e a pesquisa operacional através da programação linear é a técnica mais utilizada nestas situações.

Segundo HILLIER & LIEBERMAN (1988), as raízes da pesquisa operacional começaram a ser traçadas há muitas décadas, quando foram feitas as primeiras tentativas de utilizar uma abordagem científica na gerência das informações. No entanto, o começo da atividade chamada pesquisa operacional tem sido geralmente atribuída a serviços militares no início da segunda guerra mundial, onde houve uma necessidade urgente de alocar recursos escassos em várias operações militares.

Segundo CLUTTER *et al.* (1983), embora o Método Simplex tenha sido desenvolvido durante a década de 40, as aplicações práticas foram inicialmente limitadas pelo número de cálculo necessário para resolver problemas reais. No entanto, com a evolução da computação no final da década de 50, a programação linear foi implementada em diversas áreas da

ciência. Na área florestal, os primeiros trabalhos que buscaram resolver problemas com a utilização de métodos de programação linear foram publicados durante a década de 60.

Outros estudos sobre planejamento florestal realizados com a utilização da programação linear foram os de RODRIQUEZ et al. (1998), CARNIERI (1989), DYKSTRA (1984), SCOLFORO (1992), entre outros.

Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com objetivo de utilizar a programação linear como complemento ao plano de manejo florestal realizado para a Região do Conselho Mortágua, em Portugal.

MATERIAL E METODO

Caracterização da área em estudo

A área em estudo apresenta aproximadamente 793,5 ha e pertence a Freguesia de Pala, Conselho de Mortágua, Distrito de Viseu, Portugal. Situa-se entre as coordenadas 386500 de latitude norte e entre 187000 e 189400 de longitude norte.

Em relação a hidrografia, a área pertence a bacia hidrográfica do Rio Mondego, que inclui ainda a zona ribeirinha do Rio Agadão, assim como várias linhas de água temporárias. A altitude situa-se entre 50 metros no extremo sul e 720 metros no extremo noroeste, apresentando declives acentuados (superiores a 30%) em mais de 50% da área

A formação geológica predominante no Conselho de Mortágua é o complexo xisto – grauváquio, classificado como Cambissolo Húmico com baixos teores de fósforo, cálcio, magnésio e potássio e com valores de PH que variam entre 4,6 e 5,5.

A temperatura média anual situa-se entre os 13⁰ C, com temperatura média do mês mais frio de 2,1⁰ C e do mês mais quente 28,4⁰ C. A precipitação média anual é de 1231 mm. O número médio de geadas é de 53, e o número médio de dias de neve é de dois dias.

Caracterização dos povoamentos florestais

A área em estudo apresenta povoamentos de eucalipto (*Eucaliptus globulus*), pinheiro - bravo (*Pinus pinaster*) e folhosas diversas, conforme mostra a Tabela 1.

O eucalipto, é nitidamente a espécie dominante, ocupando 91,58%

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

da área total. O pinheiro - bravo e as folhosas aparecem em proporções muito reduzidas em relação ao eucalipto, ocupando 5,85% e 2,56% da área total.

TABELA 1: Área ocupada por espécie florestal na área em estudo.

Espécie	Área total	
	ha	%
Pinheiro bravo	41,36	5,85
Eucalipto	646,95	91,58
Folhosas	18,10	2,56
Total	706,42	100

Quanto a composição, que pode ser observada na Tabela 2, os povoamentos de eucalipto puro, ocupam uma área relativa de 85%, os povoamentos mistos com pinheiro bravo 4,09% e com folhosas 1,16%.

TABELA 2: Composição dos povoamentos florestais na área em estudo

Tipo de povoamento	Área total	
	ha	%
Pinheiro-bravo puro	12,43	1,76
Eucalipto puro	600,5	85
Folhosas (sem eucalipto)	9,89	1,4
Pinheiro bravo com eucalipto	28,92	4,09
Eucalipto misto	21,05	2,98
Folhosas (com eucalipto)	8,21	1,16
Total	706,42	100

Observa-se uma supremacia dos povoamentos mistos de pinheiro-bravo sobre os puros, resultado da prática comum, adotada pelos produtores, de plantar eucalipto nas clareiras dos povoamentos puros de pinheiro-bravo.

As folhosas encontram-se essencialmente junto as linhas de água, que possuem legislação específica, que limita o plantio de espécies exóticas de rápido crescimento, o que denota o não cumprimento da legislação.

Em relação a estrutura etária dos povoamentos de eucalipto, alvo deste estudo, a Figura 1 apresenta a distribuição por classe de idade dos povoamentos puros e mistos de eucalipto, e a Tabela 3 mostra o intervalo de

idade utilizado na formação das classes.

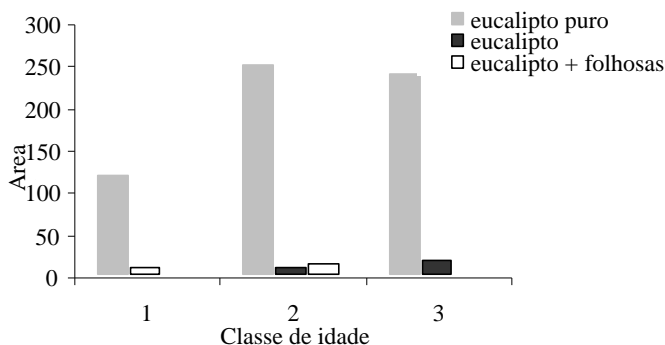


FIGURA 1: Distribuição dos povoamentos de eucalipto puro e misto por classe de idade.

TABELA 3: Classes de idade para o eucalipto

Intervalo (ano)	Classe de idade
$0 \leq I < 4$	1
$4 \leq I < 8$	2
$8 \leq I < 12$	3

Nos povoamentos puros de eucalipto, embora com distribuição irregular, encontram-se representadas três classes de idade, sendo que a classe de idade melhor representada é a dois (4 aos 8 anos) seguida da três (dos 8 aos 12 anos). A existência de uma área considerável na classe de idade 1 (0 a 4 anos), demonstra o interesse pela atividade florestal. Os povoamentos mistos representam apenas 7% em relação a área total de eucalipto. Nos mistos de eucalipto com o pinheiro-bravo estão representadas apenas as classes de idade dois e três, enquanto que nos mistos com folhosas estão presentes apenas as duas primeiras classes de idade.

Para uma melhor caracterização dos povoamentos é necessário analisar a sua situação em termos de distribuição, conforme é apresentado na Figura 2.

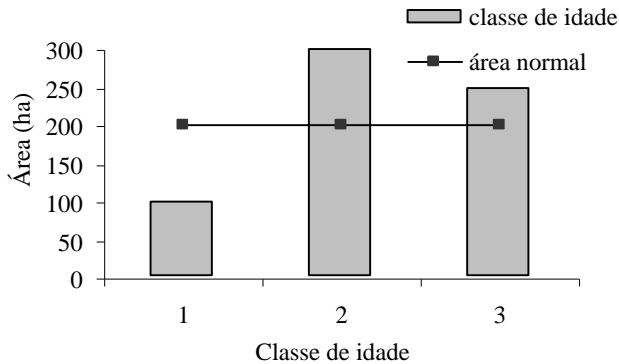


FIGURA 2: Distribuição dos povoamentos de Eucalipto em relação a distribuição normal das áreas.

Analisando a Figura 2, observa-se uma irregularidade na distribuição dos povoamentos de eucalipto em relação à área. A inexistência da classe de idade 4 (dos 12 aos 16 anos), indica que os cortes estão sendo efetuados nesta idade.

Em relação às classes de produtividade, a Figura 3, mostra que os povoamentos de eucalipto estão presentes em todas as classes de idade. Entre as classes de produtividade, destacam-se a 1 e a 2, apresentando 21,6% e 23,7% respectivamente. Dos povoamentos com classe de produtividade definida, mais de 50%, encontram-se nas melhores classes e apenas 12,5% encontram-se nas piores classes.

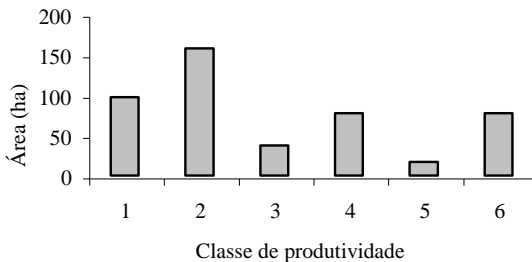


FIGURA 3: Distribuição dos povoamentos de eucalipto por classe de produtividade

A Tabela 4, mostra o intervalo entre curvas de índice de sítio utilizadas na formação das classes de produtividade.

TABELA 4: Classes de produtividade para o eucalipto

Intervalo de sítio	Classe de produtividade
indeterminada	0
$S \geq 24$	1
$22 \leq S < 24$	2
$20 \leq S < 22$	3
$18 \leq S < 20$	4
$16 \leq S < 18$	5
$S < 16$	6

Onde: S = índice de sítio.

Metodologia aplicada ao tratamento dos dados

A base de dados original fornecida para a elaboração do plano de manejo, continha informações relativas em relação ao uso do solo, espécie, idade, rotação, diâmetro à altura do peito, altura média, altura dominante e densidade.

Para os povoamentos de eucalipto foram estabelecidas classes de idade e produtividade, e calculados os parâmetros volume da árvore média, volume por hectare, volume total e incremento médio anual.

A definição das classes de idade foi baseada na rotação da espécie, na periodicidade das intervenções silviculturais e nos dados estimados pela tabela de produção, desenvolvida por Fries *apud* VASCONCELLOS (2001), em que foi adotado um intervalo de 4 anos de idade.

A determinação das classes de produtividade foram feitas através das curvas de índice de sítio, construídas por Fries *apud* VASCONCELLOS (2001) para uma idade índice de 10 anos.

O modelo utilizado foi:

$$S = a + (29,7033 + 1,9803 * a) * \log t$$

Onde : S = altura dominante para a idade índice de 10 anos, em metros; t = idade do povoamento, em anos; a = constante que varia com a

classe de idade.

O cálculo do volume por hectare para os povoamentos de eucalipto foi efetuado segundo as tabelas da Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas (DGSFA), a partir do volume da árvore média em cada parcela, calculado pelo seguinte modelo:

$$V = 17,9 + 0,02831 * d * h .$$

Onde: V = volume da árvore média em m³; d = diâmetro á altura do peito médio, em cm; h = altura média, em metros.

O volume por hectare resultou da multiplicação do volume da árvore média pela densidade do povoamento. O volume total e médio dos povoamentos de eucalipto distribuídos por classe de produtividade é apresentado na Tabela 5.

TABELA 5: Distribuição dos volumes e incremento médio anual por classe de produtividade do sítio para o eucalipto.

Classe de produtividade	Volume total (m ³)	Volume (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/ano)
1	20876,87	141,49	20,51
2	17794,77	103,87	15,20
3	10448,10	101,31	13,74
4	22060,53	90,62	12,06
5	2435,60	70,45	9,39
6	2049,60	43,96	5,58

Os dados financeiros foram obtidos através de valores médios praticados na região e são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6: Valores médios praticados na região em estudo

Discriminação	Valor(US\$)
Preço da madeira em pé (Povoamentos na zona de produção)	21/m ³
Preço da madeira em pé para outros povoamentos.	17/m ³
Custo de implantação (abrange primeira limpeza)	853/ha
Custo de condução da brotação	170/ha
Custo de administração	5/ha/ano
Custos periódicos de manutenção	128/ha/ano
Taxa de juros	5,0% a.a.

A idade de rotação utilizada neste estudo seguiu as recomendações de Fries *apud* VASCONCELLOS (2001), que através da maximização do Valor Esperado da Terra, definiu a idade de rotação ótima para os povoamentos de eucalipto localizados nas melhores classes de produtividade em 12 anos e para as piores 16 anos.

Plano estratégico

O plano estratégico tem a finalidade de estabelecer as grandes linhas de orientação para a gestão futura desta área florestal. Estas linhas de orientação são expressas por objetivos que devem ser facilmente compreendidos, de execução possível e realista. Neste contexto, a programação linear serviu como complemento deste plano, auxiliando na tomada de decisão.

Com o objetivo de agrupar áreas semelhantes entre si, para que possam futuramente ser geridas como um todo, aplicando em uma mesma unidade de gestão critérios predefinidos, foram criadas as unidades homogêneas de gestão. Para isso, foram consideradas as características físicas das áreas, os dados obtidos no inventário e a legislação.

Os critérios utilizados na criação destas unidades de gestão foram: proteção as linhas de água, classes de declive, proteção a áreas sociais e agrícolas, áreas improdutivas e homogeneidade nos dados de crescimento.

Com base nestes critérios, a área em estudo foi subdividida em 6 unidades de gestão: Zona de produção, Zona de produção condicionada, Zona de proteção, Zona de proteção as linhas de água, área agrícola e social e área improdutiva. Na zona de produção os povoamentos de eucalipto existentes serão geridos segundo plano de corte, que inclui reformas e

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

condução da brotação. Na zona de produção condicionada os povoamentos de eucalipto existentes poderão ser substituídos por povoamentos mistos de pinheiro-bravo e cerejeira, carvalho-vermelho e cipreste-comum, ou ainda povoamentos puros de carvalho - roble. Na zona de proteção as linhas de água, após o corte, o eucalipto será substituído por povoamentos mistos, com espécies características de matas ciliares.

A distribuição dos povoamentos de eucalipto, dentro das unidades de gestão por classe de idade e produtividade, pode ser vista na Tabela 7.

TABELA 7: Área ocupada com povoamentos de eucalipto em cada unidade de gestão por classe de idade e produtividade.

Unidade de gestão	Classe de idade	Classe de Produtividade	Área (ha)
1	1	1	39,23
1	1	2	0,02
1	2	1	54,63
1	2	2	28,28
1	3	1	57,89
1	3	2	9,77
2	1	1	40,37
2	1	2	0,32
2	2	1	62,37
2	2	2	43,91
2	3	1	61,34
2	3	2	30,04
3	1	1	18,62
3	1	2	0,23
3	2	1	20,01
3	2	2	17,43
3	3	1	19,54
3	3	2	9,77
4	1	1	10,75
4	1	2	1,01
4	2	1	27,16
4	2	2	18,83
4	3	1	12,52
4	3	2	15,07

Sendo: 1 = zona de produção; 2 = zona de produção condicionada; 3 = Zona de proteção; 4 = zona de proteção as linhas de água

Condicionantes e restrições

O cenário proposto prevê a elaboração de um plano de corte para os povoamentos de eucalipto durante um horizonte de planejamento de 28 anos, subdividido em 7 períodos de planejamento com a duração de 4 anos, prevendo que apenas os povoamentos desta espécie existentes na zona de produção deverão ser mantidos, sendo os mesmos substituídos na zona de produção condicionada, zona de proteção e de proteção as linhas de água.

Na zona de proteção, a implantação será feita imediatamente após o corte dos povoamentos, sendo, portanto, o ano de corte, considerado também como o ano de implantação. Os povoamentos serão manejados sob o regime de talhadia simples e a idade de rotação deverá estar entre 12 e 16 anos.

Após o corte dos povoamentos atuais (todos em primeiro e segundo rotação), será conduzida a brotação até a terceira rotação, onde após será feita a reforma.

Na zona de produção condicionada, zona de proteção e zona de proteção aos cursos de água como o objetivo é a substituição dos povoamentos de eucalipto, não serão implantados novos povoamentos, o que significa que o corte destes povoamentos implica no final deste tipo de ocupação. Por trataram-se de zonas declivosas, com restrições ecológicas e de legislação, a área de corte periódica não deverá exceder a 20% da área de ambas as zonas somadas, sendo a idade de corte nunca inferior a 16 anos para a zona de produção condicionada e zona de proteção e 12 anos para a zona de proteção aos cursos de água.

Uma vez que um dos principais objetivos de um plano de manejo florestal é promover a sustentabilidade da produção foram incluídas restrições de sustentabilidade, assegurando que o volume medido no inventário final após o período de planejamento, não deve ser inferior ao volume inicial na zona de produção, estimado em 27.500 m³.

Neste cenário, considerou-se que a estrutura de preços e custos vigentes permanecerão constantes durante o período de planejamento; os atuais níveis de produtividade dentro da empresa são mantidos e a terra será mantida permanentemente para a atividade florestal.

Cálculo dos coeficientes da função objetivo

Para o cálculo dos coeficientes da função objetivo utilizou-se a metodologia, em que o coeficiente de cada regime de manejo é representado

pelo Valor Esperado da Terra em uma determinada classe de idade e produtividade, sob um determinado regime de manejo.

O Valor Esperado da Terra para esta situação é expresso por:

$$VET = \frac{RLT}{(1,0i)^r - 1}$$

Sendo:

$$RLT = R_{CF} + \sum R_j 1,0i^{r-j} - \left[C 1,0i^r + \sum C_{bj} 1,0i^{r-j} + (A + M)(1,0i^r - 1) \right]$$

Onde: VET = Valor Esperado da Terra, em hectare; RLT = receita líquida total; R_{CF} = receita no corte final; R_j = Receita bruta no ano j; C = Custo de implantação; C_{bj} = custo de condução da brotação no ano j; A = Custo anual de administração; M = custo anual de manutenção; r = idade de rotação.

Definição das variáveis de decisão

Para a definição das variáveis de decisão utilizou-se os dados das Tabelas 3 e 4 que mostram a divisão dos povoamentos de eucalipto em classes de idade e produtividade do sítio. Com o objetivo de reduzir o número de variáveis de decisão, as classes de sítio foram agrupadas em intervalos de 4 metros de altura, resultando em áreas de boa produtividade (classes 1, 2 e 3) e classes de média produtividade (classes 4, 5 e 6).

Essa nova classificação dividiu os povoamentos de eucalipto existentes em 6 tipos, sendo cada variável de decisão representada por E_{ij} (povoamento de eucalipto na classe de idade i, na classe de produtividade j), conforme a Tabela 8.

TABELA 8: Definição das variáveis de decisão e dados de inventário.

Variável de decisão	Área (ha)	Classe de idade	Idade média (anos)	Classe de Produtividade	Volume em pé (m ³ /ha)
E ₁₁	110,58	1	2	1	8
E ₁₂	1,78	1	2	2	5,6
E ₂₁	168,01	2	6	1	108,8
E ₂₂	111,67	2	6	2	45,7
E ₃₁	153,83	3	10	1	258,8
E ₃₂	101,04	3	10	2	118,4

A idade média dos povoamentos corresponde ao valor médio do intervalo da classe de idade em que está inserido. O volume em pé é referente a idade média e foi obtido nas tabelas de produção de FRIES (1975). A área do povoamento é resultante da soma das áreas das unidades de gestão homogêneas em que as características de inventário dos povoamentos são iguais.

A Tabela 9, apresenta os diferentes regimes de manejo propostos com a idade de corte e/ou reforma. A Tabela 10, apresenta o volume correspondente a esta idade em cada período de planejamento, sendo E_{ijw} = povoamento de Eucalipto na classe de idade i , classe de produtividade j e regime de manejo w .

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 9: Alternativas de manejo para os povoamentos.

Variáveis		Período de corte							
Tipo	Prescrição	1	2	3	4	5	6	7	Final
E ₁₁ + E ₁₂	1			12			12		6
	2			12				16	2
	3				16				14
	4				16			12	2
	5			12					0
	6				16				0
	7					20			0
	8						24		0
	9							28	0
E ₂₁ + E ₂₂	1		12			12			10
	2		12				16		6
	3			16				16	2
	4			16			12		6
	5		12						0
	6			16					0
	7				20				0
	8					24			0
	9						28		0
	10							32	0
E ₃₁ + E ₃₂	1	12			12			12	2
	2	12			12				14
	3	12				16			10
	4		16				16		6
	5		16			12			10
	6	12							0
	7		16						0
	8			20					0
	9				24				0
	10					28			0
	11						32		0
	12							36	0

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 10: Alternativas de manejo para os povoamentos.

Variável	Período de corte							Final
	1	2	3	4	5	6	7	
E ₁₁₁			321,8			321,8		108,8
E ₁₁₂			321,8				416,5	8,0
E ₁₁₃				416,5				374,2
E ₁₁₄				416,5			321,8	8,0
E ₁₁₅			321,8					0
E ₁₁₆				416,5				0
E ₁₁₇					475,8			0
E ₁₁₈						511		0
E ₁₁₉							531	0
E ₁₂₁			155,5			155,5		45,7
E ₁₂₂			155,5				218,8	5,6
E ₁₂₃				218,8				189,3
E ₁₂₄				218,8			155,5	5,6
E ₁₂₅			155,5					0
E ₁₂₆				218,8				0
E ₁₂₇					264,3			0
E ₁₂₈						295		0
E ₁₂₉							315,3	0
E ₂₁₁		321,8			321,8			258,8
E ₂₁₂		321,8				416,5		108,8
E ₂₁₃			416,5				416,5	8,0
E ₂₁₄			416,5			321,8		108,8
E ₂₁₅		321,8						0
E ₂₁₆			416,5					0
E ₂₁₇				475,8				0
E ₂₁₈					511			0
E ₂₁₉						531		0
E ₂₁₁₀							537,4	0
E ₂₂₁		155,5			155,5			118,4
E ₂₂₂		155,5				218,8		45,7
E ₂₂₃			218,8				218,8	5,6
E ₂₂₄			218,8			155,5		45,7
E ₂₂₅		155,5						0
E ₂₂₆			218,8					0
E ₂₂₇				264,3				0

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

E ₂₂₈			295		0
E ₂₂₉				315,3	0
E ₂₂₁₀					323,3
E ₃₁₁	321,8		321,8		321,8
E ₃₁₂	321,8		321,8		8
E ₃₁₃	321,8			416,5	374,2
E ₃₁₄		416,5		416,5	258,8
E ₃₁₅		416,5		321,8	108,8
E ₃₁₆	321,8				258,8
E ₃₁₇		416,5			0
E ₃₁₈		475,8			0
E ₃₁₉			511		0
E ₃₂₁	155,5		155,5		155,5
E ₃₂₂	155,5		155,5		5,6
E ₃₂₃	155,5			218,8	189,3
E ₃₂₄		218,8		218,8	118,4
E ₃₂₅		218,8		155,5	45,7
E ₃₂₆	155,5				118,4
E ₃₂₇		218,8			0
E ₃₂₈		264,3			0
E ₃₂₉			295		0
E ₃₂₁₀				315,3	0
E ₃₂₁₁					323,2
E ₃₂₁₂					323,2
					0

Restrições de área total

Asseguram que a área sujeita aos regimes de manejo é igual a área disponível para cada tipo de povoamento, e que as áreas fora da zona de produção coincidem com as prescrições a elas destinadas.

Restrições de proteção as áreas sensíveis

Garantem que não se corte por período de corte mais de 20% da área total. Também garantem que a área a ser cortada periodicamente não pode ser maior que a área disponível. Pode-se perceber que os povoamentos na terceira classe de idade podem ser cortados nas margens das linhas de

água no primeiro período, no entanto os povoamentos localizados nas outras zonas sensíveis só podem ser cortados a partir do segundo período, por isso a soma das variáveis E_{316} e E_{326} deve ser inferior a 20% (17,07 ha) do total de povoamentos próximos as linhas de água. Aos 20% do total das zonas sensíveis correspondem 81,85 ha.

Restrições de ordenamento

Garantem que a produção em um período de corte não varie mais do que 20 % em relação ao anterior, e que a área cortada permaneça mais ou menos constante. Desta forma evitam-se anos com grande fluxo e outros com escassez de madeira, que acarretam dificuldades na comercialização.

Restrições de sustentabilidade de produção

Garantem que no final do período de planejamento o volume existente no inventário final é maior ou igual ao volume existente atualmente na zona de produção, o que indica que durante o período de planejamento, será cortado somente o incremento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A função objetivo é maximizar o Valor Esperado da Terra ao longo do período de planejamento. Os coeficientes desta função são representados pelo VET associado a cada regime de manejo e são apresentados na Tabela 11. O modelo completo, contendo 62 variáveis de decisão e 57 restrições, foi resolvido pelo programa de computador LINDO, versão 6.1, cuja programação é apresentada na seqüência.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 11: Valores do VET (Valor Esperado da Terra) para cada regime de manejo (variável de decisão).

Variável I	VET	Variável	VET	Variável	VET
E ₁₁₁	1503,34	E ₂₁₄	1697,08	E ₃₁₅	1697,08
E ₁₁₂	1486,55	E ₂₁₅	232,82	E ₃₁₆	232,82
E ₁₁₃	208,74	E ₂₁₆	361,80	E ₃₁₇	361,80
E ₁₁₄	1167,55	E ₂₁₇	201,62	E ₃₁₈	201,62
E ₁₁₅	232,82	E ₂₁₈	-38,79	E ₃₁₉	-38,79
E ₁₁₆	361,80	E ₂₁₉	-266,48	E ₃₁₁₀	-266,48
E ₁₁₇	201,62	E ₂₁₁₀	-457,91	E ₃₁₁₁	-457,91
E ₁₁₈	-38,79	E ₂₂₁	-26,96	E ₃₁₁₂	-597,04
E ₁₁₉	-266,48	E ₂₂₂	63,52	E ₃₂₁	242,82
E ₁₂₁	-26,96	E ₂₂₃	114,31	E ₃₂₂	-26,96
E ₁₂₂	63,52	E ₂₂₄	50,45	E ₃₂₃	63,52
E ₁₂₃	-480,19	E ₂₂₅	-1022,45	E ₃₂₄	114,31
E ₁₂₄	50,45	E ₂₂₆	-776,65	E ₃₂₅	50,45
E ₁₂₅	-1022,45	E ₂₂₇	-727,53	E ₃₂₆	-1022,45
E ₁₂₆	-776,65	E ₂₂₈	-762,72	E ₃₂₇	-776,65
E ₁₂₇	-727,53	E ₂₂₉	-817,99	E ₃₂₈	-727,53
E ₁₂₈	-762,72	E ₂₂₁₀	-875,73	E ₃₂₉	-762,72
E ₁₂₉	-817,99	E ₃₁₁	2083,43	E ₃₂₁₀	-817,99
E ₂₁₁	1897,97	E ₃₁₂	1897,97	E ₃₂₁₁	-875,73
E ₂₁₂	1834,50	E ₃₁₃	1834,50	E ₃₂₁₂	-915,79
E ₂₁₃	1630,53	E ₃₁₄	1630,53		

A equação da função objetivo tem a seguinte forma:

$$Z_{\max} = 1503.34 E_{111} + 1486.55 E_{112} + \dots -915.79E_{3212}$$

Sujeito a:

Volume em cada período de corte

$$321.8 E_{311} + 321.8 E_{312} + 321.8 E_{313} + 321.8 E_{316} + 155.5 E_{321} + 155.5 E_{322} + 155.5 E_{323} + 155.5 E_{326} - V_1 = 0$$

$$321.8 E_{211} + 321.8 E_{212} + 321.8 E_{215} + 155.5 E_{221} + 155.5 E_{222} + 155.5 E_{225} + 416.5 E_{314} + 416.5 E_{315} + 416.5 E_{317} + 218.8 E_{324} + 218.8 E_{325} + 218.8 E_{327} - V_2 = 0$$

$321.8 E111 + 321.8 E112 + 321.8 E115 + 155.5 E121 + 155.5 E122 + 155.5 E125 + 416.5 E213 + 416.5 E214 + 416.5 E216 + 218.8 E223 + 218.8 E224 + 218.8 E226 + 475.8 E318 + 264.3 E328 - V3 = 0$

$416.5 E113 + 416.5 E114 + 416.5 E116 + 218.8 E123 + 218.8 E124 + 218.8 E126 + 475.8 E217 + 264.3 E227 + 321.8 E311 + 321.8 E312 + 511 E319 + 155.5 E321 + 155.5 E322 + 295 E329 - V4 = 0$

$475.8 E117 + 264.3 E127 + 321.8 E211 + 511 E218 + 155.5 E221 + 295 E228 + 416.5 E313 + 321.8 E315 + 531 E3110 + 218.8 E323 + 155.5 E325 + 315.3 E3210 - V5 = 0$

$321.8 E111 + 511 E118 + 155.5 E121 + 295 E128 + 416.5 E212 + 321.8 E214 + 531 E219 + 218.8 E222 + 155.5 E224 + 315.3 E229 + 416.5 E314 + 537.4 E3111 + 218.8 E324 + 323.2 E211 - V6 = 0$

$416.5 E112 + 321.8 E114 + 531 E119 + 218.8 E122 + 115.5 E124 + 315.3 E129 + 416.5 E213 + 537.4 E2110 + 218.8 E223 + 323.2 E2210 + 321.8 E311 + 537.4 E3112 + 155.5 E321 + 323.2 E3212 - V7 = 0$

Área em cada período de corte

$E311 + E312 + E313 + E316 + E321 + E322 + E323 + E326 - A1 = 0$

$E211 + E212 + E215 + E221 + E222 + E225 + E314 + E315 + E317 + E324 + E325 + E327 - A2 = 0$

$E111 + E112 + E115 + E121 + E122 + E125 + E213 + E214 + E216 + E223 + E224 + E226 + E318 + E328 - A3 = 0$

$E113 + E114 + E116 + E123 + E124 + E126 + E217 + E227 + E311 + E312 + E319 + E321 + E322 + E329 - A4 = 0$

$E117 + E127 + E211 + E218 + E221 + E228 + E313 + E315 + E3110 + E323 + E325 + E3210 - A5 = 0$

$E111 + E118 + E121 + E128 + E212 + E214 + E219 + E222 + E224 + E229 + E314 + E3111 + E324 + E321 - A6 = 0$

$E112 + E114 + E119 + E122 + E124 + E129 + E213 + E2110 + E223 + E2210 + E311 + E3112 + E321 + E3212 - A7 = 0$

Restrições de área total

$E111 + E112 + E113 + E114 = 39,23$

$E121 + E122 + E123 + E124 = 0,02$

$E211 + E212 + E213 + E214 = 54,6$

$E221 + E222 + E223 + E224 = 22,28$

$E311 + E321 + E313 + E314 + E315 = 57,89$

$E321 + E322 + E323 + E324 + E325 = 42,25$

$E115 + E116 + E117 + E118 + E119 = 71,35$

$E125 + E126 + E127 + E128 + E129 = 1,76$

$E215 + E216 + E217 + E218 + E219 + E2110 = 113,41$

$E225 + E226 + E227 + E228 + E229 + E2210 = 89,39$

$E316 + E317 + E318 + E319 + E3110 + E3111 + E3112 = 95,94$

$E326 + E327 + E328 + E329 + E3210 + E3211 + E3212 = 58,79$

Restrições de proteção as zonas sensíveis (Max 20%)

$$E316 + E326 \leq 17.07$$

$$E316 \leq 12.53$$

$$E215 + E225 + E317 + E327 \leq 81.43$$

$$E115 + E125 + E216 + E226 + E318 + E328 \leq 81.43$$

$$E116 + E126 + E217 + E227 + E319 + E329 \leq 81.43$$

$$E117 + E127 + E218 + E228 + E3110 + E3210 \leq 81.43$$

$$E218 + E128 + E219 + E229 + E311 + E3211 \leq 81.43$$

Restrições de ordenamento da produção

$$v2 - 0.8v1 \geq 0 \quad a2 - 0.8a1 \geq 0$$

$$v2 - 1.2v1 \leq 0 \quad a2 - 1.2a1 \leq 0$$

$$v3 - 0.8v2 \geq 0 \quad a3 - 0.8a1 \geq 0$$

$$v3 - 1.2v2 \leq 0 \quad a3 - 1.2a1 \leq 0$$

$$v4 - 0.8v3 \geq 0 \quad a4 - 0.8a1 \geq 0$$

$$v4 - 1.2v3 \leq 0 \quad a4 - 1.2a1 \leq 0$$

$$v5 - 0.8v4 \geq 0 \quad a5 - 0.8a1 \geq 0$$

$$v5 - 1.2v4 \leq 0 \quad a5 - 1.2a1 \leq 0$$

$$v6 - 0.8v5 \geq 0 \quad a6 - 0.8a1 \geq 0$$

$$v6 - 1.2v5 \leq 0 \quad a6 - 1.2a1 \leq 0$$

$$v7 - 0.8v6 \geq 0 \quad a7 - 0.8a1 \geq 0$$

$$v7 - 1.2v6 \leq 0 \quad a7 - 1.2a1 \leq 0$$

Restrição de sustentabilidade física da produção

$$37.9E111 + 321.8E113 + 18.7E121 + 155.5E123 + 186.5E211 + 37.9E212 + 37.9E214 + 80.6E221 + 18.7E222 + 18.7E224 + 321.8E312 + 186.5E313 + 37.9E314 + 186.5E315 + 155.5E322 + 80.6E323 + 18.7E324 + 80.6E325 \geq 27500$$

Solução do modelo e interpretação

Através da utilização do programa de computador LINDO, chegou-se a um valor máximo da função objetivo de US\$ 211.887,2, sendo a área de corte, o volume cortado e o volume no inventário final para cada regime de manejo apresentado na Tabela 12.

TABELA 12: Resultados obtidos com a utilização do programa LINDO.

Regim e	Área de corte (ha)	Regim e	Área de corte (ha)	Regim e	Área de corte (ha)
E ₁₁₁	39,2	E ₂₁₄	0	E ₃₁₅	0
E ₁₁₂	0	E ₂₁₅	0	E ₃₁₆	12,5
E ₁₁₃	0	E ₂₁₆	31,5	E ₃₁₇	42,9
E ₁₁₄	0	E ₂₁₇	81,8	E ₃₁₈	27,6
E ₁₁₅	0	E ₂₁₈	0	E ₃₁₉	0
E ₁₁₆	0	E ₂₁₉	0	E ₃₁₁₀	0
E ₁₁₇	71,3	E ₂₁₁₀	0	E ₃₁₁₁	12,9
E ₁₁₈	0	E ₂₂₁	0	E ₃₁₁₂	0
E ₁₁₉	0	E ₂₂₂	3,07	E ₃₂₁	34,8
E ₁₂₁	0	E ₂₂₃	19,2	E ₃₂₂	0
E ₁₂₂	0,02	E ₂₂₄	0	E ₃₂₃	7,4
E ₁₂₃	0	E ₂₂₅	0	E ₃₂₄	0
E ₁₂₄	0	E ₂₂₆	0	E ₃₂₅	0
E ₁₂₅	0	E ₂₂₇	0	E ₃₂₆	4,5
E ₁₂₆	0	E ₂₂₈	3,2	E ₃₂₇	0
E ₁₂₇	0	E ₂₂₉	19,7	E ₃₂₈	0
E ₁₂₈	0	E ₂₂₁₀	66,5	E ₃₂₉	0
E ₁₂₉	1,7	E ₃₁₁	13,1	E ₃₂₁₀	0
E ₂₁₁	23,7	E ₃₁₂	9,7	E ₃₂₁₁	49,0
E ₂₁₂	30,9	E ₃₁₃	34,9	E ₃₂₁₂	5,2
E ₂₁₃	0	E ₃₁₄	0		

Na Tabela 12, observa-se que os povoamentos localizados na zona de produção, na classe de idade 1, devem ser manejados sob o regime de manejo que prevê uma rotação de 12 anos. Na classe de produtividade 2, o regime selecionado prevê a primeira rotação aos 12 anos, e a segunda aos 16 anos. Para os povoamentos localizados nas zonas sensíveis, o corte e posterior substituição deverá ser realizado aos 20 anos na classe de produtividade 1 e aos 28 anos na classe de produtividade 2.

Para a classe de idade 2, os povoamentos localizados na zona de produção, na classe de produtividade 1, devem ser manejados sob dois regimes de manejo. O primeiro com uma idade de rotação de 12 anos, e o segundo com uma primeira rotação aos 12 e segunda aos 16 anos, devendo ser aplicado em 23,7 e 30,9 ha, respectivamente. Para a classe de

produtividade 2, também foram selecionados dois regimes de manejo: O primeiro prevê uma rotação de 16 anos devendo ser aplicado em 19,2 ha; o segundo prevê um ciclo com duas rotações, sendo a primeira realizada aos 12 e a segunda aos 16 anos, devendo ser aplicado em 3,07 ha.

Para os povoamentos localizados na zona de produção, na classe de idade 3 e na classe de produtividade 1, foram selecionados três regimes de manejo: O primeiro prevê um ciclo de corte com três rotações na idade de 12 anos, devendo ser aplicado em 13,1 ha; O segundo prevê um ciclo com duas rotações realizadas aos 12 anos, devendo ser aplicado em 9,7 ha, e o terceiro prevê um ciclo com a primeira rotação realizada aos 12 e a segunda aos 16 anos, devendo ser aplicado em 34,9 ha. Na classe de produtividade 2, foram selecionados dois regimes de manejo que prevêem um ciclo com três rotações na idade de 12 anos e duas rotações nas idades de 12 e 16 anos. Estes regimes devem ser aplicados em uma área de 34,8 e 7,4 ha, respectivamente.

Os povoamentos localizados nas zonas sensíveis, na classe de produtividade 1, devem ser cortados e substituídos aos 12, 16, 28 e 32 anos, em uma área respectiva de 12,5, 42,9, 27,6 e 12,9 ha. Na classe de produtividade 2, 49 ha devem ser substituídos aos 32 anos, 5,2 ha aos 36 e 4,5 ha aos 12 anos.

O volume e área colhida durante o período de planejamento, podem ser observados na Tabela 13.

Na Tabela 13, observa-se que ao longo do período de planejamento serão cortados 301964,8 m³ em uma área média de corte de 128 ha. O volume em pé calculado pela multiplicação entre o volume no inventário final (Tabela 10) e a área de cada regime de manejo selecionado (Tabela 12) foi estimado em 27.847 m³, sendo superior ao volume estimado para a zona de produção no início do horizonte de planejamento (27.500 m³), o que atende a restrição de sustentabilidade.

TABELA 13: Volume e área de corte por período de planejamento

Período	Volume (m ³)	Área (ha)
1	29937,00	117,2
2	35924,40	100,6
3	43109,28	117,6
4	51731,14	139,6
5	58714,35	140,6
6	46971,48	140,6
7	35577,19	140,6

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Total/média	301964,8	128,1
-------------	----------	-------

A distribuição das idades no inventário final, tem grande significado no planejamento futuro de uma floresta e a Tabela 14 apresenta a distribuição da área no inventário pós-horizonte de planejamento.

TABELA 14: Distribuição das idade pós-horizonte de planejamento.

Classe de idade	Área pós-horizonte de planejamento
0 < I < 4	67,3
4 < I < 8	73,2
8 < I < 12	66,0
12 < I < 16	9,7

A Tabela 14, mostra que há um equilíbrio de área em relação as classes de idade 1, 2 e 3, após o horizonte de planejamento. Este equilíbrio é desejável, uma vez que, para assegurar um fluxo contínuo de produção deve-se procurar uma distribuição uniforme de área dentro das classes de idade. A menor área ocupada pelos povoamentos com idade entre 12 e 16 anos, indicam o intervalo de idade em que foram efetuados os cortes.

CONCLUSÕES

Para o cenário proposto neste estudo, pode-se concluir que:

a) A solução ótima indicou diferentes estratégias de manejo em função das classes de produtividade.

b) A análise da função objetivo, do Valor Esperado da Terra e do coeficiente de sensibilidade, indicou que para a taxa de juros considerada, o corte dos povoamentos de eucalipto localizados nas zonas sensíveis na melhor classe de produtividade após os 24 anos, acarretou em prejuízos financeiros. Para a pior classe de produtividade, o corte e a substituição em uma única operação acarretou em prejuízos financeiros para todas as idades analisadas.

c) o volume retirado na floresta durante o período de 28 anos foi de 301.964,8 m³ em uma área média de corte de 128 ha, o que maximizou a função objetivo em US\$ 211.887,2

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLUTTER, J.L., FORTSON, J.C., PIENAAR, L.V., et al. **Timber management: A quantitative approach**. New York: John Wiley & Sons, 1983, 333 p.

CARNIERI, C. **Planejamento florestal otimizado via redes de manejo**. Campinas:UNICAMP, 1989, 140p. (tese de doutorado).

DYKSTYRA, D.P. **Matemactical programming for natural resource management**. New York: Mcgrow-hill, 1984, 336p.

HILLIER. F, S; LIEBERMAN. G, J. **Introdução a pesquisa operacional**. São Paulo: Editora de Universidade de São Paulo, 1988, 300p.

NEWNHAM, R. M. **LOGPLAN**: a model for planning logging operations. Ottawa: Information Report, 1975, 59p.

RODRIGUES, F., LEITE, H.G., LOPES DA SILVA, M., et al. Determinação de estratégias ótimas de reforma, condução da brotação e compra de terras utilizando a programação linear. **Revista árvore**, Viçosa, v.23, n.2, p.169-186, 1999.

SCOLFORO, J.R.S. Modelo de gerenciamento de produção florestal, por meio da programação linear, desenvolvido para microcomputadores. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1992. 32p. (**Boletím Técnico, SIF, 1**)

VASCONCELLOS, R. T. **Relatório de estágio de final do curso de Engenharia Florestal**. Santa Maria: UFSM, 2001, s.p

**ANÁLISE ECONÔMICA DO CRESCIMENTO DA ACÁCIA-
NEGRA, *Acacia mearnsii* De Wild. EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS**

**ECONOMIC ANALYSIS ON THE GROWTH OF ACACIA-NEGRA,
Acacia mearnsii De Wild. IN DIFFERENT SPACINGS**

Irene Seling¹ Frederico Dimas Fleig² Peter Spathelf³

RESUMO

Foi estudado o impacto econômico de diferentes espaçamentos de *Acacia mearnsii* na produção de madeira e casca verde. Foi analisado o efeito de espaçamentos de 3 x 1, 3 x 1,33 e 3 x 2 sobre a Taxa Interna de Retorno, o Valor Esperado da Terra e a Relação Benefício-Custo de povoamentos de 5, 6, 7, 8 e 9 anos de idade de rotação. Os resultados foram calculados em relação a sítios ruins (índice de sítio 12) e bons (índice de sítio 20). Os dados da produção provém da tabela de produção para acácia-negra no Rio Grande do Sul, confeccionada por SCHNEIDER et al. (2001). Os coeficientes técnicos e os custos e preços foram obtidos da empresa Seta S.A., Estância Velha, RS. Mostrou-se que, a variante com espaçamento de 3 x 1,33 m e rotação de 5 anos é a melhor nos sítios ruins e com o mesmo espaçamento mas uma rotação de 6 anos nos sítios bons.

Palavras-chave: Análise econômica, produção, espaçamento, *Acacia mearnsii*.

¹ Engenheira Florestal, Dr.^a, Professora Visitante. Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. CEP 97105-900 Santa Maria, RS.

² Engenheiro Florestal, M.Sc., Professor do Departamento de Fitotecnia. CAV/UDESC. Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal/CCR/UFSM, Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. CEP 97105-900 Santa Maria, RS.

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Visitante (programa de intercâmbio DAAD/CAPES). Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. CEP 97105-900 Santa Maria, RS.

ABSTRACT

The economic impact of different spacings of *Acacia mearnsii* on the production of wood and green bark was studied. The effect of the spacings 3 x 1, 3 x 1,33 and 3 x 2 on the Internal Rate of Return, Net Present Value and Cost/Benefit Ratio was analyzed for the rotation length of 5, 6, 7, 8 and 9 years. Results were calculated considering bad (site index 12) and good (site index 20) sites. Yield data were obtained from the yield table for acácia-negra in Rio Grande do Sul established by SCHNEIDER *et al.* (2001). The technical coefficients, costs and prices were obtained from the Seta company, Estância Velha, Rio Grande do Sul, Brazil. It could be shown that the 3 x 1,33 m spacing variant with a 5year rotation showed the best results on poor sites and with the same spacing but a 6year rotation an good sites.

Key words: Economic analysis, yield, spacing, *Acacia mearnsii*.

INTRODUÇÃO

A *Acacia mearnsii* De Wild, vulgarmente conhecida por acácia-negra, é uma espécie largamente empregada no reflorestamento na região da Depressão Central, Encosta Inferior do Nordeste e Encosta do Rio Grande do Sul. A acácia-negra geralmente é cultivada com rotações de 7 anos em média.

A rentabilidade do cultivo da acácia-negra é superior a muitas espécies, embora o rendimento quantitativo da madeira seja inferior. Esta maior rentabilidade deve-se à comercialização da casca, que representa o objetivo principal do cultivo desta espécie, e da madeira utilizada para a fabricação de papel, chapas de aglomerados e lenha para a queima em fornos e fabricação de carvão. O tanino extraído da casca é utilizado na indústria farmacêutica, coureira, entre outras (FLEIG *et al.*, 1993).

Luckhoff apud SHERRY (1971), fez um estudo histórico da *Acacia mearnsii* em diferentes regiões da África do Sul e encontrou marcantes diferenças entre elas quanto à concentração de tanino na casca. As cascas de algumas espécies do gênero *Acacia*, como a *Acacia australiana*, estão entre os vegetais mais ricos em taninos, contendo mais de 30 % de tanino do seu peso seco.

No Rio Grande do Sul, a acacicultura desempenha um importante papel ecológico e socio-econômico porque é cultivada por pequenos

produtores em sistema agrosilvipastoril. Isto pode ser comprovado com dados do Anuário Estatístico Brasileiro, que estima em mais de 25.000 o número de famílias que, de um ou de outro modo, vivem do cultivo da acácia-negra e de sua industrialização (MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1980). A importância ecológica da acacicultura é ligada principalmente à capacidade da acácia-negra de fixar N_2 da atmosfera.

A exploração florestal para regenerar o povoamento e a implementação do consórcio agrícola são realizadas no inverno. Por isso, o plantio da acácia-negra em conjunto com plantas agrícolas permite otimizar a utilização da mão-de-obra durante o ano agrícola e portanto contribui positivamente para a fixação do homem nas áreas rurais.

Na acácia-negra, os espaçamentos aplicados nas empresas variam entre 1 até 2 m entre as plantas na linha, sendo sempre um espaço de 3 m entre as linhas para facilitar o emprego das máquinas. Isso significa que as empresas do Rio Grande do Sul, hoje, usam espaçamentos amplos com densidades entre 3333 e 1667 mudas por hectare. O efeito do espaçamento sobre a produção de madeira e tanino da acácia-negra no Rio Grande do Sul foi estudado por POSENATO (1977) e KLEIN *et al.* (1992). Enquanto POSENATO constatou uma redução na produção de lenha e tanino por hectare em espaçamentos mais apertados, KLEIN *et al.* acharam diferenças significativas entre o espaçamento 1 x 1 m e os espaçamentos 2 x 2 m e 3 x 2 m. Quanto maior a densidade, maior a produção de madeira e tanino por hectare, embora o diâmetro seja diretamente proporcional ao espaço vital da árvore individual. A produção de lenha e tanino por árvore também é proporcional com o espaço vital de cada árvore e por isso maior em espaçamentos mais amplos, conforme estudos recentes de SCHNEIDER *et al.* (1999).

Um dos grandes problemas no manejo da acácia-negra é a deficiência de avaliações econômicas em povoamentos de diferentes espaçamentos incluindo a produção de casca. É exceção o estudo de FLEIG *et al.* (1993), que avaliou o impacto econômico de 10 distintos sistemas de produção de acácia-negra consorciado com plantas agrícolas no Rio Grande do Sul.

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar, para três espaçamentos e cinco idades de rotação, a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Esperado da Terra (VET) e a Relação Benefício-Custo (RBC) de povoamentos da acácia-negra em diferentes sítios e de eleger um sistema de produção economicamente otimizado.

MATERIAL E MÉTODOS

Levantamento de dados

A espécie estudada no presente trabalho foi a *Acacia mearnsii* De Wild., vulgarmente conhecida por acácia-negra, amplamente cultivada no Estado do Rio Grande do Sul.

Os valores da produção de madeira comercial e casca verde são oriundos da tabela de produção de acácia-negra para o Rio Grande do Sul, confeccionadas por SCHNEIDER *et al.* (2001). Daquele estudo resultaram cinco tabelas de produção por índice de sítio, estratificadas por espaçamento inicial, contendo como variáveis de saída o crescimento de altura dominante, diâmetro médio, área basal, volume com e sem casca por hectare, peso de casca verde por hectare e incremento médio anual em volume com casca.

Análise econômica

Segundo DAVIS & JOHNSON (1987), uma análise econômica deve observar os quatro passos seguintes:

- decidir o período de planejamento onde custos e receitas serão avaliados;
 - identificar o programa de atividades associado ao projeto;
 - converter as atividades em valores econômicos (custos e receitas);
- e
- ajustar os custos e receitas no tempo utilizando fórmulas de juros compostos.

Neste estudo, três diferentes critérios para a avaliação econômica das diferentes variantes de espaçamento foram utilizados.

Taxa interna de retorno (TIR), Valor Esperado da Terra (VET) e Relação Benefício-Custo (RBC)

A TIR foi determinada pela Equação Básica Florestal que é uma simples transformação da Fórmula de Faustmann. Se rendimentos e despesas forem iguais, existirá uma relação econômica equilibrada, expressa pela seguinte equação:

$$C_r + D_a * (1+i)^{r-a} + D_b * (1+i)^{r-b} + \dots = p * (1+i)^r + (V_T + C_A) * ((1+i)^r - 1)$$

(1)

Sendo: C_r = rendimento líquido do corte final na idade r ; D_a , D_b =

rendimentos líquidos dos desbastes nas idades a, b, etc...; p = custos do plantio; C_A = custos da administração; V_T = valor do terreno; i = taxa interna de retorno; r = rotação.

O VET foi obtido através da seguinte equação:

$$\text{VET} = \text{RL}_t / (1 + i)^t - 1 = \text{VPL} (1 + i)^t / (1 + i)^t - 1 \quad (2)$$

Sendo: VET = Valor Esperado da Terra; RL_t = rendimento líquido no período t; i = taxa de juros; VPL = Valor Presente Líquido.

O VET corresponde a uma renda periódica eterna capitalizada. É suposto que se implanta sempre a mesma espécie e que a produtividade do solo como também os rendimentos (custos) e as despesas permaneçam constantes.

A RBC é obtida pela divisão entre o valor presente das receitas (receitas descontadas para o ano "0" [zero]) e o valor presente dos custos (custos descontados para o ano "0" [zero]). Em comparação com os outros dois critérios, a RBC não tem uma unidade, como a unidade monetária do VET ou a porcentagem da TIR, porque é um coeficiente. Uma RBC de 1 (um) significa que o Valor Presente Líquido é igual ao "0" (zero). Projetos de investimentos com uma RBC maior do que 1 (um) têm um Valor Presente Líquido positivo (CLUTTER *et al.*, 1983). Para o cálculo da RBC a seguinte equação é usada:

$$\text{RBC} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (3)$$

Sendo: RBC = Relação Benefício-Custo; R_t = receita no período t; C_t = custos no período t; n = número dos anos envolvidos e i = taxa de juros.

O VET e a RBC foram calculados com três diferentes taxas de juros: 4, 8 e 12% a.a. Os coeficientes técnicos, preços e custos usados são sumarizados na Tabela 1.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 1: Coeficientes técnicos e preços/custos para a avaliação econômica.

	Operação	Valor
	Exploração de madeira	6,50 R\$/St
Custos	Plantio mais recolha de galhos	
	3 x 1 m (3333 mudas)	617,00 R\$/ha
	3 x 1,33 m (2500 mudas)	462,00 R\$/ha
	3 x 2 m (1667 mudas)	308,00 R\$/ha
	Valor da terra	
	Bom	1200,00 R\$/ha
	Ruim	600,00 R\$/ha
	Combate a formiga (só no primeiro ano)	39,40 R\$/ha
	Administração e manutenção	45,00 R\$/ano/ha
Preços	Madeira comercial	16,00 R\$/St
	Casca verde na floresta	52,15 R\$/tonelada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 revela a produção natural e os rendimentos líquidos nos sítios com diferentes espaçamentos.

TABELA 2: Produção de madeira e casca verde (veja SCHNEIDER *et al.* 2001) e os rendimentos líquidos por hectare nos diferentes sítios em dependência da rotação e do espaçamento.

Índice de	Espaçamento	Rotação	Madeira	Casca	Rendimento
12	3x1	5	115,88	15,20	1.893,79
12	3x1	6	137,34	17,80	2.233,25
12	3x1	7	155,70	20,01	2.522,58
12	3x1	8	172,42	22,01	2.785,60
12	3x1	9	182,19	23,17	2.938,95
12	3x1,33	5	102,42	13,40	1.671,61
12	3x1,33	6	123,43	15,93	2.003,56
12	3x1,33	7	141,64	18,12	2.290,66
12	3x1,33	8	158,51	20,13	2.555,81
12	3x1,33	9	168,42	21,31	2.711,50
12	3x2	5	81,25	10,57	1.322,86
12	3x2	6	99,90	12,82	1.617,35
12	3x2	7	116,33	14,80	1.876,83

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 2: Produção de madeira e casca verde (veja SCHNEIDER *et al.* 2001) e os rendimentos líquidos por hectare nos diferentes sítios em dependência da rotação e do espaçamento Continuação ...

Índice do sítio	Espaçamento (m)	Rotação (anos)	Madeira (st.)	Casca verde (t)	Rendimento líquido (R\$)
12	3x2	8	132,02	16,65	2.122,24
12	3x2	9	141,19	17,74	2.266,52
20	3x1	5	294,37	36,23	4.685,93
20	3x1	6	311,24	38,15	4.946,29
20	3x1	7	313,76	38,42	4.984,38
20	3x1	8	307,40	37,677	4.885,12
20	3x1	9	298,66	36,637	4.747,93
20	3x1,33	5	286,38	35,04	4.547,89
20	3x1,33	6	304,29	37,08	4.824,30
20	3x1,33	7	306,66	37,322	4.859,57
20	3x1,33	8	299,40	36,473	4.746,40
20	3x1,33	9	289,49	35,324	4.592,28
20	3x2	5	252,34	30,53	3.989,42
20	3x2	6	265,96	32,04	4.197,62
20	3x2	7	263,29	31,696	4.154,22
20	3x2	8	251,75	30,359	3.974,83
20	3x2	9	239,17	28,888	3.778,61

Nas Figuras 1, 2 e 3 são mostrados os valores para os critérios econômicos estudados.

Nos sítios bons (IS 20), em todas as variantes, o máximo da TIR encontra-se na idade de 5 anos. Nos sítios ruins (IS 12) o máximo encontra-se na idade de 5 ou 6 anos. Em geral, as Taxas Internas de Retorno diminuem com uma maior idade de rotação. A respeito de todos os resultados, a TIR movimenta-se entre 9,8 e 12,5% nos sítios ruins e entre 12 e 25,9% nos sítios bons. A diferença entre a menor e a maior TIR nos sítios ruins (2,7 pontos percentuais) não é tão grande como nos sítios bons (13,9 pontos percentuais).

Em comparação com a TIR, encontra-se, avaliando com o VET, o máximo de todas as variantes nos sítios ruins na idade de rotação de 6 anos e nos sítios bons também na idade de rotação de 5 anos. O VET fica entre R\$ 999 e R\$ 1479 por hectare no sítio de IS 12, e entre R\$ 2512 e R\$ 7539 por

hectare no sítio de IS 20. Neste caso também, a diferença entre o menor e o maior VET nos sítios ruins é somente R\$ 480 em comparação com os valores nos sítios bons, onde a diferença é R\$ 5027. A consequência disto é afastar-se do ótimo no sítio de IS 20 pode causar maior prejuízo monetário.

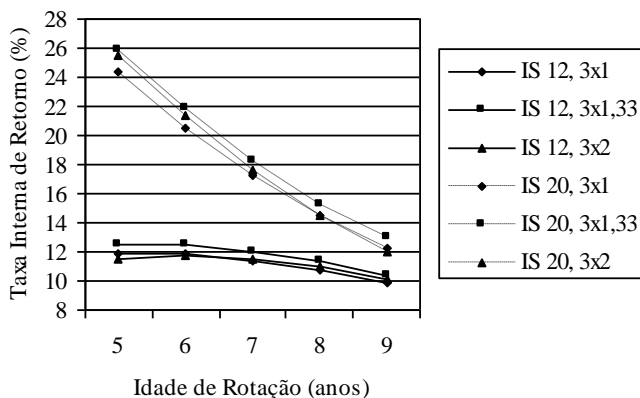


FIGURA 1: TIR nos sítios ruim e bom com diferentes rotações (5, 6, 7, 8 e 9 anos) e espaçamentos (3 x 1: 3 x 1,33: 3 x 2).

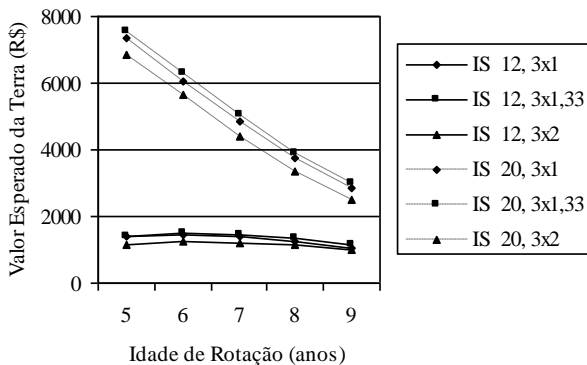


FIGURA 2: VET no sítio ruim (IS 12) e bom (IS 20) com diferentes rotações (5, 6, 7, 8 e 9 anos) e espaçamentos (taxa de juros de 8% a.a.).

A RBC encontra-se entre 1,07 e 1,26 (sítio ruim) e entre 1,39 e 2,82 (sítio bom). Avaliado com esse critério, as variantes com um espaçamento de 3 x 1,33 m no sítio ruim na idade de rotação de 6 anos e a variante de 3 x 2 m no sítio bom na idade de rotação de 5 anos atingem a melhor RBC. Tanto no sítio ruim como no sítio bom a pior RBC encontra-se na idade de rotação de 9 anos. Em todas as variantes a RBC é maior do que "1" (um), mostrando que os benefícios do projeto são maiores do que os custos.

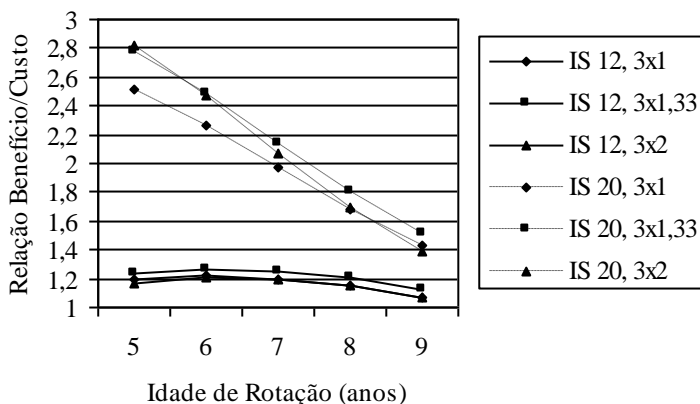


FIGURA 3: RBC no sítio ruim e bom com diferentes rotações (5, 6, 7, 8 e 9 anos) e espaçamentos (taxa de juros de 8%).

A Tabela 3 mostra a variante mínima e a variante máxima a respeito de cada critério econômico. O VET e a RBC foram calculados com uma taxa de juros de 8%.

Nota-se que, julgada com os três critérios TIR, VET e RBC, a variante de 9 anos de idade de rotação e com espaçamento de 3 x 2 m é a pior variante nos sítios bons (IS 20). Nos sítios ruins (IS 12), avaliado com o VET e a RBC a variante de 9 anos de idade de rotação e com um espaçamento de 3 x 2 m é a pior. Julgado com o critério de TIR no sítio ruim, a variante de 9 anos de idade de rotação e com um espaçamento de 3 x 1 m resultou como a pior.

A variante máxima, ou seja, a melhor variante, nos sítios bons (IS 20) é aquela com espaçamento de 3 x 1,33 m e 5 anos de rotação (julgada

mediante a TIR e o VET). Mas, julgada com o RBC, a variante com rotação de 5 anos, espaçamento de 3 x 2 m, é a melhor alternativa.

TABELA 3: As variantes mínimas e máximas avaliadas com os critérios econômicos pela TIR, VET e RBC.

Critério	Índice de sítio (IS)	Variante mínima		Variante máxima	
		Idade de rotação (anos)	Espaçamento (m)	Idade de rotação (anos)	Espaçamento (m)
TIR	IS 12	9	3 x 1	6	3 x 1,33
	IS 20	9	3 x 2	5	3 x 1,33
VET	IS 12	9	3 x 2	6	3 x 1,33
	IS 20	9	3 x 2	5	3 x 1,33
RBC	IS 12	9	3 x 2	6	3 x 1,33
	IS 20	9	3 x 2	5	3 x 2

Nos sítios ruins (IS 12) encontrou-se que a melhor variante é aquela com um espaçamento de 3 x 1,33 m e com uma idade de rotação de 6 anos (julgada por meio da TIR, RBC e do VET).

Cálculos mostraram que não foi possível melhorar o resultado monetário com uma idade de rotação abaixo de 5 anos.

Sensibilidade dos resultados às variações na taxa de juros

Com uma alterada taxa de juros de 4% a.a. (Figura 4), o VET varia de R\$ 3041 até R\$ 4133 por hectare nos sítios ruins e nos sítios bons entre R\$ 6613 e R\$ 17017 por hectare, respectivamente, considerando todas as idades de rotação. Também calculando com a taxa de juros de 4% a.a., a RBC movimenta-se entre 1,57 e 1,81 (sítios ruins) e entre 2,34 e 4,14 (sítios bons), respectivamente.

Assumindo uma taxa de juros de 12% (Figura 4), ou seja aumentada por 4 pontos percentuais, o VET movimenta-se entre R\$ 247 e R\$ 587 por hectare com um IS de 12 e entre R\$ 1203 e R\$ 4418 por hectare nos sítios bons. A RBC varia de 0,72 até 0,96 nos sítios ruins e fica entre 0,89 e 2,06 nos sítios bons (também considerando todas as idades de rotação). Logicamente com uma taxa de juros crescendo, a RBC é abaixo de "1" (um).

Os resultados do cálculo com diferentes critérios econômicos indicam diferentes decisões ótimas de investimento. Avaliado com a TIR, com a RBC e com o VET nos sítios ruins a variante de 6 anos de rotação e

de um espaçamento de 3 x 1,33 m foi determinada como a mais favorável. Nos sítios bons julgado com a TIR e com o VET a variante de 5 anos de idade de rotação e com um espaçamento de 3 x 1,33 m apresentou-se como a melhor. Avaliado com a RBC a variante com um espaçamento de 3 x 2 m, mas também com uma idade de rotação de 5 anos resultou como o melhor resultado econômico.

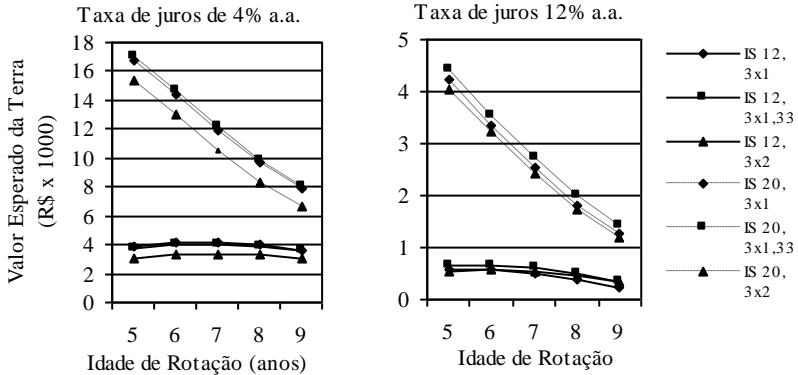


FIGURA 4: VET no sítio ruim e bom com diferentes rotações (5, 6, 7, 8 e 9 anos) e espaçamentos e taxas de juros alteradas para 4% e 12%.

Qual critério econômico é apropriado e correto se os mesmos apresentam resultados diferentes? Segundo WÖHE (1996), aquele método é o melhor para avaliar se um investimento é vantajoso ou não, que trabalha com a premissa que os reflexos de capital são investidos supondo uma taxa de juros subjetiva (calculada), que, no presente trabalho, é de 8%. Nesse trabalho, o método do VET inclui essa premissa.

Ao contrário disso, o método da TIR parte de uma premissa especial a respeito do reinvestimento: os reflexos são reinvestidos presumindo a taxa interna (objetiva). Essa premissa parece muito irrealista para um investimento material (talvez seja mais apropriada para um investimento financeiro). Mas além disso, no método do VET existe mais uma suposição que não é muito realista: a hipótese que os juros devedores e os juros credores são iguais é fora da realidade do mercado de capitais.

CONCLUSÕES

Das análises realizadas as seguintes conclusões podem ser tiradas:

1. Nos sítios bons a rotação ótima é de 5 anos e nos sítios ruins é necessário de prorrogar a rotação por mais um ano.
2. O espaçamento ótimo sob o ponto de vista econômico é de 3 x 1,33 m.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Seta S.A., Estância Velha, RS, pelo fornecimento dos dados técnicos, preços e custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLUTTER, J.L., FORTSON, J.C., PIENAAR, L.V., BRISTER, G.H., BAILEY, R.L. **Timber Management: A quantitative Approach**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333 p.

DAVIS, L.S., JOHNSON, K.N. **Forest Management**. New York: McGraw-Hill, 1987, 783 p.

FLEIG, F.D., SCHNEIDER, P.R., BRUM, E.T. Análise econômica dos sistemas de produção com acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, 1993. p. 203-240.

KLEIN, J.E.M., SCHNEIDER, P.R., FINGER, C. A., FLEIG, F.D. Produção de madeira e casca de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 2, n. 1, 1992. p. 87-97.

MINISTÉRIO DO INTERIOR. **IX recenseamento geral do Brasil**. Rio de Janeiro: v.2, t. 3, n. 22, 1ª e 2ª parte. 1980.

POSENATO, R.E. Ensaio de espaçamento em acácia-negra. Porto Alegre, **Roessleria**, v.1, n.1, 1977. p. 125-130.

SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A., COELHO, L., FLEIG, F.D., SCHNEIDER, S.P., SPATHELF, P. Tannin yield in different spacings of Black Wattle, *Acacia mearnsii* De Wild. **Proceedings**, IUFRO International Symposium, Turrialba. 1999. p. 108-114.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

SCHNEIDER, P.R., FLEIG, F.D., FINGER, C.A.G., SPATHELF, P. Produção de madeira e casca verde por índice de sítio e espaçamento inicial de acácia-negra, *Acacia mearnsii* de Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, 2001. p. 151-165.

SHERRY, S. P. **The Black Wattle** (*Acacia mearnsii*). Pietermoritzburg: University of Natal Press, 1971. 402 p.

WÖHE, G. **Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre**. München: Vahlen, 1996, 1403 p.

**CRESCIMENTO DO AÇOITA-CAVALO (*Luehea divaricata* Mart.)
NA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

**GROWTH OF THE AÇOITA-CAVALO (*Luehea divaricata* Mart.)
IN THE CENTER DEPRESSION IN THE STATE OF
RIO GRANDE DO SUL**

Paulo Sérgio Pigatto Schneider¹ Juliana Lorensi do Canto¹ Paulo Renato Schneider² César Augusto Guimarães Finger³ Luciano Weber Schereen⁴

RESUMO

No presente trabalho foi realizado um estudo de dendrocronologia, baseado na técnica de análise de tronco, visando dimensionar no tempo o crescimento em diâmetro à altura do peito, volume comercial, incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e fator de forma comercial das árvores, a partir dos anéis de crescimento, especificamente da espécie *Luehea divaricata* Mart. Das equações testadas foi selecionada a função de Mitscherlich & Sonntag para estimar o diâmetro à altura do peito e volume comercial em função da idade, sendo obtido para ambas um excelente ajuste. A mesma equação foi selecionada para estimar, a variável incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e fator de forma comercial, em função do diâmetro. O incremento corrente anual percentual em volume comercial variou de 32,0 %, aos 5 anos, a 3,3 %, aos 60 anos. Já o fator de forma comercial foi de 0,48 para um DAP de 3,8 cm e de 0,91 para um DAP de 35,6 cm, entre as idades de 5 e 60 anos respectivamente.

Palavras-chave: Dendrocronologia, crescimento, tempo-espaço, *Luehea divaricata*

¹ Acadêmicos de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS

² Engenheiro Florestal, Dr. Prof. Titular de Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais, do Centro de Ciências Rurais, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS. Pesq. CNPq.

³ Engenheiro Florestal, Dr. Prof. Adjunto de Biometria, Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS. Pesq. CNPq.

⁴ Eng. Florestal, M.Sc., Doutorando em Manejo Florestal, do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS.

ABSTRACT

In the present work a dendrocronological studied was accomplished, based on the technique of log analysis, seeking dimensionen in the time the growth in diameter to the height of the chest, commercial volume, annual average increment in percentage of the commercial volume and comercial form factor in commercial way of the trees, starting from the growth rings, specifically of the specie *Luehea divaricata* Mart. Of the tested equations the function of Mitscherlich & Sonntag was selected to estimated the diameter to the height of the chest and commercial volume in function of the age, being obtained for booth an excellent adjustment. The same equation was selected to estimated the variable increment annual current in percentage of the commercial volume and form factor in a commercial way, in function of the diameter. The annual average increment percentile in commercial volume varied of 32,0 %, to the 5 years to 3,3%, to the 60 years. The form factor in a commercial way already went from 0,48 to a DAP of 3,8 cm and of 0,91 for a DAP of 35,6 cm, between the ages of 5 and 60 years respectively.

Key words: Dendrocronology, growth, time-space, *Luehea divaricata*.

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal do Estado do Rio Grande do Sul atualmente, encontra-se profundamente alterada. A devastação de grande parte dos recursos naturais foi causada por uma exploração florestal intensiva de espécies madeiráveis, que aliada à derrubada da floresta e ao posterior avanço da fronteira agrícola reduziu os maciços florestais a paisagens fragmentadas. Dos fragmentos florestais remanescentes nativos do Rio Grande do Sul pouco, sabe-se sobre sua história. Isto, aliado à falta de observações de longa duração determinou uma total carência de informações sobre mudanças nas condições de crescimento das árvores.

A legislação florestal do Estado do Rio Grande do Sul, inserida nessa tendência, preconiza, a utilização do regime de manejo jardinado. Entretanto, a falta de informações sobre os padrões de crescimento dificultam o planejamento do manejo florestal com base na sustentabilidade de produção.

A inexistência de informações consistentes, a respeito do crescimento de espécies valiosas, em florestas naturais que ocorrem no

Estado, gera um descompasso entre o conhecimento científico existente e a sua utilização efetiva na execução do manejo sustentado das florestas.

Se uma espécie florestal apresentar anéis anuais de crescimento facilmente observáveis, a técnica da análise de tronco permite recompor o crescimento passado de maneira relativamente rápida e com grande precisão, possibilitando a determinação direta da idade e dos incrementos anuais em diâmetro, altura e volume.

Devido a isto, a análise de tronco constitui um método potencial para a avaliação desta questão, sendo utilizada com êxito na Europa há mais de 100 anos, desde que seja possível a visualização dos anéis anuais de crescimento. O uso dessa técnica possibilita a obtenção de informações para aplicação dos métodos de manejo sustentado, que vêm sendo desenvolvidos há mais de dois séculos na Europa, pois para que se tenha a sustentabilidade, ou perpetuidade, da produção é necessário se conhecer o potencial de crescimento de uma determinada espécie em cada sítio natural.

A análise de tronco serve como alternativa das parcelas permanentes na avaliação do incremento volumétrico e em altura. Essa técnica é definida como o exame de seções transversais de um tronco de uma árvore para determinar seu crescimento e qualidade em diferentes períodos de sua vida. A análise de tronco consiste na contagem e medição dos anéis visando avaliar além da idade da árvore também seu crescimento em diâmetro, área basal e volume. Na análise de tronco *completa* retira-se um determinado número de fatias ao longo do tronco. Na análise de tronco *parcial*, porém, só rolos de incremento (bagues) são retirados (FINGER, 1992).

A aplicação da técnica da análise de tronco é ligada à ocorrência de anéis anuais de crescimento visíveis. Os anéis de crescimento são resultados da atividade cambial nos períodos da atividade vegetal. Nas zonas frias ou temperadas, a formação de anéis anuais é bem visível devido ao período de forte dormência da atividade vegetal no inverno. Na contagem de anéis é preciso verificar se os anéis não são falsos anéis ou anéis descontínuos.

A longo prazo o desenvolvimento diamétrico de uma árvore depende da idade (tendência de idade), do espaço vital e do sítio. As variações, a curto prazo, porém, são influenciadas por fatores ambientais como a frutificação, danos ou o clima. O sinal climático comum numa região pode ser relacionado nos anéis de crescimento. Geralmente, condições de crescimento desfavoráveis num ano específico levam, a um crescimento menor, ou seja, a anéis de crescimento mais estreitos. Por outro lado, condições favoráveis podem causar um aumento no crescimento radial

(FRITTS, 1976).

Neste sentido o presente trabalho tem por objetivo avaliar, através da análise de tronco, as seguintes variáveis dendrométricas: Crescimento em diâmetro; volume comercial; incremento corrente anual em volume comercial; incremento corrente anual percentual em volume comercial; e, fator de forma comercial.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A vegetação original do Estado do Rio Grande do Sul é bastante variada, destacando-se por sua abrangência e importância econômica e ecológica a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Decidual (REITZ, 1973).

A região da Floresta Estacional Decidual localiza-se, segundo TEIXEIRA et al. (1986), em sua maior parte, na Serra Geral e patamares, no trecho que se situa desde o rio Uruguai, a oeste, até o vale do rio Caí, a leste. Recobre parte da Depressão Central Gaúcha, logo ao sul da Serra Geral, estendendo-se pelas planícies e terraços aluviais do rio Jacuí e seus afluentes. Ocorre também no Planalto das Missões, mais precisamente no vale do rio Ijuí, a noroeste do RS. A estrutura da Floresta Estacional Decidual é representada por dois estratos arbóreos distintos: um, emergente, aberto e decíduo, com uma altura variando entre 25 e 30 m, e outro, dominado e contínuo, de altura não superior a 20 m, formado principalmente por espécies perenifolias, além de um estrato de arvoretas.

Esta unidade fitofisionômica caracteriza-se, segundo LEITE et al. (1990), por apresentar um estrato arbóreo emergente onde predominam *Apuleia leiocarpa* (grápia), *Parapiptadenia rigida* (angico), *Myrocarpus frondosus* (cabreúva), *Cordia trichotoma* (louro) e *Phytolacca dioica* (umbú); um estrato dominado constituído por: *Patagonula americana* (guajuvira), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Nectandra megapotamica* (canela-preta), *Eugenia rostrifolia* (batinga), *Ocotea puberula* (canela-guaicá) e *Pachystroma longifolium* (mata-olho); um estrato de arvoretas formado por: *Actinostemon concolor* (laranjeira-do-mato), *Sorocea bonplandii* (cincho) e *Trichilia claussoni* (catiguá), além da regeneração de espécies de estratos superiores.

Segundo PEDROSO & MATTOS (1987), o *Luehea divaricata*, encontra-se no Rio Grande do Sul em praticamente todo o seu território. No Brasil encontra-se desde Goiás e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul; Uruguai, Argentina e Paraguai. Para REITZ et al. (1983), no estado do Rio

Grande do Sul ocorre em todas as bacias hidrográficas. Não obstante, apresenta uma dispersão irregular e descontínua, sendo particularmente freqüente ao longo dos rios, terrenos rochosos e íngremes, onde a floresta é mais aberta e nas capoeiras mais desenvolvidas. Foi observada em todas as regiões fitogeográficas, inclusive no Escudo Rio-grandense e na campanha gaúcha, onde se torna uma das árvores mais características e emergentes das matas de galerias. É encontrada praticamente desde o nível do mar até 950 metros de altitude no planalto, nos subosques dos pinhais. LORENZI (1998), atesta que a espécie ocorre no sul da Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul nas florestas aluviais.

O *Luehea divaricata* Martius, é conhecido popularmente pelos nomes de pau-de-canga, ibatingui, caiboti, ivatingui, ou açoita-cavalo e pertence a família Tiliaceae. Esta espécie caracteriza-se por ser uma árvore de mais de vinte metros de altura. Com Ramos tortuosos; ramos terminais cilíndricos, pubescentes quando novos. Folhas alternas, pecioladas; pecíolos de 4-10 mm de comprimento, semicilíndricos, vilosos; lâminas de 5-12 cm de largura, obovadas oblongas, serrilhadas, pubescentes quando novas, ásperas e glabras na face superior, tomentosas e esbranquiçadas na face inferior, agudas, base oblíquo-arredondadas, trinervadas, nervuras secundárias partindo da nervura central, mais ou menos da metade para o ápice, duas nervuras laterais partem da base da folha, ligando-se à central por nervuras terciárias, mais ou menos paralelas, estípulas caducas. Inflorescência cimosa ou paniculada. Pedúnculos pubescentes protegidos por brácteas ovais, inteiras, caindo antes da abertura das flores; pedicelos sulcados, engrossando na base de cáliculo; 6-8 segmentos lineares ou linear-lanceolados constituem o cáliculo, envolvendo o botão floral. Sépalas 5, lanceoladas, livres; glabras, apenas barbado-cilioladas, de cor lilás, 1,5 cm de comprimento e cerca de 1 cm de largura perto do ápice. Estames constituídos de 5 grupos, mas unidos na base; filetes filiformes, barbados na base; anteras dorsifixas, oblongas; estaminódios filiformes. Ovários 5-angular, ovado-oblongo, pubescente, 5-lobular, multiovulado; estilete pubérulo na base, reto; estigma carnoso, 5-lobulado, subcapitado. Cápsulas ovóides com cerca de 5 valvas. Sementes pequenas, acinzentadas (PEDROSO & MATTOS, 1987).

No trabalho desenvolvido por DE PAULA & DE HAMBURGO ALVES (1997), constata-se que o *Luehea divaricata* possui madeira de densidade baixa (560 kg/m³) de madeira seca, com vasos solitários ou geminados e múltiplos radiais de até 5 elementos, sem predominância de nenhum dos tipos, tendo média da ordem de 4,5 vasos e diâmetro transversal

de 95 μm . As Tiliaceas caracterizam-se por possuírem Parênquima Axial apotraqueal escasso representado por células isoladas, às vezes podem ocorrer camadas de crescimento pouco nítidas. Os raios são homogêneos, 1-6 seriados, predominam os 3-6 seriados cuja altura em 452 μm em média. As fibras são abundantes de parede fina em relação ao espaço ocupado por cada uma (2,3 e 5,229 μm) respectivamente, sendo a fração parede de 5,5% em *Luehea divaricata*, cujo comprimento apresentou intervalo de 820 a 1420 μm .

Segundo PEDROSO & MATTOS (1987), o açoita-cavalo possui cerne ocre muito claro e alburno alvo amarelo. Possui anéis de crescimento pouco marcado, porém nítidos. A textura é fina, com desenhos em ambos os cortes longitudinais, distinguindo-se somente a trajetória fina e medianamente alongada, dos vasos lenhosos, dando um desenho rajado. A madeira é semipesada, com poros apenas visíveis a olho nu, porosidade difusa; com lupa são vistos numerosos e pequenos poros, solitários e múltiplos em percentagem equivalente; nos cortes longitudinais são visíveis os conteúdos gomíferos claros e brilhantes. O parênquima lenhoso é não visível sequer com lupa.

REITZ et al. (1983), fazem uma descrição morfológica, na qual afirmam ser o açoita-cavalo, uma árvore alta, decidual, de 20-25 (30) metros de altura e 50 a 80 (110) cm de diâmetro na altura do peito; tronco geralmente tortuoso e nodoso, com base alargada; fuste comumente curto de 4 a 6 metros de comprimento; no interior da floresta densa, porém forma troncos quase retos e bastante altos; casca pardo acinzentada, fibrosa, com gosto adstringente um pouco amargo. A ramificação é irregular, grossa e tortuosa, formando copa larga, densa e bastante característica, semelhante à do louro-pardo (*Cordia trichotoma*) quanto a folhagem; folhas simples, alternas, distícas, decíduais, pecíolo ferruginoso; lâminas oval-elípticas, até obovadas, oblongo lanceoladas, às vezes quase rômbricas, com ápice agudo ou acuminado; medem comumente de 9-12 cm de comprimento por 4-6 cm de largura, bordos irregularmente serrados, nervuras palminérveas, caracterizadas por 3 nervuras principais curvinérveas, muito típicas que partem da base da lâmina, verdes (verde-oliva) e quase glabras na face superior e densamente pubescentes (tomento ferrugíneo) de cor ferrugínea ou esbranquiçada na face inferior (distintamente discolores).

Para PEDROSO & MATTOS (1987), o açoita-cavalo é uma espécie heliófita, que se encontra nas matas latifoliadas não demasiado fechadas, nas matas de pinheirais, em matas de galeria e nas matas das depressões úmidas da Serra do Sudoeste. É vista em lugares de solos

profundos e também, em solos pedregosos. Desenvolve-se com facilidade nas capoeiras. Distribui-se especialmente, em regiões de clima temperado (Cfa). LORENZI (1998), afirma que se trata de uma árvore que produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, moderadamente disseminadas pelo vento.

O *Luehea divaricata* possui inflorescências cimosas, axilares ou em panículas terminais, com flores hermafroditas, pentâmeras, muito vistosas com pétalas brancas, amarelas, róseas ou mesmo roxeadas. Androceu polistêmon e gineceu pentacarpelar sincárpico e um único estigma. O fruto é seco carpelar, deiscente pelo ápice, pentacarpelar, densamente coberto de pêlos dourados; mede cerca de 3 cm de comprimento; lenhoso, liso e escuro quando maduro, deiscente pelo ápice, contendo muitas sementes pequenas, escuras, achatadas e aladas (REITZ et al. , 1983).

Quanto a fenologia (PEDROSO & MATTOS, 1987), afirmam que floresce de dezembro a fevereiro. Há divergências quanto a maturação dos frutos, pois (REITZ et al., 1983) afirmam que a maturação dos frutos é de maio a junho. Enquanto LORENZI (1998), diz que a maturação ocorre de maio a agosto.

Conforme REITZ et al. (1983), a reprodução é feita através de sementes que são semeadas na primavera em viveiros de terras bem afogada, cobrindo-se em seguida as mesmas com uma leve camada de 1 - 2 cm de terra também solta e regada convenientemente. Os viveiros devem ser cobertos por esteiras para diminuir a luz direta e intensa do sol, bem como minimizar o impacto das gotas de chuva.

Segundo LORENZI (1998), na obtenção de sementes, deve-se colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura e liberação espontânea de sementes. Em seguida, levá-los ao sol para completar a abertura e liberação de sementes. Um quilograma contém aproximadamente 263.000 unidades, cuja viabilidade em armazenamento é superior a 3 meses.

Quanto a produção de mudas (LORENZI, 1998) conclui que deve-se colocar as sementes para germinação, logo que colhidas e sem nenhum tratamento em canteiros semi-sombreados contendo substrato argiloso; cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre de 20 a 40 dias e, a taxa de germinação geralmente é moderada. Transplantar as mudas para embalagens individuais quando atingirem de 3 a 5 cm, as quais ficarão com porte adequado para o plantio no local definitivo em 5 a 6 meses. O desenvolvimento das plantas no campo é considerado rápido, podendo atingir 3,5 m aos 2 anos.

Num estudo mais antigo (HERINGER, 1939) informa que a germinação, nas condições da Estação Experimental de Água Limpa (Minas Gerais) deu-se em 7 dias (de 8-X-1940 a 15-X-1940). " A repicagem foi feita 18 dias após a germinação ". " O plantio definitivo foi efetuado 9,5 meses após a repicagem ". Já para REITZ et al. (1983), a germinação em geral, se verifica entre o espaço de duas a três sementes, dependendo isto naturalmente da temperatura e da umidade do local. O transplante deve ser feito durante o inverno, nos meses de junho, julho e agosto do ano seguinte, antes do aparecimento das folhas novas. As mudas ramificam bastante e seu caule é bastante tortuoso. Com a poda, corrigem-se esses defeitos. Com o espaçamento de 2 X 3 m podemos consorciá-la com milho, aipim (de acordo com o clima). Além disso, aos 10-12 anos, faremos o primeiro desbaste.

De acordo com REITZ et al. (1983), o tronco geralmente tortuoso e nodoso com base alargada, a casca de cor escura, levemente fissurada, com escamas retangulares pequenas, a casca interna interna rosa-vivo intenso ou rosa-marrom, a folhagem distintamente discolor, com as folhas verde escuras em cima e ferruginosas ou esbranquiçadas em baixo, lembrando as folhas do louro-pardo, formando copa larga e densa, o que torna esta árvore fácil de ser reconhecida na floresta. A madeira é moderadamente pesada (0,640 g/cm³); de cor clara, bege-clara ou bege-levemente acinzentada, uniforme, às vezes com tonalidade rósea; superfície sem brilho, lisa ao tato; grã-direita; textura média; sem cheiro nem gosto distintos; trabalhabilidade boa e de acabamento delicado. LORENZI (1998), atesta que a madeira de açoita-cavalo é de baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos.

Ainda, para REITZ et al. (1983), o açoita-cavalo, a largos traços se assemelha ao louro-pardo (*Cordia trichotoma*) do qual se distingue por seu tronco em geral curto, nodoso, apenas levemente fissurado e por suas folhas com três nervuras curvinérvias muito típicas e seus bordos irregularmente serreados, enquanto o louro-pardo apresenta tronco longo, fortemente fissurado, folhas peninervadas e bordos lisos. Durante grande parte do ano, uma das características mais evidentes para distinguir esta árvore, são seus abundantes frutos secos capsulares e deiscentes apenas no ápice.

REITZ et al. (1983), concluem que por tratar-se de espécie heliófita, isto é, vegeta preferencialmente em locais de bastante luz e seletiva higrófito, ou seja em solos bastante úmidos. É sem dúvida, uma espécie característica das florestas aluviais onde pode ser bastante freqüente ou mesmo abundante, como acontece nos afluentes dos Rios Pelotas nos municípios de Bom Jesus e Vacaria, bem como nos afluentes do Rio das

Antas, onde em certos locais se torna uma das espécies mais comuns da mata. Igualmente bastante freqüente nas florestas aluviais da Depressão Central. Interessante é constatar que é pouco freqüente, rara ou pode faltar completamente nas matas altas e densas, sobretudo em terrenos de inclinação suave e solos profundos, onde a mata é bem desenvolvida; aí dificilmente se encontra o açoita-cavalo. Nos solos rochosos e úmidos no alto das encostas, reaparece o açoita-cavalo com elevada freqüência, demonstrando assim que possui dois ambientes ecológicos distintos para seu desenvolvimento na floresta primária. Igualmente é muito comum nas matas semidevastadas, nas capoeiras e capoeirões. Já no interior da floresta sombria não encontra suficiente luz e por isso é muito rara ou falta completamente.

REITZ et al. (1983), atestam que considerando seu habitat natural e sua vitalidade como espécie pioneira e heliófita, é possível seu reflorestamento em campo aberto e em populações puras; contudo é possível que exposta à luz direta, sua ramificação se verifique de modo muito precoce não desenvolvendo suficientemente o tronco e o fuste.

Quanto a utilidade (PEDROSO & MATTOS, 1987), atestam que a planta é ornamental. A madeira serve como esteios, moirões, lenha, aberturas e para armação de casas. MAIXNER & FERREIRA (1978) informam, que a "madeira presta-se, especialmente, para peças encurvadas, coronhas de armas de fogo, formas de sapatos, escovas, selas, cadeiras, cangas, sendo ótima para móveis e construções internas". REITZ et al. (1983), quanto ao emprego, afirma que a madeira por ser moderadamente pesada, de boa aparência com retratibilidade média a baixa e resistência mecânica variando entre média e baixa, é indicada para confecção de estrutura de móveis, principalmente em peças torneadas, especialmente cadeiras de balanço tipo austríaco. Por ser de baixa durabilidade natural e de boa permeabilidade ao tratamento preservativo, a madeira de açoita-cavalo não deve ser aplicada mesmo após tratamento preservativo, em condições excessivamente favoráveis à deterioração biológica. É madeira boa para trabalhar, sendo usada para cadeiras, carrocerias, tamancos, lanças para cavalaria, caixas de piano, obras internas, cangas e esculturas. Também usada para canoas, mas não é própria, pois apresenta pouca durabilidade na água. A casca tem propriedade abstringente, sendo usada para curar hemorragias, disenterias e contra o reumatismo. As folhas em xarope tem efeito sobre afecções do aparelho respiratório, laringites, bronquites, etc. Devido à utilidade e a beleza da madeira e ao valor ornamental, também das flores bem como da árvore inteira, conta-se entre as espécies cujo cultivo

merece ser intensificado entre nós. É utilizada para a arborização de ruas e praças. Para (LORENZI, 1998), por ser o açoíta-cavalo, uma planta pioneira de rápido crescimento, não pode faltar nos reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação permanente.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de amostragem

O Campo de Instrução do Exército de Santa Maria CISM, localiza-se em Santa Flora, distrito do Município de Santa Maria – RS. Situa-se a 14 Km da zona urbana, nas coordenadas geográficas 29º latitude sul e 53º longitude oeste. A área de estudos está localizada em uma zona de transição entre a Depressão Central e a escarpa arenítico basáltica do Planalto Meridional brasileiro.

No CISM ocorrem formações florestais do tipo Capões, que apresentam áreas muito variadas, podendo ser menores de 1 ha atingindo até centenas de hectares. O Capão objeto do estudo apresenta área de aproximadamente 368 ha cobertos por floresta pertencente a formação Floresta Estacional Decidual Submontana.

O relevo da área de estudos é heterogêneo, sendo constituído por coxilhas sedimentares, apresentando partes com topografia plana, suavemente ondulada e ondulada. As altitudes da área variam de 60 m nas áreas próximas aos riachos até cerca de 125 m nas partes mais altas, com média em torno de 80 m.

De acordo com MORENO (1961), a região apresenta um clima do tipo Cfa de Köppen, caracterizado por apresentar chuvas bem distribuídas ao longo do ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. A temperatura média anual fica compreendida entre 17,9 e 19,2°C. A máxima absoluta observada foi de 41,2°C e a mínima absoluta de -2,4°C. A precipitação média anual pode variar de 1400 a 1770 mm. Os ventos predominantes na região são originados do quadrante sudoeste, com velocidade média de 5,6 Km/h.

O solo é derivado de arenitos sedimentares (LEMOS et al., 1973). Segundo MOSER (1990) o tipo de solo da área de estudo é classificado como solo Podzólico Vermelho Amarelo (textura média, relevo ondulado, substrato arenito) e pertence a Unidade de Mapeamento São Pedro. Esta unidade caracteriza-se por apresentar solos profundos, avermelhados, textura superficial arenosa, friáveis e bem drenados. São solos ácidos, pobres

em matéria orgânica e na maioria dos nutrientes. Apresentam seqüências de Horizontes A, B e C bem diferenciados.

O Arroio Sarandí, tributário do Rio Vacacaí, o qual pertence à Bacia Hidrológica do Rio Jacuí, faz a divisa sul do Capão. Na divisa leste, encontra-se um tributário do Arroio Sarandí, com nascentes no interior da floresta.

Nas porções mais baixas do terreno estas características hidrológicas conferem à floresta um aspecto de mata de galeria, pobre em número de espécies porém rica em número de indivíduos da família Myrtaceae.

Espécie selecionada e descrição

Como critérios preliminares para a seleção do açoita-cavalo, para o estudo, considerou-se: Presença de anéis anuais de crescimento; ocorrência nos locais de coleta de dados; importância econômica e/ou ecológica.

O açoita-cavalo, *Luehea divaricata* Mart., ocorre em todas as regiões fitogeográficas do RS, tendo maior frequência ao longo dos rios, terrenos rochosos e íngremes. Árvore alta, decidual, que atinge até 30 m de altura e 110 cm de diâmetro. O tronco é geralmente tortuoso e nodoso, com base alargada e curto, com 4 a 6 metros. Entretanto, no interior da floresta densa forma troncos mais retos e bastante altos. A casca é levemente fissurada com escamas retangulares pequenas, de coloração escura pardo-acinzentada e fibrosa. A ramificação é irregular, grossa e tortuosa, formando copa larga e densa. A madeira moderadamente pesada, com densidade de 0,64 g/cm³, de cor bege-clara ou bege-acinzentada, uniforme, superfície sem brilho, lisa ao tato e com textura média.

Obtenção e análise dos dados

O estudo do crescimento foi realizado através de unidades amostrais do tipo árvore-amostra, ou seja, as árvores foram derrubadas e fracionada com uso de motosserra.

Para o levantamento dos dados dendrométricos da espécie selecionada para este estudo foram utilizadas unidades amostrais circulares de tamanho variável em função da dimensão da copa da árvore-amostra selecionada, sendo o raio da unidade amostral igual a duas vezes o raio médio da copa da árvore-amostra.

O raio médio da copa da árvore-amostra foi determinado através da

estimativa visual de oito raios da copa. O primeiro teve orientação norte e os demais raios foram determinados a cada 45 graus no sentido horário.

A localização das unidades amostrais nos mapas, após a escolha da árvore, foi feita através da determinação das coordenadas UTM das mesmas com o uso de aparelho de GPS (Global Positioning System), do Departamento de Ciências Florestais da UFSM. A amostra foi constituída de três indivíduos tipo árvore-amostra.

Em cada unidade amostral foi mensurada a altura total, a altura comercial, circunferência à altura do peito (CAP), a altura da copa e os raios da copa da árvore amostra. As demais árvores da unidade amostral que apresentaram circunferência à altura do peito (CAP) superior a 15 cm foram mensurados o diâmetro, a altura total, a altura comercial, a altura da copa; sendo também determinados a posição sociológica, a tendência de valorização, classe de copa, condições de sanidade com suas causas e intensidades, qualidade dos fustes e as suas coordenadas em relação ao centro da unidade amostral (árvore-amostra). Para tanto serão utilizados fita métrica, Forestor Vertex (medição de alturas), prancheta e fichas de coleta de dados desenvolvidas pelo Departamento de Ciências Florestais da UFSM.

O crescimento em diâmetro, volume comercial, incremento corrente anual em volume comercial percentual e o fator de forma, foram determinados utilizando-se a técnica de dendrocronologia, que permite estimar o crescimento passado, e foi aplicada sob fatias retiradas da base, ao nível do DAP e a 30, 50, 70 e 100 % da altura comercial das árvores. Essas fatias foram etiquetadas, constando o número da árvore amostra e a posição de retirada da fatia no tronco. Posteriormente as fatias foram secas em forno de microondas até atingir umidade em torno de 15%, e lixadas para melhor visualização dos anéis de crescimento.

As medições dos anéis de crescimento foram feitas com o auxílio de computador e do aparelho LINTAB II, no laboratório de Dendrocronologia do Departamento de Ciências Florestais da UFSM, sobre quatro raios marcados em cada fatia, sendo o primeiro raio marcado com um ângulo de 45 graus no sentido anti-horário em relação ao maior raio da seção e os demais raios à 90° do raio anterior. A leitura dos anéis foi realizada no sentido medula casca.

O volume foi determinado através do método de Smalian, para seções tomadas até a altura comercial e o fator de forma comercial pela razão entre o volume comercial rigoroso pelo volume comercial cilíndrico.

Para estudar as tendências de desenvolvimento do crescimento em diâmetro e volume comercial foram testados três modelos de regressão,

apresentados na Tabela 1. Da mesma forma, foram ajustadas equações para o volume comercial e incremento corrente anual percentual em volume comercial e fator de forma comercial em função do diâmetro à altura do peito.

O processamento das equações foi realizado no pacote SAS (Statistical Analysis System), em computador IBM 3090.

TABELA 1 - Equações testadas para estimar o crescimento em diâmetro e volume comercial em função da idade

Nº. Equação	Modelos	Autores
1	$Y = b_0 * e^{b_1 * t^{b_2}}$	MITSCHERLICH & SONNTAG (1982)
2	$Y = e^{b_0 + b_1 * \ln t + b_2 * \ln^2 t}$	BACKMAN (1943)
3	$Y = b_0 + b_1 * t + b_2 * t^2$	-

Sendo: Y = variável dependente, representada pelo diâmetro e volume comercial; t = variável independente, representada pela idade em anos; ln = logaritmo natural; b0, b1, b2 = coeficientes.

Fonte: SCHNEIDER (1993)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estatísticos do processamento das equações testadas, apresentadas na Tabela 1, para ajustar o crescimento em diâmetro à altura do peito e volume comercial em função da idade, encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2 - Parâmetros estatísticos das equações testadas para estimar o crescimento em diâmetro à altura do peito e volume comercial em função da idade.

N. equação	Variável dependente	Coeficientes			R ²	Syx	C.V.
		b0	b1	b2			
1	Volume comercial	0,00017	0,2356	1,9536	0,9587	0,0573	2,31
	Diâmetro	0,5515	0,4756	0,9019	0,9782	3,0558	5,86
2	Volume comercial	-11,1978	3,5069	-0,0547	0,9199	0,3473	2,45
	Diâmetro	-0,3996	0,9511	0,0018	0,9164	0,2261	8,46
3	Volume comercial	-0,0044	0,0006	0,0007	0,8917	0,0578	3,56
	Diâmetro	-0,8738	0,7658	-0,0029	0,9019	3,0164	16,76

Sendo: R² = coeficiente de determinação; Syx = erro padrão da estimativa; C.V. = coeficiente de variação em %; b0, b1, b2 = coeficientes da equação.

Para as variáveis dependentes crescimento em diâmetro à altura do peito e volume comercial em função da idade, a equação que apresentou maior precisão estatística, foi a de Mitscherlich & Sonntag, expressa pelo modelo 1, da Tabela 1. Mas, as demais equações testadas também, apresentaram um ótimo ajuste.

A equação de Mitscherlich & Sonntag apresentou um ótimo ajuste, tanto para o diâmetro à altura do peito quanto para o volume comercial, tendo apresentado um coeficiente de determinação igual a 0,97 e 0,95, e um erro padrão da estimativa 3,05 e 0,05, respectivamente. As tendências de crescimento em diâmetro à altura do peito e volume comercial em função da idade, obtidos através da função de Mitscherlich & Sonntag, expressa pelo modelo 1, encontram-se representadas nas Figuras 1 e 2. Observa-se que tanto para o diâmetro à altura do peito como para o volume comercial, o crescimento apresenta uma tendência ascendente, representando apenas a fase inicial e mediana de crescimento. Isto demonstra que até os 60 anos não foi encontrado os valores da assíntota de crescimento da espécie, que seguramente ocorrerá em idade mais avançada.

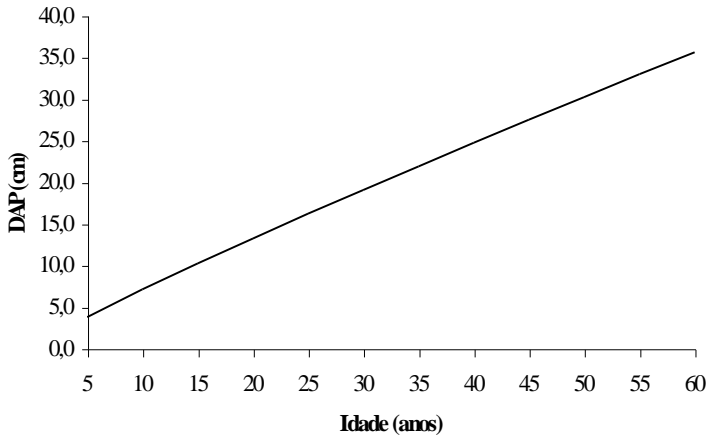


FIGURA 1 – Crescimento do diâmetro à altura do peito em função da idade

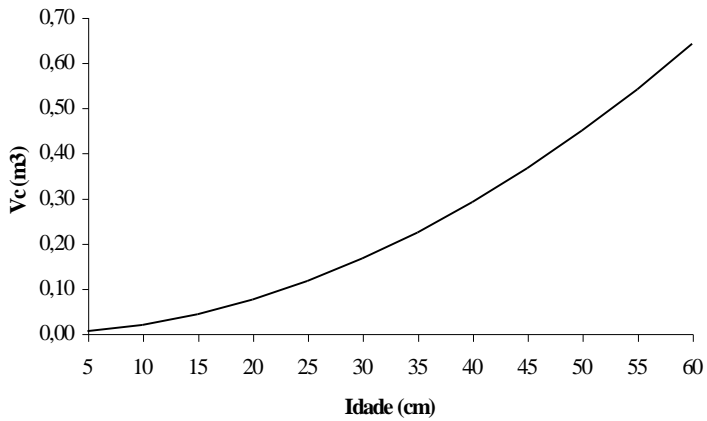


FIGURA 2 - Crescimento do volume comercial em função da idade

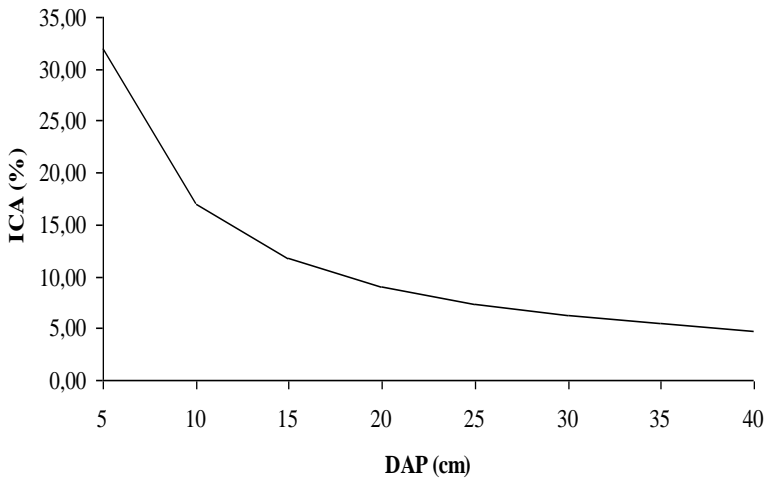


FIGURA 3 - Incremento corrente anual em porcentagem do volume comercial em função do DAP

Com finalidade prática foram ajustadas também equações para estimar o incremento corrente anual percentual em volume comercial e fator de forma comercial, como uma função do diâmetro à altura do peito, conforme é apresentado na Tabela 3. Para o incremento corrente anual percentual em volume comercial na equação 1 o coeficiente de determinação foi igual a 0,93 e erro padrão da estimativa igual a 3,17. Na Figura 3, pode ser observada a tendência de desenvolvimento do incremento corrente anual percentual em volume comercial em função do diâmetro à altura do peito. Observa-se que o incremento corrente anual percentual em volume comercial apresentou forma hiperbólica, diminuindo progressivamente com o aumento do diâmetro, passando de um valor máximo de 32,0 %, na idade de 5 anos, com um diâmetro igual a 3,8 cm, para um mínimo de 3,32 %, aos 60 anos, com um diâmetro de 35,6 cm.

TABELA 3 - Parâmetros estatísticos usados para estimar volume comercial, incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e fator de forma comercial em razão do DAP.

N. equação	Variável dependente	Coeficientes			R ²	Syx	C.V.
		b0	b1	b2			
1	Volume comercial	2,2208	-9,6484	2,3645	0,9961	0,0220	2,35
	ICA %	0,2395	6,3626	-0,9116	0,9362	3,1780	14,20
	Fator de forma comercial	65,1821	-5,3218	0,2553	0,9780	0,1037	14,98
2	Volume comercial	-9,5889	2,8340	-0,0745	0,9977	0,0552	-2,87
	ICA %	2,3773	1,3346	-0,4708	0,7360	0,3554	16,64
	Fator de forma comercial	-1,6026	0,5726	-0,0551	0,4085	0,1581	-38,76
3	Volume comercial	0,0258	-0,0064	0,0007	0,9897	0,0183	8,03
	ICA %	37,7852	-2,1531	0,0349	0,8503	2,6790	25,78
	Fator de forma comercial	0,3239	0,0285	-0,0005	0,3858	0,1026	15,14

Sendo: R² = coeficiente de determinação; Syx = erro padrão da estimativa; C.V.% = coeficiente de variação em %; ICA% = incremento corrente anual em percentagem do volume comercial; b0, b1, b2 = coeficientes da equação.

A equação 1 foi igualmente mais precisa para estimar o fator de forma comercial, tendo apresentado um coeficiente de determinação igual a 0,97, erro padrão da estimativa de 0,10. Essa precisão deve-se a boa correlação existente entre o fator de forma e o diâmetro, pois manteve-se crescente até os 60 anos, com diâmetro aproximado de 40 cm. Na Figura 4 pode ser observado essa tendência do fator de forma comercial com o aumento do diâmetro à altura do peito, com uma variações de 0,48 a 0,91 entre os 5 e 60 anos, respectivamente.

Os valores estimados pelas equações para o diâmetro à altura do peito, volume comercial, incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e fator de forma comercial encontram discriminados na Tabela 4.

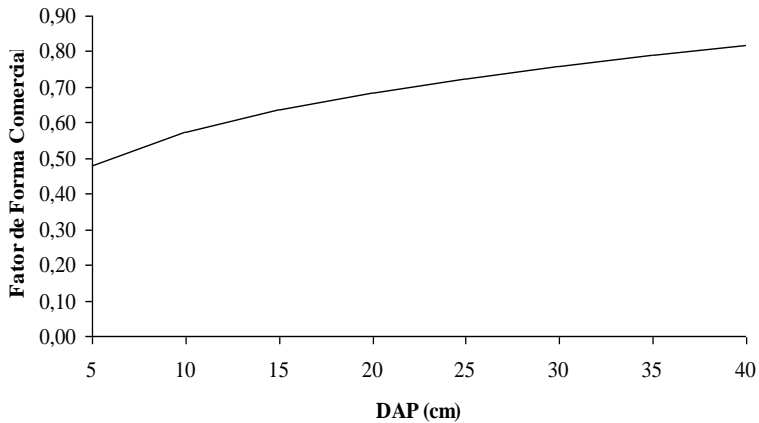


FIGURA 4 - Tendência do fator de forma comercial em função do DAP

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir para a espécie *Luehea divaricata* estudada que:

a) A função de Mitscherlich & Sonntag, expressa pelo modelo 1 da Tabela 1, apresentou uma ótima precisão estatística, tanto para o diâmetro à altura do peito, volume comercial, incremento corrente anual em percentagem do volume comercial e fator de forma comercial;

b) o diâmetro e volume comercial apresentaram bom crescimento se forem comparados com o crescimento de outras espécies nativas do mesmo local;

c) o incremento corrente anual em percentagem do volume comercial apresentou uma tendência exponencial negativa, partindo de um valor máximo de 32,0 %, aos 5 anos, ao valor mínimo de 3,3 %, aos 60 anos;

d) o fator de forma comercial apresentou uma tendência significativa no tempo e com o diâmetro, variando de 0,48 a 0,91, dos 5 aos 60 anos, respectivamente;

e) A partir da relação espaço-temporal, das curvas de crescimento

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

dendrocronológicas e da análise da função de Mitscherlich & Sonntag, constatou-se um crescimento condicente com as análises estatísticas, fato que pode ser verificado nos gráficos do presente estudo.

TABELA 4 – Estimativas do crescimento do diâmetro, volume comercial, incremento corrente anual percentual em volume comercial e fator de forma comercial.

Idade (anos)	DAP (cm)	Volume Comercial (m ³)	ICA (%)	f
5	3,8	0,00499	32,01596	0,48
10	7,1	0,01934	17,01953	0,57
15	10,2	0,04271	11,76042	0,64
20	13,2	0,07492	9,04750	0,68
25	16,2	0,11585	7,38219	0,72
30	19,1	0,16543	6,25178	0,76
35	21,9	0,22356	5,43219	0,79
40	24,7	0,29020	4,80961	0,82
45	27,5	0,36528	4,31995	0,84
50	30,2	0,44877	3,92434	0,86
55	32,9	0,54062	3,59777	0,89
60	35,6	0,64080	3,32342	0,91

Sendo: DAP = diâmetro à altura do peito, em centímetros; ICA% = incremento corrente anual percentual em volume comercial; f = fator de forma comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACKMAN, G. **Wachstum und organisches Zeit**. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1943. 192p.

DE PAULA, J.E., DE HAMBURGO ALVES, J.L. **Madeiras nativas: Anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Brasília: Empresa Gráfica Gutenberg, 1997. 545p.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria:

UFMS / CEPEF / FATEC, 1992. 269p.

FRITTS, H.C. **Tree Rings and Climate**. London: Academic Press, 1976. 567p.

LEITE, P.F. & KLEIN, R.N. Vegetação In: Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de geografia e Estatística - IBGE, 1990. p.113-150.

HERINGER, P.E. **Contribuição ao conhecimento da Flora da Zona da Mata de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura. Boletim, 2, 1947. 186p.

LEMOS, R.C., AZOLIN, M. D., ABRAO, P.V.R., et al. **Levantamento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura - Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária - Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 4231p. (Boletim Técnico nº 301).

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. São Paulo: Editora Plantarum, 1998. 368p.

MAIXNER & FERREIRA, L.A.B. **Contribuição ao estudo das essências florestais e frutíferas nativas no estado do Rio Grande do Sul**. Trigo e Soja. n.28, p. 2-27. 1978.

MITSCHERLICH, G. , SONNTAG, G. Papierersuche: Modell für eine Regenerata und Neupotz-Papel-Ertragstafel im Oberheingebiet. **Allg. Forst und Jg.**, n. 153, p.213-219. 1982.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, RS. 1961. 41p.

MOSER, J.M. Solos. In: Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de geografia e Estatística - IBGE, 1990. P.85-111.

PEDROSO, O., MATTOS, J.R. **Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Companhia Rio-grandense de artes gráficas, 1987. 185 p.

REITZ, P.R. **Flora ilustrada catarinense**. Santa Catarina: planejada e editada por P. Raulino Reitz, 1973. 89 p.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

REITZ, R., KLEIN, R. M., REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1983. 524p.

SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1993. 320p.

TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B. Vegetação. In: Levantamento de recursos naturais. v.33. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de geografia e Estatística - IBGE, 1986. p.541-632.

ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DA ERVA-MATE
(*Ilex paraguariensis* St Hil.)

ESTIMATES OF TOTAL MATE (*Ilex paraguariensis* St Hil.) TEA
LEAVES AREA

Fabio Luiz Fleig Saidelles²⁰ Dalvan José Reinert²¹ Gilberto Sobroza
Pedroso²²

RESUMO

O estudo foi realizado com o objetivo de se ajustar uma equação que melhor estime a área foliar com as medidas obtidas a campo de comprimento e largura das folhas durante o primeiro ano de desenvolvimento da erva-mate. A área foliar real foi retirada diretamente da relação peso x área. O comprimento (C) e maior largura (L) medidos nas folhas. Considerando as variáveis, comprimento, a maior largura, e a área foliar real ajustou-se as equações para estimativa da área foliar. O ajuste das equações lineares foram comparados pelo coeficiente de determinação (R²), erro padrão da estimativa em percentagem da média (S_{yx}%) e pela distribuição dos resíduos plotados em gráfico. A comparação entre as equações lineares e logarítmicas foram feitas pela comparação do S_{yx}% com o Índice de Furnival das últimas (IF%). Quatro equações apresentaram um bom ajuste aos dados, mas a equação que apresentou um menor erro padrão em percentagem da média, o maior coeficiente de determinação e uma boa distribuição dos resíduos em relação a zero, desta forma se ajustando melhor aos dados reais, foi a equação $\ln AF = 0,0011 * C^2 - 0,4579 * C/L + 1,8985 * \ln C$.

Palavras-chave: Área Foliar, Erva-mate, Equações

²⁰ Engenheiro Florestal, M. Sc., Doutorando pela Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria,. e-mail: ffleig@yahoo.com.br, Caixa Postal 322, CEP 97001-970, Santa Maria,RS

²¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS).

²² Aluno de Graduação do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS).

ABSTRACT

The study was carried out evaluating plants from forest implantation to one year old with objective to find a best model to estimate total plant leaves area (LA) based on leaves number and dimensions. Out in the field, for each plant, the whole plant leaves were measured, by its length (L) and width (W). Leaves varying in size were sampled from border plants to build best relationships among real area with length and width. Mathematical linear and log models were tested and better estimation were evaluated based on R^2 , $S_{xy}\%$ and residual error. A additional index, Furnival index, was used for better adjust evaluation. Four equation had good adjust, however, the best fit based on standardt error as percent of average, determination coefficient and a good distribution of residues in relation to zero was the model: $\ln LA = 0,0011 * L^2 - 0,4579 * L/W + 1,8985 * \ln L$.

Key words: leaf area, “mate” tea, estimation models

INTRODUÇÃO

Estudos envolvendo crescimento de plantas freqüentemente necessitam da estimativa da área foliar, em especial em plantas que possuem a folha como o produto principal da cultura, como é o caso da erva-mate. Para LARCHER, 1986, a área foliar esta intimamente ligada a produtividade devido principalmente ao aumento da superfície de assimilação, que cresce em função do melhor estado nutricional. LINDER & ROOK (1984), apresentam exemplos de relações significativas da área foliar com os níveis nutricionais de espécies florestais, com casos de diminuição da área foliar, devido à deficiência de algum nutriente.

MUTINELI (1990) apresenta estudos de comparação de solos influenciando nas dimensões foliares de erva-mate argentina e paraguaia, concluiu que solos revolvidos possuem maiores valores de área foliar que as de solos de campo, entretanto, mantém a mesma relação largura/comprimento. Observando ainda que os maiores teores de nitrogênio conferem maior área foliar as plantas de erva-mate.

FRANCIS *et al.* (1965) buscando um método rápido para estimar a área foliar do milho (*Zea mays* L.) utilizaram a equação $0,75 * \text{comprimento} * \text{maior largura}$, obtendo uma boa correlação ($R^2=0,981$) entre a área foliar estimada e a área foliar observada. Destacando que o fator 0,75 é variável para os diferentes tratamentos e diferentes genótipos, dependendo inclusive

do tipo de estudo com o qual serão usados. Essa equação, também foi usada por MENEZES (1991) para avaliar o efeito da antecipação do despendoamento sobre a área foliar e produção de sementes de milho.

FORDHAM & HOLTGATE (1972) realizando uma investigação sobre a relação entre a área foliar e medidas lineares, em folhas de chá, em plantas de origem clonal e de sementes, observaram que a equação $AF = K * L * B$ ($AF =$ área foliar, $K =$ coeficiente, $L =$ comprimento e $B =$ largura da folha) é adequada para estimar a área foliar do chá (*Camellia sinensis* L.), observando que o coeficiente apresenta variação entre materiais plantados, sendo esta diferença provavelmente resultante das diferenças genéticas entre os materiais considerados.

O objetivo do presente trabalho é ajustar uma equação para estimar a área foliar da erva-mate, com variáveis comprimento e, ou largura..

MATERIAL E MÉTODOS

Foram retiradas das plantas de erva-mate a campo, 777 folhas durante o primeiro ano de desenvolvimento da cultura, procurando-se amostrar a variação de tamanho das folhas, para isso foram retiradas folhas do terço central, inferior e superior das plantas. As folhas foram fotocopiadas, recortadas e tomada as medidas de comprimento e maior largura, após pesadas em balança de precisão de 0,001g. Também foram pesados quadrados de 2 x 2 cm, recortados das mesmas folhas das fotocópias, obtendo a relação direta entre peso do papel x área real. Com esta relação e o peso das folhas, fez-se uma regra de três simples para cálculo da área foliar. Com os dados de área foliar, o comprimento e a maior largura, ajustou-se os coeficientes de três tipos de equações:

1) Equações que apresentam como variável independente só o comprimento ou só a largura, proposta pelos autores, afim de facilitar as medições de campo;

2) Equação linear, $AF = K * C * L$ (onde: $K =$ constante, $C =$ comprimento, $L =$ maior largura da folha), utilizada por alguns autores para a estimativa da área foliar;

3) Equações obtidas através das técnicas de regressão múltipla pelo procedimento “Stepwise” do pacote estatístico SAS (Series in Statistical Applications, 1986).

Comparou-se o ajuste das equações lineares, utilizando-se o coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa em percentagem da média ($S_{yx}\%$) e pela análise da distribuição dos resíduos plotados em

gráfico. E para a comparação do ajuste entre as equações lineares e as logaritmas utilizou-se ainda o Índice de Furnival em percentagem (IF%) (SCHNEIDER,1997), para comparação com o S_{yx} % das lineares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de comprimento, largura e área foliar encontradas nas medições das folhas de erva-mate apresentaram ampla variação (Tabela 1), dando consistência para o ajuste das equações. Os modelos de equações ajustadas para estimar a área foliar estão expressos na Tabela 2.

TABELA 1 – Estatística básica das variáveis usadas para modelagem da área foliar da erva-mate.

Variável	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Área Foliar (cm ²)
Observações	777	777	777
Máximo	5.4	11.2	43.668
Mínimo	1.5	2.8	3.244
Média	3.2	6.8	15.093
Soma	2485.1	5322.3	12351.54
CV	0.2146648	0.2120803	0.4095794
Desvio Padrão	0.6865683	1.452709	6.510857
S_{yx}	0.0246305	0.05211565	0.2335757
Variância	0.4713761	2.110364	42.39126

Outro inconveniente da utilização destas equações, é a presença do coeficiente de interseção negativo, causando área foliar negativa, quando os valores das variáveis independentes são baixos (por exemplo quando, na equação 1, usamos valores de comprimentos menores do que 3,1).

O modelo da equação 3 foi utilizada por FORDHAM & HOLGATE (1972) para a estimativa da área foliar do chá, por FRANCIS et al (1965) e MENEZES (1991) para a estimativa da área foliar do milho, apresentando um bom ajuste dos dados observados com os estimados.

TABELA 2 – Modelos de equações, coeficientes das equações, coeficiente de determinação (R^2 ajustado), erro padrão da estimativa em percentagem da média ($S_{yx}\%$) e Índice de Furnival (IF%), ajustados para a estimativa da área foliar (AF), em relação ao comprimento (C) e a largura (L) das folhas da erva-mate.

Eq. nº	Modelos	Coeficientes	R^2	$S_{yx}\%$	IF%
1	$AF = b_0 + b_1C$	$b_0 = -13,23398$ $b_1 = 4,252737$	0,90024	12,9	-
2	$AF = b_0 + b_1L$	$b_0 = -12,88598$ $b_1 = 8,999185$	0,90040	12,9	-
3	$AF = b_1 * C * L$	$b_1 = 0,698465$	0,99698	5,9	-
*4	$AF = b_1 * L * C + b_2 * C^2 + b_3 * L^2$	$b_1 = 1,426082$ $b_2 = -0,162261$ $b_3 = -0,806352$	0,99710	5,9	-
*5	$1/\ln AF = b_1/\ln L + b_2/\ln C + b_3 * C^2 + b_4/C + b_5 * \ln C$	$b_1 = 0,171693$ $b_2 = -1,744515$ $b_3 = 0,000379$ $b_4 = -2,972391$ $b_5 = -0,140626$	0,99894	3,3	2,15
*6	$\ln AF = b_1 * C^2 + b_2 * C/L + b_3 * \ln C$	$b_1 = 0,001123$ $b_2 = -0,457948$ $b_3 = 1,898521$	0,99940	2,4	1,36

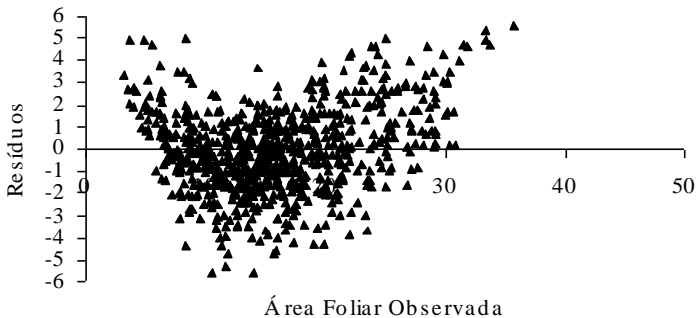


FIGURA 1 - Distribuição gráfica dos resíduos, para a equação 1: $AF = b_0 + b_1C$

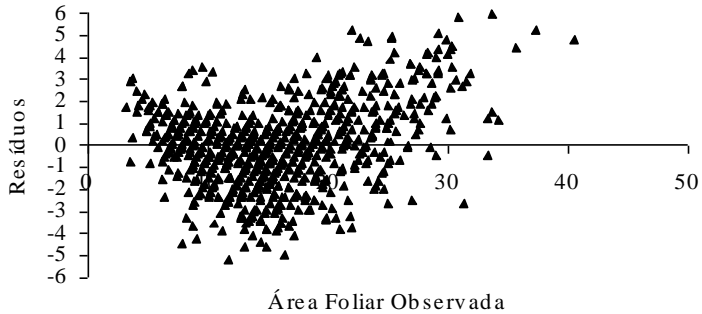


FIGURA 2 – Distribuição gráfica dos resíduos, para a equação 2:
 $AF = b_0 + b_1L$

A equação ajustada para a erva-mate apresentou um valor de 5,9% para o erro padrão da estimativa em percentagem da média e o coeficiente de determinação de 0,99698. Analisando a distribuição dos resíduos (Figura 3), observou-se que os resíduos apresentaram boa distribuição em relação a zero e uma distribuição homogênea, indicando que esse modelo apresentou uma boa estimativa da área foliar.

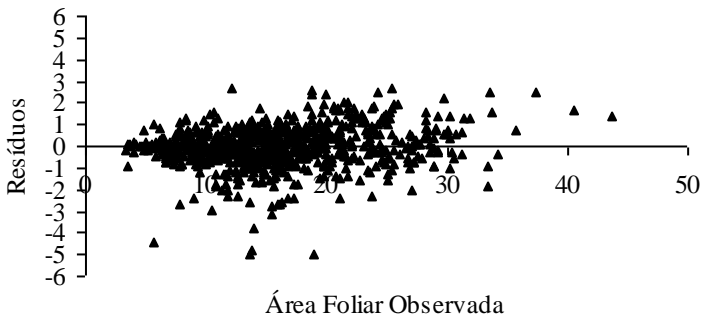


FIGURA 3 – Distribuição gráfica dos resíduos, para a equação 3:
 $AF = b_1 * C * L$

As equações de regressão 4, 5 e 6 foram determinadas para avaliar a área foliar das plantas de erva-mate, utilizando o método de modelagem de regressão múltipla pelo método “Stepwise”, considerando as variáveis dependentes e independentes utilizadas apresentadas na Tabela 3.

A inclusão do coeficiente b_0 (interseção), tornou o R^2 menor e o S_{yx} % maior, nos modelos estimados por regressão (4, 5, 6), fazendo com que fosse retirado do ajuste das equações.

A equação 4, ajustada por modelagem, apresentou dentre as equações lineares os melhores ajustes em relação a R^2 , S_{yx} % e dispersão dos resíduos como demonstrado na Figura 4.

As equações 5 e 6, apresentaram altos coeficientes de determinação (maiores que 0,99), e erro padrão de estimativa em percentagem da média menores que 3,3%. Na análise da distribuição dos resíduos (Figura 5 e 6), observou-se que as duas equações apresentaram uma dispersão homogênea, indicando que esses modelos apresentam uma boa estimativa da área foliar.

Comparando-se os modelos, verifica-se que os modelos lineares apresentaram os maiores valores de erro padrão comparados com o Índice de Furnival e menores coeficientes de determinação, que os modelos logarítmicos.

TABELA 3 – Variáveis dependentes e independentes relacionadas no modelo de regressão.

Variáveis Dependentes	Variáveis Independentes
1. AF	1. C
2. ln (AF)	2. L
3. 1 / AF	3. L * C
4. 1 / ln (AF)	4. C ²
	5. L ²
	6. C / L
	7. L / C
	8. 1 / L
	9. 1 / C
	10. L + C
	11. ln (L)
	12. ln (C)
	13. ln (L) * ln (C)
	14. 1 / ln (L)
	15. 1 / ln (C)

AF= área foliar C= comprimento da folha L= largura da folha ln= logaritmo Neperiano

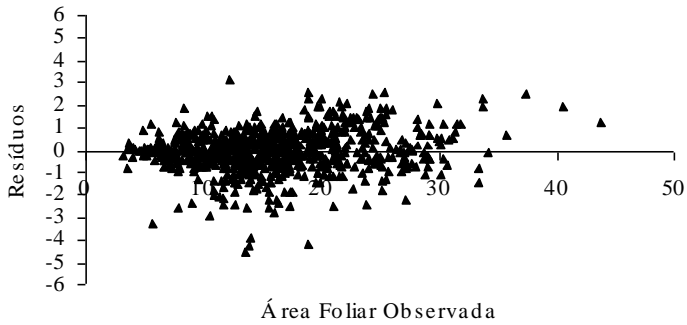


FIGURA 4 – Distribuição gráfica dos resíduos, para a equação 4:
 $AF = b_1 * L * C + b_2 * C^2 + b_3 L^2$

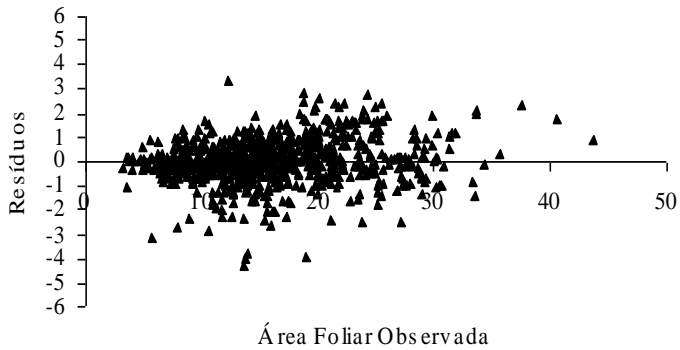


FIGURA 5 – Distribuição gráfica dos resíduos, para a equação 5:
 $1/\ln AF = b_0 / \ln L + b_1 / \ln C + b_2 * C^2 + b_3 / C + b_4 * \ln C$

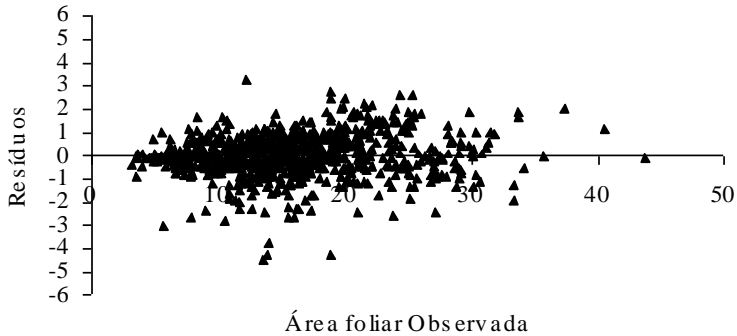


FIGURA 6 – Distribuição gráfica dos resíduos, para a equação 6:
 $\ln AF = b_1 * C^2 + b_2 * C/L + b_3 * \ln C$.

CONCLUSÕES

1. As equações de regressão 3, 4, 5, 6, determinadas para avaliar a área foliar das mudas de erva-mate, considerando os modelos com variáveis independentes comprimento e largura, podem ser utilizadas para obtenção da área foliar, verificando-se a precisão desejada.

2. A equação que apresentou um menor erro padrão em percentagem da média, o maior coeficiente de determinação e uma boa distribuição dos resíduos em relação a zero, desta forma se ajustando melhor aos dados reais, foi a equação:

$$\ln AF = 0,0011 * C^2 - 0,4579 * C/L + 1,8985 * \ln C$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FORDHAM, R. & HOLGATE, M. E. Estimation of leaf area of tea (*Camellia sinensis*, L.) from linear measurements. **J. Hort. Sci.**, v. 47, p.131-135, 1972.

FRANCIS, A. A.; RUTGER, J. N.; PALMER, A. F. E. A rapid method for plant leaf area estimation maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 5, p.937-939, 1965.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

LINDER, S. & ROOK, D. A. Effects of mineral nutrition on carbon dioxide exchange and partitioning of carbon in trees. In: BOWEN, G. D., NAMBIAR, E. K. S.. **Nutricion of plantation forests**. London: Academic Press, 1984. p. 211-236.

MENEZES, N. L. de. **Efeito da antecipação do despendoamento sobre a área foliar, produção e qualidade de sementes de milho** (*Zea mays* L.). Piracicaba: USP, 1991. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual de São Paulo.

MUTINELLI, A.. **Biometria foliar de la yerba mate** (*Ilex paraguariensis* St. Hil. var. *paraguariensis*). Cerro Azul: INTA, Estación Experimental Agropecuária Cerro Azul, 1990. 16 p. (Nota Técnica, 43).

SAS. Series in statistical applications. **System for regression**. [S. L.: s. n.] 1986. 170 p. Software para computador.

SCHNEIDER, P.R. **Análise de Regressão Aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria : UFSM, CEPEF, 1997. 217p.

**ASPECTOS FITOSSOCIOLÓGICOS EM FRAGMENTO DE
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL: AGRUPAMENTO E
ASSOCIAÇÃO DE ESPÉCIES**

**PHYTOSSOCIOLOGICAL ASPECTS IN FRAGMENT OF
DECIDUAL SEASONAL FOREST: GROUPING AND
ASSOCIATION OF SPECIES**

Maristela Machado Araujo¹ Solon Jonas Longhi² Mônica Brucker Kelling³
Geedre Adriano Borsoi¹ Juarez Martins Hoppe⁴ Ivanor Müller⁴

RESUMO

O estudo verificou aspectos de agrupamentos de espécies e sua associação, em fragmento de Floresta Estacional Decidual (29°43'S; 53°47'W), Santa Maria- RS, Brasil. Foram observadas 16 unidades amostrais de 10 x 20 m, sistematicamente distribuídas, em função da declividade, para avaliação (medição e identificação) dos indivíduos com Circunferência a Altura do Peito (CAP) igual ou maior de 30 cm. Através da construção de uma matriz com presença (1), ausência (0) e número de espécies, por unidade amostral, realizou-se a análise de Cluster, para verificação dos agrupamentos; e pelo coeficiente de correlação observou-se a associação entre pares de espécies. Constatou-se a formação de dois grupos. O agrupamento 1 apresentou 25 espécies, sendo as mais importantes *Myrocarpus frondosus* e *Patagonula americana*. O agrupamento 2, com 34 espécies, teve *Cupania vernalis* e *Helietta apiculata*, como as espécies mais importantes, o qual também apresentou maior estabilidade estrutural. As espécies que apresentaram maior grau de associação foram *Nectandra megapotamica* e *Trichilia claussenii*, *Myrocarpus frondosus* e *Casearia sylvestris*, *Helietta apiculata* e *Cupania vernalis*.

Palavras-chave: agrupamentos de espécies, associação de espécies, fragmento, Floresta Estacional Decidual

¹ Eng. Florestal, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - Doutorado, UFSM, eumrisbr@yahoo.com.br, Santa Maria-RS,

² Eng. Florestal, Dr., Prof. Dep. De Ciências Florestais, UFSM, longhiso@ccr.ufsm.br, Santa Maria- RS.

³ Eng. Florestal, M.Sc., Profª. Do Colégio Agrícola de Santa Maria, monica@casm.ufsm.br, Santa Maria-RS.

⁴ Eng. Florestal, Prof. da UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal- Doutorado, a9970026@alunop.ufsm.br.

ABSTRACT

The work aimed to study of species grouping and its association in a fragment of Deciduous Seasonal Forest (29^o43' S; 53^o47' W), municipal district of Santa Maria- RS, Brazil. Sixteen samples (10x20m) systematically located in the area allows the valuation (measurement and identification) of the individual plants with a Circunference at Breast Height equal or larger than 30cm. The presence (1), absence (0) and number of species matrix, per sample united, was build to accomplish the Cluster Analysis to verify the groupings; and the association species was show through correlation coefficient. The formation of two groups was verified. The grouping 1 presented 25 species, being the most important *Myrcarpus frondosus* and *Patagonula americana*. The grouping 2, with 34 species, had *Cupania vernalis* and *Helietta apiculata*, as the most important species, which it also presented larger structural stability. The species that presented larger association degree were *Nectandra megapotamica* and *Trichilia clausenii*, *Myrcarpus frondosus* and *Casearia sylvestris*, *Helietta apiculata* and *Cupania vernalis*.

Key words: Grouping of species; association of species; fragment; Deciduous Seasonal Forest.

INTRODUÇÃO

As florestas naturais do Estado do Rio Grande do Sul, encontram-se bastante alteradas em consequência de aproximadamente três séculos de atividade antrópica. Esta realidade é sustentada pelas características favoráveis às atividades agropecuárias na região, encontrando-se atualmente, florestas fragmentadas em extensões variadas e em diferente grau e intensidade de alteração.

Na região de Santa Maria, apesar de ainda ocorrer parte de seu recurso natural original, também ocorrem fragmentos de vegetação que necessitam serem estudados, considerando que muitos localizam-se em cerros, como é o caso da área em estudo.

Na região foram realizados estudos fitossociológicos, abordando a composição florística e estrutura da floresta (SILVA & LONGHI, 1989; BEARZI *et al.*, 1992; MACHADO & LONGHI, 1992; DIAS *et al.* 1996;

LONGHI *et al.*, 1999), distribuição espacial de espécies (ARAUJO *et al.*, 2000; LONGHI *et al.*, 2000), síndrome de dispersão de espécies (ALBERTI *et al.*, 2000), porém, na ecologia de um modo geral, parece que sempre existem lacunas de informações, que devem ser respondidas.

Assim, este trabalho teve por objetivo, verificar a existência de biocenoses (agrupamentos) e espécies associadas, dentro de uma comunidade com fisionomia aparentemente homogênea, considerando que, dentro de um ecossistema natural uma série de fatores bióticos e abióticos, interagem nos diferentes pontos da floresta.

Estas observações serão válidas para instigar dúvidas, em relação a outros aspectos de estrutura e composição da floresta, permitindo maior conhecimento do ecossistema e proporcionando maior segurança em atividades de manejo florestal, além de fornecer mais informações sobre práticas silviculturais como de enriquecimento (com espécies mais associadas) ou de manejo (desbaste).

REVISÃO DE LITERATURA

A fitossociologia, como ciência, é uma área muito ampla e complexa, pois de acordo com BRAUN-BLANQUET (1979) estuda o agrupamento das plantas, sua interrelação e dependência aos fatores bióticos em determinado ambiente.

Os estudos fitossociológicos podem ser feitos através da análise da estrutura da floresta, que hierarquiza as espécies na área (CAIN & CASTRO, 1959; FINOL, 1971), do padrão de distribuição espacial (DAJOZ, 1983; BARROS, 1986) e da estratificação da vegetação em grupos fitossociológicos (LONGHI, 1997).

A hierarquização das espécies, através do valor de importância (VI), é amplamente utilizada no meio científico como forma de estudar a estrutura horizontal da floresta que, conforme LAMPRECHT (1964), consiste na soma dos valores de densidade, frequência e dominância relativa das espécies.

LONGHI (1997) hierarquizou as espécies da floresta através do valor de cobertura (VC), que é obtido pela soma da densidade e dominância relativa da espécies. Este parâmetro desconsidera a forma de distribuição da espécie (frequência).

A densidade está baseada no número total de indivíduos de uma espécie em determinada área; a frequência mostra a ocorrência de cada espécie no total de unidades amostradas; e a dominância é a forma de

expressar o espaço de superfície horizontal ocupado por determinada espécie (LAMPRECHT, 1964; FINOL, 1975; LONGHI, 1980; BARROS, 1986; MARTINS, 1991; VIEIRA, 1996).

A hierarquização das espécies é feita em comunidades com determinada fisionomia.

Segundo DAUBENMIRE (1968) a fisionomia refere-se a aparência geral de um grupo de vegetação, ignorando-se sua composição taxonômica. DAJOZ (1983) relata que ecossistema é uma unidade funcional constituída de seres vivos e fatores abióticos interagindo entre si, o qual apresenta uma extensão variável, onde podem ocorrer agrupamentos de espécies capazes de serem definidos, constituindo assim a biocenose.

Nesse contexto verifica-se que no ecossistema podem ser distinguidos grupos ou biocenoses, caracterizados por sua estrutura ou composição, que no conjunto formam uma fisionomia.

RODERJAN (1994) observou, em Floresta Ombrófila Densa, modificações estruturais e florísticas na vegetação, em função da altitude, definindo três agrupamentos (floresta altomontana, de transição e montana). Enquanto LONGHI (1997), estudando uma região da Floresta Ombrófila Mista, através de técnicas estatísticas de Análise Multivariada, também constatou a ocorrência de grupos definidos no ambiente.

A análise multivariada é basicamente um meio de sintetizar, elucidar afinidades e identificar dado atípico de muitas variáveis, além de referir-se a uma comunidade, baseando-se em diferentes grupos de dados, como por exemplo, dados ambientais e históricos (GAUCH, 1991).

Técnicas de classificação são utilizadas para agrupar as amostras ou espécies, segundo suas características (LONGHI, 1997). A Análise de Cluster ou Agrupamentos formam grupos com diferentes graus de similaridade, a partir das informações existentes nos dados (MATTEUCCI & COLMA, 1982).

De acordo com DAUBENMIRE (1968) cada “agrupamento” de vegetação que é aparentemente homogêneo e difere em um tipo contínuo de vegetação por qualquer característica quali ou quantitativa, é um sítio (ambiente). Além disso, o autor descreve que dois ambientes agrupados dentro de uma floresta nunca são idênticos, podendo apresentar variação de solo, clima e fauna, assim como sua soma ecológica pode produzir agrupamentos de plantas com elevado grau de similaridade.

A associação entre espécies depende de vários fatores que influenciam na ocorrência e distribuição de uma espécie. Considerando que o fator que influencia uma espécie é a presença de indivíduos de outra espécie,

amostras de tamanho conveniente podem mostrar associação entre essas (GREIG-SMITH, 1964).

O mesmo autor descreve que, a correlação entre medidas quantitativas de duas espécies que ocorrem juntas em amostras, mais ou menos freqüentes, mostra o quanto uma espécie favorece ou antagoniza a espécie influenciada.

A associação entre espécies pode ser averiguada através do coeficiente de correlação, que considera a ausência conjunta das espécies. Este coeficiente pode variar de -1 a 1 , sendo que as espécies estão associadas positivamente, quando o coeficiente for 1 ; e negativamente, ou seja, não estão associadas, quando o valor obtido for -1 (MATTEUCCI & COLMA, 1982).

O estudo de associação entre espécies pode ser feito para 2 ou até 4 espécies, considerando que o aumento excessivo de espécies é impraticável, já que aumenta muito o número de combinações, citando-se como base que para estudo de associação de 6 espécies é possível fazer 64 combinações (GREIG-SMITH, 1964).

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área

A área de estudo localiza-se no Cerro Mariano da Rocha ($29^{\circ}43'$ de latitude sul e $53^{\circ}47'$ de longitude oeste), município de Santa Maria- RS. A vegetação é fragmento de Floresta Estacional Decidual, resultante da regeneração natural, após muito tempo de exploração. Atualmente, encontra-se em fase adiantada de sucessão (capoeirão).

A região está situada na Bacia do Paraná, com Cobertura Sedimentar Gonduânica, pertencente a Formação Botucatu, que constitui-se de arenito de granulação fina a média (KAUL, 1990).

A unidade de relevo pertence a Depressão Periférica da Bacia do Paraná, caracterizada por relevo suave ondulado a ondulado (HERRMANN & ROSA, 1990).

A região de Santa Maria está situada na zona de transição entre a Depressão Central e a escarpa arenito-basáltica do Planalto Meridional Brasileiro. A leste, sudeste e nordeste da cidade, destacam-se vários morros testemunhos da Serra Geral. Esses morros são constituídos geologicamente por arenitos da Formação Botucatu (eólicos e fluviais) e sua declividade situa-se entre 16,6% e 21% (SARTORI, 1979).

O solo é pouco desenvolvido, raso e moderadamente drenado. Nesta unidade taxonômica (Unidade de Mapeamento Charrua) observa-se, em geral, afloramentos de rochas (BRASIL, 1973).

Conforme classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, com temperatura média do mês mais quente de 24,8⁰ C (janeiro) e do mês mais frio de 14,1^o C (julho), com precipitação média anual que varia de 1700 a 1800 mm/ano (MORENO, 1961).

Metodologia

Foram inventariadas 16 unidades amostrais (UA) de 10 x 20 m (200 m²), distribuídas de forma sistemática e distantes 30 m entre sí. As amostras seguiram orientação em função da declividade, onde grupos de 7 UA foram localadas paralelamente e 2 UA, na parte mais elevada do morro, unindo os dois grupos. Foram consideradas, em cada unidade amostral, todas as espécies arbóreas e arbustivas com CAP (Circunferência a Altura do Peito) maior ou igual a 30 cm, onde foram registrados os seguintes dados: espécie vegetal, CAP, altura total.

As espécies foram identificadas a campo. Os indivíduos não identificados no local, tiveram material botânico coletado para identificação no Herbário do Departamento de Ciências Florestais (HDCF) da Universidade Federal de Santa Maria.

Considerando a heterogeneidade de florestas nativas, foi estudada a ocorrência de formação de mosaico, através da formação de matriz de presença (1) e ausência (0) de espécie, e número de espécies por parcela, a qual por Análise de Cluster permite observar a formação de agrupamentos, utilizando-se o *software* SPSS, versão 7.0.

As amostras consideradas, em primeira análise, “mal classificadas”, foram analisadas quanto a presença de espécies preferenciais (SILVA Jr., 1998) observando-se o valor de importância calculado para cada grupo definido, ou seja, as espécies mais abundantes em cada uma dessas parcelas foram defrontadas com as que apresentaram maior valor de importância em cada grupo (estudo fitossociológico sem considerar as parcelas “mal classificadas”). Então, com as parcelas reclassificadas, obteve-se o estudo fitossociológico final, para cada grupo.

Para análise fitossociológica, foi considerada a estrutura horizontal da vegetação, utilizando-se para isso o programa FITOANALISE, versão 1.0 (desenvolvido por CARVALHO *et al.*, 2001), onde se obteve valores de densidade, frequência e dominância absolutas e relativas; valores de importância e de cobertura das espécies.

O estudo da associação entre espécies foi feito considerando as 16 UA, ou seja, todo o fragmento. Para isso, foram estudadas somente as espécies que apresentaram mais de 5 indivíduos, devido critérios próprios do trabalho, que por considerar que espécies com baixa densidade, consequentemente, teriam baixa frequência, não refletindo a verdadeira característica ecológica em termos de associação.

A avaliação foi feita para 14 espécies, combinadas duas a duas, o que totalizou 91 associações, para as quais foram feitas tabelas de contingência 2 x 2 (Tabela 1) sendo então calculado o coeficiente de correlação (ϕ_{AB}), conforme descrito por MATTEUCCI & COLMA (1982).

TABELA 1 - Tabela de contingência 2 x 2, para cálculo de coeficiente de correlação, como índice de associação entre as espécies observadas em fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria- RS, Brasil.

Espécie B	Espécie A			
		+	-	
	+	a	b	a+b
	-	c	d	c+d
	a+c	b+d		

considerando que,

- a: número de UA em que espécies A e B estão presentes;
- b: número de UA em que somente aparece a espécie B;
- c: número de UA em que somente aparece a espécie A;
- d: número de UA em que não ocorrem nem a espécies A nem B;

e;

$$\phi_{AB} = \frac{(a * d) - (b * c)}{\sqrt{(a + b) * (a + c) * (b + d) * (c + d)}}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na composição florística da área estudada foram observadas 40

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

espécies na forma de vida arbórea ou arbustiva, pertencentes a 36 gêneros, distribuídos em 22 famílias botânicas (Tabela 2). BEARZI et al. (1992) encontrou riqueza semelhante (46 espécies de 43 gêneros e 26 famílias botânicas) no morro das “Três Marias”; próximo a área de estudo.

TABELA 2: Espécies de árvores e arbustos amostrados em um fragmento de Floresta Estacional Decidual na Depressão Central, Santa Maria/RS.

N	FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME COMUM
1	Annonaceae	<i>Rollinia rugulosa</i> Schlechtendal	araticum
2	Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Sandw.	ipê-roxo
3	Bombacaceae	<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.	paineira
4	Boraginaceae	<i>Patagonula americana</i> L.	guajuvira
5	Euphorbiaceae	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.	larangeira-do-mato
6	Euphorbiaceae	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L. B. Smith & R. J. Downs	branquilha
7	Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macbr.	grápia
8	Fabaceae	<i>Machaerium paraguariense</i> Vogel	canela-do-brejo
9	Fabaceae	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allem.	cabriúva
10	Flacourtiaceae	<i>Banara tomentosa</i> Clos	guaçatunga-preta
11	Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Carvalhinho
12	Lauraceae	<i>Aiouea saligna</i> Meissner	canela-vermelha
13	Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees et Mart. ex Nees	canela-amarela
14	Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	canela-preta
15	Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i> Nees	canela-guaicá
16	Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	canjerana
17	Meliaceae	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	catiguá-verdadeiro

TABELA 2: Espécies de árvores e arbustos amostrados em um fragmento de Floresta Estacional Decidual na Depressão Central, Santa Maria/RS. Continuação...

N	FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME COMUM
18	Meliaceae	<i>Trichillia elegans</i> A. Juss.	catiguá-vermelho
19	Mimosaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	timbaúva
20	Mimosaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	angico-vermelho
21	Moraceae	<i>Ficus luschnathiana</i> Miq.	figueira-do-mato
22	Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Stendel	tajuba
23	Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) Burger, Lanjow & Boer	cincho
24	Myrsinaceae	<i>Myrsine lorentziana</i> Mez	capororoca
25	Myrsinaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	capororocão
26	Myrtaceae	<i>Eugenia rostrifolia</i> Legr.	batinga
27	Myrtaceae	<i>Myrcianthes pungens</i> (Berg.) Legr.	guabijú
28	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca dioica</i> L.	umbú
29	Polygonaceae	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meiss.	marmeleiro-do-mato
30	Rosaceae	<i>Prunus sellowii</i> Koehne	pessegueiro-do-mato
31	Rutaceae	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	canela-de-veado
32	Rutaceae	<i>Zanthoxylum petiolare</i> .	mamica-de-cadela
33	Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (St. Hil.) Rodlk.	chal-chal
34	Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Camb.	camboatá-vermelho
35	Sapotaceae	<i>Sideroxylum obtusifolium</i> (Raemer & Schultes) Penning	sombra-de-touro
36	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eich.) Engl.	aguaí-da-serra
37	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. et Arn.) Rodlk.	aguaí-leiteiro
38	Solanaceae	<i>Solanum pseudoquina</i> St. Hil.	peloteiro
39	Styracaceae	<i>Styrax leprosum</i> Hook. et Arn.	carne-de-vaca
40	Tiliaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	açoita-cavalo

Observou-se a ocorrência de dois agrupamentos (A1 e A2), no fragmento. O agrupamento 1 foi formado pelas parcelas 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 12; e o agrupamento 2 pelas parcelas 4, 9, 10, 11, 13, 14, 15 e 16. A variável que mais contribuiu para determinação desses foi a riqueza florística, enquanto a presença e ausência de espécies ajustou algumas unidades

amostrais a seu respectivo grupo.

As amostras 4 e 12, consideradas a princípio “mal classificadas²³”, foram analisadas para possível reclassificação nos agrupamentos. A unidade amostral 4 foi facilmente definida como pertencente ao A1, devido as duas espécies mais abundantes (*Myrocarpus frondosus* e *Casearia sylvestris*) estarem presentes entre e somente as mais importantes do A1. A unidade amostral 12 permaneceu no A1, também devido as duas mesmas espécies serem as mais abundantes.

Os resultados permitiram verificar que a variação da florística ocorre em sentido lateral e não em função da altitude, conforme foi constatado por RODERJAN (1994). No entanto, isto é compreensível considerando que, no trabalho desenvolvido pelo autor, na Floresta Ombrófila Densa, Quatro Barras- PR, foram observadas 3 estruturas (floresta montana, de transição e alto montana), caracterizadas por elevada altitude (1135 a 1400 m), enquanto nesse estudo a altitude máxima é de 245 metros, não chegando a apresentar variação climática, capaz de alterar a composição florística.

LONGHI (1997) observou a formação de 6 grupos em 13982,57 ha, em região de Floresta Ombrófila Mista, os quais foram caracterizados pela predominância de uma espécie ou associação de espécies.

No A1 foram observadas 25 espécies. O A2 apresentou maior riqueza florística com 34 espécies, o qual, aparentemente poderia ser descrito como o mais representativo do fragmento florestal em termos de composição florística. Do total das 40 espécies presentes no fragmento, 19 foram comuns entre os dois agrupamentos, 6 ficaram restritas ao A1 e 15 ao A2 (Tabela 3).

Entre as 6 espécies exclusivas do A1, 3 foram raras, com somente 1 indivíduo amostrado e 2 ficaram melhor representadas em termos de densidade e freqüência (*Maclura tinctoria* e *Sideroxylum obtusifolium*). Entre as 15 espécies limitadas ao A2, 8 foram raras e das 7 que apresentaram maior densidade, 5 ficaram melhor distribuídas nas UA sendo elas: *Ficus luschnathiana* (2 indivíduos em 2 unidades amostrais), *Myrcianthes pungens* (3 em 2), *Nectandra lanceolata* (6 em 3), *Prunus sellowii* (5 em 4) e *Tabebuia impetiginosa* (2 em 2).

As espécies que apresentaram-se melhor distribuídas, por agrupamento (A1 e A2), foram decisivas para a formação desses, levando

²³ São aquelas parcelas que após Análise de Cluster, ficaram isoladas dentro de um grupo que não era o seu.

em conta que uma das variáveis considerada para sua formação foi ausência e presença por unidade amostral.

As espécies mais importantes no A1 (Tabela 3) foram *Myrocarpus frondosus*, *Patagonula americana*, *Ocotea puberula*, *Cupania vernalis* e *Casearia sylvestris*, perfazendo um total de 52,44% do valor de importância (VI) e 60,20% do valor de cobertura (VC).

Myrocarpus frondosus ficou bem representada em todos os aspectos (densidade, dominância e frequência), *Patagonula americana* e *Casearia sylvestris*, devido a densidade e frequência, *Cupania vernalis* pela densidade e dominância e *Ocotea puberula*, somente devido a dominância.

No A2 as espécies que se destacaram em importância foram: *Cupania vernalis*, *Helietta apiculata*, *Trichilia clausenii*, *Luehea divaricata* e *Nectandra lanceolata*, as quais somaram 31,79 e 34,65% do VI e VC%, respectivamente (Tabela 3).

Cupania vernalis e *Trichilia clausenii*, estão entres as de maior VI, em função da densidade e frequência; *Helietta apiculata*, devido a densidade e dominância; e *Luhea divaricata* e *Nectandra lanceolata* tiveram todos os parâmetros contribuindo para sua melhor hierarquização, entre as espécies presentes no agrupamento.

Observou-se que estruturalmente, o A1 é representado por um número bem menor de espécies do que o A2. Além disso, somente uma espécie, *Cupania vernalis*, é comum entre as 5 mais importantes, indicando que, realmente, ocorrem dois grupos definidos dentro do fragmento, não somente em termos florísticos mas também estruturais.

O agrupamento 2 parece representar uma situação, em que a floresta encontra-se mais estável, onde um maior número de espécies são importantes na comunidade, sugerindo uma condição de adiantado desenvolvimento.

LONGHI *et al.* (2000) estudando o fragmento como um todo observou como espécies mais importantes as mesmas observadas no A1, só que para aquela abordagem somavam 36% do VI. Desse modo, observa-se que o fragmento apresentou as características estruturais do A2 e florísticas do A1, apesar do A2 apresentar maior riqueza.

Em termos de associação, observou-se entre todas as combinações feitas, que as espécies que ficaram mais associadas foram *Nectandra megapotamica* e *Trichilia clausenii* (0,71), *Myrocarpus frondosus* e *Casearia sylvestris* (0,52), *Helietta apiculata* e *Cupania vernalis* (0,48), enquanto que, as menos correlacionadas, ou seja, aquelas que não apresentaram características auto-ecológicas para ocorrerem juntas, foram

Trichilia clausenii e *Enterolobium contortisiliquum*, *Trichilia clausenii* e *Chrysophyllum marginatum*; *Enterolobium contortisiliquum* e *Chrysophyllum marginatum*; e *Trichilia clausenii* e *Luehea divaricata* cujas combinações apresentaram coeficientes de correlação iguais a $-0,078$ (Tabela 4).

Trichillia clausenii foi a espécie que se mostrou mais envolvida com outras espécies, pois quando se considera correlação positiva ela mostra-se com maior associação com *Nectandra megapotamica*. Por outro lado, apresenta menor associação com três espécies, as quais, provavelmente, inibem a presença da *Trichillia clausenii*.

Isto pode ser explicado pela característica autoecológica da *Trichillia clausenii*, que é heliófila, de porte mediano, não conseguindo competir com outras espécies também heliófilas, que a superam em altura produzindo sombra. Enquanto com *Nectandra megapotamica*, que de acordo com REITZ *et al.* (1983) é esciófila e sua colonização só inicia em capoeirão, não deve, ainda, ter iniciado a competição.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 3: Parâmetros fitossociológicos das espécie amostradas em um fragmento florestal na Depressão Central, Santa Maria-RS, Brasil.

Espécie	Agrupamento 1							Agrupamento 2						
	NI	NA	DR	DoR	FR	VI%	VC%	NI	NA	DR	DoR	FR	VI%	VC%
<i>Actinostemon concolor</i>	5	3	3,57	0,50	4,62	2,90	2,04	5	2	3,76	0,83	2,90	2,50	2,30
<i>Aiouea saligna</i>								1	1	0,75	0,58	1,45	0,93	0,67
<i>Allophylus edulis</i>								1	1	0,75	0,11	1,45	0,77	0,43
<i>Apuleia leiocarpa</i>								1	1	0,75	2,88	1,45	1,69	1,82
<i>Banara tomentosa</i>	1	1	0,71	0,15	1,54	0,80	0,44							
<i>Cabralea canjerana</i>								1	1	0,75	0,51	1,45	0,90	0,63
<i>Casearia sylvestris</i>	14	5	10,00	3,37	7,69	7,02	6,69	6	3	4,51	0,73	4,35	3,20	2,62
<i>Chorisia speciosa</i>								1	1	0,75	10,40	1,45	4,20	5,58
<i>Chrysophyllum gonocarpus</i>	2	1	1,43	0,73	1,54	1,23	1,08	3	2	2,26	0,47	2,90	1,87	1,3
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	4	2	2,86	4,21	3,08	3,38	3,54	5	2	3,76	3,56	2,90	3,41	3,66
<i>Cupania vernalis</i>	13	3	9,29	9,86	4,62	7,92	9,57	21	5	15,79	6,78	7,25	9,94	11,29
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	4	4	2,86	9,79	6,15	6,27	6,33	4	1	3,01	6,05	1,45	3,50	4,53
<i>Eugenia rostrifolia</i>								5	2	3,76	2,75	2,90	3,14	3,26
<i>Ficus luschnathiana</i>								2	2	1,50	8,28	2,90	4,23	4,90
<i>Helietta apiculata</i>	2	2	1,43	0,32	3,08	1,61	0,88	13	3	9,77	7,98	4,35	7,37	8,88
<i>Luehea divaricata</i>	5	4	3,57	6,73	6,15	5,48	5,15	6	3	4,51	5,49	4,35	4,78	5,00
<i>Machaerium paraguariense</i>								1	1	0,75	1,80	1,45	1,33	1,28
<i>Maclura tinctoria</i>	3	3	2,14	1,46	4,62	2,74	1,81							
Mortas	6	5	4,29	2,97	7,69	4,98	3,63	4	3	3,01	0,56	4,35	2,64	1,78
<i>Myrcianthes pungens</i>								3	2	2,26	3,06	2,90	2,74	2,66
<i>Myrocarpus frondosus</i>	29	8	20,71	26,08	12,31	19,70	23,40	2	2	1,50	1,03	2,90	1,81	1,27

Continua...

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 3: Parâmetros fitossociológicos das espécie amostradas em um fragmento florestal na Depressão Central, Santa Maria-RS, Brasil. Continuação...

Espécie	Agrupamento 1							Agrupamento 2						
	NI	NA	DR	DoR	FR	VI%	VC%	NI	NA	DR	DoR	FR	VI%	VC%
<i>Myrsine lorentziana</i>	1	1	0,71	1,17	1,54	1,14	0,95	1	1	0,75	0,13	1,45	0,78	0,44
<i>Myrsine umbellata</i>								1	1	0,75	0,24	1,45	0,81	0,50
<i>Nectandra lanceolata</i>								6	3	4,51	5,02	4,35	4,63	4,77
<i>Nectandra megapotamica</i>	4	1	2,86	1,66	1,54	2,02	2,26	3	2	2,26	3,36	2,90	2,84	2,81
<i>Ocotea puberula</i>	10	2	7,14	13,61	3,08	7,94	10,38	3	1	2,26	4,52	1,45	2,74	3,39
<i>Parapiptadenia rigida</i>	1	1	0,71	0,96	1,54	1,07	0,84	3	3	2,26	2,37	4,35	2,99	2,32
<i>Patagonula americana</i>	18	6	12,86	7,48	9,23	9,86	10,17	1	1	0,75	0,25	1,45	0,82	0,50
<i>Phytolacca dioica</i>	1	1	0,71	2,43	1,54	1,56	1,57	4	1	3,01	4,06	1,45	2,84	3,53
<i>Prunus sellowii</i>								5	4	3,76	1,76	5,80	3,77	2,76
<i>Rollinia rugulosa</i>	6	3	4,29	2,23	4,62	3,71	3,26	2	2	1,50	1,87	2,90	2,09	1,69
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	2	1	1,43	0,33	1,54	1,10	0,88	1	1	0,75	3,79	1,45	2,00	2,28
<i>Sebastiania commersoniana</i>	2	1	1,43	0,31	1,54	1,09	0,87							
<i>Sideroxylum obtusifolium</i>	3	3	2,14	2,33	4,62	3,03	2,24							
<i>Solanum pseudoquina</i>	1	1	0,71	0,10	1,54	0,78	0,41							
<i>Sorocea bonplandii</i>	1	1	0,71	0,09	1,54	0,78	0,41	3	3	2,26	0,51	4,35	2,37	1,39
<i>Styrax leprosum</i>								3	1	2,26	1,02	1,45	1,58	1,64
<i>Tabebuia impetiginosa</i>								2	2	1,50	4,45	2,90	2,95	2,98
<i>Trichilia clausenii</i>	1	1	0,71	0,09	1,54	0,78	0,41	9	4	6,77	2,68	5,80	5,08	4,72
<i>Trichillia elegans</i>								1	1	0,75	0,11	1,45	0,77	0,43
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	1	1	0,71	1,03	1,54	1,10	0,88							
Soma								100	100					

NI: Número de Indivíduos; NA: Número de Amostras; DR, DoR, FR: Densidade, Dominância, Freqüência Relativa, respectivamente; VI%: Valor de Importância percentual; VC%: Valor de Cobertura percentual.

No caso de *Myrocarpus frondosus* e *Casearia sylvestris* verifica-se que, a associação destas duas espécies heliófilas, provavelmente, foi possível porque a primeira é uma espécie emergente (porte alto) e com folhagem não muito densa, o que permite a ocorrência da *Casearia sylvestris*, que se desenvolve abundantemente nos estratos médios de florestas esparsas e com disponibilidade de luz.

Esta situação não ocorreu para *Enterolobium contortisiliquum* e *Chrysophyllum marginatum*, que são ambas heliófilas, de grande porte e copa densa, provavelmente, altamente competitivas, em que a presença de uma antagoniza a da outra.

Cupania vernalis e *Helietta apiculata* são heliófilas apresentam porte médio e por verificar-se a presença e maior importância de ambas no agrupamento 2, pode-se constatar que não são espécies concorrentes até o atual estágio de desenvolvimento, coabitando o ambiente sem causarem prejuízo uma a outra.

A caracterização auto-ecológica das espécies seguiu descrição de REITZ *et al.* (1983).

TABELA 4: Combinações dos 20 pares de espécies com maior e menor associação, em fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria- RS, Brasil.

Espécies mais Associadas		Espécies menos Associadas	
Pares de Espécies	\varnothing_{AB}	Pares de Espécies	\varnothing_{AB}
1* e 13	0,37	1 e 4	-0,051
1 e 15	0,37	1 e 11	-0,051
4 e 9	0,33	5 e 9	-0,035
9 e 11	0,52	5 e 40	-0,051
11 e 19	0,40	9 e 19	-0,033
11 e 31	0,40	9 e 31	-0,035
13 e 31	0,37	17 e 19	-0,078
13 e 34	0,48	17 e 37	-0,078
14 e 17	0,71	17 e 40	-0,078
11 e 37	0,28	19 e 37	-0,078

*Código das espécies, conforme Tabela 1.

\varnothing_{AB} : Coeficiente de Correlação entre espécie A e B.

CONCLUSÕES

O fragmento apresentou dois agrupamentos distintos (A1 e A2), considerando a composição florística e estrutural.

O agrupamento 1 foi caracterizado pela presença de *Myrocarpus frondosus* e *Patagonula americana*; e o A2 por *Cupania vernalis* e *Helietta apiculata*.

As 5 espécies mais importantes do A1 e do A2 representam 52,44% e 34,65% do VI, respectivamente, para as comunidades.

O A1 pode ser representativo do fragmento como um todo, em termos florísticos e o A2 em estrutura, apesar do A2 ter mais espécies.

Nectandra megapotamica e *Trichilia clausenii*; *Myrocarpus frondosus* e *Casearia sylvestris*; *Helietta apiculata* e *Cupania vernalis* foram as melhores associações de espécies.

Trichilia clausenii e *Enterolobium contortisiliquum*; *Trichilia clausenii* e *Chrysophyllum marginatum*; *Enterolobium contortisiliquum* e *Chrysophyllum marginatum*; e *Trichilia clausenii* e *Luehea divaricata*, não apresentaram características autoecológicas, no ambiente, para associarem-se.

Aspectos sinecológicos e autoecológicos deste tipo permitem o melhor conhecimento do ecossistema florestal e, conseqüentemente, do seu manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, L. F.; HIRT, J. A. N.; MACHADO, D. B. F. Jr.; STECKEL, M.; TOMBINI, C. S. Aspectos florísticos e síndrome de dispersão das espécies arbóreas do Morro de Santo Antônio, Santa Maria- RS. **Rev. Ciência e Natura**, n. 22, p. 145-160, 2000.

ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; KELLING, M. B.; BORSOI, G. A.; HOPPE, J. M.; MÜLLER, I. Padrões de distribuição espacial de espécies florestais em fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria- RS, Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE MANEJO FLORESTAL, 1., Santa Maria, 2000. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. P.345-360.

BARROS, P. L. C. de. **Estudo fitossociológico de uma floresta tropical úmida no planalto Curuá-Una, Amazônia Brasileira**. Curitiba: 1986. 146p. Tese (Doutorado em Manejo Florestal) - Universidade Federal do

Paraná.

BRAUN-BLANQUET, J. B. **Fitosociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume Ediciones, 1979. 829p.

BEARZI, R. C.; POLTRONIERI, V. C.; LONGHI, S. J. Estrutura fitossociológica do morro das Três Marias em Santa Maria-RS. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...**, Santa Maria: CEPEF/FATEC- UFSM, 1992. p.376-94.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: 1973. 431 p.

CAIN, S. A.; CASTRO, G. M. O. **Manual of vegetation analysis**. New York: Hafner Publishing Company, 1959. 325p.

CARVALHO, L. A. Jr.; BRENDA, D.; LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M. **FITOANALISE: Aplicativo voltado à área de fitossociologia e inventário florestal de espécies nativas**. Versão 1.0. Santa Maria: UFSM, 2001. (*software*)

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. Petrópolis: Vozes. 1983. 472p.

DAUBENMIRE, R. **Plant communities-** a textbook of plant synecology. New York: Harper & Row, 1968. 300p.

DIAS, C. A.; MELLO, S. C.; CASTAMAN, D.; ALVAREZ FILHO, A.; LONGHI, S. J.; DOROW, T. S. do C.; DELLAZZANA, J. G.; VACCARO, S. Estudo florístico e fitossociológico do município de Santa Maria, RS. I Etapa: Depressão Central - Morros Testemunha. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL, I, Santa Maria, 1996. **Anais**. Santa Maria: UFSM/ CEPEF, 1996. p.97-118.

FINOL, H. Nuevos parametros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, v. 21, p. 29-42, 1971.

FINOL, H. La silvicultura en la Orinogüia Venezolana. **Revista Forestal Venezolana**, v.25, p.37-112, 1975.

GAUCH; H. G., Jr. **Multivariate Analysis in Comunity Ecology**. Cambridge: University of Cambridge. 1991. 298p.

GREIG-SMITH, P. M. A. **Quantitative Plant Ecology**. London: Butter

Worths. 1964. 256p.

HERMANN, M. L. de P.; ROSA, R. de. O Relevô. In: IBGE. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: 1990. p. 55-84.

KAUL, P. F. T. Geologia. In: IBGE. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: 1990. p. 29-54.

LAMPRECHT, H. Ensaio sobre la estructura floristica de la parte Sur-oriental del Bosque Universitario "El camital"- Estado Burina. **Revista Forestal Venezolana**, v.7, n.10-11, p.17-63, 1964.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Berth.) Kuntze, no sul do Brasil**. Curitiba: 1980. 198p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.

LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo- RS**. Curitiba: 1997. 198p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

LONGHI, S. J.; NASCIMENTO, A. R. T.; FLEIG, F. D.; DELLA-FLORA, J. B.; FREITAS, R. A. de; CHARÃO, L. W. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria-Brasil. **Ciência Florestal**, v.9, n.1, p.115-33, 1999.

LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; KRÜGEL, M.; FAGUNDES, S. B. R.; CARVALHO, L. A. Jr.; ALBERTI, L. F.; ESBER, L. M.; MATTOS, R. B.; TEIXEIRA, I. F. Padrões de distribuição espacial de espécies florestais em fragmento de mata ciliar, São Pedro do Sul– RS, Brasil. In: 8º Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul, Nova Prata, 2000. Anais... Nova Prata, 2000. (no prelo)

MACHADO, P. F. dos; LONGHI, S. J. Aspectos florísticos e fitossociológicos do "morro do Elefante", Santa Maria, RS. **Rev. Centro de Ciências Rurais**, v.20, n.3-4, p.261-80, 1992.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma Floresta Mesófila**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1991. 246 p.

MATTEUCCI, S. D. & COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos- Programa Regional de Desarrollo Científico y

Tecnológico, 1982. 169p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

REITZ, R. ; KLEIN, R. M. REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, nº 34-35, 1983. 525p.

RODERJAN, C. V. **O gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro Anhangava, Quatro Barras, PR – Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos**. Curitiba: 1994. 119 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

SARTORI, M. da G. B. **O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano**. São Paulo: 1979. 165 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo.

SILVA Jr., M. C. da Comunidades de árvores e sua relação com os solos na mata do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, Brasília- DF. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n.1, p.29-40, 1998.

SILVA, L. C. da; LONGHI, S. J. Aspectos florísticos do morro do Link, Santa Maria, RS. In: SEMANA DO MEIO AMBIENTE, 3. Piracicaba, 1989. **Anais...** Piracicaba: USP/CENA, 1989. p.177-207.

VIEIRA, I. C. G. **Foresta succession after shifting cultivation in Eastern Amazonia**. Scotland: 1996. 205 p. These (Doutorado of Philosophy)-University of Stirling.

EFICIÊNCIA NA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA EM ÁRVORES
DE *Pinus elliottii*, NA REGIÃO DE CURITIBANOS,
SANTA CATARINA

VOLUMETRICAL ESTIMATE EFFICIENCY IN TREES OF *Pinus*
elliottii AT CURITIBANOS, SANTA CATARINA

HelioTonini¹ Geedre Adriano Borsoi¹

RESUMO

Foi realizado um estudo sobre a eficiência na estimativa volumétrica em 97 árvores de *Pinus elliottii* localizadas no município de Curitiba no Estado de Santa Catarina. As estimativas de volume foram feitas através da utilização do fator de forma artificial, fator de forma natural, quociente de forma não verdadeiro, quociente de forma absoluto, equação volumétrica e o método dos dois diâmetros. Para comparar as estimativas de volume foi utilizado o delineamento experimental blocos ao acaso, onde as idades constituíram os blocos e os diferentes métodos de cálculo de volume os tratamentos. Para a análise de variância foram calculadas as diferenças absolutas agregadas em porcentagem para cada equação empregada no cálculo do volume. O resultado da análise de variância indicou que não houve diferença estatística entre as estimativas de volume obtidas com a utilização do fator de forma artificial, fator de forma natural, equação volumétrica e o método dos dois diâmetros, no entanto as estimativas de volume feitas com a utilização dos quocientes de forma não verdadeiro e absoluto mostraram-se inferiores em relação as demais, diferindo significativamente.

Palavras-chave: *Pinus elliottii*, estimativa volumétrica, método dos dois diâmetros.

¹ Engenheiro Florestal, doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, CEP: 97111-970, Universidade Federal de Santa Maria.

ABSTRACT

A study of efficiency with volumetrical estimate in 97 trees of *Pinus elliottii* took place in Curitiba, Santa Catarina. The estimates of volume were done by using artificial form factor, natural form factor, artificial quotient form, absolute quotient form, volumetrical equation and method of two diameters. In order to compare the estimates of volume, an experimental design of blocks, where ages constituted these blocks and different methods of calculation of volume the treatments. Aiming at analyzing the variance, the absolute differences attributed with percentage to each equation used in the calculation of the volume were calculated. The result of the analysis pointed out that did not happen any statistical difference among the estimates of volume obtained by using the artificial form factor, natural form factor, volumetrical equation and the method of two diameters. However, the estimates of quotient obtained by using the quotients of unreal and absolute form were inferior in relation to the others, differing significantly.

Key words: *Pinus elliottii*, estimate volumetrical, method of two diameters.

INTRODUÇÃO

A estimativa do volume de árvores individuais é um dos primeiros passos na estimativa do volume de um povoamento, onde para uma determinada unidade amostral, o volume é obtido pelo somatório dos volumes das árvores localizadas dentro da mesma, que posteriormente é extrapolado para uma unidade de área, comumente o hectare.

Neste processo, a cubagem de árvores constitui-se em uma etapa importante, onde o erro amostral do inventário não engloba os erros cometidos nas estimativas dos volumes individuais, quase sempre expressos por equações de volume.

Em muitas situações, devido aos custos envolvidos, é ineficiente medir todas as variáveis para cada árvore dentro da unidade amostral. Na maioria dos casos, medições de *dap* podem ser obtidas a baixo custo, sendo as medições de altura e forma consideradas mais difíceis e caras de se obter.

Devido a isto, as alturas são medidas em subamostras dentro de cada unidade amostral, onde são utilizadas no ajuste de modelos de relação hipsométrica, em que os coeficientes devem ser ajustados para cada unidade amostral. No entanto, esta diminuição na amostra pode levar a um aumento

do erro amostral, mesmo que as alturas sejam medidas com precisão.

Segundo PELLICO NETTO (1980), a estimativa do volume de árvores, quer total ou parcial pode ser feita por quatro processos: através do cálculo de um fator de forma; através de equações volumétricas; através de série absoluta contínua de forma e através da série relativa de forma.

Na utilização do fator de forma, o volume de uma árvore é estimado por meio de uma equação volumétrica resolvida em função das variáveis diâmetro, altura e uma outra variável que exprime a forma da árvore funcionando como um fator de redução.

O fator de forma pode ser definido como uma relação entre volumes, ou seja, o volume real das árvores, determinado por uma das fórmulas de cubagem disponíveis e o volume de um sólido geométrico, normalmente o volume do cilindro com mesmo diâmetro da árvore (HUSCH *et al.* 1972).

O fator de forma artificial segundo FINGER (1992), é obtido pela razão entre o volume rigoroso e o volume de um cilindro, cuja altura e diâmetro (medido a 1,30 metros da base da árvore) são iguais ao da árvore considerada, possui a propriedade em que dois troncos com um mesmo fator de forma não tem necessariamente a mesma forma, devido ao efeito do diâmetro na base das árvores que em árvores velhas e grandes excede o dap LOETSCH *et al. apud* FERREIRA (1999), sendo necessário definir um fator de forma para cada classe diamétrica.

A inconveniência do fator de forma artificial foi superada com o fator de forma natural, introduzido por HOHENALD (1964), que no entanto, requer medições de diâmetros ao longo do tronco em alturas relativas, o que dificulta a sua utilização prática. O fator de forma natural segundo FINGER (1992) é obtido pela razão entre o volume real e o volume do cilindro com o diâmetro igual a 1/10 da altura total da árvore, com isto, duas árvores com idêntica forma geométrica e diferentes alturas, possuem diferentes fatores de forma artificial, porém o mesmo fator de forma natural.

Segundo MACHADO *et al.* (1991), diâmetros medidos em posições relativas, são melhores correlacionados com o volume comparados ao dap, pois o dap é uma informação pobre sobre a forma da árvore, por estar situado em uma região em que a árvore tem a forma de um neilóide. Como a maior parte da árvore tem forma parabólica, a medida do dap numa região de forma neiloidal, poderá superestimar o volume.

Um outro fator de correção para o volume cilíndrico são os chamados quocientes de forma. O quociente de forma é definido como a razão entre dois diâmetros, enquanto o fator de forma é a razão entre dois

volumes.

Segundo Loetsch *apud* FERREIRA (1999), o uso de um quociente de forma irá resultar em uma medida menos precisa que o fator de forma, porém mais fácil de ser obtida, uma vez que não é necessário abater as árvores.

Segundo PELLICO NETTO e SCOLFORO *et al.* (1998), Schiffel foi quem definiu o primeiro quociente de forma conhecido, que consiste na razão entre o diâmetro tomado na metade da altura da árvore e o dap. Também conhecido como quociente de forma não verdadeiro, a utilização deste quociente acarreta alguns inconvenientes para árvores de pequenas alturas, pois árvores de 2,6 m de altura apresentam um quociente de forma igual a 1.

Para eliminar este inconveniente, Jhonson incluiu uma adaptação no quociente de Schiffel, recomendando que o diâmetro superior seja tomado na metade da seção entre o dap e o topo da árvore, sendo este quociente conhecido como quociente de forma absoluto (FERREIRA, 1999).

GIRARD (1933), desenvolveu um quociente de forma que é obtido pela razão entre o diâmetro medido a 5,2 metros de altura e o dap. A origem deste quociente de forma surgiu a partir de árvores abatidas no Oeste dos Estados Unidos, onde a primeira tora tinha um comprimento padrão de 17 pés (5,2 metros) facilitando a medição de diâmetros a essa posição após o abate e o traçamento das árvores.

Segundo FRANCO *et al.* (1997), entre os métodos para se obter uma estimativa mais precisa do estoque florestal, a equação de volume de dupla entrada é o método mais utilizado. Seu ajuste normalmente é obtido através do método dos mínimos quadrados, sendo que o sucesso deste procedimento depende da representatividade da amostragem em que as árvores selecionadas para a cubagem rigorosa representem adequadamente a variabilidade da amplitude em diâmetro e altura do povoamento.

Neste processo, é muito comum o emprego do Modelo de Schumacher e Hall (1933) para estimar o volume total ou comercial de árvores individuais, a partir das variáveis altura total e dap (LEITE *et al.*, 1995).

SILVA *et al.* (1993) propuseram um novo modelo volumétrico que requer somente a medição de dois diâmetros na árvore, em alturas facilmente alcançadas por uma pessoa próxima a árvore. Estes diâmetros são utilizados para calcular o volume da seção entre os pontos em que tais diâmetros são medidos, sendo o volume da seção utilizado como variável independente no modelo volumétrico.

A principal vantagem deste método é a eliminação da medição da altura total da árvore, fonte de erros sistemáticos, que diminui a precisão das equações geradoras das tabelas volumétricas. Como na floresta as medidas de diâmetros até a altura do dap são fáceis de serem obtidas pode-se aumentar o número de árvores por amostra, o que diminui o erro de amostragem.

Este trabalho teve como principal objetivo, comparar a eficiência na estimativa do volume total com casca para árvores individuais através da utilização de diferentes fatores de forma, quocientes de forma, equação volumétrica e o método dos dois diâmetros.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização e localização da área em estudo

A área estudada está localizada a 16 Km da sede do município de Curitiba no Estado de Santa Catarina e pertence a Empresa Marombas Indústria e Comercio de Papelão Ltda.

Segundo HERMAN & ROSA (1990) , a região de Curitiba, Localiza-se sobre a unidade de relevo denominada Planalto das Araucárias, com altitude próxima aos 850 m. O solo é classificado como Terra Bruna Estruturada Intermediária para Terra Roxa Estruturada (MOSER, 1990).

O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb, com verões frescos. A precipitação média anual gira em torno dos 1750 mm, com temperatura média anual de 16°C. Em geral o clima da região é caracterizado como mesotérmico super-úmido sem estação seca (NIMER, 1990).

Coleta dos dados

Foram selecionadas e derrubadas 97 árvores de *Pinus elliottii* nas idades de 6, 8, 10, 12, 15 e 22 anos, plantadas em um espaçamento inicial de 2 x 2 metros. Nas árvores amostras, foram medidas a altura total com trena e o diâmetro com suta nas posições fixas de 0,1, 0,5 e 1,3 m. A partir deste ponto as medições foram feitas em intervalos de mais ou menos 1 metro até o topo da árvore.

A distribuição das árvores por idade e centro de classe podem ser observadas na Tabela 1.

Obtenção dos volumes

Para a obtenção do volume real das árvores foi realizada a cubagem rigorosa pelo método de Smalian, descrito em Finger (1992), onde calculou-

se o volume individual total com casca para cada árvore. Com a obtenção dos dados de diâmetros a diferentes alturas foi possível determinar os diâmetros relativos nas posições correspondentes a 10, 30, 50, 70 e 90% da altura total de cada árvore, através da utilização de interpolação matemática. Estes diâmetros foram ajustados em função do dap com a utilização de análise de regressão, procedimento stepwise.

TABELA 1: Distribuição das árvores por idade e classe de diâmetro

I dade	Centro de classe de dap								total
	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	
6	3	5	3	0	0	0	0	0	11
8	0	2	5	5	0	0	0	0	12
10	0	0	4	3	2	0	0	0	9
12	2	3	8	7	9	1	0	0	30
15	2	4	4	3	3	1	2	0	19
22	0	0	0	3	3	3	4	3	16
Total	7	14	24	21	5	5	6	3	97

Para o cálculo do volume do cilindro, pela necessidade de se conhecer o fator de forma artificial e natural, utilizou-se duas metodologias: A Primeira tomou como base para o cálculo do volume do cilindro o diâmetro medido a 1,3 metros de altura (dap) e a segunda o diâmetro a 10% da altura total ($d_{0,1}$), que foi obtido por interpolação.

Fator de forma artificial e fator de forma natural com casca

O fator de forma artificial para cada árvore foi determinado dividindo-se o volume real pelo volume do cilindro com o diâmetro tomado a 1,3 metros do solo.

$$f = \frac{V_r}{V_{cil}}$$

O fator de forma natural foi determinado dividindo-se o volume real pelo volume do cilindro com o diâmetro tomado a 10% da altura total da árvore.

$$V_{cil} = \frac{\Pi}{4} \times (dap)^2 \times ht \qquad f_{0,1} = \frac{V_r}{V_{cil}}$$

Onde: f =Fator de forma artificial; V_r = volume real (obtido com a cubagem); V_{cil} = volume do cilindro; ht = altura total; $f_{0,1}$ = fator de forma natural;

Os valores de f e $f_{0,1}$ foram modelados por análise de regressão, procedimento stepwise em função do dap , ht , $d_{0,1}$, $d_{0,3}$, $d_{0,5}$, $d_{0,7}$, $d_{0,9}$, dap^2 , dap^3 , ht^2 , ht^3 , $d_{0,1}/dap$, $d_{0,1}/dap^2$, $d_{0,3}/dap$, $d_{0,3}/dap^2$, $d_{0,5}/dap$, $d_{0,5}/dap^2$, $d_{0,7}/dap$, $d_{0,7}/dap^2$, $d_{0,9}/dap$, $d_{0,9}/dap^2$

Quocientes de forma não verdadeiro e absoluto

O quociente de forma não verdadeiro foi determinado pela razão entre o diâmetro tomado na metade da altura da árvore e o diâmetro a altura do peito.

$$K = \frac{d_{0,5h}}{dap}$$

Onde: K = quociente de forma não verdadeiro; $d_{0,5}$ = diâmetro medido na metade da altura total do fuste.

O Quociente de forma absoluto foi obtido pela divisão entre o diâmetro na posição equivalente a metade da altura da árvore mais 1,3 metros e o dap

$$K_a = \frac{D \left[\frac{1}{2}(ht + 1,3) \right]}{dap}$$

Onde: K_a = quociente de forma absoluto; d =diâmetro; ht = altura total da árvore.

Os valores de K e K_a também foram modelados por análise de regressão, procedimento stepwise em função do dap , ht , $d_{0,1}$, $d_{0,3}$, $d_{0,5}$, $d_{0,7}$, $d_{0,9}$, dap^2 , dap^3 , ht^2 , ht^3 , $d_{0,1}/dap$, $d_{0,1}/dap^2$, $d_{0,3}/dap$, $d_{0,3}/dap^2$, $d_{0,5}/dap$, $d_{0,5}/dap^2$, $d_{0,7}/dap$, $d_{0,7}/dap^2$, $d_{0,9}/dap$, $d_{0,9}/dap^2$

Relação hipsométrica

Os 7 modelos testados para representar a relação diâmetro a altura

do peito e altura total encontram-se na Tabela 2. A escolha do melhor modelo foi feita com a análise do coeficiente de determinação, erro padrão de estimativa percentual, índice de Furnival (para os modelos logarítmicos) e análise gráfica entre os valores reais e os estimados.

TABELA 2: Modelos testados de relação h/d

Número	Modelo
1	$1/\sqrt{h-1,3} = b_0 + b_1d$
2	$h = b_0 + b_1d + b_2d^2$
3	$h = b_0 + b_1 \times 1/d^2$
4	$1/h - 1,3 = b_0 + b_1 \times 1/d + b_2 \times 1/d^2$
5	$d^2/\sqrt{h-1,3} = b_0 + b_1d + b_2d^2$
6	$\log h = b_0 + b_1 \times 1/d$
7	$\log h = b_0 + b_1 \log d$

Onde: h= altura total; d= diâmetro a altura do peito; b_0, b_1, b_2 = coeficientes dos modelos

Equações de volume

Os modelos testados encontram-se na Tabela 3. A escolha do melhor modelo foi feita com a análise do coeficiente de determinação, erro padrão de estimativa percentual, índice de Furnival e análise gráfica entre os valores reais e os estimados.

Método dos dois diâmetros

A questão central neste método é a alta correlação entre o volume de qualquer porção da árvore com o volume total ou comercial . Em razão disto ajustou-se um modelo em que o volume total foi correlacionado com o volume da primeira tora, ou seja, o volume formado entre as alturas 0,1 e 1,3.

$$V = b_0 + b_1 V_{1tora}$$

Onde: V= Volume total; V_{1tora} = Volume na primeira tora ou seção.

TABELA 3: Modelos volumétricos testados e seus respectivos autores.

Número	Modelo	Autor
1	$V = b_0 + b_1d + b_2d^2 + b_3dh^2 + b_4d^2h$	Meyer
2	$V = b_0 + b_1d^2h$	Spurr
3	$V = b_0 + b_1d + b_2d^2$	Hohenald-Krenn
4	$\log V = b_0 + b_1 \log d$	Husch
5	$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$	Schumacher-Hall

Onde: V= volume total com casca; d= diâmetro tomado a 1,3 metros do solo; h= altura total; b_0, b_1, b_2, b_3 e b_4 = coeficientes dos modelos.

O volume de qualquer seção foi obtido pela fórmula de Smalian:

$$V_{Itora} = \frac{\left[\left(\pi \times d^2 / 4000 \right) + \left(\pi \times dbase^2 / 4000 \right) \right] \times l}{2}$$

Onde: dbase= diâmetro na base ou a 10 cm de altura; l = comprimento da seção (neste caso = 1,2 metros).

Na substituição desta formula pela anterior se obtém:

$$V = b_0 + b_1 \frac{\left[\left(\pi \times d^2 / 40000 \right) + \left(\pi \times dbase^2 / 40000 \right) \right] \times l}{2}$$

$$V = b_0 + b_1 \left(\pi / 8000 \right) \times l \times \left(d^2 + dbase^2 \right)$$

Sendo:

$$K = \left(\pi / 8000 \right) * l$$

Onde: d= diâmetro medido a 1,3 metros; dbase= diâmetro medido a 10 cm.

$$V = b_0 + b_1 \times K \times \left(d^2 + dbase^2 \right)$$

Onde: l = comprimento da seção; b_0, b_1 = coeficientes do modelo.

No entanto para propiciar maior praticidade ao método, o diâmetro na base foi estimado em função do dap, da seguinte forma:

$$Dbase = b_0' + b_1' d^{547}$$

O modelo utilizado para estimar o volume de cada árvore, passa a ser:

$$V = b_0 + b_1 \times K \left[\text{dap}^2 + (b_0' + b_1' d)^2 \right]$$

Comparações entre as estimativas de volume

Para comparar as estimativas de volume com a utilização do fator de forma artificial, fator de forma natural, quociente de forma não verdadeiro, quociente de forma absoluto, equação volumétrica e o método dos dois diâmetros, foi utilizado o delineamento experimental blocos ao acaso, onde as idades de 6, 8, 10, 12, 15 e 22 constituíram os blocos, os diferentes métodos de cálculo de volume após o ajuste dos modelos, constituíram os tratamentos, sendo cada árvore uma repetição.

Para a análise de variância foram calculadas as diferenças absolutas agregadas em porcentagem para cada equação, conforme metodologia adotada por Silva *et al.* (1993), expressa por:

$$DA_i = \frac{V_{\text{real}} - V_{\text{est}}}{V_{\text{est}}}$$

Onde: DA_i = diferença absoluta agregada para a árvore i ; V_{real} = Volume real da árvore i ; V_{est} = Volume estimado para a árvore i .

Os tratamentos foram assim definidos:

- Tratamento T1 = cálculo do DA_i com a utilização do fator de forma artificial;
- Tratamento T2 = cálculo do DA_i com a utilização do fator de forma natural;
- Tratamento T3 = cálculo do DA_i com a utilização do quociente de forma não verdadeiro;
- Tratamento T4 = cálculo do DA_i com a utilização do quociente de forma absoluto;
- Tratamento T5 = cálculo do DA_i com a utilização da equação de volume;
- Tratamento T6 = cálculo do DA_i com a utilização do método dos dois diâmetros;

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett, a fim de verificar a heterogeneidade de variância

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ajuste dos diâmetros relativos d0,1h, d0,3h, d0,5h, d0,7h e d0,9h

Os modelos ajustados pelo procedimento "stepwise", com seus respectivos coeficientes e estatísticas podem ser observados na Tabela 4.

TABELA 4: Modelos, coeficientes e estatísticas para os diâmetros d0,1, d0,3, d0,5, d0,7, d0,9

Modelo	b ₀	b ₁	b ₂	R ²	Syx
$d_{0,1h} = b_0 + b_1d + b_21/d^2$	0,683	0,932	152,5	0,94	1,72
$d_{0,3h} = b_0 + b_1d$	1,416	0,805		0,93	1,69
$d_{0,5h} = b_0 + b_1d$	0,544	0,704		0,92	1,75
$d_{0,7h} = b_0 + b_1d^2$	7,12	0,007		0,48	3,41
$d_{0,9h} = b_0 + b_1d$	1,716	0,129		0,32	1,52

Onde: d0,ih= diâmetro na altura relativa i, dap= diâmetro a altura do peito; b0,b1,b2= coeficientes das funções; R²=coeficiente de determinação; Syx= erro padrão de estimativa

A Tabela 4 mostra que todos os modelos foram significativos e se ajustaram de maneira satisfatória aos dados, como pode ser observado pelos altos valores no coeficiente de determinação e baixos valores de erro padrão de estimativa.

Pode-se observar que o melhor ajuste foi obtido para os diâmetros localizados na porção inferior da árvore, sendo que na medida em que aumentou a altura de medição, aumentou a variabilidade nos dados e pior foi o ajuste. Este fato deve-se a utilização conjunta de dados de árvores de diferentes idades onde o ponto de inserção da copa é muito diferenciado, o que faz com que a maior conicidade na porção do tronco dentro da copa diminua a correlação existente entre os diâmetros nas posições superiores e o dap.

Fatores de forma artificial e natural

O ajuste dos modelos de fator de forma artificial e natural pode ser observado na Tabela 5

TABELA 5: Modelo e coeficientes para os fatores de forma artificial e natural

Modelo	b0	b1	b2
$f = b_0 + b_1h^2$	0,586	-0,000103	0,004712
$f_{0,1} = b_0 + b_1\left(\frac{d_{0,1}}{dap}\right)^2$	0,759	0,195	

Onde: f1,3 =fator de forma artificial; f0,1= fator de forma natural; dap= diâmetro a altura do peito; d0,1= diâmetro a 10% da altura total da árvore;

Os valores de R^2 e S_{yx} para os modelo foram respectivamente de 0,13 e 0,09 para f e 0,25 e 0,135 para $f_{0,1}$, indicando que apesar de significativos, a porcentagem de variação explicada pelos modelos foi bastante baixa, havendo uma grande dispersão entre os valores observados e estimados. As Figuras 1 e 2 mostram os dados ajustados e observados para o fator de forma artificial e natural.

Verifica-se pelas Figuras1 e 2, que o fator de forma artificial com casca, apresentou a tendência de diminuir com o aumento da dimensão da árvore (dap). Este fato ocorre porque as árvores de menores dimensões apresentam um crescimento proporcionalmente maior na sua porção superior, tornando-se mais cilíndricas. O fator de forma natural apresenta um comportamento diferenciado em relação ao artificial, aumentando nas menores classes diamétricas com a tendência de estabilizar nas maiores classes.

O fato das menores árvores apresentarem um menor valor de $f_{0,1}$, deve-se a sua altura, pois em árvores menores do que 13 metros, a medição do diâmetro para o cálculo do cilindro é feita em níveis inferiores ao dap. Nas árvores maiores, cujas alturas superam os 13 m este diâmetro passa a ser tomado acima do dap, e os valores de $f_{0,1}$ passam a ser maiores que os de f.

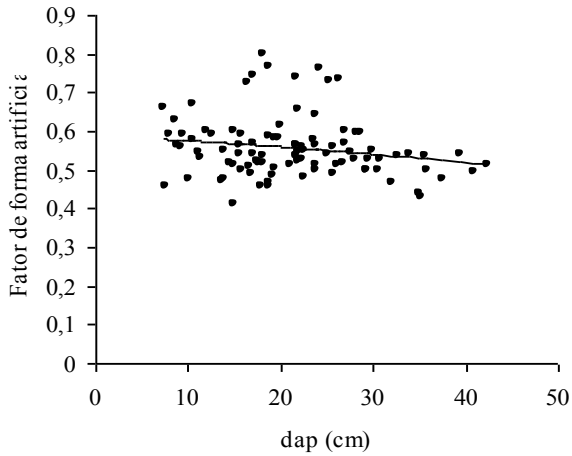


FIGURA 1: Comportamento do fator de forma artificial em relação ao dap.

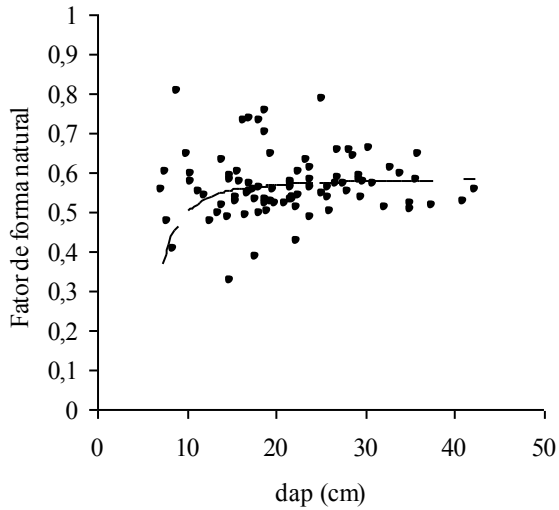


FIGURA 2: Comportamento do fator de forma natural em relação ao dap.

Quocientes de forma não verdadeiro e absoluto

O ajuste dos modelos para os quocientes de forma não verdadeiro (modelo1) e absoluto (modelo 2) obtidos pelo procedimento stepwise pode ser observado na Tabela 6.

$$K = b_0 + b_1 d_{0,7} - b_2 dap^3 - b_3 \frac{d_{0,1}}{dap} + b_4 \frac{d_{0,3}}{dap} \quad (1)$$

$$K_a = b_0 + b_1 \frac{d_{0,7}}{dap} - b_2 \frac{d_{0,1}}{dap} + b_3 \frac{d_{0,3}}{dap} \quad (2)$$

TABELA 6: Modelos e coeficientes para os quocientes de forma não verdadeiro e absoluto.

Modelo	b0	b1	b2	b3	b4
1	0,698	0,0101	-22*10-6	-0,417	0,422
2	0,713	0,200	-0,612	0,664	

Onde K= quociente de forma não verdadeiro; K_a= quociente de forma de Jhonson; d0,1= diâmetro a 10% da altura total da árvore; d0,3= diâmetro a 30% da altura total da árvore; d0,7= diâmetro a 70% da altura total da árvore; dap= diâmetro a altura do peito; b0, b1, b2, b3, b4 = coeficientes dos modelos.

Os dois modelos foram significativos e apresentaram valores de coeficiente de determinação e erro padrão de estimativa de 0,28 e 0,006 para K e 0,27 e 0,064 para K_a. A Figura 3, mostra os valores ajustados e estimados para os quocientes de forma não verdadeiro e absoluto.

A análise da Figura 3, mostra que os quocientes de forma apresentaram comportamentos diferentes, sendo que o coeficiente de Schiffel apresenta uma tendência crescente nas árvores de menores dimensões e uma tendência decrescente a medida que a dimensão da árvore aumenta. Já o coeficiente de Jhonson, apresenta uma tendência crescente tanto para as menores como para as maiores dimensões. O fato de existirem árvores com valores próximos a 1, deve-se a altura das mesmas, pois quanto mais baixa a árvore mais próximo será o ponto de medição em relação ao dap.

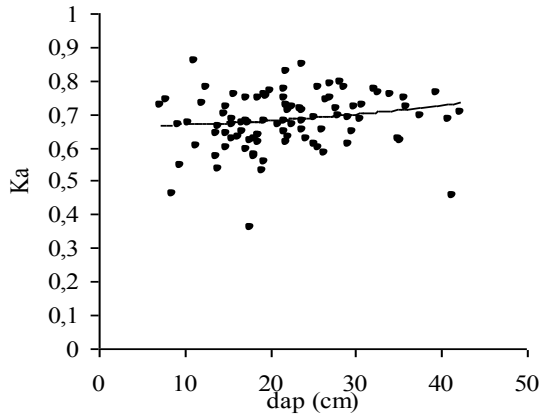
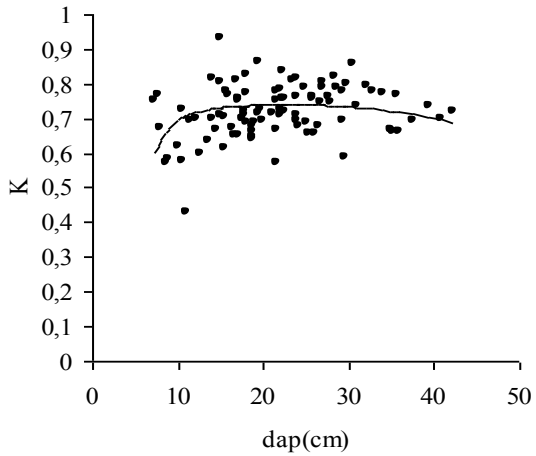


FIGURA 3: Comportamento dos quocientes de forma não verdadeiro e absoluto, em relação ao dap

Relação hipsométrica

O ajuste e a análise estatística para os 7 modelos de relação hipsométrica testados são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7: Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos para os modelos testados

Modelo	bo	b1	b2	R ²	Syx%	IF%
1	0,173184	1,788296		0,55	14,04	
2	5,538778	0,48902	0,000991	0,63	19,72	
3	20,17076	-1007,16		0,38	25,58	
4	-1,29154	1,325585	-3,44737	0,55	23,65	
5	27,8958	-0,37578	0,19033	0,96	11,56	
6	1,458229	-4,85597		0,54		28,62
7	0,291841	0,693702		0,59		15,54

Onde: R²= coeficiente de determinação; Syx%= erro padrão de estimativa em porcentagem; IF%= índice de furnival; bo,b1 e b2= coeficientes dos modelos.

A análise do coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa em porcentagem, índice de furnival e análise de distribuição dos resíduos, mostraram que o modelo 5 apesar de superior nos parâmetros, coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa, apresentou tendenciosidade nas estimativas dos dados (Figura 4). Esta análise feita para todos os modelos, mostrou que o modelo 7 apresentou uma melhor distribuição dos resíduos, sendo portanto o que possui maior confiabilidade, e o escolhido.

Equações volumétricas

O ajuste e a análise estatística para os 5 modelos volumétricos testados, são apresentados na Tabela 7 .

A comparação da análise da distribuição dos resíduos, para os modelos 1 e 5 mostrou superioridade para o modelo 5 (Schumacher - Hall), pois o modelo 1 (Meyer) apresentou tendência a subestimar o volume nas menores classes de dap. A distribuição dos resíduos para a equação de Schumacher - Hall, pode ser observada na Figura 5.

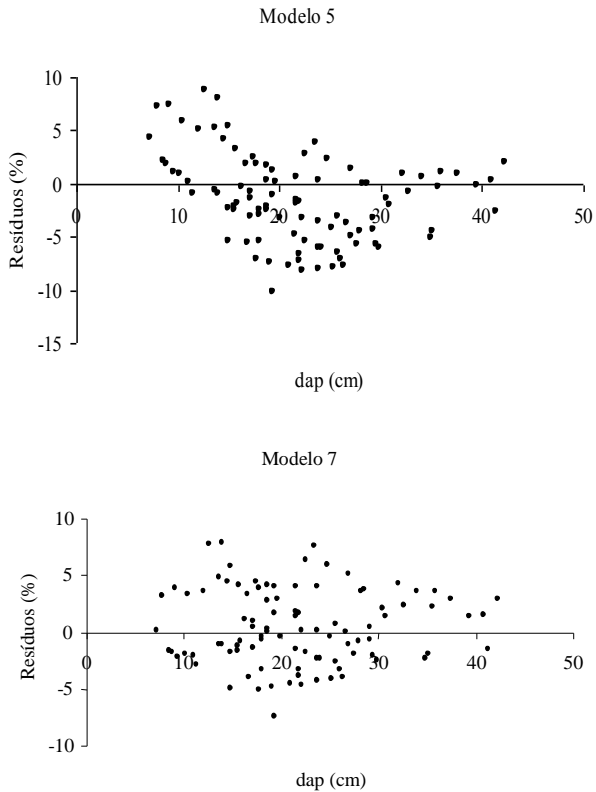


FIGURA 4: Análise de distribuição dos resíduos para os modelos 5 e 7.

TABELA 7: Coeficientes dos modelos volumétricos testados

Modelo	b0	b1	b2	b3	b4	R ²	Syx%
1	-0,283	0,0323	-0,0009	0,00002	0,00003	0,93	25,87
2	0,0471	0,00004				0,90	29,50
3	-0,0088	0,00002	0,00041			0,87	33,75
4	-4,009	2,6352				0,89	45,01*
5	-4,350	1,8235	1,17007			0,94	30,78*

Onde: R²= coeficiente de determinação; Syx%= erro padrão da estimativa em porcentagem; *= índice de furnival.

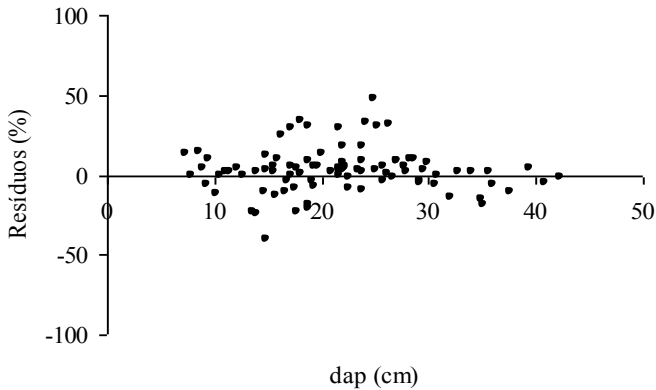


FIGURA 5: Análise de distribuição dos resíduos para a equação de Schumacher e Hall.

Método dos dois diâmetros

Após o cálculo do volume da primeira tora, pelo método de Smalian, o mesmo foi utilizado como variável independente para estimar o volume individual total com casca para cada árvore. O modelo ajustado foi $V = b_0 + b_1 V_1^a$, sendo $b_0 = -0,0951$ e $b_1 = 7,637189$, e os valores de $R^2 = 0,86$ e $S_{yx} = 0,155$. Os valores observados e estimados podem ser observados na Figura 8.

Para dar uma maior praticidade a este método, ajustou-se um modelo linear, para estimar o diâmetro na base (0,10 m) em função do dap. O modelo utilizado foi $d_{base} = b_0 + b_1 dap$, sendo $b_0 = 2,344517$, $b_1 = 1,23417$, $R^2 = 0,85$ e $S_{yx} = 4,038$. Os valores observados e estimados podem ser observados na Figura 7.

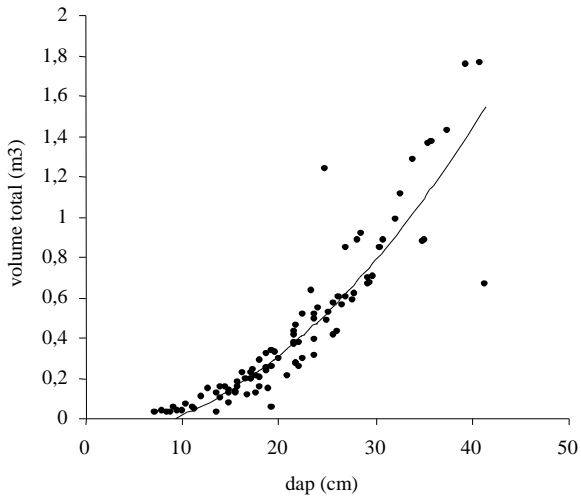


FIGURA 6: Valores observados e estimados na estimativa do volume total em função do volume da primeira tora.

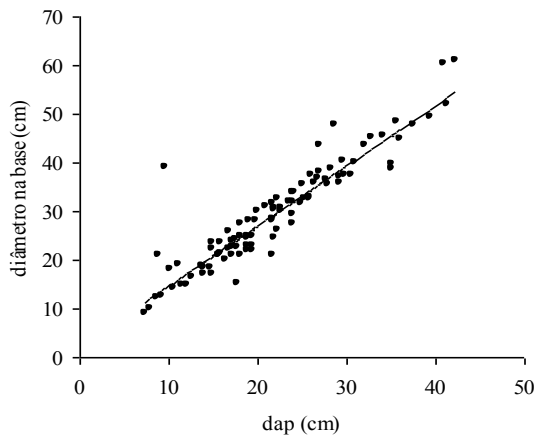


FIGURA 7: Valores observados e estimados para a estimativa do diâmetro na base em função do dap.

Análise de variância e teste de médias

Com a finalidade de verificar se existiam ou não diferenças significativas entre os diferentes métodos de estimativa do volume total com casca para as árvores analisadas, foi realizada a análise de variância, para o delineamento experimental blocos ao acaso, onde a variável resposta foram os valores médios das diferenças agregadas. A Tabela 8 mostra esta análise de variância.

TABELA 8: Análise de variância no delineamento blocos ao acaso

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _{cal}	F _{tab}
Blocos	5	5,28460	1,05692	96,50	2,60
Tratamentos	5	1,66899	0,33380	30,47	2,60
Erro	25	0,27380	0,01095		
Total	35	7,2274			

A análise da variância, indicou um efeito significativo tanto para blocos, idade, como para tratamentos, diferenças agregadas em relação aos diferentes métodos de estimativa do volume. O efeito significativo para blocos, significa que a restrição imposta pela idade não diminuiu a precisão e a eficiência na análise de variância, e que os métodos de estimativa de volume variaram em sua precisão com a idade das árvores. A significância para tratamentos indicou que houveram diferenças na precisão com que estes métodos estimaram o volume dentro de uma mesma idade.

Para comparar as médias de tratamentos foi realizado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, conforme a Tabela 9.

TABELA 9: Comparação entre médias das diferenças agregadas pelo teste de Tukey, para volume total com casca.

Tratamentos	Médias de tratamentos
T5	0,1506 a
T6	0,1936 a
T1	0,2000 a
T2	0,2135 a
T3	0,57270 b
T4	0,70219 b

O teste de Tukey para a média das diferenças agregadas mostrou, que não houveram diferenças significativas entre os tratamentos T5, T6, T1 e T2, que representam o volume total calculado através da equação de volume, método dos dois diâmetros, fator de forma artificial e fator de forma natural, respectivamente. Este resultado está de acordo com o encontrado por SILVA *et al* (1993) e (2000), que não encontrou diferença significativa entre o método dos dois diâmetros e dois modelos de equações volumétricas.

As piores estimativas, foram as obtidas com a utilização dos quocientes de forma. Na comparação entre os dois quocientes de forma, as melhores estimativas foram as obtidas com a utilização do quociente de forma não verdadeiro. A comparação entre os fatores de forma artificial e natural, mostrou que praticamente não existem diferenças nas estimativas feitas com estes métodos.

A comparação entre a média das diferenças agregadas pela utilização da equação de Schumacher –Hall e o método dos dois diâmetros, indicou superioridade para o primeiro, o que está de acordo com os resultados obtidos por FRANCO *et al.* (1997), que afirmou que o método dos dois diâmetros apesar de ser uma metodologia de fácil aplicação, foi menos eficiente do que as metodologias que se baseiam nas variáveis diâmetro e altura.

Uma vez que não houveram diferenças significativas entre as estimativas de volume feitas com a utilização do fator de forma artificial, fator de forma natural, equação de Schumacher-Hall e o método dos dois

diâmetros, pode-se utilizar qualquer uma das mesmas indistintamente. No entanto, o método dos dois diâmetros por não utilizar a altura, permite uma redução no tempo de trabalho que poderá ser aproveitado na obtenção de um maior número de árvores amostradas, diminuindo assim o erro amostral.

CONCLUSÕES

Através da análise de variância e o teste de Tukey aplicados sobre as diferenças agregadas entre o volume real e as estimativas obtidas com a utilização do fator de forma artificial, fator de forma natural, quociente de forma não verdadeiro, quociente de forma absoluto, equação volumétrica e método dos dois diâmetros pode-se afirmar que:

a) As piores estimativas foram obtidas com a utilização dos quocientes de forma.

b) Apesar de não haver diferenças significativas entre as estimativas obtidas com o fator de forma artificial, fator de forma natural, modelo de Schumacher- Hall e o método dos dois diâmetros, as melhores estimativas foram obtidas com o modelo de Schumacher -Hall.

c) Não existindo diferença significativa entre as estimativas obtidas pelo método dos dois diâmetros com as obtidas pelo modelo de Schumacher- Hall e com a utilização de um fator de forma, pode-se recomendar a utilização de qualquer um destes métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, S. O. Estudo da forma do fuste de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. Lavras: UFL, 1999. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Lavras, 1999.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: Ed da UFSM, 1992. 269 p.

HERMANN, M. L. P.; ROSA, R. O. **Relevo**. In: IBGE. Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro. 1990. v. 2, p.54-84.

HUSCH, B; MILLER, C.L; BEERS, T.E. **Forest mensuration**. 2 ed. New York: Ronald Press, 1972. 410 p.

FRANCO, E. J *et al*. Eficiência dos métodos para estimativa volumétrica de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 3, n.1, p. 82-116,

1997.

LEITE, H. G., GUIMARÃES. D. P., CAMPOS, J. C. C. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, v. 19, n. 1, p. 65-79, 1995.

MACHADO, S. A.; BEVILAQUA, V. G.B; GANTZEL, O. L. Contribuição ao estudo do comportamento do fator de forma em plantações de *Pinus taeda* no Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3., Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. P.125-140.

MOSER, J. M. **Solos**. In: IBGE. Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro. 1990. v. 2, p.85-111.

NIMER, E.. **Clima**. In: IBGE. Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro. 1990. v. 2, p.151-187.

PÉLLICO NETTO, S. Estimativas volumétricas de árvores individuais - Síntese teórica. **Floresta**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 63-75, 1980.

SCOLFORO, J. R. S; RIOS, M. S.; OLIVEIRA, A. D *et al*. Acuracidade de equações de afilamento para representar o perfil do fuste de *Pinus elliottii*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 4, n.1, p.100-122, 1998.

SILVA. J. A. A.; MACHADO, S. A, BORDERS, B. E.; BAILEY, R. L. Uma nova metodologia para a construção de tabelas volumétricas. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993, p.557-564.

**RELAÇÃO HIPNOMÉTRICA PARA *Araucaria angustifolia* (Bert.)
Otto Kuntze. NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ**

**HIPSOMETRIC RELATION FOR *Araucaria angustifolia* (Bert.) Otto
Kuntze. IN THE WEST REGION OF PARANÁ STATE**

Mauro Valdir Schumacher²⁴ Ademar Capra²⁵ Jonas Inoé Hernandez²
Marcos Vinicius Winckler Caldeira²⁶ Luciano Weber Scheeren²⁷

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos 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 região Oeste do Estado do Paraná. Para o ajuste dos dados de altura foram testadas 17 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_{aj}), o erro padrão de estimativa (S_{yx}), o coeficiente de variação em percentagem (CV%), o índice de Furnival em percentagem (IF%) e o valor da estatística F. Em seguida foi realizada a análise gráfica dos resíduos para os cinco melhores modelos matemáticos. A equação $h = (d / b_0 + b_1 * d)^2$ resultou como modelo mais eficiente, ajustado em função do DAP das árvores, para estimar as alturas em povoamentos com idade de 14 anos de idade.

Palavra-chave: Relação hipsométrica, altura, diâmetro, *Araucaria*

-
1. Engº Florestal, Dr. nat. techn. Profº do Departamento de Ciências Florestais/CCR/UFSM schuma@ccr.ufsm.br
 2. Acadêmicos do curso de Engenharia Florestal. Departamento de Ciências Florestais/CCR/UFSM. capramar@bol.com.br
 3. Engº Florestal, Doutorando em Eng. Florestal, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal/UFPR. Centro de Ciências Florestais e da Madeira. Rua Prof. Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico; 80210-170. Curitiba, PR. caldeira@floresta.ufpr.br. Autor para correspondência.
 4. Engº Florestal, M. Sc., Doutorando em Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal/Departamento de Ciências Florestais/CCR/UFSM. Santa Maria, RS.

ABSTRACT

This work had as objectives to select mathematical models to predict the height of trees in function of diameter at the breast height (DBH), in *Araucaria* stands, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., in West region of Paraná State. For the adjustment of the height data 17 mathematical equations were tested, being used arithmetic and logarithmic linear equations. Were used 5 statistical criterion for the best equations selection: a) adjusted determination coefficient (Raj), b) standard error of estimate (Syx), c) variation coefficient in percentage (CV%), d) Furnival index in percentage (IF%) and e) F statistic. The residues graphic analysis was accomplished for the five better mathematical models. The equation 17, represented by $h = (d / b_0 + b_1 * d)^2$ resulted as more efficient model, adjusted in function of the trees DAP, to adjust the heights in stands with 14 year-old age.

Key words: Hipsometric relation, height, diameter, *Araucaria*

INTRODUÇÃO

Araucaria angustifolia é uma espécie nativa, conhecida pinheiro-do-paraná e/ou pinho, pinheiro-brasileiro. É uma árvore alta, de aspecto original e contrastante com as demais árvores do sul do Brasil, de 20-50 metros de altura, 1-2 metros de diâmetro na altura do peito. O tronco é perfeitamente cilíndrico, reto e raras vezes ramificado em dois ou mais, casca grossa e resinosa, cuja superfície externa se desprende em placas cinzento-escuras (REITZ *et al.*, 1983). Apresenta madeira de inúmeras utilizações e crescimento médio, quando comparada à espécies exóticas, sendo considerada a conífera de maior expressão econômica no Brasil.

Dentre as árvores do sul do Brasil, *Araucaria angustifolia* foi a que mais beneficiou o homem. Foi esta espécie, no Rio Grande do Sul, a primeira matéria-prima que proporcionou grandes acúmulos de capital àqueles que se aventuram a sua exploração. Estima-se segundo GERHARDT (1999), na época apenas 23% das árvores abatidas eram aproveitadas, ficando o restante na floresta. É possível ainda hoje encontrar restos de árvores gigantescas, na forma de nós nos campos que testemunharam uma época de fartura não muito distante.

Durante décadas *Araucaria angustifolia* foi a espécie economicamente mais importante do Brasil, além disso ocupou até o início dos anos 70 lugar importante na economia exportadora do Brasil. Em função do abuso no consumo desse recurso nacional, bem como a expansão de áreas de uso agrícola, foram rapidamente reduzidas as áreas com floresta de *Araucaria*, que originalmente cobriam cerca de 200.000 km² (CARVALHO, 1994). No entanto, em 1963, essa área alcançava somente cerca de 30.000 km² e desde então vem diminuindo mais ainda (HUECK, 1972).

A ocorrência da espécie se dá principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul com 40, 31, e 25% de sua superfície total, respectivamente. Os demais 4% da cobertura original de Araucária encontravam-se nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (CARVALHO, 1994). No Brasil, a sua ocorrência limita-se entres as latitudes de 15° e 30° Sul, e longitude 43° 30' e 57° 30' Oeste, apesar de existir uma distribuição irregular (HUECK, 1972).

Em função importância da *Araucaria angustifolia* e a necessidade de implantar o planejamento florestal, torna-se necessário estudar as relações biométricas, dentre as quais a relação hipsométrica, pois isso possibilita conhecer com precisão a altura das árvores indiretamente, reduzindo o tempo e o custo do levantamento de dados no inventário florestal. Neste sentido foram testados vários modelos matemáticos para o ajuste de alturas sobre diâmetros em povoamentos de *Araucaria angustifolia*, aos 14 anos de idade, plantadas na região de Quedas do Iguaçu, PR. O objetivo foi selecionar o melhor modelo de relação hipsométrica no primeiro desbaste da espécie em função dos diâmetros medidos a altura do peito.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A relação hipsométrica, conforme SCOLFORO (1997), é uma opção de trabalho controvertida mas de grande utilização. É um aspecto de suma importância a ser considerado na coleta das informações, sendo de grande utilidade prática principalmente em populações com árvores de grande porte

Com relação especificamente a relação altura e diâmetro pode-se considerar, de acordo com o autor acima citado, duas situações: a primeira se refere a povoamentos em sítios bem definidos, bem formados e conduzidos; nesta situação espera-se uma correlação alta entre as variáveis

diâmetro e altura, pois haverá maior homogeneidade na população considerada. Em uma segunda situação povoamentos mais antigos, mal formados ou mal conduzidos, ou em sítios não muito bem definidos; neste caso espera-se uma correlação baixa entre as variáveis diâmetro e altura. Haverá, neste caso, uma maior heterogeneidade na população considerada.

A relação hipsométrica é influenciada pela idade, sítio, densidade, posição sociológica, tamanho da copa e espécie (LOETSCH et al., 1973; HUSCH et al., 1982; FINGER, 1992; SCOLFORO, 1999). Em sítios bons as melhores condições locais aceleram o crescimento, favorecendo a formação de classes sociológicas. Em consequência povoamentos jovens em sítios bons mostram uma curva de altura íngreme, enquanto em sítios pobres as curvas para uma mesma espécie são mais achatadas (HUSCH et al., 1982).

A idade do povoamento afeta a relação entre diâmetro e altura, portanto, em inventários sucessivos não se deve utilizar a mesma relação e sim refazê-la a partir de novos dados (SCOLFORO, 1999). Na medida que aumenta a idade do povoamento as diferenças entre as curvas tendem a diminuir gradativamente, pois quando a árvore atinge seu clímax de crescimento, sendo isso uma característica da espécie e sítio, o seu crescimento em diâmetro e altura será reduzido e, como consequência, as mudanças na relação H/D serão muito pequenas (FINGER, 1992).

No que se refere à densidade, segundo o autor acima, essa influência será maior ou menor dependendo do qual estrato da floresta pertence à árvore. Nas árvores dominantes a altura é pouco afetada pelo espaçamento enquanto que nas dominadas a influência do crescimento em altura é bastante acentuada. Em relação a variável diâmetro, a mesma é bastante afetada em qualquer estrato, em função da concorrência. Neste sentido, quando a concorrência for alta, a razão H/D será maior que quando a concorrência for mais moderada.

O comprimento da copa também influencia a relação hipsométrica, pois quanto maior a copa menor será a razão H/D (SCOLFORO, 1999).

Segundo STERBA (1986) citado por ZANON *et al.* (1996), a análise dos coeficientes da função de regressão utilizada para descrever a relação entre a altura e o diâmetro tem evidenciado que, com o aumento da idade, os coeficientes angulares apresentam somente uma variação ao acaso, enquanto o intercepto da função tende a diminuir. Assim torna-se possível estimar o valor do intercepto para diferentes sítios naturais, mantendo o valor do ângulo de inclinação constante

Muitas vezes um modelo é ajustado com dados de diferentes

estratos, podendo ser utilizada, por exemplo, a estratificação por idade, espaçamento e/ou sítios. Uma pergunta que sempre surge, segundo AZEVEDO *et al.* (1999), é se realmente seria necessária uma equação independente para cada um desses estratos. O fato é que, em muitos casos, uma única equação obtida através de dados agrupados poderá ser utilizada como estimativa comum para todos os estratos. No entanto, uma vez escolhido o melhor modelo para representar os dados, se deve averiguar ainda se uma determinada equação gerada por um conjunto de dados “a” poderá ser usada em detrimento de uma outra, obtida em um conjunto de dados “b”, ou ainda, se será melhor usar uma terceira equação, obtida com os dados “a” e “b”.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em um povoamento de *Araucaria angustifolia*, aos 14 anos de idade, pertencente à empresa Araupel S.A., localizada na cidade de Quedas do Iguaçu/PR. A área encontra-se entre as coordenadas geográficas 25 e 26° latitude Sul e 52 ° e 53° de longitude Oeste de Greenwich.

Pelo sistema de Köppen (MORENO, 1961), o clima é subtropical úmido mesotérmico. A temperatura média do trimestre mais quente é de 23,0°C, temperatura média do trimestre mais frio é de 15,5°C e a temperatura média anual é de 19,5°C. A temperatura mínima absoluta é de -5,5°C, já a temperatura máxima absoluta chega a 38,1°C. A precipitação pluvial média do ano é de 1900 mm. Os meses mais chuvosos vão de outubro a dezembro, enquanto que os meses de menor precipitação são março, julho e agosto.

O povoamento encontra-se em um Latossolo Roxo, com um horizonte A bem desenvolvido, com teores médios de cálcio e magnésio, profundo, friável, poroso, bem drenado, boa capacidade de retenção de água, textura franca a argilosa. Na Tabela 1, são apresentadas as características químicas do solo.

TABELA1 : Análise química do solo da área com Araucária onde foi realizada a amostragem de serapilheira e biomassa acima do solo.

Prof. (cm)	Argila (%)	pH H ₂ O	M.O. (g kg ⁻¹)	P (mg L ⁻¹)	K
0-20	81	4,2	37	1,1	80,0
Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V
		(cmol _c L ⁻¹)			%
2,2	0,7	2,9	12,2	5,9	20,6

O povoamento de Araucária foi implantado entre julho a agosto de 1986. No momento da coleta dos dados apresentava-se com 14 anos de idade, sendo o espaçamento inicial de 3,0 m x 0,5 m totalizando 6.666 plantas por hectare. As sementes utilizadas para o plantio tiveram origem das florestas nativas localizadas no município de Irineópolis, SC. O sistema de plantio utilizado foi o mecanizado com plantadeiras especiais desenvolvidas pela própria empresa. Com estas foi possível plantar o pinhão diretamente no solo e no local definitivo.

No primeiro ano, nas entrelinhas da Araucária, foi plantado arroz de sequeiro. O arroz foi adubado com 250 kg plantas por hectare de N-P₂O₅-K₂O na fórmula 4-20-20, o que equivale a uma adubação com 10 kg/ha de N, 50 kg/ha de P₂O₅ e 50 kg/ha de K₂O. No segundo e terceiro anos foi plantado milho no entre meio das fileiras de araucária, porém sem adubação. Não foi realizado nenhum replantio, uma vez que havia um elevado número de plantas na fase inicial.

Nos primeiros 3 anos após o plantio foram necessários algumas práticas de manutenção do povoamento, com o objetivo de garantir o estabelecimento, bom crescimento e desenvolvimento das plantas. Foram realizadas as práticas de combate a formigas, coroamento, capina manual, roçada manual, aplicação manual e mecanizada de herbicida e roçada de arbustos.

Em relação aos tratos culturais o raleio teve por objetivo estabelecer a população ideal para o povoamento de Araucária, através da eliminação de indivíduos de menor potencial, buscando-se a formação de espaços homogêneos entre as plantas, próximos a 6 m² (espaçamento 3 m x 2 m).

A densidade inicial (6.666 plantas/ha) exigiu, a partir do segundo para o terceiro ano, uma operação de redução do número de indivíduos por hectare a fim de possibilitar o crescimento ideal e contínuo das plantas remanescentes.

Tendo como base o espaçamento 3 m x 2 m, reduziu-se o número de plantas para 1.666 plantas por hectare.

O povoamento sofreu a intervenção de 3 podas: a) poda baixa: realizada no ano de 1989, após o raleio, em todas as árvores do povoamento. Esta poda atingiu uma altura média de 2,0 a 2,5 m; b) poda média: realizada no ano de 1991, também em todas as árvores do povoamento. (Esta poda atingiu uma altura média em torno de 4,0 a 4,50 m e c) poda alta: realizada no ano de 1993, de forma seletiva, ou seja, em mais ou menos 400 a 500 árvores por hectare, as quais deveriam permanecer até o corte final por volta de 30 a 35 anos. Esta poda atingiu uma altura média de 6,50 m.

Com base nas medições do DAP e altura, foram ajustados modelos de relação hipsométrica, apresentados na Tabela 2, visando selecionar a melhor equação para o ajuste dos dados.

TABELA 2 : Equações testadas para estimar as alturas de *Araucaria angustifolia*.

Equação	Modelo matemático
1	$\ln h = b_0 + b_1 * 1/d$
2	$\ln h = b_0 + b_1 * d^2$
3	$\ln h = b_0 + b_1 * 1/d + b_2 * 1/d^2$
4	$\ln h = b_0 + b_1 * \ln d$
5	$h = b_0 + b_1 * \ln d$
6	$h = b_0 + b_1 * 1/d$
7	$h = b_0 + b_1 * d^2$
8	$h = b_0 + b_1 * 1/d + b_2 * d^2$
9	$h = b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2$
10	$h = 1/(b_0 + b_1 * 1/d^2) + 1,30$
11	$\log h = b_0 + b_1 * 1/d$
12	$h = b_0 + b_1 * 1/d^2$
13	$\ln (h - 1,30) = b_0 + b_1 * \ln d^2$
14	$\log h = b_0 + b_1 * \log d$
15	$h - 1,30 = d^2/(b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2)$
16	$h = d^2/(b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2)$
17	$h = (d / b_0 + b_1 * d)^2$

Onde: h = altura total em metros; d = diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetros; ln = logaritmo neperiano; log = logaritmo na base 10; b₀, b₁, b₂, b₃, = coeficientes de regressão.

Numa área de condições de sítio semelhantes foram demarcadas 7 parcelas com as dimensões de 20 m x 25 m. Em cada uma destas foram medidos todos os diâmetros das árvores (DAP) e 10% das alturas das mesmas.

A partir do ajuste dos dados foi realizado a seleção dos cinco melhores modelos matemáticos com base nos seguintes critérios estatísticos: a) coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}); b) erro padrão da estimativa (S_{yx}); c) coeficiente de variação em percentagem (CV%); d) Índice de Furnival em percentagem (IF%); e) valor da estatística F. Em seguida foi realizada a análise gráfica dos resíduos para os cinco melhores modelos matemáticos.

A necessidade da utilização das estatísticas CV% e IF% é devida ao fato de estarmos comparando modelos matemáticos que sofreram transformação logarítmica da variável dependente (altura) com modelos aritméticos. Dessa forma é necessário o cálculo do Índice de Furnival em percentagem, calculado para os modelos logarítmicos, para comparar com o valor do Coeficiente de variação em percentagem, que é calculado para modelos aritméticos (SCHNEIDER, 1993).

Conforme os critérios apresentados acima, as melhores equações deverão apresentar, simultaneamente, o maior coeficiente de determinação ajustado, o menor erro padrão da estimativa e o menor coeficiente de variação em percentagem ou o melhor Índice de Furnival em percentagem e maior valor da estatística F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o processamento das equações matemáticas foram obtidos os parâmetros estatísticos que permitem realizar a seleção dos três modelos matemáticos que apresentaram melhor ajuste dos dados. Dessa forma, na Tabela 3, podem ser observados os coeficientes (b_0 , b_1 e b_2), o Coeficiente de Determinação ajustado (R_{aj}^2), o erro padrão de estimativa (S_{yx}), o Coeficiente de Variação em percentagem (CV%), o Índice de Furnival em percentagem (R_{aj}^2) e a estatística F (F).

TABELA 3 : Parâmetros estatísticos para as equações testadas

Mode lo	Coeficientes			R ²	S _{yx}	CV%	IF%	F
	b ₀	b ₁	b ₂					
1	3.135	-8.029	-	0.40	0.10	-	52.30	48.3
2	2.330	0.001	-	0.40	0.10	-	52.30	48.5
3	3.372	-15.060	50.817	0.40	0.10	-	52.30	24.1
4	1.120	0.544	-	0.41	0.10	-	52.30	49.6
5	-6.032	7.207	-	0.42	1.26	9.14	-	51.7
6	20.628	-105.796	-	0.41	1.27	9.21	-	49.5
7	9.958	0.015	-	0.42	1.26	9.14	-	52.4
8	13.123	-32.019	0.011	0.42	1.27	9.21	-	26.1
9	7.420	0.328	0.005	0.42	1.27	9.21	-	26.0
10	0.058	5.471	-	0.39	0.01	0.07	-	45.4
11	1.362	-3.486	-	0.40	0.04	-	20.92	48.3
12	16.985	-746.403	-	0.39	1.29	9.36	-	46.3
13	0.854	0.302	-	0.41	0.11	-	57.53	49.3
14	0.486	0.544	-	0.41	0.04	-	20.92	49.6
15	-8.528	1.921	-0.006	0.78	2.12	15.37	-	123.9
16	-7.534	1.640	-0.0001	0.83	1.72	12.47	-	169.8
17	1.166	0.196	-	0.83	0.20	1.45	-	345.9

Na Tabela 4 pode-se observar as 5 melhores equações matemáticas selecionadas para a análise gráfica dos resíduos em percentagem.

TABELA 4 : Equações selecionadas para a análise gráfica dos resíduos em percentagem.

Eq.	Modelo matemático	R ² _{aj}	S _{yx}	CV%	F	
5	$h = b_0 + b_1 * \ln d$	0.42	1.26	9.14	-	51.7
7	$h = b_0 + b_1 * d^2$	0.42	1.26	9.14	-	52.4
15	$h-1,30=d^2/(b_0+b_1*d + b_2*d^2)$	0.78	2.12	15.37	-	123.9
16	$h=d^2/(b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2)$	0.83	1.72	12.47	-	169.8
17	$h= (d / b_0 + b_1 * d)^2$	0.83	0.20	1.45	-	345.9

Devido às equações apresentarem diferente número de coeficientes,

a análise da variação total dos dados deve ser realizada com base no Coeficiente de determinação ajustado para o número de coeficientes de cada modelo matemático. Observa-se que duas das equações selecionadas apresentaram um coeficiente de determinação ajustado em torno de 0,40 e três equações apresentaram valor em torno de 0,80, o que demonstra que a variação total dos dados foi bem explicada apenas por três equações.

A análise da dispersão entre os valores observados e estimados pela análise de regressão para os modelos aritméticos é feita com base no Erro padrão de estimativa (S_{yx}), quando os modelos matemáticos apresentam variáveis dependentes de mesma unidade, ou no Coeficiente de variação em percentagem (CV%), quando os modelos matemáticos apresentam variáveis dependentes de diferentes unidades. Para comparar a eficiência dos modelos matemáticos que apresentam a variável dependente transformada para logaritmo utiliza-se a estatística Índice de Furnival em percentagem (IF%). Dessa forma a comparação e seleção de modelos matemáticos aritméticos e logarítmicos deve ser realizada utilizando-se CV% e no IF%, pois o Erro padrão de estimativa (S_{yx}) não constitui uma estatística eficiente nesses casos. Neste caso todos os modelos selecionados foram aritméticos. Apesar da equação 14 apresentar um S_{yx} bastante inferior às demais equações não se pode afirmar que esta apresenta uma menor dispersão entre os valores observados e estimados, sendo necessário comparar o valor do IF% com o CV% das demais equações.

Com respeito à estatística F, esta mostrou-se bastante elevada apenas na equação 17. Considerando a utilização de 70 conjuntos de dados de altura e idade e que a significância de cada modelo matemático é dada pela divisão de 1 grau de liberdade do modelo matemático pela respectiva estatística F, todos os modelos resultam altamente significativos, sendo que o modelo 5 apresenta o nível de significância mais baixo, com 0,02 (1/51,7) e o modelo 17 mostra-se mais significativo com valor de 0.003 (1/345,9).

Nas Figuras 1 a 5 podem ser observados os resíduos entre a altura observada e a altura estimada pelas respectivas equações, em função do diâmetro à altura do peito (DAP). Observa-se, pela análise dos gráficos, que a equação 15 apresenta uma tendência de subestimar a altura nas árvores em toda a amplitude de diâmetros observados (DAP). As demais equações não apresentaram qualquer tipo de tendências.

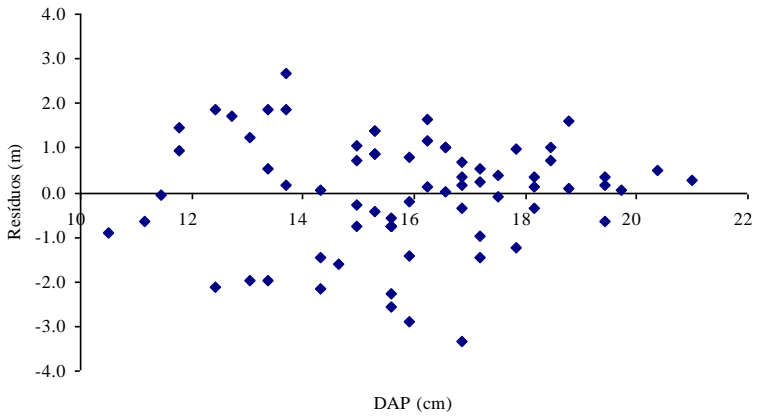


FIGURA 1 : Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 5.

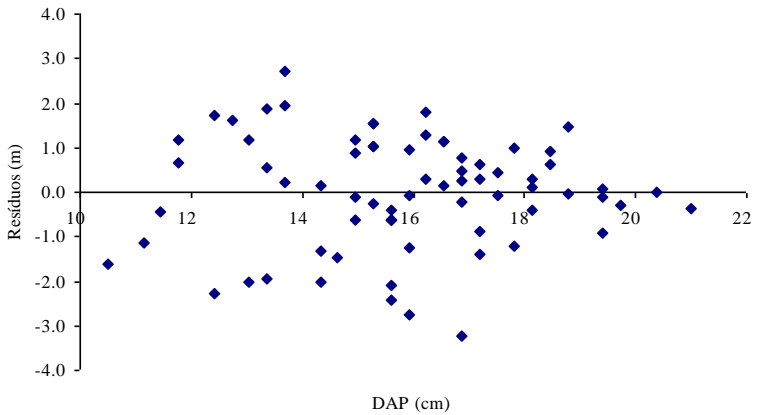


FIGURA 2 : Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 7.

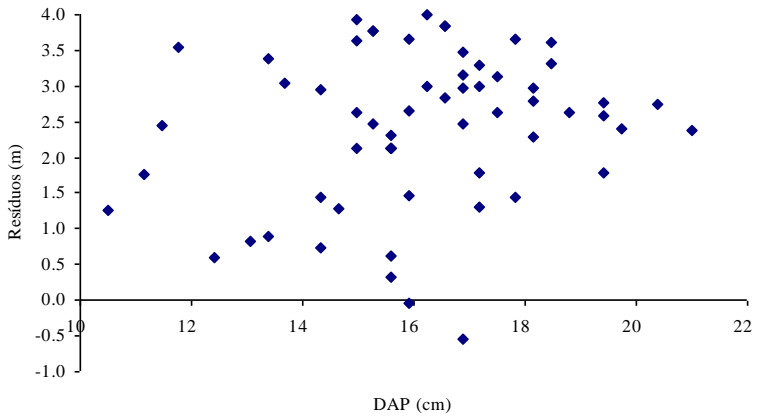


FIGURA 3 : Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 15.

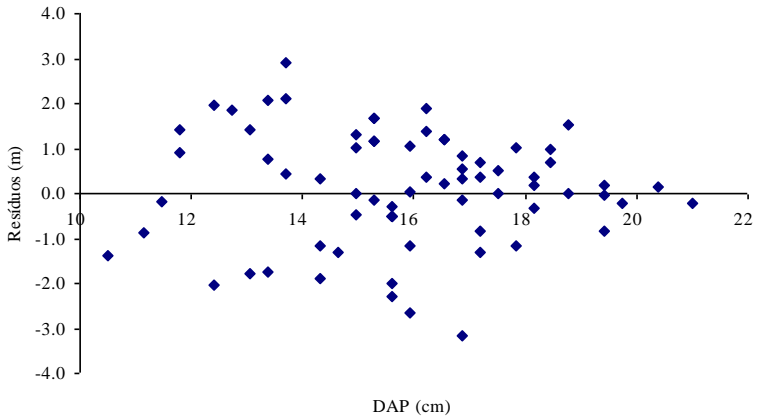


FIGURA 4 : Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 16.

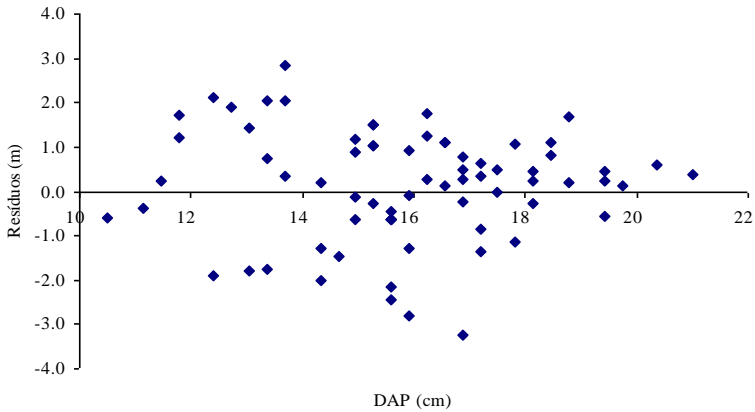


FIGURA 5 : Resíduos entre altura observada e altura estimada para a equação 17.

Com essas observações percebe-se que a análise gráfica dos resíduos é uma ferramenta de grande importância para a seleção de modelos matemáticos de regressão, pois nos permite uma melhor visualização da distribuição dos resíduos em todo o conjunto de dados. Pode-se separar visualmente as equações em dois grupos distintos, o que pode ser comprovado pela respectiva soma dos quadrados dos resíduos de cada equação. Na Figura 1 observa-se que as equações 5, 7, 16 e 17 apresentam amplitudes de resíduos semelhantes, o que é comprovado pela soma total de quadrados de resíduos de 110.2, 109.5, 111.1 e 112.0, respectivamente. A equação 15 apresenta uma situação bastante diferente, com soma total de quadrados de resíduos de 643.9.

A equação 17 apresentou uma boa distribuição de resíduos, muito similar com os demais modelos, e sem tendências nítidas de superestimar ou subestimar as alturas dentro da amplitude de diâmetros observados.

Dessa forma, com base no conjunto dos parâmetros estatísticos utilizados, conclui-se que a equação 17 apresenta um melhor ajuste dos dados de altura em função do diâmetro das árvores, sendo a mesma selecionada e recomendada para realizar estimativas de altura para povoamentos de Araucária com na região Oeste do Paraná.

Na Figura 6 pode ser observada a distribuição dos dados observados e a curva de alturas ajustadas pela equação 17, em função do

diâmetro e da idade das árvores.

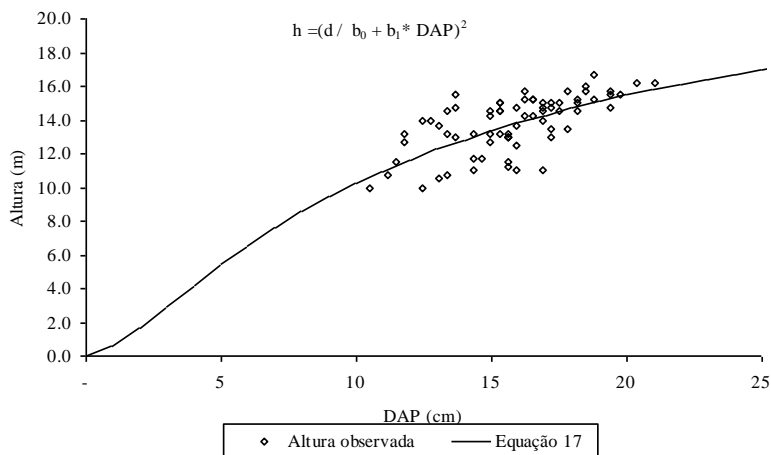


FIGURA 6 : Alturas observadas e estimadas para *Araucaria angustifolia*, na região Oeste do Estado do Paraná.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados das análises estatísticas realizadas pode-se concluir para o povoamento de Araucária estudado no Oeste do Paraná o seguinte:

a) Cinco modelos matemáticos foram selecionados, de acordo com os critérios estatísticos, sendo que apenas o modelo 15, representado pela equação $h - 1,30 = d^2 / (b_0 + b_1 * d + b_2 * d^2)$, apresentou tendência de subestimar as alturas em toda amplitude de diâmetros observados.

b) O modelo 17, representado pela equação $h = (d / (b_0 + b_1 * d))^2$, apresentou melhor precisão estatística para o ajuste dos dados de altura em função do diâmetro e da idade, sendo recomendada sua utilização para a área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, C.P.; MUROYA, K.; GARCIA, L.C.; LIMA, R.M.B.; MOURA, J.B.; NEVES, E.J. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazônia ocidental. **Boletim de Pesquisa Floresta**, Colombo, n.39, p.5-29, jul./dez., 1999.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras, recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - CNPF, Colombo. 1994. 640 p.

GERHARD, E.J. **Influência dos fatores físicos do solo e dos nutrientes da serapilheira sobre o crescimento em altura da *Araucaria angustifolia* (Bert.) Otto Kuntze**. Santa Maria: UFSM, 1999. 98p. Dissertação de mestrado.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo: Polígono, 1972. 466p. 206-239p.

IPAGRO. Seção de Ecologia Agrícola (Porto Alegre, RS). **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 3v.

JARDIM, F.C.S. Estrutura da floresta equatorial úmida da Estação Experimental de Silvicultura Tropical. Manaus: INPA – FUA, 1985. 198p. Dissertação de mestrado.

LOETSCH, F.; ZOHRER, F. HALLER, K.E. **Forest Inventory**. Bonn: [s.n.], 1973. v.2, 469p.

MACHADO, S.A.; BASSO, S.F.; BEVILACQUA JÚNIOR, V.G. Teste de modelos matemáticos para o ajuste da relação hipsométrica em diferentes sítios e idades para plantações de *Pinus elliottii* no Estado do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993. Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS, 1993. v.2, p.553-556.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, n.34/35, 1983. 525p.

SCHIMIDT, P.B. **Determinação indireta da relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus taeda* L**. Curitiba: UFPR, 1977. 102p. Dissertação

de mestrado.

SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1993. 320p.

SCOLFORO, J.R.S. **Biometria Florestal 2. Técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira**. UFLA/FAEPE/DCF. 1997. 292p.

SILVA, J.N.M. **Relação hipsométrica de espécies da Floresta Nacional do Tapajós**. Belém: EMBRAPA – CPATU, 1980. 2p.

ZANON, M.L.B.; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R. et al. Funções para descrever a relação altura e diâmetro de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.87-90, 1996.

COMPARAÇÃO ENTRE OS HIPSÔMETROS VERTEX E BLUME-LEISS QUANTO AO TEMPO GASTO NA DETERMINAÇÃO DA ALTURA DE ÁRVORES

VERTEX AND BLUME LEISS HIPSONETERS COMPARISONS AT THE SPENDS IN THE DETERMINATION OF THE TREE HEIGHT

César Augusto Guimarães Finger²⁸ Paulo Renato Schneider² Igor da Silva Narvaes³ Luciana M. Esber³ Luciano Fábio Cassol³

RESUMO

Na realização do inventário florestal o maior tempo dispendido dentro da unidade amostral refere-se a obtenção da altura. Assim, um fator preponderante é o tipo de hipsômetro empregado na determinação da altura, pois influenciaria na precisão e no rendimento do trabalho à campo. Dentre os diversos aparelhos existentes o Blume-Leiss é o mais difundido e preferido pelos Engenheiros Florestais devido a sua facilidade de manuseio, precisão nas medidas e rendimento a campo. Atualmente, encontra-se disponível no mercado hipsômetros eletrônicos, de tamanho compacto, de fácil manuseio e elevada precisão que permitem obter altura de árvores em menor tempo que os aparelhos tradicionais. Assim, no presente trabalho buscou-se comparar o rendimento do hipsômetro Blume-Leiss e Vertex na medição da altura de árvores, e na determinação das distâncias entre o observador e a árvore. Os dados foram levantados a partir da instalação de seis unidades amostrais retangulares de 20x30m, em uma floresta de *Pinus* sp, utilizando o método de área fixa. Na unidade amostral foram medidas as

1 Engenheiro Florestal, Dr. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. CEP: 97105-900. Santa Maria. RS.

2 Engenheiro Florestal, Dr. Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. CEP: 97105-900. Santa Maria. RS.

3 Acadêmicos do Curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. CEP: 97105-900. Santa Maria. RS.

alturas de todas as árvores com Blume-Leiss e com o Vertex. Os tempos totais e parciais para a obtenção da altura e da distância foram tomados com cronômetro. Para a sua determinação foram subdivididos em sub-processos, caracterizando diferentes fases na medição da altura. O sub-processo para a obtenção da distância iniciou com o deslocamento do operador dentro do povoamento e terminou com o sinal emitido pelo operador, no momento em que obteve a distância, sendo, então, o cronômetro travado. O sub-processo de determinação do tempo para a obtenção da altura iniciou logo após a determinação da distância horizontal com o direcionamento do hipsômetro para a visualização do ápice da árvore e terminou com a leitura da altura, em metros. O tempo médio de determinação da distância, da altura, o tempo médio total por unidade em minutos foram calculados entre as seis unidades amostrais inventariadas na população de *Pinus* sp. Os resultados mostraram que na determinação da distância entre o observador e a árvore, em povoamentos de *Pinus* sp., são necessários 14,8% de tempo a menos, e que na determinação da altura da árvore, 68,1% de tempo a menos quando utilizado o hipsômetro Vertex. Para as duas operações em conjunto são gastos, com o Vertex, 63,5% do tempo utilizado com o Blume-Leiss. Quando considerado o aspecto tempo de medição da altura, o Vertex foi 229,0% mais eficiente que o Blume-Leiss, resultando no valor de Eficiência Relativa de 3,290, através da equação proposta por Freese (1962) apud PELLICO NETO & BRENA(1997).

Palavras-chave: hipsômetros, altura, eficiência, medição

ABSTRACT

In performing the forest inventory the largest time spent in the sample unit is the height determination. Therefore, an important aspect is the kind of hypsometer utilized for the height determination, because this will have an influence in the accuracy and in the performance. Among the many hypsometers which may be used the Blume-Leiss is well-known and preferred by the forest engineers due to its handling easiness, measure accuracy and field performance. Presently, electronic hypsometers are available; they are compact, easy to handle and have high accuracy which allow researchers to obtain the tree height in less time than the traditional devices. In this study the performance of the Blume-Leiss and the Vertex Hypsometers were compared for the measurement of the tree height and for the distance determination between the observer and the tree. Data were

gathered from six rectangle sample units measuring 20 by 30 m in a *Pinus sp* stand, by utilizing the fixed area method. In the sampled unit the heights of all the trees were measured with Blume-Leiss and Vertex. The total and partial times for obtaining the height and the distance were taken with a chronometer. For their determination they were sub-divided into sub-processes, thus characterizing the different phases of the height determination. The sub-process for obtaining the distance has started with the displacement of the operator in the part of the forest reserved for cutting and has finished with a scream of the operator in the moment in which he obtained the distance, being then the chronometer locked. The sub-process of time determination for obtaining the height has started immediately after the determination of the horizontal distance, directing the hypsometer towards the visualization of the top of the tree and has finished with the height reading in meters. The average time to determine the distance, the height, the total average time by unit in minutes were calculated among the six sampled units found in the *Pinus sp* population. The results have shown that in the determination of the distance between the observer and the tree 14,8% less time was necessary, and in the tree height determination 68,1% less time was necessary when the Vertex Hypsometer was utilized. For the two operations together were spent with the Vertex 63,5% of the time utilized with the Blume-Leiss. When it was considered the aspect time of height measurement the Vertex was 229,0% more efficient than the Blume-Leiss, thus resulting in the Relative Efficiency value of 3,2906, using the equation proposed by Freese (1962) apud PELLICO NETO & BRENA(1997).

Key words: Hipsometer, height, efficiency, mensuration

INTRODUÇÃO

O levantamento de dados dendrométricos visando fornecer informações do estado atual da floresta é realizado valendo-se de procedimentos de amostragem, pois a abordagem de toda a população requerem maior tempo com o conseqüente aumento de custo.

Na realização do inventário florestal o maior tempo dispendido dentro da unidade amostral refere-se a obtenção da altura. Esta variável dendrométrica requer o emprego de aparelhos mais elaborados para sua determinação, bem como de pessoal treinado no seu manuseio e nas técnicas

de medição de altura. Visando reduzir o custo na determinação da altura é comum medir apenas parte das alturas das árvores pertencentes a unidade de amostra, estimando a altura das árvores, com apenas o diâmetro medido, por uma função que expressa a relação hipsométrica da espécie naquele local. Variações nesta estratégia de obtenção de alturas não medidas, que também reduzem o tempo e o custo do inventário, passam pelo estudo da relação hipsométrica para diferentes sítios, idades e densidades de povoamentos, pela seleção de um modelo matemático, e pela análise do paralelismo das curvas de relação hipsométrica. Confirmado o paralelismo das curvas será possível com apenas o par de dados; diâmetro e altura da árvore média, definir o nível da curva de regressão para o local e passar a estimar as alturas.

Entretanto, nem mesmo com o emprego dessa ou de outra metodologia para reduzir o tempo gasto pode dispensar a medição da altura de árvores.

Assim, um fator preponderante é o tipo de hipsômetro empregado na determinação da altura pela precisão e rendimento que apresenta. Dentre os diversos aparelhos existentes o Blume-Leiss é o mais difundido e preferido pelos Engenheiros Florestais devido a sua facilidade de manuseio, precisão nas medidas e rendimento a campo.

Com o avanço da micro-eletrônica foram lançados no mercado hipsômetros eletrônicos de tamanho compacto, de fácil manuseio e elevada precisão que permitem obter altura de árvores em menor tempo que os aparelhos tradicionais, proporcionando agilizar os trabalhos no inventário florestal, com conseqüente redução de custos.

Assim, no presente trabalho buscou-se comparar o rendimento do hipsômetro Blume-Leiss e Vertex na medição de altura de árvores, e na determinação das distâncias entre o observador e a árvore.

REVISÃO DE LITERATURA

A medição de variáveis dendrométricas, como altura, diâmetro, área basal, volume, entre outras, é uma atividade fundamental e imprescindível em trabalhos florestais, (DURLO,1998).

Os aparelhos empregados na medição de alturas são construídos com base na semelhança de triângulos ou na resolução de tangentes de ângulos. Ambos, se operados convenientemente permitem obter a altura com precisão. Entretanto, os instrumentos baseados na resolução de tangentes permitem maior rapidez nas operações dentro da floresta. Dentre estes, o

Blume-Leiss é o dendrômetro de maior difusão no meio florestal (FINGER, 1992).

O hipsômetro digital Vertex é um dendrômetro que começa a difundir-se no meio florestal brasileiro. O aparelho fornece a distância horizontal e a altura das árvores de forma mais rápida e eficiente, não apenas simplificando o trabalho, mas também aprimorando o resultado das medições e minimizando erros, (HAGLÖF, 1996).

De acordo com BRACK & WOOD (1997) o Vertex é um instrumento de medição de altura e distância, de tamanho e peso médio, robusto e moderadamente caro, construído com princípio de localização por ultra som. Foi projetado para medir com uma precisão de ± 0.01 m em distâncias inferiores a 20 metros, e pode em boas condições, medir a altura de árvores a distância até 70-80 metros.

Em trabalhos a campo, BRENNER(1995), comparou o Vertex a varas e ao Clinômetro, alcançando economia de tempo ao redor de 60% em plantações jovens de *Pinus sp.*, com altura de até 21 metros e, ao redor de 35% em povoamentos mais velhos, com altura em torno de 40 metros.

O autor relata ainda que, o Vertex possui um raio de ação de 40 metros, sendo que o tempo para o estabelecimento da distância horizontal em florestas é dependente da existência de sub-bosque, e ainda da temperatura e da umidade do ar. Em condições de umidade alta o raio de ação do Vertex diminui, reduzindo a velocidade em pequena escala, mas permanecendo a precisão dos resultados.

A pesquisa realizada por BRACK & WOOD (1997) comparando diversos instrumentos mostrou com relação a precisão que, quando corretamente calibrados e manuseados, o Abney, Haga, Blume Leiss, Relascópio de Espelho e o Suunto apresentam erro de cerca de 2,5%, enquanto o Vertex e o Criterion tem um erro de menor que 1%. Segundo o autor os hipsômetros de Haga, Blume Leiss e Vertex são mais fáceis de empunhar do que o Abney, o Relascópio de Espelho e o Suunto. O Criterion é relativamente pesado e pode ser difícil de segurar em períodos longos de operação, o que contribui para ocorrer erros de medição causados pela fadiga do operador. Com relação a rapidez de uso os autores classificaram os aparelhos na seqüência Criterion, Vertex, Blume-Leiss, Haga, Relascópio de Espelho, Suunto e por último o Clinômetro de Abney. A comparação entre tamanho, forma e tempo gasto em unidades amostrais foi investigada por Mesavage & Grosenbaugh(1956), Freese(1962), Tardiff(1965), O'Regan & Arvanitis(1966) e Zeide(1980) apud HUSCH et al.(1982). Estes estudos foram realizados comparando a variabilidade,

expressa CV% ou Sx% , e o tempo ou custo de medição de cada tamanho de unidade amostral.

DE CESARO et al.(1994) compararam três métodos de amostragem em um povoamento de *Pinus sp* através da expressão que utiliza o tempo e o erro padrão relativo, apresentada por HUSCH et al. (1982).

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e caracterização da área

O experimento foi instalado no Campus da UFSM, em um povoamento de *Pinus sp.*, com área de 4,6 ha e idade, aproximada, de 32 anos. O povoamento foi desbastado (desbaste fraco) em duas ocasiões. O terreno é relativamente plano não havendo necessidade de correção de declividade quando da determinação das alturas com o Blume-Leiss.

Obtenção dos dados

Os dados foram levantados à partir da instalação de um inventário florestal, utilizando o método de amostragem de área fixa, com seis unidades amostrais retangulares de 20x30m, cobrindo cada uma a área de 600m².

Os tempos totais e parciais para a obtenção da altura e da distância foram tomados com cronômetro.

Os diâmetros, bem como outras observações não foram consideradas, pois não fazem parte dos objetivos deste trabalho.

As alturas de todas as árvores foram medidas com o Blume-Leiss e com o Vertex.

O Blume-Leiss é um aparelho que apresenta, quatro escalas métricas (15,20,30, e 40 m) e uma em percentagem (%) ou graus, onde são feitas as leituras. Para as distâncias de 15 e 20 metros as escalas são graduadas com precisão de 0,5m e para distâncias de 30 e 40 metros são graduadas, de metro em metro. Neste estudo foram feitas estimativas, aproximando-se os valores a décimos de metros.

As alturas foram determinadas por duas leituras parciais (obtidas pelo produto da tangente do ângulo de inclinação vezes a distância) uma do ápice e outra da base da árvore que devem ser somadas ou subtraídas; dependendo da posição relativa do observador em relação a árvore.

As leituras parciais foram feitas após a determinação da distância entre o observador e a árvore, e realizadas na escala métrica correspondente a distância entre a árvore e o observador.

O hipsômetro digital Vertex é um aparelho com as dimensões de 10,5 x 6,5 x 3,5cm e 260g de peso. Alimentado por uma bateria de 1,5v, tipo AA alcalina, trabalha com resolução de 0,1m em distâncias inferiores a vinte metros. Um sinal de infra-som emitido pelo aparelho é captado por um o receptor denominado de transponder e reemitido permite obter diretamente a distância aparente entre o observador e a árvore, o ângulo de inclinação do terreno, a distância horizontal e, na seqüência, até três medidas da altura da árvore.

O transponder é compacto, apresenta dimensões de 4,5 x 11,5 cm para o modelo de 360°, 200g de peso e, de 4,7 x 4,0 x 10 cm para o modelo de 60° com peso de 120g.

Os dois modelos são alimentados com uma bateria de 9V alcalina.

Quantificação do tempo de medição

Considerando que aparelhos tem processos de medição da distância e da altura diferentes entre si, houve necessidade de subdividir a medição em partes, as quais foram denominadas de sub-processo, caracterizando diferentes fases na medição de altura.

Sub-processo de determinação do tempo para obtenção da distância

Iniciou com o deslocamento do operador dentro do povoamento e terminou com o sinal do operador emitido no momento em que obteve a distância sendo, então o cronômetro travado.

No Blume-Leiss esse sub-processo culminou quando observado, através do dióptro do aparelho, a sobreposição das marcas da escala graduada colocada a 1,30 metros de altura em relação ao nível do solo, sendo o cronômetro travado.

Caso, após a determinação da distância tenha sido observado que do local correspondente a distância medida não fosse possível visualizar a extremidade da copa, se iniciou uma nova tomada do tempo com o reinício do sub-processo. Este tempo de medição foi considerado no tempo total e a medição contada como refugo.

Com o hipsômetro digital Vertex o tempo foi medido a partir do deslocamento do operador seguido pelo acionamento do aparelho e seu direcionamento para o transponder, também colocado a 1,30 metros em relação a base da árvore.

Com este aparelho não se caracteriza o refugo, pois o observador só busca a distância horizontal caso visualize o ápice da árvore daquele ponto.

Em qualquer dos aparelhos a determinação da distância horizontal só foi iniciada com a perfeita visualização da régua ou do transponder.

O tempo cronometrado foi registrado desde o início do caminhamento até a confirmação da distância horizontal do operador em relação a árvore, através de um sinal.

Sub-processo de determinação do tempo para a obtenção da altura

O tempo de cronometragem da medição da altura foi iniciado logo após a determinação da distância horizontal com o direcionamento do hipsômetro para visualização do ápice da árvore e terminou com a leitura da altura, em metros, no aparelho, no caso do Vertex.

Já no Blume-Leiss, como é necessário realizar também a medida na base da árvore, o cronometro foi travado somente nesta ocasião.

Para cada posição visada o procedimento de medição da altura foi realizado duas vezes com o objetivo de assegurar que as medidas parciais eram corretas. Caso, não fossem iguais, as medições eram repetidas uma terceira vez, obter-se obter medidas iguais.

Determinação do tempo total e médio por unidade amostral

O tempo total para a determinação das alturas por unidade amostral foi obtido pela soma dos tempos de determinação das distâncias e das alturas para cada aparelho dentro da unidade amostral.

O tempo médio foi calculado pela razão entre o somatório dos tempos totais e o número de árvores medidas na unidade amostral.

O coeficiente de variação, CV (%) para cada aparelho foi determinado pela fórmula:

$$CV (\%) = \frac{S}{y} * 100$$

Onde: CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; y = média dos valores obtidos;

S = desvio padrão.

Eficiência relativa

A eficiência relativa foi calculada pela equação proposta por Freese (1962) apud PELLICO NETO & BRENA(1997):

$$E.R. = \frac{T_x * CV_x^2}{T_y * CV_y^2}$$

Onde: $(CV_x)^2$, $(CV_y)^2$ = coeficientes de variação obtidos para os aparelhos x e y, respectivamente Blume Leiss e Vertex; Tx; Ty = tempo de medição gastos pelos aparelhos x e y, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo médio de determinação da distância, da altura, o tempo médio total e o tempo médio total por árvore em minutos calculados entre as seis unidades amostrais inventariadas na população de pinus encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1- Tempos médios de determinação da distância, altura, tempo médio total e tempo médio total por árvore em minutos.

APARELHOS	TEMPO MÉDIO			
	POR UNIDADE AMOSTRAL		altura	MÉDIO TOTAL POR ÁRVORE
Blume-Leiss	16 min	10 min	26min	41,82 seg
	0,90 seg	48,59 seg	49,48 seg	
Vertex	13 min	3 min 27,01	17 min	26,71 seg
	38,51 seg	seg	5,52 seg	

A determinação da distância entre o observador e a árvore por unidade amostral, consumiu em média 16 min 0,90 seg com o Blume-Leiss, enquanto que com o Vertex foram necessários 13 min 38,51 seg, ou seja, em média 14,8 % a menos.

A medição da altura consumiu em média 10 min 48,59 seg com o Blume-Leiss e 3 min 27,01 seg com o Vertex, ou seja, 68,1% de tempo a menos.

Para os dois sub-processos, altura e distância tomados em conjunto, com o Vertex foi necessário apenas 63,5 % do tempo utilizado com o Blume-Leiss para a realização do mesmo trabalho.

Quando considerado o tempo médio por árvore a proporção de tempo gasto foi de 63,9% ou seja, com o Vertex foi necessário 31,1 % de tempo a menos do que com o Blume-Leiss para a medição da altura das árvores.

Analisando os sub-processos determinação da distância e da altura,

verificou-se que foram consumidos com o Vertex apenas 3 minutos e 27,01 segundos na determinação das alturas das árvores e 13 minutos e 38,51 segundos na determinação da distância horizontal, ou seja, 4,0 vezes mais tempo. Com o Blume-Leiss, na unidade amostral, esta diferença não foi tão acentuada, alcançando 1,5 vezes, respectivamente, 10 minutos e 48,59 segundos na determinação da altura das árvores e 16 minutos e 0,90 segundos na determinação da distância.

A comparação entre os dois aparelhos pela expressão proposta por Freese (1962) apud PELLICO NETO & BRENA(1997), considerando o coeficiente de variação de 15,76% e 13,61%, respectivamente para o Blume-Leiss e Vertex, resultou no valor de Eficiência Relativa de 3,29 indicando ser o Vertex 229,0% mais eficiente que o Blume-Leiss na determinação da altura das árvores, quando considerado o aspecto de tempo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que para determinação da distância entre o observador e a árvore são necessários 14,81% de tempo a menos, e que na determinação da altura da árvore, 68,1% de tempo a menos quando utilizado o hipsômetro Vertex. Para as duas operações em conjunto são gastos, com o Vertex, 63,5% do tempo utilizado com o Blume-Leiss.

Quando considerado o tempo de medição da altura o Vertex foi 229,0% mais eficiente que o Blume-Leiss.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRENNER, A. **Tree height measurements**. [on line] Disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.metla.fi/archive/forest/1995/12/msg00167.htm>. Arquivo capturado em 18 de Dezembro de 1995.

BRACK & WOOD. Forest Mensuration. Brack and Wood. Index Overview Help Instructions Alternatives Comparisons. Vertex Forestor: Measuring tree height. [online] Disponível na Internet via WWW.URL: <http://charlotte.anu.edu.au/Forestry/mensuration/BrackandWood1998/Vertex.htm>. Arquivo capturado em 6 de junho de 1997.

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. **Ci. Flor.**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 97-108,1994.

DURLO, M. A. Dendrômetro Durlo: Um instrumento para medição da altura de árvores a partir de múltiplas distâncias. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.22, n 2, 1998. p.287-298.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC,1992. 269p.

HAGLÖF, Haglof News Bulletin [on line] Disponível na Internet via WWW.URL: <http://www.haglof.se/bulletin/1issue.htm>. Arquivo capturado em setembro de 1996.

HUSCH,B. MILLER,C.I., BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3 ed. New York: Wiley. 1982. 402p.

PELLICO NETO, S., BRENA, D.A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997, 316p.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

ESTIMATIVA DA BIOMASSA E DO COMPRIMENTO DE RAÍZES FINAS EM *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA (RS)

ESTIMATING OF BIOMASS AND LENGTH OF FINE ROOTS IN *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. IN THE COUNTY OF SANTA MARIA (RS)

Rudi Witschoreck¹ Mauro Valdir Schumacher²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estimar a biomassa e o comprimento de raízes finas (≤ 2 mm de diâmetro), em diferentes profundidades do solo, para a espécie: *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid., com 10 anos de idade. O estudo foi realizado no município de Santa Maria (RS), no Campus da Universidade Federal de Santa Maria. O talhão desta espécie têm 27 m de comprimento por 14 m de largura, plantado em espaçamento 3 m x 2 m. Foram amostrados 4 monolitos de 25 cm x 25 cm x 60 cm. Os monolitos foram divididos em 6 perfis geométricos nas profundidades de 0 – 10, 10 – 20, 20 – 30, 30 – 40, 40 – 50, 50 – 60 cm. A separação das raízes do solo foi por meio de um conjunto de duas peneira (2 mm e 1 mm de malha), e jatos d'água. Na determinação do comprimento de raízes foi utilizado o método de intersecção descrito por TENNANT (1975), produzindo fotos com o uso de scanner. Os resultados revelaram uma alta concentração das raízes finas nos primeiros 20 cm de solo. A biomassa total de raízes finas encontradas para o *Eucalyptus grandis* foi de 1280,8 kg ha⁻¹, sendo que, 68,7% estavam concentradas nos primeiros 20 cm de solo. O comprimento total de raízes finas foi de 31.966,9 km ha⁻¹, 62,8% estavam nos primeiros 20 cm de profundidade.

Palavras-chave: Raízes finas, *Eucalyptus grandis*, nutrição florestal.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal. Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. CEP: 97105-900. Santa Maria. RS.

² Engenheiro Florestal, Dr. nat. techn., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP: 97105-900, Santa Maria (RS).

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

ABSTRACT

This study has as main objective, estimate the amount of biomass and the length of fine roots (< 2mm of diameter) in different soil depths to *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid, with ten year old. The study was done in the county of Santa Maria (RS) in the Campus of UFSM. The plots of these specie have 27 m of length and 14 m of width, planted with 3 m x 2 m of space. Four monoliths of 25 cm x 25 cm x 60 cm were sampled. The monoliths were divided in six geometric sections in the depths of 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30, 30 - 40, 40 - 50, 50 - 60 cm. The separation of the roots from the soil was made using one conjunction of two sieves (2 mm and 1 mm of knitting) and water jets. To determine the length of the roots the intersection method described by TENNANT (1975) was used, producing photos with a use of a scanner. The results showed a high concentration of fine roots in the first 20 cm of the soil. The total biomass of fine roots found to *Eucalyptus grandis* was 1280.8 kg ha⁻¹, 68.7% were concentrated in the first 20 cm of soil. The total length of fine roots was 31,966.9 km ha⁻¹, 62.8% were in the first 20 cm of depth.

Key words: Fine roots, *Eucalyptus grandis*, forest nutrition

INTRODUÇÃO

O eucalipto é a essência florestal mais plantada no mundo, inclusive no Brasil, onde ocupa maciços gigantescos, quase a metade da área mundial, LEÃO (2000). Isto se deve a características inerentes a este rico gênero botânico, mas também, por se tratar de uma das árvores mais estudadas e que melhor se conhece a sua silvicultura.

A pesar disso, o sistema radicular de absorção destas árvores não tem recebido a devida atenção, por parte das pesquisas. Onde, a grande maioria dos estudos realizados neste compartimento do vegetal, trata apenas do sistema radicular de sustentação, ou seja, das raízes grossas.

Os motivos desta negligência são principalmente em virtude da complexidade destes estudos, os quais, envolvem grande demanda de tempo e mão-de-obra, o que recai em pesquisas caras e que nem sempre as entidades de pesquisa estão aptas a custear.

Segundo MELLO et al. (1998), o estudo de avaliação do sistema radicular de *Eucalyptus grandis*, teve suas primeiras contribuições no Brasil através dos trabalhos de REIS et al. e GONÇALVES.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Este processo deve se intensificar cada vez mais, devido às pressões no sentido de reduzir custos de produção. É sabido, que o conhecimento das características do sistema radicular auxiliam na definição de práticas de preparo de solo e fertilização (local e época de aplicação), assim como, o conhecimento da configuração do sistema radicular é fundamental como fonte de subsídio para explicar processos ecofisiológicos básicos, principalmente aqueles relacionados com a nutrição mineral e balanço hídrico das árvores (GONÇALVES & MELLO, 2000).

O presente trabalho tem por objetivo estimar a biomassa e o comprimento de raízes finas (≤ 2 mm), em diferentes camadas do solo para o *Eucalyptus grandis*, com 10 anos de idade.

REVISÃO DE LITERATURA

Biomassa e distribuição das raízes finas no perfil de solo

É consenso que o fator que coordena a distribuição das raízes no solo é o genótipo da espécie, mas ele pode ser influenciado, e geralmente é, por outros fatores tais como: fertilidade, densidade, disponibilidade de oxigênio, textura, temperatura etc., e também pelas circunstâncias em que a espécie se desenvolve, por exemplo, competição, espaçamento entre árvores etc,

MELLO et al. (1998), estudando a distribuição de raízes finas em profundidade no solo, encontraram grande variação entre materiais genéticos e época de amostragem. Um clone superior de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* com 4,5 anos mostrou-se mais plástico as variações ambientais e o povoamento de *Eucalyptus grandis* (4,5 anos), propagado via semente, o menos plástico. No inverno o clone superior apresentou uma densidade de raízes finas (drf) nas camadas superiores do solo (até 30 cm de profundidade) bem maior do que no verão. Praticamente não houve diferença entre os genótipos com relação à densidade cumulativa de raízes finas no perfil de solo, na amostragem feita no inverno. Cerca de 70% das raízes foram encontrada até 30 cm de profundidade. De forma diferente, no verão, a distribuição cumulativa de raízes finas do clone superior foi bem distinta daquela observada no inverno, onde apenas 30% das raízes finas foram encontradas nos 30 cm superficiais de solo. Ao contrário, não foram observadas expressivas diferenças para os demais genótipos quanto à distribuição de raízes no perfil de solo.

Esta grande oscilação estacional da (drf) do clone superior evidencia sua grande capacidade de adaptação às condições adversas do meio ambiente, devendo ser este um fator preponderante para sua superioridade perante aos outros genótipos. Assim no verão, período de

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

maior atividade metabólica das árvores, quando a demanda de água é muito alta, as árvores deste clone aumentam a (drf) em profundidade para absorver maior quantidade de solução do solo, conseqüentemente, também dos nutrientes dissolvidos nesta solução. Por outro lado, no inverno, com a redução do ritmo de crescimento das árvores a (drf) nas camadas mais profundas é reduzida, segundo os autores. A temperatura atmosférica e do solo, e o teor de água no solo devem ser os principais fatores reguladores desse processo (ROBERTS, 1976; NAMBIAR, 1983) apud MELLO et al., 1998. Outra verificação foi a que os genótipos menos produtivos tendem a ter uma maior quantidade de raízes finas nas camadas superiores do solo e na serapilheira, principalmente no verão. Os autores concluíram, que a disponibilidade de água é o principal fator a afetar a (drf) nas camadas mais profundas do solo (> 30 cm) e a disponibilidade de nutrientes o principal fator a afetar a (drf) nas camadas superficiais do solo (< 30 cm) e na serapilheira.

SCHUMACHER (1995), ao trabalhar com *Eucalyptus dunnii* encontrou 38 % da massa seca das raízes finas (< 2 mm), nos primeiros 20 cm do solo. No perfil restante de 20 a 80 cm, encontrou os demais 62 %. Este mesmo *Eucalyptus dunnii*, mesma procedência, quando estudado pelo mesmo autor em outro local, apresentou 72 % de sua massa de raízes finas nos primeiros 20 cm do solo. Este comportamento pode ser explicado em parte, segundo o autor, pelo fato de que o solo onde se encontram as árvores desta espécie apresenta uma textura totalmente arenosa, (menos de 10 % de argila) e estrutura granular (grande fração de areia grossa), logo com baixa capacidade de armazenar água e nutrientes nas camadas superficiais. Portanto a grande quantidade de raízes finas nos primeiros 20 cm do solo se deve a presença da camada de serapilheira, esta resultante da devolução das folhas, cascas e ramos etc, que funciona como um isolamento térmico evitando um super aquecimento do solo e a perda de água por evaporação.

Nos solos poucos férteis e de textura arenosa, a grande maioria das raízes finas das árvores encontram-se restritas a camada da manta orgânica e as camadas superficiais do solo mineral. Enquanto que em solos de boa fertilidade e bem estruturados grande proporção da biomassa das raízes são encontradas em camadas mais profundas, KIMMINS (1987) e SCHUMACHER (1995).

REIS et al. (1995) estudando *Eucalyptus grandis*, com mais de 5,5 anos, na região dos cerrados, a relação de biomassa do sistema radicular/parte aérea foi equivalente a 0,15 no sítio de solo mais fértil e a 0,46 no sítio de solo menos fértil. A proporção de biomassa total alocada para o sistema radicular foi de 13% para os sítios de solos mais férteis e 32% para os de solos menos férteis.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Quanto a possíveis diferenças na posição de amostragem do sistema de raízes finas em relação à distância do fuste da árvore, NAMBIAR (1983), citado por GONÇALVES & MELLO (2000), que estudou distribuição espacial das raízes finas de uma plantação de *Pinus radiata*, sobre um solo de textura arenosa, com baixa disponibilidade de água e nutrientes, observou que a densidade de raízes, após 2 – 3 anos da implantação, não variava na camada superficial de solo, independente da maior ou menor distancia do tronco ou se as amostras eram coletadas na linha ou entrelinha de plantio. Foi observado, também, que a distribuição vertical de raízes não era influenciada pela idade e que 80 – 90% das raízes estavam concentradas nos 30 cm superficiais de solo.

GONÇALVES (1995), verificou que, quanto mais elevadas eram as taxas de crescimento das árvores menor era a densidade de raízes finas (≤ 3 mm), nas diferentes camadas do solo. As maiores densidades de raízes finas foram encontradas nos sítios de solos menos férteis e, vice-versa. Independentemente disto, a distribuição de percentual de raízes no perfil de solo foi idêntica para ambas à situação. Em termos cumulativos, na média, 38, 51 e 60% das raízes finas foram encontradas nas camadas 0 – 10, 0 – 20 e 0 – 30 cm, respectivamente e, os 40% restantes, na camada de 30 – 150 cm.

ANDRAE & KRAPFENBAUER (1983), quando estudaram distribuição de raízes finas em duas espécies nativas do sul do Brasil, (*Podocarpos lambertii* e *Araucária angustifolia*), constataram uma concentração de raízes finas próximo a superfície do solo, comportamento que eles acreditam estar relacionado com a maior disponibilidade de matéria orgânica, assim como, por uma melhor aeração.

Segundo SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992), as plantas não retiram seus nutrientes necessários somente das camadas superiores do solo, onde se encontra a maior massa de raízes, mas também das camadas mais profundas do solo. Ainda estes autores, afirmam que a maioria das vezes a única fonte de nutrientes prontamente disponível para as árvores são aquelas resultantes do processo de intemperismo das rochas minerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O local de estudo foi em uma área de teste de procedência de eucaliptos, no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria (RS). O experimento foi realizado em *Eucalyptus grandis*, com 10 anos de idade. O espaçamento entre árvores é de 3 m x 2 m e os talhões têm 27 m de comprimento por 14 m de largura.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Características dendrométricas

Na Tabela 1, são apresentados alguns parâmetros dendrométricos do talhão de *Eucalyptus grandis* estudado, com 10 anos de idade.

TABELA 1: Parâmetros dendrométricos do talhão de *Eucalyptus grandis*.

Parâmetro	Valor
DAP médio (cm)	22,8
Altura média (m)	24,9
Volume com casca (m ³ ha ⁻¹)	949,2

Clima

O clima da região é o tipo "Cfa 2" segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual de 19 °C e precipitação média anual de 1769 mm. Nesta região, podem ocorrer chuvas de 182 mm em 24 horas. Geadas de abril a novembro. Períodos secos maiores que 100 mm 5 vezes cada 8 anos, sendo mais freqüentes entre os meses de novembro e janeiro (BRASIL, 1973).

Solo

Os talhões de eucalipto estudados estão sobre solo Brunizem Hidromórfico, pertencente à Unidade de Mapeamento Santa Maria, que tem como características gerais: relevo suavemente ondulado, profundidade média (entorno de 1 m), solos ácidos e com saturação de bases baixa nos horizontes mais superficiais, aumentando estes valores à medida que o perfil se aprofunda. Fertilidade natural moderada e normalmente baixa em potássio. Apresentam ligeira a moderada falta d'água, solos com boa capacidade de retenção de umidade, mas podem apresentar deficiência devido à ocorrência de períodos secos. Também pode apresentar de ligeira a moderada falta de ar (BRASIL, 1973).

Amostragem

A amostragem consistiu-se no levantamento de quatro monolitos, sendo, dois deles na linha e dois na entre linha. Este procedimento de amostragem teve o objetivo de cobrir possíveis diferenças na distribuição do sistema radicular nestes pontos. Outro cuidado na escolha dos pontos amostrais, foi quanto a sua localização em relação às bordaduras, deixou-se uma faixa de segurança nos limites dos talhões, porque, esta região esta sujeita a um outro regime de luminosidade, o que poderia influenciar nos resultados. Também, na medida do possível, evitou-se amostrar próximo a falhas e árvores com problemas de vitalidade ou sanidade.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

Dimensões das amostras

Cada monolito apresenta as dimensões de 25 cm x 25 cm x 60 cm (0,0375 m³), e este foi dividido em seis subamostras de 25 cm x 25 cm x 10 cm (0,00625 m³), ou seja: 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50 e 50–60 cm em profundidade no solo, Figura 1.

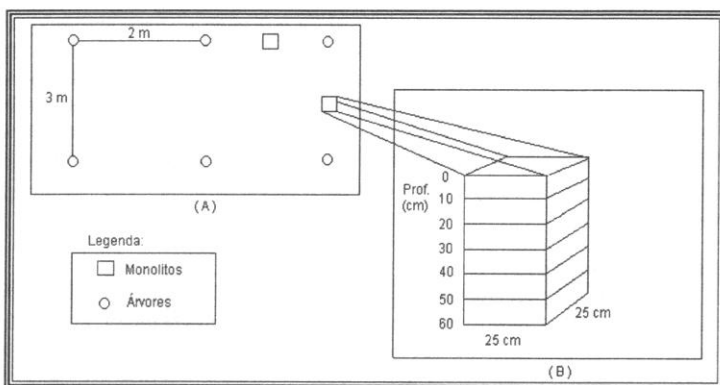


FIGURA 1: Representação esquemática da amostragem: (A) Detalhe da amostragem no povoamento (espaçamento 3 m x 2 m), monólitos na linha e na entre linha. (B) Detalhe do monólito e suas divisões de 10 em 10 cm, de 0 até 60 cm de profundidade.

Material utilizado na amostragem

O material utilizado no levantamento das amostras foi: pá, cavadeira, faca, facão, tesoura, espátula, pincel, régua, moldura de 25 cm x 25 cm (para determinação da área superior do monólito), sacos para coleta de solo e etiquetas de identificação.

Procedimento amostral

O primeiro passo foi a abertura de um vista lateral do monólito, mediante a escavação de uma trincheira de um metro de profundidade. Posteriormente, eliminou-se irregularidades na parede deixando-a, perfeitamente no prumo. Com o auxílio da moldura e demais ferramentas, retirou-se a primeira camada, de 0–10 cm de profundidade. A mesma metodologia foi utilizada na obtenção das demais camadas. O solo coletado foi armazenado em saco plástico com a devida identificação. O destino do

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

solo coletado foi uma câmara fria, onde permaneceu até o momento da separação das raízes do solo, período este, que não excedeu uma semana. Em média, era necessárias 5 horas de trabalho de uma pessoa, para a abertura da trincheira e a retirada das 6 subunidades do monolito.

Separação das raízes do solo

Na separação do solo das raízes, foi utilizado um conjunto de duas peneiras sobrepostas, a superior com uma malha de 2 mm e a inferior de 1 mm. O solo era depositado na peneira superior, em pequenas porções, e mediante jatos d'água e o auxílio de uma espátula o mesmo ia sendo retirado, permanecendo somente as raízes. Quase a totalidade das raízes ficavam depositadas na peneira de 2 mm, somente uma pequena fração destas, as mais finas, eram encontradas na segunda peneira de 1 mm de malha.

Armazenamento das raízes

Depois da separação das raízes do solo e a devida classificação em diâmetro (≤ 2 mm), as mesmas foram armazenadas em geladeira, dentro de vidros com solução de álcool (10%) e devidamente identificadas.

Determinação do comprimento das raízes

O método utilizado na determinação do comprimento de raízes foi o de intersecção descrito por TENNANT (1975). Para isso, confeccionou-se uma bandeja de vidro, com seu fundo tamanho A4 (21 m x 29,7 cm) e bordas de 1 cm de altura. Na face inferior externa foi afixado uma malha de 4 mm x 4 mm. Esta bandeja, com água e raízes era colocada sobre um scanner para obtenção de fotos.

De posse destas fotos, procedia-se a contagem das intersecções das raízes com a malha. Então, para a determinação do comprimento de raízes, os valores obtidos mediante contagem das intersecções, foram empregados na seguinte equação:

$$R = n / 4 \cdot N \cdot G$$

Onde: R = comprimento das raízes (em cm); $n = \pi$ (pi), 3,1416; N = número de intersecções e G = unidade da malha (0,4 cm).

Determinação da biomassa de raízes

Após a quantificação do comprimento de raízes, as mesmas foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 70 °C até peso constante e depois pesadas em balança analítica com 0,01 g de precisão.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biomassa de raízes finas

Verifica-se na Tabela 2, que a grande parte da biomassa de raízes finas (≤ 2 mm), está concentrada nos primeiros 20 cm de solo, onde perfazem 68,7% da biomassa radicular média. À medida que foi aumentando a profundidade do solo houve uma diminuição da biomassa de raízes, ocorrendo comportamento contrario, em alguns monolitos, na profundidade de 30 – 50 cm, possivelmente devido a camadas de solo mais adensadas, o que dificulta o a penetração e o desenvolvimento das raízes.

TABELA 2: Biomassa de raízes finas (kg ha^{-1}), em diferentes profundidades do solo, para *Eucalyptus grandis*, com 10 anos de idade.

		<i>Eucalyptus grandis</i>						
		Profundidade (cm)						
		0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60	Total
		kg ha^{-1}						
A ¹		580,8	217,6	164,8	92,8	128,0	35,2	1219,2
		(47,6) ²	(17,8)	(13,5)	(7,6)	(10,5)	(2,9)	(100)
B		672,0	246,4	107,2	102,4	64,0	81,6	1273,0
		(52,8)	(19,3)	(8,4)	(8,0)	(5,0)	(6,4)	(100)
C		595,2	196,8	80,0	51,2	59,2	54,4	1036,8
		(57,4)	(19,0)	(7,7)	(4,9)	(5,7)	(5,2)	(100)
D		724,8	286,4	164,8	124,8	145,6	147,2	1593,6
		(45,5)	(18,0)	(10,3)	(7,8)	(9,1)	(9,2)	(100)
Méd		643,2	236,8	129,2	92,8	99,2	79,6	1280,8
		(50,2)	(18,5)	(10,1)	(7,2)	(7,7)	(6,2)	(100)
D. Pad.		58,5	33,6	36,9	26,7	38,1	42,4	200,8
		CV (%)	9,1	14,2	28,5	28,7	38,4	53,2

(1) A, B, C, D, são monolitos.

(2) Valores entre parênteses, referem-se à porcentagem de raízes na respectiva camada, em ralação ao total.

Os valores médios de biomassa de raízes estão de acordo, com os resultados obtidos por vários autores. FABIÃO et al. (1987), avaliando a biomassa de raízes de *Eucalyptus globulus*, com diferentes idades (12 e 18 anos) e sítios, verificaram que em média 66% da biomassa de raízes finas ($< 2,0$ mm) se encontravam nos primeiros 20 cm do solo.

Para biomassa total de raízes finas, os resultados obtidos podem ser comparados com aqueles encontrados por LUY et al., (1997), quando obtiveram, para *Eucalyptus grandis*, aos 5 anos, 7 anos e 17 anos,

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

2,2 t ha⁻¹, 2,8 t ha⁻¹ e 2,9 t ha⁻¹, respectivamente, de raízes finas, menores que 5 mm, até a profundidade de 50 cm no solo. Valores mais elevados que 1,28 t.ha⁻¹ obtidos no presente trabalho, mas, deve ser considerado que os autores classificaram raízes finas como aquelas com diâmetro inferior a 5 mm, o que, certamente influenciou nestes valores, mesmo que eles tenham trabalhado somente até os 50 cm de profundidade no solo.

Na Figura 2, pode ser observado o comportamento da densidade de raízes finas em profundidade no solo.

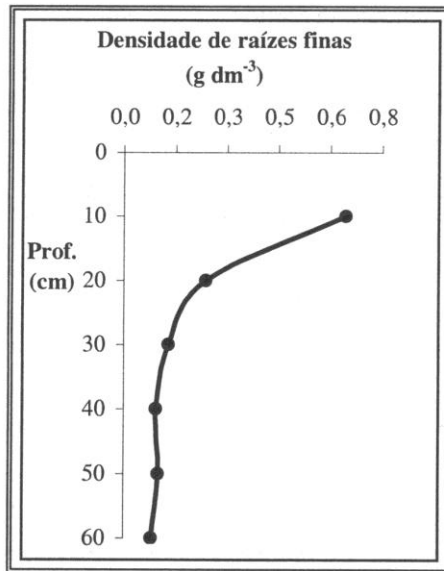


FIGURA 2: Densidade de raízes finas (g dm⁻³), no perfil do solo, para *Eucalyptus grandis*, com 10 anos de idade.

Comprimento de raízes finas

Assim como para a biomassa, o comprimento de raízes finas (≤ 2 mm), também apresentou seus maiores valores médios nas primeiras camadas do solo, Tabela 3.

O comprimento médio de raízes finas no perfil de 60 cm de solo foi de 31.966,9 km ha⁻¹. Na Tabela 3, verifica-se que em média, 74% do comprimento das raízes finas encontram-se nos primeiros 30 cm de

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

profundidade de solo. Estes dados estão de acordo com MELLO et al. (1998), que encontraram, para três materiais-genéticos (*Eucalyptus grandis*, propagado por semente e dois híbridos do *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*), 70% das raízes (< 3 mm), nos primeiros 30 cm de profundidade do solo.

Na Tabela 3, pode-se verificar que, assim como para biomassa, o comprimento de raízes finas diminui com o aumento da profundidade.

TABELA 3: Comprimento de raízes finas (≤ 2 mm), em diferentes profundidades do solo para *Eucalyptus grandis* de 10 anos de idade.

	<i>Eucalyptus grandis</i>						Total
	Profundidade (cm)						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	
	km ha ⁻¹						
A ¹	12953,4 (36,5) ²	7359,8 (20,7)	4292,9 (12,2)	4933,5 (13,9)	3940,8 (11,1)	2015,6 (6,7)	35496,2 (100)
B	13509,3 (44,1)	5866,9 (19,2)	3830,2 (12,5)	3878,4 (12,7)	1807,0 (5,9)	1730,1 (5,6)	30622,2 (100)
C	11134,3 (44,5)	5964,5 (23,9)	2578,6 (10,3)	2083,0 (8,3)	1813,5 (7,4)	1423,5 (5,7)	24997,5 (100)
D	13517,4 (36,8)	9392,3 (25,6)	3567,0 (9,7)	3474,3 (9,5)	3632,5 (9,9)	3167,9 (8,6)	36751,7 (100)
Méd	12778,6 (40,5)	7145,9 (22,3)	3567,2 (11,2)	3592,3 (11,1)	2798,5 (8,5)	2084,3 (6,4)	31966,9 (100)
D. Pad.	976,5	1425,1	627,1	1021,3	994,2	659,7	4629,5
CV (%)	7,6	19,9	17,6	28,4	35,5	31,6	14,5

(1) A, B, C, D, são monolitos.

(2) Valores entre parênteses, referem-se à porcentagem de raízes na respectiva camada, em ralação ao total.

Na Figura 3, pode-se visualizar a distribuição do comprimento de raízes finas no perfil de solo.

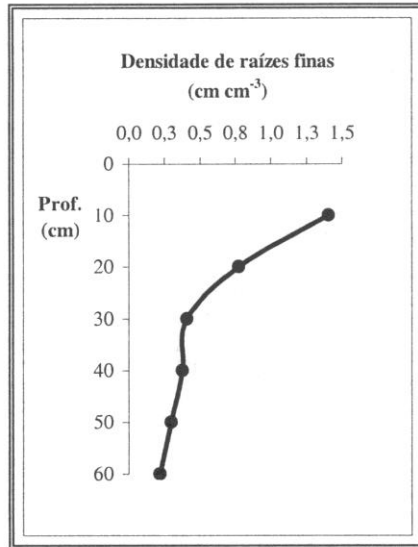


FIGURA 3: Densidade de raízes finas (≤ 2 mm) em *Eucalyptus grandis*, em diferentes profundidades do solo, com 10 anos de idade.

CONCLUSÕES

- O comprimento de raízes finas (≤ 2 mm), para *Eucalyptus grandis* com 10 anos de idade foi de 31.966,9 km ha⁻¹, até a profundidade de 60 cm de solo;
- A biomassa de raízes finas (≤ 2 mm), até 60 cm de profundidade, foi de 1.280,8 kg ha⁻¹;
- Aproximadamente 60% da densidade de raízes finas, foi encontrada nos primeiros 20 cm de profundidade do solo;
- A densidade de raízes finas diminuiu à medida que aumenta a profundidade do solo, havendo pouca variação após os 30 cm de profundidade.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F. & KRAPPENBAUER, A. Distribuição de raízes finas do pinheiro bravo (*Podocarpus lambertii*) e do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*). In: Pesquisas Austro- Brasileiras (1973 – 1982). 1983 p. 56-67.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Departamento Nacional de Pesquisa agropecuária. Levantamento de solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431 p. (boletim técnico n° 30)
- FABIÃO, A.M.D.; MADEIRA, M.; STEEN, E. Root mass in plantations of *Eucalyptus globulus* in Portugal in relation to soil characteristics. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. Vol. 1: 185 – 194 .1987.
- GONÇALVES, J.L.M. Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas (I Distribuição de raízes nas camadas de solo). In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. Viçosa (MG); p. 876 – 878,1995.
- GONÇALVES, J.L.M.: MELLO, S.L.M. O sistema radicular das árvores. In: Nutrição e Fertilização de Florestas. Piracicaba (SP), IPEF, 2000, Cap.8, p. 221 – 267.
- KIMMINS, J. P. *Forest Ecology*. New York. Macmillan Publishing Company. 1987. 531 p.
- LEÃO, R.M. *A floresta e o homem*. São Paulo (SP): Editora da Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 434 p.
- LUY, A.; GOYA, J.F. ; FRANGI, J.L. Distribución de la biomasa aérea y subterránea en plantaciones de *Eucalyptus grandis* de distintas edades en la región de Concordia, Entre Ríos (Argentina). In: II CONGRESO FORESTAL ARGENTINO Y LATINO - AMERICANO “Forestar y crecer” Posada-Misiones. Asociación Forestal Argentina, 1997.
- MELLO, S.L.M.; GONÇALVES, J.L.M.; OLIVEIRA, L.E.G. Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. In: *Scientia Florestalis*, 54: 16 – 26, 1998.
- REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P.; REZENDE, G.C. DE; BARROS, N.F. DE. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus*

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

grandis plantado no cerrado em duas áreas com diferentes profundidades. Revista Árvore, 9: 149 – 162, 1995.

SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. Lehrbuch der Bodenkunde. 12 ed. Germany: Ferdinand Enke Verlag. 1992, 491 p.

SCHUMACHER, M.V. Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien. Viena, Áustria: 1995. 167p. Tese (Doutorado)

TENNANT, D.A. A test of a modified line intersect method of estimating root length. Journal of Ecology, 63: 995 – 1001, 1975.

**DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ALTURA/DIÂMETRO DE
Eucalyptus grandis, *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. citriodora*, NA
REGIÃO DE SANTA MARIA - RS.**

**DETERMINATION OF THE HEIGHT/DIAMETER PROPORTION
OF *Eucalyptus grandis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* and *E. citriodora*, IN
SANTA MARIA - RS.**

Cáren Andreis¹ Adroaldo Dias Robaina² César Augusto Guimarães Finger³
Marcelo Camponogara Pippi¹ Robson Fumagalli Lima¹

RESUMO

Neste trabalho foram testados seis modelos matemáticos com o objetivo de selecionar aquele que apresentasse a maior precisão nas estimativas de relação altura/diâmetro (h/d) para *Eucalyptus grandis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. citriodora*. Tal estudo foi realizado no Município de Santa Maria - RS, em povoamentos de 9 anos de idade. O modelo que melhor expressou a relação h/d para *E. citriodora* foi a equação da reta: $h = b_0 + b_1 * c$. Para as demais espécies o melhor modelo foi: $1/h = b_0 + b_1 * \ln c / c^2$ sendo que, após realizada a análise de covariância, verificou-se que para *E. cloeziana** e *E. urophylla* os coeficientes de intercepto e angular não diferiram significativamente pelo teste *f*. Já para *E. grandis* e *E. urophylla* e para *E. grandis* e *E. cloeziana* os coeficientes angulares não diferiram significativamente enquanto que os coeficientes de intercepto diferiram significativamente segundo o teste *f*, provando que tais regressões são paralelas, mas não coincidentes.

Palavras-chave: Relação hipsométrica, *Eucalyptus*, Análise de Covariância.

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: ca.floresta@bol.com.br

² Eng. Agrônomo. Dr. Professor titular do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, UFSM. E-mail: robaina@ccr.ufsm.br

³ Eng. Florestal. Dr. Professor titular do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, UFSM. CEP: 97105-900, Santa Maria. RS

ABSTRACT

In this work were tested six mathematical models with the objective of selecting that to present larger precision in the estimates of height/diameter (h/d) proportion for *Eucalyptus grandis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* and *E. citriodora*. This study took place in the municipal district of Santa Maria - RS, in 9 year-old settlements. The model that best expressed the proportion h/d for *E. citriodora* was the equation of the straight line: $h = b_0 + b_1 * c$. For the other species the best model was: $1/h = b_0 + b_1 * \ln(c/c^2)$ and, after having accomplished the covariance analysis, it was verified that for *E. cloeziana* and *E. urophylla* the intercept and angular coefficients didn't differ significantly for the test f. Already for *E. grandis* and *E. urophylla* and for *E. grandis* and *E. cloeziana* the angular coefficients didn't differ significantly while the intercept coefficients differed significantly according to the test f, proving that such regressions are parallel but not coincidents.

Key words: hypsometric proportion , *Eucalyptus*, covariance analysis.

INTRODUÇÃO

O constante aumento da população mundial, assim como na melhoria das condições de vida da população trouxe consigo um acréscimo na demanda de produtos provenientes da madeira.

Apesar de aceitável tal afirmação, no Brasil, a preocupação com a diminuição da oferta de madeira só tornou-se concreta nos últimos anos, quando, após terem sido praticamente esgotadas as fontes de madeira nativa começaram a surgir estudos quanto ao potencial produtivo e a viabilidade de produção de espécies alternativas para suprir a demanda do mercado.

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies, muitas das quais vem sendo plantadas à anos em vários países, possuindo extensas áreas de cultivo. Os motivos de tal prática são, além da grande rentabilidade apresentada por tal espécie, devido à sua alta taxa de crescimento, abundância em biomassa, capacidade de rebrota, adequação à sítios de baixa qualidade e alta porcentagem de sobrevivência das mudas nas mais diversas condições. Sua ampla utilização possibilita que tal gênero seja introduzido facilmente em todas às regiões com baixos riscos em relação à sua comercialização.

Os estudos sobre a silvicultura e o manejo de povoamentos das

mais diversas espécies de *Eucalyptus*, tem proporcionado a confecção e execução do planejamento da produção florestal. Para tal é necessário descrever matematicamente as relações entre variáveis dendrométricas a fim de elaborar tais planos. Os modelos matemáticos proporcionam ainda estimar o valor de uma variável de difícil obtenção a partir de uma de fácil determinação. Duas destas são a altura e diâmetro das árvores. Estas variáveis são fortemente correlacionadas, podendo sua relação ser expressa por modelos matemáticos.

A determinação de funções para descrever a relação altura/diâmetro de povoamentos florestais permite conhecer a altura de um indivíduo a partir da medição de sua circunferência ou do diâmetro, visto que tais variáveis são diretamente proporcionais e características para uma determinada espécie. O emprego de funções vem facilitar e baratear o inventário florestal, tendo em vista a dificuldade da medição da variável altura à campo.

Considerando a importância do gênero *Eucalyptus* na região sul do Brasil, buscou-se determinar modelos matemáticos que melhor reproduzissem a relação altura/diâmetro de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. cloeziana* e *E. citriodora*, na região central do Rio Grande do Sul, bem como analisar a inclinação e intercepção das curvas das quatro espécies estudadas, buscando verificar a possibilidade de seu agrupamento em um conjunto único de curvas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo LIMA (1996), O eucalipto foi introduzido no Brasil no fim do século passado sendo os primeiros plantios em escala comercial feitos visando a produção de lenha para locomotivas e, na seqüência, de dormentes para ferrovias e de postes para eletrificação. Na década de 50, o eucalipto começou a chamar atenção como matéria-prima para produção de celulose, que se consolidou a partir de 1970. O eucalipto alcançou posição de destaque a partir de 1980, quando o Brasil começou a ocupar a primeira colocação como produtor e exportador de celulose sulfato branqueada. A produção de carvão ampliou a utilização de tal espécie e, ultimamente cresce a atenção para utilização como madeira de lei.

Segundo MANGIERI & DIMITRI (1992), o *Eucalyptus citriodora* tem sua área de ocorrência natural na parte oriental do estado de Queensland, Austrália, entre os 15 e 25°. A sua maior densidade se dá em uma superfície de 5000 há, ao sul do trópico de Capricórnio. É muito

sensível ao frio e às geadas; e, por tal motivo, é indicado para as regiões tropicais e subtropicais. A densidade da madeira obtida de tal espécie é de 99 g/cm³.

Quanto ao *Eucalyptus grandis*, os autores citam que a espécie é originária do norte do estado de Queensland e se estende desde Nova Gales do Sul, entre os 17 e 35° de latitude. Estende-se em povoamentos puros em terrenos hidromórficos e ao longo dos cursos d'água. O *E. grandis* cresce em zonas com uma pluviosidade de 1000 a 1800 mm ao ano. Sofre com o efeito das geadas e frio, não suportando temperaturas inferiores a 0°C. A densidade da madeira é de 62 g/cm³.

O *Eucalyptus cloeziana* possui como área de ocorrência natural o nordeste do estado de Queensland, na Austrália. É encontrado entre as latitudes de 16° a 26° sul, em altitudes de 30 a 900 metros. A precipitação é de 635 a 1250 mm em 90 a 120 dias, com temperatura mínima de 5°C, máxima de 44.4°C e média anual de 15.5 a 26.7°C. Não possui muita exigência para solos, crescendo em solos arenosos pobres, frios e úmidos, profundos e bem drenados. Subsolo com pequena quantidade de argila e bem drenado. A sua madeira possui coloração amarelo pálido, com densidade de 82 g/cm³. Não parece possuir condições celulósicas, no entanto, pode ser usado para compensados, aglomerados, carpintaria e postes (GUTIÉRREZ, 1976).

A espécie *Eucalyptus urophylla* ST. Blake é nativa da Indonésia e de outras ilhas ao norte do continente australiano, Papua Nova Guiné, Filipinas, Timor. Ocorre principalmente entre 7° e 10° de latitude sul e 122° e 127° de longitude leste. A espécie é encontrada com maior frequência em altitudes de 500 metros, podendo ocorrer em locais de até 3000 metros de altitude. O clima é tropical e subtropical úmido. As médias de temperatura do mês mais frio e mais quente é 10°C e 29°C, respectivamente. A precipitação anual é de 1000 a 1500 mm com regimes de chuvas estacionais de verão. (BOLAND et al., 1992).

Devido a grande importância no setor madeireiro, o eucalipto vem sendo plantado em grande escala pelo mundo inteiro, normalmente sob a forma de povoamentos equiâneos homogêneos, em áreas de grande extensão sob o ponto de vista empresarial, ou sob a forma de pequenos talhões para suprir as demandas internas de uma propriedade rural. Na determinação do estoque de madeira, quando da realização do Inventário Florestal, são geradas uma grande quantidade de informações, que muitas vezes são negligenciadas.

SCOLFORO (1995) cita que uma maneira eficiente de reduzir uma

base de dados sem perder suas características básicas é a utilização de modelos estatísticos.

No levantamento dendrométrico de parcelas de inventário florestal, normalmente são medidos todos os diâmetros e um certo número de alturas representativas. Isto porque a medição de todas as alturas eleva o custo, sem acrescentar maiores vantagens comparativas do ponto de vista de precisão, devido à fadiga, erro de medição com instrumentos hipsométricos, etc.. (HOSOKAWA et al, 1998).

A estimativa das alturas das demais árvores, para posteriores estimativas de produção pode ser feita através da relação altura/diâmetro, visto que esta é diretamente proporcional e característica para uma determinada espécie.

A relação altura/diâmetro varia com a espécie, sendo o ângulo de curvatura característico de cada espécie (LOETSCH et al., 1973). Entretanto, para uma mesma espécie, o ângulo de curvatura apresenta-se mais ou menos constante para diferentes sítios, idades e mesmo para diferentes posições sociológicas da árvore, variando apenas, nestes casos, o nível da curva.

FINGER et al. (2000) observaram, ao analisar as curvas de altura-diâmetro de acácia negra que tal espécie apresentou coeficientes angulares homogêneos para cinco modelos testados, evidenciando um paralelismo entre as curvas. No entanto, os coeficientes de intercepto apresentaram diferença estatística, o que ocasionou curvas não coincidentes entre si. O mesmo resultado foi encontrado por FINGER (1991) ao examinar os coeficientes angulares de três modelos matemáticos para as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* calculados a partir dos dados de 1732 árvores distribuídas sobre 147 unidades amostrais. Esse autor não encontrou diferença significativa entre os coeficientes angulares para cada uma das espécies e também para o grupo formado pelas duas espécies florestais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados para este estudo foram obtidos em unidades amostrais de 480 m², com idade de 9 anos, implantadas no Campus da Universidade Federal de Santa Maria. O espaçamento entre as árvores é de 3 x 2 metros, contadas a partir do canto esquerdo. As espécies em estudo são: *Eucalyptus grandis*, com quatro unidades amostrais, *E. urophylla*, com três unidades amostrais e *E. cloeziana* e *E. citriodora*, cada um com uma unidade

amostral. Foram medidos os diâmetros e as alturas das quinze primeiras árvores e das três árvores de maior diâmetro de cada unidade amostral.

Á área está localizada em uma altitude de 95 metros, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 29°43' sul e Longitude de 53°42' oeste de Greenwich.

O clima de Santa Maria, segundo a Classificação de Köeppen, é subtropical do tipo fundamental Cfa, que se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. A precipitação média varia de 1404 a 1760 mm (MORENO, 1961).

A região se encontra em uma área de solos medianamente profundos (em torno de 1 m), com cores bruno acinzentadas no horizonte A e bruno amareladas no B, textura média, friáveis e imperfeitamente drenados.

Para cada uma das espécies foram testados seis modelos matemáticos (Tabela 1), com o objetivo de determinar aquele que melhor representasse a relação altura/diâmetro.

TABELA 1 - Relação de modelos matemáticos testados para *E. grandis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. citriodora*.

NÚMERO	MODELO
1	$1/h = b_0 + b_1 * \ln c / c^2$
2	$h^{0.5} = b_0 + b_1 / c^{0.5}$
3	$\ln h = b_0 + b_1 * \ln c$
4	$h = b_0 + b_1 * c$
5	$h = b_0 + b_1 * \ln c^2$
6	$1 / (h - 1.3)^{0.5} = b_0 + b_1 / c$

Onde: h = Altura total (m); b₀ = Coeficiente de intercepto; b₁ = Coeficiente angular; c = Circunferência à altura do peito (cm).

As equações foram testadas no programa TABLE CURVE 2D e posteriormente selecionadas pela análise do coeficiente de determinação (r²), erro padrão da estimativa da média (Sxy%), análise gráfica dos resíduos e teste de tendência das curvas.

Para as espécies cujo mesmo modelo foi selecionado, procedeu-se a prova de regressões comuns, testando se os mesmos coeficientes poderiam ser usados para determinar a relação altura-diâmetro de duas ou mais

espécies diferentes, segundo o teste f. Tal procedimento consiste em testar, primeiramente, se se tratam de coeficientes angulares comuns. Se tais coeficientes não diferem significativamente, procede-se a análise da diferença entre níveis, ou coeficiente de intercepto. Não havendo diferença significativa, prova-se que a mesma equação, com os mesmos coeficientes, pode ser usada para determinar a relação altura/diâmetro de duas ou mais espécies diferentes (FREESE, 1970).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores dos coeficientes de determinação (r^2) encontrados e do erro padrão da estimativa em percentagem da média ($S_{xy}\%$) são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Valores dos coeficientes de determinação (r^2) e do erro padrão da estimativa em percentagem da média ($S_{xy}\%$), para cada modelo testado.

MODELO	E. grandis		E. cloeziana		E. urophylla		E. citriodora	
	r^2	$S_{xy}\%$	r^2	$S_{xy}\%$	r^2	$S_{xy}\%$	r^2	$S_{xy}\%$
1	0,9205	6,35	0,9577	6,14	0,9109	7,19	0,9354	10,87
2	0,9129	6,64	0,9502	6,65	0,9143	7,06	0,9028	13,33
3	0,8589	8,45	0,9125	8,82	0,8763	8,48	0,9741	6,88
4	0,8022	10,01	0,8727	10,64	0,8440	9,52	0,9750	6,76
5	0,8887	7,51	0,9434	7,09	0,9033	7,49	0,9393	10,54
6	0,9118	6,68	0,9530	6,47	0,9092	7,26	0,9660	7,88

Observa-se que para *Eucalyptus grandis* e *E. cloeziana*, o modelo que melhor se ajustou, com maiores r^2 e menores $S_{xy}(\%)$, foi o modelo $n^{\circ}1 - 1/h = b_0 + b_1 * \ln c / c^2$. Tal modelo foi também o que apresentou menores resíduos e sua curva não apresentou tendências (Figuras 1 e 2).

Altura (m)

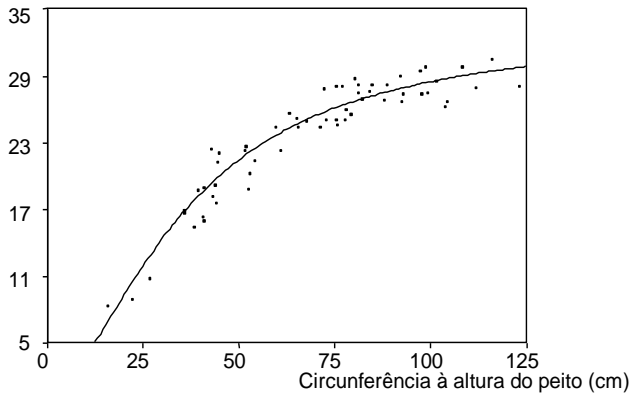


FIGURA 1 - Curva da relação hipsométrica (h/d) para *E. grandis*.

Altura (m)

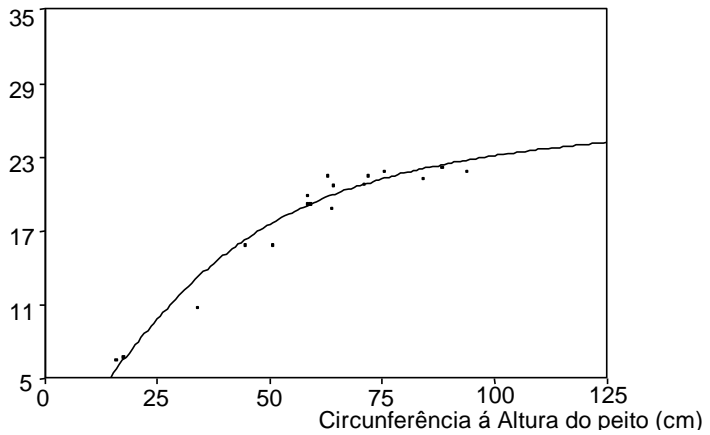


FIGURA 2 - Curva da relação hipsométrica (h/d) para *E. cloeziana*.

Com os coeficientes b_0 e b_1 determinados para as duas espécies, o modelo apresentou a seguinte configuração, para cada uma das espécies:

$$E. grandis: \quad 1/h = 0,0304 + 10,47083 * \ln c / c^2$$

$$E. cloeziana: \quad 1/h = 0,03762 + 12,57655 * \ln c / c^2$$

Para *Eucalyptus urophylla*, o modelo que melhor se ajustou, com maiores r^2 e menores $S_{xy}(\%)$, foi o modelo $n^{\circ}2 - h^{0.5} = b_0 + b_1 / c^{0.5}$, no entanto, a precisão do modelo $n^{\circ}1 - 1/h = b_0 + b_1 * \ln c / c^2$, é semelhante a precisão do modelo $n^{\circ}2$. Sendo os dois modelos não tendenciosos e com baixos resíduos, considerou-se o modelo $n^{\circ}1$ para posterior teste de covariância dos coeficientes entre as espécies (Figura 3).

Com os coeficientes b_0 e b_1 determinados para *E. urophylla*, o modelo apresentou a seguinte configuração:

$$E. urophylla: \quad 1/h = 0,03484 + 13,07005 * \ln c / c^2$$

Já para *E. citriodora*, o modelo $n^{\circ}1$ apresentou-se tendencioso, sendo que a equação que melhor se adaptou foi a $n^{\circ}4 - h = b_0 + b_1 * c$. Tal resultado mostra que a espécie em questão apresenta relação hipsométrica linear, com ótimos valores de R^2 (0.97503) e de S_{xy} (6.76%), baixos resíduos e curva não tendenciosa (Figura 4).

Altura (m)

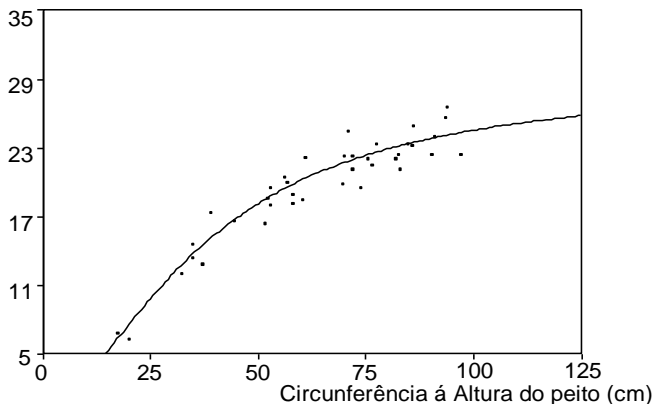


FIGURA 3 - Curva da relação hipsométrica (h/d) para *E. urophylla*.

Altura (m)

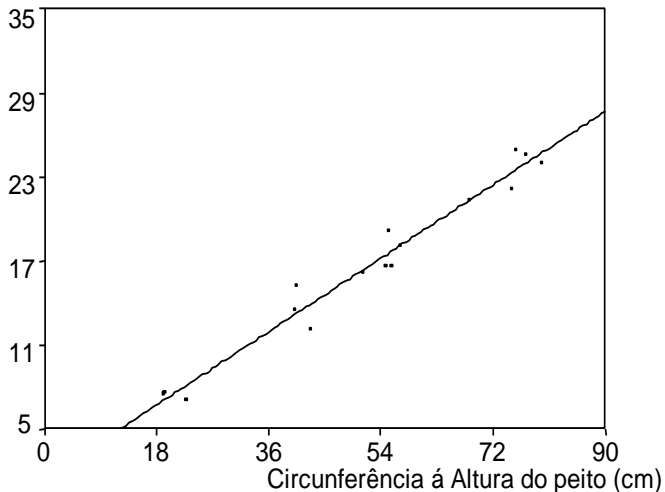


FIGURA 4 - Curva da relação hipsométrica (h/d) para *E. citriodora*.

Com os coeficientes b_0 e b_1 determinados para *E. citriodora*, o modelo apresentou a seguinte configuração:

$$E. citriodora: \quad h = 1,44487 + 0,29028 * c$$

O teste de regressões comuns para *E. grandis* e *E. urophylla* apresentou como resultado da comparação entre coeficientes angulares um f de 0,1657 para 1 grau de liberdade da diferença entre coeficientes angulares comuns e os resíduos e 93 graus de liberdade para os resíduos. O f tabelado para tal situação foi de 6,331 a 1%, mostrando que os coeficientes angulares de *E. grandis* e *E. urophylla* na equação $1/h = b_0 + b_1 * \ln c / c^2$ não diferem significativamente. Já a comparação entre os coeficientes de intercepto destas duas espécies apresentou um f calculado de 12,4089 para um f tabelado de 6,331 a 1%, mostrando que tais coeficientes diferem significativamente, o que prova que as duas espécies não possuem a mesma relação altura/diâmetro, pois suas curvas são paralelas mas em níveis diferentes. Tendo tais espécies curvas paralelas, há a possibilidade de manter o ângulo de inclinação constante e fazendo variar o coeficiente de intercepto.

Para isto, basta medir diâmetro e altura da árvore média e estimar h_0 .

O teste de regressões comuns para *E. grandis* e *E. cloeziana* apresentou como resultado da comparação entre coeficientes angulares um f de 0,5460 para 1 grau de liberdade da diferença entre coeficientes angulares comuns e os resíduos e 72 graus de liberdade para os resíduos. O f tabelado para tal situação foi de 6,322 a 1%, mostrando que os coeficientes angulares de *E. grandis* e *E. cloeziana* na equação $1/h = b_0 + b_1 * \ln c / c^2$ não diferem significativamente. Já a comparação entre os coeficientes de intercepto destas duas espécies apresentou um f calculado de 16,3334 para um f tabelado de 6,322 a 1%, mostrando que tais coeficientes diferem significativamente, o que prova que as duas espécies não possuem a mesma relação altura/diâmetro, pois suas curvas são paralelas mas em níveis diferentes. Tendo tais espécies curvas paralelas, há a possibilidade de manter o ângulo de inclinação constante e fazendo variar o coeficiente de intercepto. Para isto, basta medir diâmetro e altura da árvore média e estimar h_0 .

Já para *E. urophylla* e *E. cloeziana*, o teste de regressões comuns apresentou como resultado da comparação entre coeficientes angulares um f de 0,0271 para 1 grau de liberdade da diferença entre coeficientes angulares comuns e os resíduos e 51 graus de liberdade para os resíduos. O f tabelado para tal situação foi de 6,303 a 1%, mostrando que os coeficientes angulares de *E. cloeziana* e *E. urophylla* na equação $1/h = b_0 + b_1 * \ln c / c^2$ não diferem significativamente. Na comparação entre os coeficientes de intercepto destas duas espécies o resultado do f calculado foi de 0,5448 para um f tabelado de 6,303 a 1%, mostrando que os coeficientes de intercepto das duas espécies também não diferem significativamente, o que prova que *E. urophylla* e *E. cloeziana* possuem relações altura/diâmetro semelhantes, podendo-se por vias de cálculo, usar uma mesma equação, com os mesmos coeficientes b_0 e b_1 , para determinar tal relação para as duas espécies, visto que suas curvas são paralelas e em níveis semelhantes.

CONCLUSÃO

O modelo que melhor expressou a relação h/d para *E. citriodora* foi a equação da reta: $h = b_0 + b_1 * c$, com bom indicadores de precisão, sendo o coeficiente de correlação de 0,9750 e o S_{xy} de 6,76%.

Para *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. cloeziana* o modelo selecionado foi $1/h = b_0 + b_1 * \ln c / c^2$. Em todas as espécies as equações tiveram coeficientes de determinação superiores e 91% e erros padrão residuais em percentagem da média inferiores à 8%, não apresentando tendências de

ajuste quando da análise gráfica de resíduos.

A análise de covariância mostrou que o *E. grandis* e *E. urophylla* tem curvas com coeficientes angulares comuns, mas interceptos estatisticamente diferentes, evidenciando curvas paralelas mas não coincidentes. A comparação entre *E. grandis* e *E. cloeziana* mostrou o mesmo resultado, isto é, curvas paralelas mas não coincidentes..

A análise de covariância mostrou ainda que as curvas de relação hipsométrica de *E. urophylla* e *E. cloeziana* são paralelas e coincidentes, pois não houve diferença estatística entre os coeficientes de intercepto e de inclinação das duas equações.

As espécies *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. cloeziana* tem curvas de relação h/d paralelas entre si, mas não coincidentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLAND, D. J. et al. **Forest trees of Austrália**. 4ª ed. Austrália Government Publishing Service: CSIRO, 1992.

FINGER, C. ^a G. **Ein Beitrag zur Estrgskunde von *Eucalyptus grandis* und *Eucalyptus saligna* in Südbrasilien**. Wien, 1991. 137 p. Tese (Doutorado) - Universität Bodenkultur, 1991.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992, 269 p.

FINGER, C. A. G. ; SPATHELF, P.; SCHNEIDER, P. R.; COELHO, L. Curvas de altura-diâmetro de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 387-391, 2000.

FREESE, F. **Metodos estadisticos elementales para tecnicos forestales**. México. Publicidad Artística Litográfica, S.A. 1970. 105 p.

GUTIÉRREZ, G.L. **Atlas del eucalipto**. Vol. 1,2,3 e 4. Ministério da Agricultura (INIA e ICONA), sevilla, 1976.

HOSOKAWA, R. J.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba, Ed. UFPR. 1998, 162 p.

LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**, 2ª edição, EDUSP, São Paulo, 1996. 301 p.

LOETSCH, F.; ZOEHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Berlin:

BLV Verlag, 1973. 469 p.

MANGIERI, H.R.; DIMITRI, M.J. **Los eucaliptos en la silvicultura**. Editora Acme, Buenos Aires, 1992, 226 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre. 1961. 41 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Crescimento florestal 2**. Mensuração florestal 6. Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 243 p.

**CRESCIMENTO JUVENIL DE *Eugenia involucrata* D.C. EM
CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO NATURAL¹**

**JUVENIL GROWTH OF *Eugenia involucrata* D.C. IN NATURE
SHADING CONDITIONS**

Elci T. Henz Franco² Edson Perrando³

RESUMO

Eugenia involucrata D.C. conhecida como cerejeira-do-mato, é uma Myrtaceae, com distribuição ampla desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, e mais ao norte dos países do Prata. O conhecimento do comportamento das espécies nativas em condições de cultivo é de grande valia para a silvicultura, por esta razão o presente estudo teve como objetivo avaliar a sobrevivência e o crescimento desta espécie em condições experimentais de sombreamento natural. O experimento foi desenvolvido no campus da Universidade Federal de Santa Maria, em área destinada para este fim. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com dois tratamentos, três repetições e quarenta plantas por parcelas. Os tratamentos constituíram de diferentes níveis de sombreamentos sendo um denominado de capoeira (T1) e outro de Eucalyptus (T2). Foram realizadas avaliações semestrais considerando os seguintes parâmetros: a sobrevivência, crescimento em altura e espessura do coleto. Os resultados indicam que nos primeiros anos o crescimento das cerejeiras foi homogêneo, mas posteriormente houve um melhor crescimento e desenvolvimento naquelas cultivadas na capoeira.

Palavras-chaves: sobrevivência, crescimento, cerejeira-do-mato, sombreamento.

¹ Trabalho Financiado pela FAPERGS.

² Dr^a. Prof^a. de Fisiologia Vegetal. Departamento de Biologia. CCNE. UFSM. Campus, Camobi. Santa Maria/RS. BR. elci@ccne.ufsm.br.

³ Eng^o Florestal, aluno do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal/CCR/UFSM/BR

ABSTRACT

Eugenia involucrata D.C. is a wild native cherry tree specie belonging to the Myrtaceae family, distributed over Minas Gerais to Rio Grande do Sul and further north of the Prata countries. The knowledge of the behavior of these native species in culture conditions is of great value for the silviculture. The objective of the present research is to evaluate the growth of these species and also the survival of the young trees. The experiment was installed in a place on the Universidade Federal de Santa Maria, in an area specially designated for it. The delineation done was randomly, using two different treatments, three repetitions and forty plants per parcel. Different levels of shading were used (T1) the trees were growth in open field, (T2) the trees were grown shaded by Eucalyptus trees. The data shows an initial growth for cherry trees was similar but later the growing was better inshaded in the field.

Key words: cherry tree, growth, shading and survival

INTRODUÇÃO

Na flora brasileira a família Myrtaceae é representada por mais ou menos 1200 espécies, destas há cerca de 200 que produzem frutos comestíveis (HOEHNE, 1979). *Eugenia involucrata* é uma destas espécies, nativa da região sul americana, conhecida vulgarmente como cerejeira-domato, apresenta folhas pecioladas, elípticas-oblongas, apresenta casca glabra, flores pedunculares solitárias e frutos do tipo baga de cor vinácea escura (REITZ et al., 1983), que produz frutos de sabor peculiar, ainda pouco apreciado pela população em geral, devido à falta de produção. Floresce durante os meses de setembro a novembro. Apesar do vasto número de sementes produzidas, a dispersão que a mesma apresenta é bastante rarefeita, não formando grupos como freqüentemente acontece com as outras Mirtáceas (SANCHOTENE, 1985). Este fato pode ser devido à viabilidade das sementes ser bastante curta, pois a germinabilidade diminuiu à medida que se aumentou o período de estocagem (FRANCO E FELTRIN, 1991).

Em relação aos fatores ambientais, como luz, temperatura, água e condições edáficas do solo, pode-se afirmar que cada espécie tem exigências próprias para o seu desenvolvimento. Mas, na fase inicial da vida das plantas a luz é um dos fatores que produz efeitos mais marcantes no desenvolvimento das mesmas, influenciando diretamente na taxa

fotossintética (ENGEL, 1986) e nas respostas morfogênicas. A intensidade luminosa de baixo de uma árvore, mesmo quando esta apresenta copa bastante aberta, é de apenas de um décimo a um vigésimo da intensidade da luz solar (MEYER et al., 1983). Em algumas espécies, a luz é um fator limitante do crescimento e também regulador da sobrevivência das mudas (ALENCAR & ARAÚJO, 1980).

Estudo sobre o crescimento e desenvolvimento de espécies nativas, em condições naturais, são de muita valia para o conhecimento e comportamento fisiológico inicial das mesmas.

Considerando a deficiência de informações sobre a auto-ecologia de espécies nativas, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a sobrevivência e o crescimento de *Eugenia involucrata*, em duas condições naturais de sombreamento.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Experiências têm mostrado que muitas essências autóctones não apresentam bom desenvolvimento e adaptação quando utilizados plantios em plena luz. Informações gerais de ambientes e específicos como o controle de luminosidade faz-se condição básica para a implantação e manejo de florestas a fim de se obter alta produtividade (OLIVEIRA et al., 1979). O sombreamento ou proteção das plantas jovens após o plantio definitivo, e principalmente durante o primeiro ano é prática comum no cultivo de algumas essências florestais, como erva-mate (KASPARY, 1991). Em alguns consorciamentos de erva mate com outras espécies florestais, ficou demonstrado que o melhor crescimento ocorreu sob cobertura de *Pinus elliottii* seguida da cobertura de ipê e por último bracinga (NETO, 1991). Enquanto PES et al 1995, demonstrou que o crescimento de plantas erva-mate em capoeira ficou prejudicado, atribuindo o efeito à competição e à agressividade exercida pelas espécies não-lenhosas, além da influência direta das variações climáticas, como temperatura elevada do solo e incidência direta dos raios solares resultando pequeno desenvolvimento em altura, comprovou também o benefício do plantio consorciado com *Pinus sp.* O sombreamento, em algumas espécies, pode resultar numa resposta positiva no crescimento em altura e no diâmetro do coleto (FERREIRA et al., 1981).

A avaliação do crescimento e desenvolvimento das plantas tem sido feita por meio da análise morfológica como altura, diâmetro do coleto, peso seco, relação raiz/parte aérea, aérea foliar, entre outros. Alguns destes parâmetros como altura e diâmetro do coleto não implicam na destruição da

planta. Estudos de sombreamento realizados para quatro espécies florestais por FERREIRA et al., (1977) em condição de viveiro e campo, apresentaram comportamento diverso conforme os parâmetros analisados. Houve diferença significativa quanto ao diâmetro do coleto, sendo o maior para o guapuruvu com níveis de 25% de sombreamento, seguido em ordem decrescente, o jatobá-do-cerrado, a faveira e o tamboril. Para o parâmetro altura não houve influência para nenhuma das espécies citadas, nos diferentes níveis de sombreamento. *Cabralea glaberrima* (OLIVERIA et al., 1989) apresentou maior altura e matéria seca em condições de sombreamento em viveiro, porém não houve diferença do diâmetro do colo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em uma área próxima ao Jardim Botânico da UFSM, RS, com clima tipo Cfa, sub-tropical, com temperatura anual média de 19,2°C e precipitação média de 1.769mm, segundo Köppen, no período de agosto de 1991 a dezembro de 1994.

As mudas foram produzidas no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais, com semeadura direta em sacos de polietileno de 12,0cm de diâmetro por 25,0cm de altura, utilizando-se como substrato solo do viveiro.

As plantas juvenis, com um ano de idade foram selecionadas e avaliadas, constituindo-se um lote de 360 mudas uniformes e sadias, e foram levadas a campo nas seguintes condições de luminosidade natural, constituindo-se os tratamentos:

Tratamentos	Tipos de cobertura
1	Plantio com sombreamento de capoeira
2	Plantio com sombreamento de <i>Eucalyptus</i>

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos, três repetições e quarenta plantas por parcela. Na unidade experimental foi considerada a bordadura. Para evitar concorrência de ervas daninhas, foi efetuado a limpeza das mudas sempre que necessário, nos três primeiros anos. Posteriormente estes cuidados não foram mais realizados.

As plantas foram avaliadas duas vezes por ano, isto é, a cada 6 meses, considerando os seguintes parâmetros:

- altura em (cm)

- número de plantas sobreviventes
- diâmetro à altura do coleto (cm)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam alta taxa de sobrevivência da espécie (Tabela 1) nos três primeiros anos de observações. As duas condições de sombreamento favoreceram o estabelecimento e a sobrevivência das mudas. Atualmente, as plantas remanescentes estão abaixo de 50%, fato que pode ser atribuído a vários fatores, como a morte natural de muitas mudas pelas condições climáticas e edáficas adversas.

TABELA 1 - Percentual de sobrevivência a campo das mudas de cerejeiras em condições de sombreamento natural.

Tratamentos	ANO			
	1992	1993	1994	2001
T1 (capoeira)	95%	89,2%	89,2%	47%
T2 (eucaliptos)	90,8%	89,2%	76,7%	37%

Para a cerejeira os tratamentos de sombreamento não influenciaram os índices de sobrevivência. Mas para algumas espécies, a luz é um fator limitante tanto no crescimento como na sobrevivência da espécie (ALENCAR & ARAÚJO, 1980). A *Cedrela sp* em estágio juvenil necessita de sombreamento, sendo recomendada para o enriquecimento de florestas secundárias com plantio sob cobertura, onde o fator luminosidade, estaria sob controle (INOUE, 1976)

O crescimento em altura foi bastante homogêneo (Tabela 2) nos primeiros anos observados, na última avaliação, isto é, após 7 anos houve um incremento acentuado do crescimento em altura nas plantas remanescentes, destacando-se aquelas cultivadas na capoeira, onde o sombreamento é menor e a luminosidade maior intensificou a produção fotossintética possibilitando um melhor desenvolvimento. Estas plantas estão com muitas ramificações secundárias, enquanto que as consorciadas com o *Eucalyptus* estão com o seu desenvolvimento bastante reduzido.

TABELA 2 - Médias do crescimento em altura (cm) das cerejeiras em duas condições de sombreamento:

Tratamentos	ANO			
	1992	1993	1994	2001
T1 (capoeira)	10,81	17,96	26,30	135,93
T2 (eucaliptos)	11,12	21,26	24,31	71,07

Os dados de crescimento em altura apresentam diferenças extremas quando apresentados individualmente. A menor altura foi registrada em muda cultivada no sombreamento com eucaliptos com 9cm de altura e a maior altura foi de 184cm. Na capoeira a altura máxima atingiu 375cm e a mínima foi de 10,05cm. Porém os dados observados demonstram que inicialmente não há diferenças entre as médias dos dois tratamentos em relação a este parâmetro. Em geral, as plantas superiores têm crescimento contínuo, caracterizado como aberto, tendo em vista a presença de centros meristemáticos persistentes, ou seja, tecidos primários denominados de meristemas, responsáveis pela formação de novas estruturas bem como pelo seu desenvolvimento. O crescimento em altura é um bom indicativo do desenvolvimento das mesmas. A emissão dos ramos laterais, comum nas fases iniciais de crescimento e desenvolvimento, também seria um dado interessante, devido à arquitetura destas plantas.

TABELA 3 - Diâmetros médios na altura do coleto (DAC-cm) das cerejeira em duas condições de sombreamento.

Tratamentos	ANO			
	1992	1993	1994	2001
T1-capoeira	0,29	0,38	051	2,02
T2-eucaliptos	0,33	0,46	0,59	1,23

A espessura do coleto inicialmente foi superior nas cerejeiras plantadas no sombreamento com eucaliptos, mas na última avaliação verificou-se que aquelas cultivadas na capoeira apresentaram maior espessura. A relação altura/diâmetro é um índice importante na avaliação da capacidade de sobrevivência e estabelecimento das mudas a campo, (REIS et. al. 1991). CARNEIRO (1989) demonstrou haver alta correlação entre o diâmetro à altura do coleto e a sobrevivência das mudas após o plantio,

assim as plantas com maior diâmetro apresentaram melhores condições de sobrevivência, isto devido à maior capacidade de formação e crescimento de novas raízes, segundo o autor. Outras espécies podem apresentar um comportamento diferenciado conforme as fases de desenvolvimento, como por exemplo estudos realizados com mudas de jacarandá, indicaram que estas devem ser produzidas em sombreamento, e quando implementadas a campo a área deverá ser ligeiramente sombreada (REIS et. al. 1991).

A cerejeira-do-mato demonstra ser favorecida por um maior sombreamento na fase inicial, posteriormente seu desenvolvimento e crescimento foram incrementados com a presença de uma maior luminosidade, o que ocorreu no espaço da capoeira. Os parâmetros considerados, como espessura do coleto, altura da parte aérea e sobrevivência, confirmam que a espécie apresenta caráter heliófilo.

CONCLUSÃO

A sobrevivência da cerejeira-do-mato apresentou um comportamento independente das condições de sombreamento estudadas.

A altura e a espessura do coleto atingiram melhor desempenho no sombreamento de capoeira, onde a luminosidade era maior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, J. C., ARAÚJO, V. C., Comportamento de espécies Amazônicas quanto a luminosidade. Manaus. *Acta Amazônica*, 10 (3). 435-444.1980.

CARNEIRO, J. G. A. Influências dos fatores ambientais, das técnicas de produção sobre o crescimento das mudas florestais e a importância dos parâmetros que definem sua qualidade. IN: Anais Simpósio sobre florestas plantadas nos neotrópicos como fonte de energia. Viçosa, 1993.

ENGEL, V. L. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia. Piracicaba, ESALQ, 1989. Tese de Mestrado 203p.

FRANCO, E. T. H., FELTRIN, I., Germinação de *Eugenia involucrata* DC. IN: Anais da I Jornada de Pesquisa da UFSM. 1991.

FRANCO, E. T. H., MUDRI, L. C. - Dados preliminares do crescimento de *Eugenia involucrata* DC em dois níveis de sombreamento. IN: Anais... do 7º

Congresso Florestal Estadual de Nova Prata - RS. 1992.

FERREIRA, M. G., CÂNDIDO, J. F., SILVA, D. A., COLODETTE, J. L., - Efeito do sombreamento e da densidade de sementes sobre o desenvolvimento de mudas de *Pinnus insularis* Endlicher e seu crescimento inicial a campo. Curitiba. **Revista Floresta**, 12 (1)/ p.56-61. 1981.

HOEHNE, F.C. - Frutas-indígenas. 2ª edição. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio. 1979. 88p.

INOUE, M.T. - A auto-ecologia do gênero *Cedrella*: efeitos na fisiologia do crescimento no estágio juvenil em função da intensidade luminosa. **Revista Floresta**, 8 (2):58-61. 1977.

KASPARY, R. - Erva-mate: aspectos gerais. Venâncio Aires: Editora Treze de Maio, 1991. 40 p.

NETO, J. L. - Erva-mate sob cobertura. Três Barras: IBDF - Floresta Nacional de Três Barras - SC, 1984. 5 p.

OLIVEIRA, O. S., HOPPE, J. M., CHAMPANHOL, E. L. - Efeitos do sombreamento em mudas de *Cabralea glaberrima* Juss sob condições de viveiro. **Ciência e Natura**, Santa Maria, 11: 113-117, 1989.

PES, L., HOPPE, J. M., STORCK, L. & OLIVEIRA, O. S. - Comportamento da erva-mate (*Ilex paraguarensis* St. Hill.) em consórcio silvicultural. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.5 n.1, p.19-32, 1995.

REITZ, R., KLEIN, R. M., REIS, A. projeto madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, 34-35, 525p. 1983.

REIS, M. G. F., REIS, G. G., REGAZZI, A. J., LELES, P. S. S. Crescimento e forma do fuste de mudas de jacarandá-da-bahia sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. Viçosa, **Revista Árvore**, 15(1): 23-34, 1991.

SANCHOTENE, M. C. C. Frutíferas Nativas úteis à Fauna na Arborização Urbana. FEPLAM, Porto Alegre, RS. 1985. 311 p.

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Cedrella fissilis* VELLOZO

INFLUENCE OF DIFFERENT PHOSPHORUS DOSES IN THE GROWTH OF PLANTS OF *Cedrella fissilis* VELLOZO

Marcia d'Avila²⁹ Mauro Valdir Schumacher² Hamilton Luiz Munari Vogel¹
Leonir Rodrigues Barichello¹ Oscar A. Torres Figueredo¹

RESUMO

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Espécies Florestais, localizado no Centro Tecnológico de Silvicultura (CTS), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, com o objetivo de estudar os efeitos de diferentes doses de fósforo no crescimento de plantas de *Cedrella fissilis*. Como substrato foi utilizado Argissolo Vermelho-Amarelo coletado em horizonte A (0-20cm), com 20 e 30 Kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, como adubação básica. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 10 repetições, totalizando 60 plantas. Os tratamentos foram quantitativos e equidistantes, constituídos por: T1 – testemunha (solo c/adub.básica). T2 – 90 mg Kg⁻¹, T3 – 180 mg Kg⁻¹, T4 – 270 mg Kg⁻¹, T5 – 360 mg Kg⁻¹, T6 – 450 mg Kg⁻¹, de fósforo. Foram utilizadas sementes fornecidas pela FEPAGRO e vasos de polipropileno, com capacidade de 2,0 dm³, que foram vedados para evitar a perda de água e nutrientes. Na semeadura foram colocadas 5 sementes na parte central de cada vaso, e após 30 dias da germinação, foi realizado um raleio das plantas, permanecendo a de melhor vigor. A umidade utilizada nos vasos foi de 80% da capacidade de campo, sendo a água obtida por meio de destiladores, e a reposição realizada através da pesagem dos vasos. Os parâmetros avaliados foram: altura da parte aérea, diâmetro do colo, biomassa acima do solo, biomassa de raízes e biomassa total. Decorridos 100 dias da semeadura, realizou-se a medição e coleta dos dados do experimento. Primeiramente mediu-se a altura da parte aérea e o diâmetro do colo das plantas. Após, as raízes com o substrato foram lavadas sobre uma peneira de 0,84mm de malha. Para a determinação

²⁹ Mestrandos da UFSM, marcia_davila@zipmail.com.br;

² Prof. Dr. nat. techn. do Departamento de Ciências Florestais, UFSM, schuma@ccr.ufsm.br.

do peso de matéria seca, as raízes foram separadas da parte aérea e colocadas para secar em estufa a 75°C, até atingirem peso constante. O peso da matéria seca total foi obtido somando-se as duas partes. Determinou-se o melhor modelo através de testes de hipóteses das regressões. Os resultados mostraram que os parâmetros diâmetro e biomassa de raízes apresentam um comportamento linear. Os parâmetros biomassa acima do solo e biomassa total, apresentaram tendência a diminuir o valor com doses acima de 450 mg Kg⁻¹ de P. Para a variável altura da parte aérea, a dose de 360 mg Kg⁻¹ de P, resultou na maior altura das plantas. As doses de P utilizadas neste estudo foram insuficientes, não sendo possível a determinação do ponto de máxima eficiência para a maioria dos parâmetros observados, exceto para o parâmetro altura das plantas, sugerindo-se desse modo, novos estudos com maiores doses de fósforo para esta espécie.

Palavras-chave: fósforo, *Cedrella fissilis*, crescimento.

ABSTRACT

This work was driven at the Laboratory of Nutrition of Forest Species, located in the technological center of forestry (CTS), it belongs to the Department of Forest Sciences of Santa Maria's Federal University, with the objective of studying the effects of different phosphorus doses in the growth of plants *Cedrella fissilis*. As substratum was used red-yellow argisoloil collected in horizon A (0-20cm), with 20 and 30 kg ha⁻¹ of N and K₂O, respectively, as basic manuring. The used experimental delineation was it entirely casualizado with 6 treatments and 10 repetitions, totaling 60 plants. The treatments were quantitative and halfway, constituted for: T1 - testifies (soil with basic manuring). T2 - 90 mg Kg⁻¹, T3 - 180 mg Kg⁻¹, T4 - 270 mg Kg⁻¹, T5 - 360 mg Kg⁻¹, T6 - 450 mg Kg⁻¹, of phosphorus. Seeds were used supplied by FEPAGRO and polipropilene vases, with capacity of 2,0 dm³, that were prohibited to avoid the loss of water and nutritious. In the sowing 5 seeds were put in the central part of each vase, and after 30 days of germination, a thin out of the plants was accomplished, staying the one of better energy. The humidity used in the vases was of 80% of the field capacity, being the water obtained through distillers, and the replacement accomplished through the weighting of the vases. The appraised parameters were: stem diameter, shoot height, dry weight of the above ground, root and total biomasses. Elapsed 100 days of the sowing, took place the measurement and collection of the data of the experiment. After, the roots with the substratum were washed on a sieve of 0,84 mesh mm. For the determination

of the matter weight it dries, the roots were separate from the aerial part and put to dry in greenhouse to 75°C, until they reach constant weight. The weight of the drought total matter was obtained being added the two parts. Was determined the best model through tests of hypotheses of the regressions. The results showed that the parameters diameters and biomass of roots present a lineal behavior. The parameter biomass above the soil and total biomass, they present tendency to reduce the value with doses above 450 mg Kg⁻¹ of P. To the variable height of the aerial part, the dose of 360 mg Kg⁻¹ of P resulted in the largest height of the plants. The doses of P used in this study were insufficient, not being possible the determination of the point of maxim efficiency for most of the observed parameters, except for the parameter height of the plants, being suggested this way, new studies with larger phosphorus doses for this species.

Key words: phosphorus, *Cedrella fissilis*, growth.

INTRODUÇÃO

A *Cedrella fissilis*, mais conhecida como cedro-vermelho, pertencente à família Meliáceae, ocorre em todo o Brasil, encontrada no Estado do Rio Grande do Sul, em todas as matas, sendo, porém mais freqüente e abundante nas matas subtropicais do Alto Uruguai e seus afluentes, onde foi uma das árvores economicamente mais importantes. Esta espécie, quanto as suas características dendrológicas da madeira, seu crescimento, produção de sementes e vitalidade, representa grande potencial para o reflorestamento com nativas (REITZ et al., 1988).

Conforme GONÇALVES & POGGIANI (1996), a necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos o nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento. Assim as características e quantidade de adubos a aplicar dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e, de fatores de ordem econômica.

BARROS & NOVAIS (1990), relatam que a fertilização mineral é uma das técnicas silviculturais que pode ser adotada visando a elevar a produtividade florestal e reduzir o período de rotação. A adubação florestal, com raras exceções, é realizada de modo empírico e, praticamente, uma única formulação N-P-K é utilizada, independente do tipo de solo, da espécie e da época de plantio.

Assim o estudo de substrato apropriado para a produção de mudas com qualidade superior, torna-se fundamental para o estabelecimento de povoamentos com espécies nativas e exóticas no campo, garantindo um desenvolvimento inicial satisfatório da floresta implantada.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da utilização de diferentes doses de fósforo, no crescimento e produção de biomassa de plantas *C. fissilis*.

REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil a maioria dos solos disponíveis para o reflorestamento, possui baixos níveis de fósforo (BARROS & NOVAIS, 1990); como normalmente os solos usados como substrato possuem esta característica, o fósforo torna-se restritivo à produção de mudas de boa qualidade.

De acordo com GONÇALVES (1995), de um modo geral, as espécies florestais da Mata Atlântica são muito mais exigentes nutricionalmente do que as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*. Essas espécies, principalmente as das classes secundárias e clímax da sucessão florestal, são sensíveis à acidez a aos altos níveis de Al e Mn dos solos, além de serem muito exigentes em macro e micronutrientes.

Segundo RAIJ (1991), o fósforo é dos três macronutrientes, aquele exigido em menores quantidades pelas plantas. Não obstante trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Explica-se esta situação pela carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros e, também, porque o elemento tem forte interação com o solo.

Para MALAVOLTA (1989), as plantas não conseguem aproveitar mais que 10% do fósforo total aplicado, pois nos solos tropicais ácidos, ricos em ferro e alumínio, ocorre a adsorção deste elemento. O fósforo na planta estimula o crescimento das raízes, garantindo uma arrancada vigorosa.

Na produção de plantas de acácia negra (*Acacia mearnsii*) adubadas com NPK, verificou-se que as melhores combinações de N e P foram 2,32 e 2,51g, respectivamente por planta, para a variável massa seca total; o elemento K não apresentou nenhum efeito e nem interação com o N e o P para as variáveis estudadas (TEDESCO, 1999).

Conforme NETO et al. (1996), o efeito de doses crescentes de P na produção de mudas de *Eucalyptus spp*, resultou em maior eficiência de utilização de P para o *E. urophylla*, *E. grandis* e, principalmente, *E. pellita*,

coincidindo com a maior produção de biomassa destas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Espécies Florestais, localizado no Centro Tecnológico de Silvicultura (CTS), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria-RS.

O município de Santa Maria está localizada na Depressão Central do Estado, cuja altitude média é de 95 metros, tendo como coordenadas geográficas: Latitude 29°43' Sul e longitude 53°42' Oeste de Greenwich.

O substrato utilizado foi Argissolo Vermelho-Amarelo coletado no horizonte A (0-20 cm), caracterizado quimicamente no Laboratório Central de Análises de Solo da UFSM (Quadro 1).

Quadro 1: Dados da análise química do solo utilizado como substrato.

Argila	pH	Índice	P*	K	Ca	Mg
%	H ₂ O	SMP	mg kg ⁻¹		cmol _c L ⁻¹	
27,5	4,8	5,4	29,5	114	5,3	4,1
M.O.	Al	H+Al	CTC (cmol _c L ⁻¹)		V	m
%	cmol _c L ⁻¹		efetiva	pH 7	%	
3,3	1,0	6,2	10,7	15,9	9,5	61,5

* Fósforo extraído com Mehlich I.

Foram adicionados no substrato 20 e 30 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, como adubação básica.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 10 repetições, totalizando 60 plantas.

Os tratamentos foram quantitativos e equidistantes, constituídos por: T1- testemunha (somente solo), T2- 90 mg kg⁻¹, T3- 180 mg kg⁻¹, T4- 270 mg kg⁻¹, T5- 360 mg kg⁻¹, T6- 450 mg kg⁻¹, de fósforo, respectivamente.

As sementes foram fornecidas pela FEPAGRO (Fundação Estadual

de Pesquisa Agropecuária).

Foram usados vasos de polipropileno, com capacidade de 2,0 dm³, os quais foram vedados, evitando-se a perda de água e nutrientes.

A semeadura foi realizada com cinco sementes colocadas diretamente na parte central de cada vaso. Decorridos 30 dias da germinação, foi realizado um raleio das plantas, permanecendo a de melhor vigor, no centro de cada vaso.

Para a determinação da quantidade de água a ser aplicada em cada vaso, foi determinada a capacidade de campo do solo segundo o método descrito pela EMBRAPA (1997), ficando o teor de umidade dos vasos próximo a 80% da capacidade de campo. A água utilizada no estudo foi obtida por meio de destiladores.

A reposição da água foi realizada mediante a pesagem dos vasos.

Os vasos foram alternados semanalmente, evitando influências do meio.

Os parâmetros avaliados foram: a altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea, massa seca de raízes e massa seca total.

Decorridos 100 dias da semeadura, realizou-se a medição e coleta dos dados do experimento.

Inicialmente, mediu-se a altura da parte aérea com uma régua graduada em centímetros, e o diâmetro do colo das plantas com um paquímetro em milímetros.

Após, as raízes com o substrato foram lavadas sobre uma peneira de 0,84 mm de malha.

Na determinação do peso de matéria seca, as raízes foram separadas da parte aérea, as quais foram colocadas para secar em estufa a 75⁰C, até atingirem peso constante.

O peso da matéria seca total foi obtido somando-se as duas partes.

Após a obtenção dos dados, foi realizada uma análise de variância, efetuando-se os testes de hipóteses das regressões, verificando qual o grau da equação a ser ajustada, para as variáveis utilizadas. Desta maneira determinou-se o melhor modelo, em que x é a dose de fósforo e y é a variável de interesse (altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea, massa seca de raízes e massa seca total).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

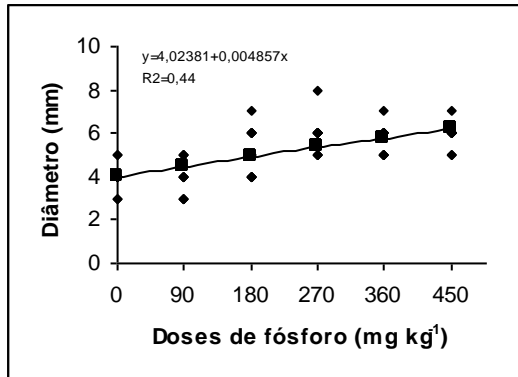
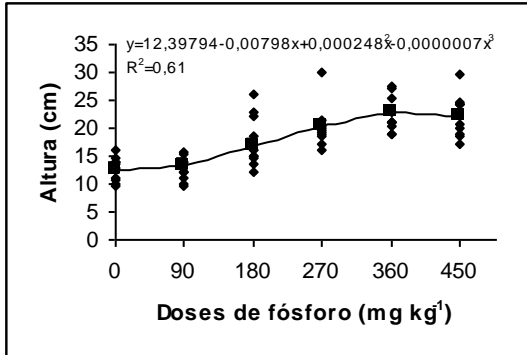
A produção de mudas florestais, em quantidade e qualidade, é importante para a formação de povoamentos, com grande repercussão sobre a produtividade. Muitos trabalhos têm sido feito no sentido de melhorar a qualidade, aliada com a redução de custos de produção de mudas (GONÇALVES & POGGIANI, 1996).

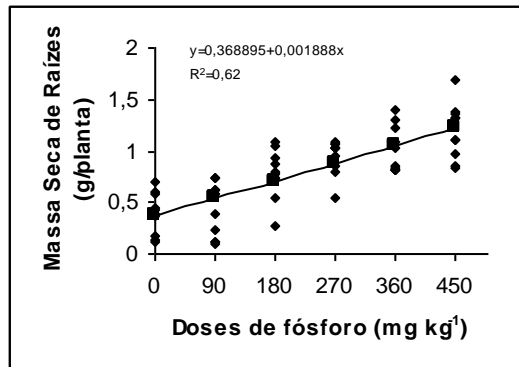
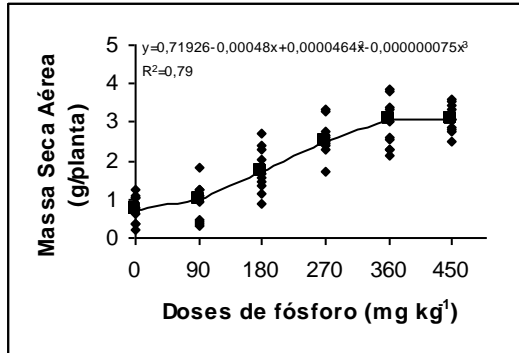
No Tabela 2, verifica-se os resultados da análise da variância com decomposição da soma de quadrados de tratamentos em regressões. Nota-se que o grau da equação usada foi o de maior grau significativo, não importando as significâncias dos graus que o antecedem.

TABELA 2. Resultados da análise da variância com decomposição da soma de quadrados de tratamentos em regressões, para as variáveis Altura, Diâmetro, Massa seca aérea (MSA), Massa seca de raízes (MSR) e Massa seca total (MST).

Parâmetro	CV	QM	Fc	Ft
Altura	1º Grau	920,0089	79,79*	4,00
	2º Grau	15,8263	1,37	4,00
	3º Grau	56,3568	4,89*	4,00
	Erro	11,5308		
Diâmetro	1º Grau	0,3344	50,87*	4,00
	2º Grau	0,252	3,83	4,00
	3º Grau	0,0150	2,29	4,00
	Erro	0,0066		
MSA	1º Grau	49,7422	204,78*	4,00
	2º Grau	0,4421	1,82	4,00
	3º Grau	1,9372	7,96*	4,00
	Erro	0,2433		
MSR	1º Grau	5,0473	94,27*	4,00
	2º Grau	0,0177	0,33	4,00
	3º Grau	0,0326	0,61	4,00
	Erro	0,0535		
MST	1º Grau	82,7183	168,66*	4,00
	2º Grau	0,8404	1,71	4,00
	3º Grau	2,7199	5,55*	4,00
	Erro	0,4904		

Na Figura 1, observa-se que as doses de fósforo influenciaram significativamente os parâmetros avaliados.





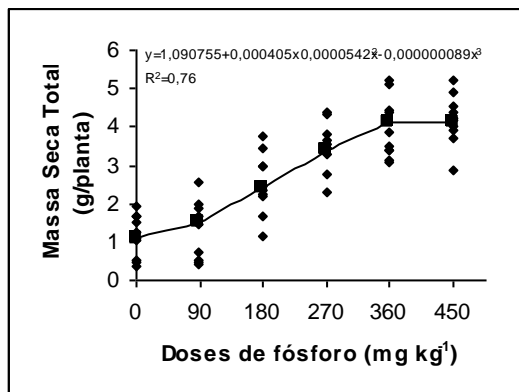


FIGURA 1: Regressões das variáveis medidas em função das doses de fósforo.

Verifica-se na Figura 1, que os parâmetros diâmetro e massa seca de raízes obtiveram um comportamento linear, indicando que as doses de P foram insuficientes para estas variáveis. Já os parâmetros massa seca aérea e massa seca total, evidenciaram acréscimos pequenos a princípio e maiores a partir de certo ponto, com tendência a diminuir o valor com doses acima de 450 mg kg⁻¹ de P.

Para a variável altura da parte aérea, a dose de 360 mg kg⁻¹ de P, resultou na maior altura das plantas.

VOGEL et al. (2001), utilizando diferentes doses de fósforo no desenvolvimento de plantas de *Mimosa scabrella* (Bracatinga), constataram que 360 mg kg⁻¹ de P resultou no maior desenvolvimento das mudas desta espécie.

Resultados obtidos por DANIEL et al. (1997), com mudas de *Acacia mangium*, produzidas em substrato composto de Latossolo Roxo distrófico e areia, submetido à aplicação de diferentes doses de fósforo, verificaram que houve resposta a aplicação do fósforo na forma de superfosfato triplo, sendo que a partir de 400 g m⁻³ de P₂O₅, a relação biomassa das raízes/biomassa da parte aérea manteve-se em torno de 0,50, revelando ser um bom padrão para produzir mudas de qualidade.

Para produção de mudas de *Mimosa tenuiflora*, em resposta a

fósforo, variou em função do nível de calagem realizado, mostrando ter havido interação positiva dos fatores. Nas condições de substrato (Latossolo álico textura argilosa, com baixo nível de fertilidade) deste experimento, recomenda-se a dose de 224,0 mg dm⁻³ de P (FERNÁNDEZ et al., 1996).

De acordo com VENTURIN et al. (1999), em estudo sobre as exigências nutricionais no desenvolvimento inicial de mudas de *Peltophorum dubium* (angico-amarelo), em casa-de-vegetação, constataram que as plantas de *P. dubium* apresentam elevada exigência nutricional, sendo os nutrientes P, N, S e o Ca, seguidos pelo Mg, K e B, limitantes ao seu crescimento.

Conforme RESENDE et al. (1999), com objetivo de avaliar a resposta de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais ao fornecimento de cinco doses de P (0, 100, 250, 500 e 800 mg kg⁻¹), em condições de casa-de-vegetação, verificaram que as espécies pioneiras (*Lithraea molleoides*, *Schinus terebinthifolius*, *Piptadenia gonoacantha*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Sesbania virgata*) foram mais responsivas ao fornecimento de P, indicando a necessidade do suprimento deste nutriente para o adequado desenvolvimento destas espécies.

Segundo FILHO (1992), o crescimento inicial de mudas de Aroeira (*Astronium urundeuva*), em casa-de-vegetação, em resposta a níveis de calagem, associada a diferentes níveis de fósforo e potássio, foi influenciado pelo tratamento com doses mais elevadas de calagem, fósforo e potássio. Entretanto, os efeitos mais acentuados sobre o desenvolvimento das plantas foram observados na presença de fósforo e da calagem.

As doses de fósforo utilizadas neste estudo foram insuficientes, uma vez que a maior dose utilizada (450 mg kg⁻¹ de P), foi verificado o maior crescimento, para as variáveis diâmetro do colo, massa seca aérea, massa seca de raízes e massa seca total, não sendo possível à determinação do ponto de máxima eficiência. Assim, sugere-se novos estudos com maiores doses de fósforo para esta espécie.

CONCLUSÃO

Face aos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que houve influência positiva da utilização do fósforo no crescimento das plantas de *M. scabrella*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora folha de Viçosa, 1990. 330 p.

DANIEL, O., VITORINO, A. C. T., ALOVISI, A. A., MAZZOCHIN, L., TOKURA, A.M., PINHEIRO, E.R., SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p.163-168, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro-RJ: **Manual de métodos de análise de solo**, 1997. 212 p.

FERNÁNDEZ, J.Q.P., RUIVO, M.L.P., DIAS, L.E., COSTA, J.P.V., DIAZ, R.R. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n°4, p.425-431, 1996.

FILHO, R.T.C. Crescimento de mudas de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.) em resposta à calagem, fósforo e potássio. In: 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 1992. **Anais...**, 1992. P. 537-543.

GONÇALVES, J.L., POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: SUELO – CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996. Águas de Lindóia – SP. **Resumos expandidos...** Águas de Lidóia: SLCS:SBSC:ESALQ/USP:CEA – ESALQ/USP: SBM, 1996. Publicação apresentada em CD-ROM.

_____. Recomendação de adubação para *Eucaliptos*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, n°15, p.1-23, 1995.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

NETO, A.E.F., BARROS, N.F., GODOY, M.F., NOVAIS, R.F. Eficiência nutricional de mudas de *Eucalyptus* em relação a fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.20, n°1, p. 17-28, 1996.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ed. Ceres, 1991. 343p.

REITZ, R., KLEIN, R.M., REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO /

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO SUL, 1988. 525 p.

RESENDE, A.V., NETO, A.E.F., MUNIZ, J.A., CURIN, N., FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesq. Agropec. Bras., Brasília**, v. 34, nº 11, p. 2071-2081, 1999.

TEDESCO, N. **Produção de mudas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Will) adubadas com N-P-K**. Santa Maria: UFSM, Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 71p.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5)

VENTURIN, N., DUBOC, E., VALE, F.R., DAVIDE, A.C. Adubação mineral do angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesq. Agropec. Bras., Brasília**, v.34, nº3, p.441-448, 1999.

VOGEL, H.L.M., SCHUMACHER, M.V., CECONI, D.E., BARICHELLO, L.B., FIGUEREDO, O.A.T., D'ÁVILA, M. Efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento de plantas de *Mimosa scabrella* Bentham (Bracatinga). In: XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2001, Londrina. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. P.149

EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA GLIFOSATE, APLICADO EM JATO DIRIGIDO, NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS MONOCOTILEDÔNEAS E DICOTILEDÔNEAS NA CULTURA DO PINUS (*Pinus taeda*).

EFFICIENCY AND SELECTION OF HERCICIDE GLYPHOSATE APLIED IN DIRECT JACTO FOR THE CONTROL OF WEED IN PINUS (*Pinus taeda*).

Sylvio Henrique Bidel Dornelles³⁰ Sérgio Luiz de Oliveira Machado³¹
Cleantônio Guerra³² Heleno Maziero³³ Diogo Brondani⁴
Giovani Greigh de Brito⁴

RESUMO

No ano de 1999 instalou-se um experimento na propriedade do Sr. Vilmar Maziero, no município de Faxinal do Soturno/RS, com o objetivo de avaliar a eficiência do herbicida glifosate, aplicado nas entrelinhas da cultura do pinus (*Pinus taeda*) em jato dirigido, no controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas. As plantas de pinus estavam com altura média de 1,80 m quando foi realizada a aplicação dos herbicidas. O delineamento experimental foi de Blocos casualizados com 4 repetições, sendo que cada unidade experimental mediu 2,0 m X 6 m (12 m²). Concluiu-se que o herbicida glifosate nas doses de 0,5 Kg/ha - 1,5 Kg/ha - 2,0 Kg/ha - 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha foi eficiente no controle de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Bidens pilosa*, *Sida rhombifolia* e *Eleusine indica*. Nenhum dos tratamentos herbicidas provocou fitotoxicidade às plantas de pinus (*Pinus taeda*).

Palavras-chave: *Pinus*, glifosate, plantas daninhas

³⁰ Eng. Agrônomo MSc. Professor Assistente. Departamento de Biologia/CCNE – Universidade Federal de Santa Maria. Prédio 16. Sala 3260 – Campus/Camobi. Sylvio@base.ufsm.br

³¹ Eng. Agrônomo MSc. Professor Titular. Dep. Defesa Fitossanitária. CCR/UFMS

³² Eng. Florestal. - Cleo.guerra@bol.com.br

³³ Acadêmico de Agronomia. Bolsista. Departamento de Biologia/CCNE.

ABSTRACT

The year 1999, installed on the in propriety by Mr. Vilmar Maziero, municipal district of Faxinal do Soturno/RS, with objective to evaluate to efficiency of herbicide glyphosate, applied in the enterlineation of pinus (*Pinus taeda*) ou direct jacto for the control of weed. The plant of pinus was with height mean of 1,80 m when was carried the application by treatment herbicide. The delineate experimental was block in the chance with four repetition, where every units constituted by 2,0m x 6,0m (12m²). Was concluded to herbicide glyphosate the doses by 0,5 kg/ha, 1,5 kg/ha, 2,0 kg/ha 2,5 kg/ha and 3,5 kg/ha was efficient to control. by *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Bidens pilosa*, *Sida rhombifolia* and *Eleusine indica*. Neither of treatments herbicide caused fitotoxicide to plants of pinus (*Pinus taeda*).

Key words: *Pinus*, ghyphosate and weed.

INTRODUÇÃO

O Brasil é dono das maiores reservas de florestas naturais do mundo, distribuídas em uma enormidade de diferentes ecossistemas. Além disso, os reflorestamentos em nosso país são altamente produtivos devido às condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

Um reflorestamento de pinus ou de eucalipto, plantado adequadamente e bem conduzido, pode produzir até 30 - 40 m³/ha/ano em qualquer local do Brasil (SCHAITZ, 1999).

Na Alemanha, um bom reflorestamento de pinus produz de 10 - 15 m³/ha/ano. Portanto no Brasil o tempo entre plantio e ponto de corte é bem menor do que em países de clima frio.

Apesar deste potencial, tratamos as florestas como mato, cortando-as para ceder espaço à agricultura e pastagens, sendo que 53% dos plantios são anteriores à 1975 e apenas 24% são plantios com menos de 17 anos.

Devido previsão de colapso no fornecimento de madeira a curto prazo e à pressões de ONG's e consumidores que não aceitam a compra de madeira de reservas nativas, cresce o interesse governamental no fomento à exploração racional de madeiras oriundas de reflorestamentos com espécies nativas ou exóticas.

Na Região Sul do Brasil o pinus representa a principal espécie

exótica cultivada ocupando uma área de 1.060.000 ha plantados de um total de 1.777.000 ha de reflorestamentos, sendo considerada, juntamente com o eucalipto, espécie que apresenta grande capacidade de ser utilizada racionalmente para produção de madeira e outros produtos importantes.

Para produção de madeira serrada são necessárias mudanças no sistema de produção para obtenção de toras apropriadas para o desdobro. A primeira alteração deve ser a introdução de desbastes (SCHLEDER, 2000) e se possível poda (COUTO, 2000). Também é necessário adubação básica adequada às condições de fertilidade do solo e controle de ervas daninhas (COUTO, 2000; SCHLEDER, 2000; SCHAITZ, 2000) através de operações de limpeza das entrelinhas nos dois primeiros anos da plantação das mudas de pinus (COUTO, 2000).

Para operações de limpeza, o herbicida Glyphosate aplicado em jato dirigido nas entrelinhas da cultura aparece como uma das alternativas de controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas sem ocasionar efeito fitotóxico às plantas de pinus quando aplicado sem a ocorrência de ventos fortes.

Poucos são os trabalhos publicados na literatura nacional e internacional com operações de limpeza utilizando o herbicida Glyphosate em reflorestamentos.

LEITES et al (1993) testando o herbicida glyphosate nas doses de 0,72 - 1,08 e 1,44 Kg i.a/ha no controle de *Brachiaria decumbens* em reflorestamentos de *Pinus elliotii* verificaram excelentes controles desta planta daninha até 30 DAA com as doses testadas, sem ocorrência de fitotoxicidade às plantas de pinus.

CHRISTOFFOLETI et al (1997) estudando a eficiência de herbicidas pós-emergentes no controle de diversas plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas em reflorestamento de *Pinus taeda* e *Pinus oocarpa* obtiveram ótimo controle das plantas daninhas com o herbicida glyphosate na dose de 1440 g i.a/ha, não observando efeitos fitotóxicos nas plantas de pinus avaliadas.

Resultado semelhante também foi obtido por ZAGONEL (1997) com a dose de 1920 g i.a/ha de glyphosate aplicado antes do plantio das mudas de *Pinus taeda* em Três Barras/SC.

Em outro experimento realizado no Paraná, ZAGONEL et al (2000) verificou excelente controle de diversas plantas daninhas dicotiledôneas em área para semeadura de mudas de *Pinus taeda*.

ROCHA et al (1980) testaram a eficiência do herbicida glyphosate no controle da vegetação nativa para instalação de reflorestamento de pinus.

As doses utilizadas foram de 480, 960, 1440, 1920, 2400 e 2880 g i.a/ha de glyphosate. Os tratamentos foram eficientes no controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas presentes na área.

Em operação de limpeza, utilizando glyphosate nas doses de 1,0 L/ha - 2,0 L/ha - 3,0 L/ha e 4,0 L/ha MAZIERO et al (1999), verificaram que o herbicida foi eficiente no controle de guaxuma (*Sida rhombifolia*), picão preto (*Bidens pilosa*), papuã (*Brachiaria plantaginea*) e rabo-de-burro (*Andropogon bicornis*) nas entrelinhas da cultura em reflorestamento de *Pinus taeda*, com dois anos, na Depressão Central do Rio Grande do Sul. Observaram também que houve leve fitotoxicidade nas doses maiores do herbicida às folhas baixas das plantas de pinus, sintomas que não evoluíram.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência do herbicida glifosate, aplicado em jato dirigido, no controle de plantas invasoras monocotiledôneas e dicotiledôneas nas entrelinhas da cultura do pinus (*Pinus taeda*).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em 1999 na propriedade do Sr. Vilmar Maziero, no município de Faxinal do Soturno/RS. As características físico-químicas do solo do local onde foi realizado o experimento são: pH SMP = 6,0; P (ppm) = 18,3; K (ppm) = 53; Al (me/100 ml) 0,6; Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ (me/100 ml) = 5,8; Textura = arenoso (4); Matéria orgânica = 1,0 %

O experimento foi conduzido em área de reflorestamento de pinus (*Pinus taeda*), no município de Faxinal do Soturno/RS. As plantas de pinus encontravam-se com altura média de 1,80 m no momento da aplicação dos tratamentos herbicidas.

O delineamento experimental utilizado foi de Blocos Casualizados com 6 tratamentos e 4 repetições. Cada Unidade Experimental (parcela) mediu 2 m X 6 m (12 m²). Os blocos foram instalados nas entrelinhas da cultura do pinus, considerando-se as duas plantas centrais para fins de avaliação de fitotoxicidade.

A aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada no dia 15 de dezembro de 1999. Iniciou às 9:00 horas e terminou às 10:00 horas. No momento da aplicação a temperatura era de 23 °C, umidade relativa do ar de 65%, sem ventos. O céu apresentava-se claro com algumas nuvens esparsas, no entanto não ocorreram chuvas nas 24 horas após a aplicação dos tratamentos herbicidas.

Os tratamentos utilizados foram: Glifosate (herbicida código NTX 700) nas doses 0,5 Kg/ha, 1,5 Kg/ha, 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha. Como padrão utilizou-se o herbicida Glifosate (Roundup WG) na dose de 2,0 Kg/ha. Para comparação manteve-se um tratamento sem aplicação de herbicidas (Testemunha sem capina).

Para a aplicação dos herbicidas utilizou-se pulverizador costal de precisão propelido a CO₂, com barra de 2 metros munida de 04 bicos tipo leque Teejet 110.02, com um volume de calda aplicado de 150 L/ha.

O efeito dos herbicidas no controle das plantas invasoras foi determinado através de método qualitativo caracterizado por avaliações visuais baseadas em escalas arbitrárias estabelecidas (BURRILL et al, 1976). Para as determinações foi empregada a escala percentual, utilizando-se como padrão a testemunha infestada que correspondeu a nenhum controle (zero %). As avaliações de controle das plantas invasoras foram realizadas aos 07, 15 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Já a fitotoxicidade sobre a cultura foi avaliada aos 7, 15 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas, através da análise das possíveis injúrias às plantas de pinus, utilizando-se a escala da ALAM (Associação Latino Americana de Malezas), onde 1 = morte das plantas; 2 = dano muito severo; 3 = dano severo; 4 = dano moderado; 5 = dano leve; 6 = ausência de danos fitotóxicos.

Os dados de controle das plantas invasoras, ou seja, as médias originais, antes de serem analisadas estatisticamente, foram transformados em $\text{arc. sen } \sqrt{\%} / 100$. As variáveis analisadas foram submetidas à análise da variância pelo “teste F” e a comparação de médias foi efetuada através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta as médias de controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*). Podemos observar que o herbicida NTX 700 nas doses de 0,5 Kg/ha - 1,5 Kg/ha - 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha e o herbicida utilizado como padrão (Roundup WG) na dose de 2,0 Kg/ha controlaram eficientemente esta planta daninha. Na dose menor de NTX 700 (0,5 Kg/ha) o controle foi mais lento, no entanto aos 30 dias após a aplicação (DAA) chegou a 90%.

Observando-se as médias de controle de milhã (*Digitaria horizontalis*) pela tabela 2 e de picão preto (*Bidens pilosa*) pela tabela 3, verifica-se que todos os tratamentos herbicidas controlaram eficientemente estas planta daninhas. Para milhã, todos os tratamentos, com exceção do

tratamento com NTX 700 na dose de 0,5 Kg/ha, chegaram aos 30 DAA com 100% de controle. Já para picão Preto verifica-se que desde os 15 DAA (dias após a aplicação) todos os tratamentos apresentaram 100% de controle.

TABELA 1 – Médias de controle de Papuã (*Brachiaria plantaginea*) aos 07, 15 e 30 Dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do pinus (*Pinus taeda*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Papuã		
			07 DAA	15 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	50 d ¹	70 c	90 b
2. NTX 700 ³	1080	1,5	75 c	90 b	100 a
3. NTX 700 ³	1800	2,5	95 b	100 a	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	100 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	92 b	100 a	100 a
6. Testemunha sem capina	-	-	0 e	0 d	0 c
CV (%)	-	-	4,48	3,25	1,19

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%/100}$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a./Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a./Kg P.C.

A Tabela 4 apresenta as médias de controle de guanxuma (*Sida rhombifolia*). Analisando-se a tabela podemos observar que as melhores médias de controle foram alcançados com os tratamentos NTX 700 nas doses 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha. Na dose de 1,5 Kg/ha de NTX 700 o controle também foi eficiente, chegando aos 15 DAA com 85% de controle e aos 30 DAA com 95% de controle. Já na dose de 0,5 Kg/ha o controle de

guanxuma (*Sida rhombifolia*) não foi eficiente, alcançando no máximo 75% aos 30 DAA.

O tratamento utilizado como padrão (Roundup WG) controlou eficientemente as plantas de guanxuma (*Sida rhombifolia*), chegando aos 30 DAA com 98% de controle.

TABELA 2 – Médias de controle de milhã (*Digitaria horizontalis*) aos 07, 15 e 30 Dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do pinus (*Pinus taeda*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Milhã		
			07 DAA	15 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	45 d ¹	62 c	82 b
2. NTX 700 ³	1080	1,5	68 c	90 b	100 a
3. NTX 700 ³	1800	2,5	92 b	100 a	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	100 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	90 b	100 a	100 a
6. Testemunha sem capina	-	-	0 e	0 d	0 c
CV (%)	-	-	5,26	3,68	2,25

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%/100}$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a./Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a./Kg P.C.

TABELA 3 – Médias de controle de Picão Preto (*Bidens pilosa*) aos 07, 15 e 30 Dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do pinus (*Pinus taeda*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Picão preto		
			07 DAA	15 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	80 c ¹	100 a	100 a
2. NTX 700 ³	1080	1,5	90 b	100 a	100 a
3. NTX 700 ³	1800	2,5	100 a	100 a	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	100 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	100 a	100 a	100 a
6. Testemunha sem capina	-	-	0 d	0 b	0 b
CV (%)	-	-	1,98	0,00	0,00

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%/100}$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a./Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a./Kg P.C.

TABELA 4 – Médias de controle de Guanxuma (*Sida rhombifolia*) aos 07, 15 e 30 Dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do pinus (*Pinus taeda*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Guanxuma		
			07 DAA	15 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	49 e ¹	65 d	75 c
2. NTX 700 ³	1080	1,5	65 d	85 c	95 b
3. NTX 700 ³	1800	2,5	85 b	95 b	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	100 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	75 c	85 c	98 a
6. Testemunha sem capina	-	-	0 f	0 e	0 d
CV (%)	-	-	8,57	5,38	3,42

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%/100}$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

TABELA 5 – Médias de controle de capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos 07, 15 e 30 Dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do pinus (*Pinus taeda*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Capim pé-de-galinha		
			07 DAA	15 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	85 b ¹	100 a	100 a
2. NTX 700 ³	1080	1,5	100 a	100 a	100 a
3. NTX 700 ³	1800	2,5	100 a	100 a	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	100 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	100 a	100 a	100 a
6. Testemunha sem capina	-	-	0 c	0 b	0 b
CV (%)	-	-	1,15	0,00	0,00

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%}/100$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

A tabela 5 apresenta as médias de controle de capim pé-de-galinha. Pelos resultados obtidos pode-se inferir que o herbicida NTX 700 em todas as doses testadas e o tratamento utilizado como padrão (Roundup WG) na dose de 2,0 Kg/ha foram eficientes no controle desta invasora.

As avaliações de fitotoxicidade realizadas aos 07 DAA e 15 DAA, cujas médias estão apresentadas na tabela 6, demonstram que nenhum dos tratamentos herbicidas provocou fitotoxicidade às plantas de pinus (*Pinus taeda*) nas condições em que foi conduzida a aplicação dos tratamentos herbicidas.

TABELA 6 – Médias de fitotoxicidade aos 7, 15 e 30 dias após a aplicação (DAA). Faxinal do Soturno/RS, 1999-2000.

Tratamentos	Doses PC (Kg/ha)	Fitotoxicidade (%)		
		07 DAA	15 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ¹	0,5	0 ⁴ (6) ³	0 (6)	0 (6)
2. NTX 700	1,5	0 (6)	0 (6)	0 (6)
3. NTX 700	2,5	0 (6)	0 (6)	0 (6)
4. NTX 700	3,5	0 (6)	0 (6)	0 (6)
5. Roundup WG ²	2,0	0 (6)	0 (6)	0 (6)
6. Testemunha sem capina	-	0 (6)	0 (6)	0 (6)

¹ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) – 720 g i.a/Kg P.C.

² Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) – 720 g i.a/Kg P.C.

³ Escala da ALAM: 1 = morte das plantas; 2 = dano muito severo; 3 = dano severo; 4 = dano moderado; 5 = dano leve; 6 = ausência de danos.

⁴ Fitotoxicidade em escala percentual, observado visualmente na área experimental.

CONCLUSÕES

Analisando-se os dados experimentais obtidos nas avaliações de controle e de fitotoxicidade realizadas aos 07, 15 e 30 dias após a aplicação (DAA), podemos chegar às seguintes conclusões:

1. O herbicida Glifosate (NTX 700), aplicado em operação de limpeza, em jato dirigido nas entrelinhas da cultura do pinus (*Pinus taeda*), nas doses de 0,5 Kg/ha - 1,5 Kg/ha - 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha e o herbicida Glifosate (Roundup WG) na dose 2,0 Kg/ha foram eficientes no controle de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Bidens pilosa* e *Eleusine*

indica.

2. Nas avaliações realizadas aos 07, 15 e 30 DAA (dias após a aplicação) não foram observados sintomas de fitotoxicidade às plantas de pinus pelos tratamentos herbicidas testados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURRILL, L.C., CARDENAS, J.C., LOCATELLI, E. **Field anual for weed control research**. Corvallis: International Plant Protection Center, Oregon State University, 1976. 59p.

COUTO, H. T. Z. Silvicultura: O eucalipto nos Campos Gerais. Fundação ABC. **Informativo n. 7** Ano 2. Castro 2000. p. 14-5.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. – Manejo de plantas daninhas na implantação da cultura do pinus através do herbicida imazapyr. IN: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Caxambú, 1997. **Resumos...** Caxambú, 1997. p. 288.

LACA-BUENDIA, J.P. – Avaliação da mistura em tanque de pendimethalin+glyphosate e glyphosate+pendimethalin em aplicação sequencial, em pós-emergência, no controle de *Brachiaria decumbens*, na implantação de reflorestamento em plantio direto com eucalipto. IN: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Foz do Iguaçu, 2000. **Resumos...** Foz do Iguaçu, 2000. p. 368.

LEITES, A. & LACA-BUENDIA, J.P. – Avaliação da eficiência de DEC 02186 no controle de *Brachiaria decumbens* em aplicação pós-emergente dirigida em reflorestamento com pinus (*Pinus elliotii*). IN: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS. Londrina, 1993. **Resumos...** Londrina, 1993. p.249.

MAZIERO, H. et al. – Avaliação da eficiência de herbicidas dessecantes no controle de monocotiledôneas e dicotiledôneas, em operação de limpeza nas entrelinhas da cultura do pinus (*Pinus taeda*). CCR/ UFSM. Santa Maria, 1999. (encaminhado para publicação).

SCHAITZ, E.G. A madeira vai dar preço. Ed. Centaurus. **Revista A Granja n. 14**. Porto Alegre, 1999. p. 70-72.

SCHLEDER, N. – **A cultura do Eucalipto na Depressão Central do RS:**

avaliação de novas tecnologias de secagem. Projeto de pesquisa. CPG em Engenharia Florestal/UFSM. Santa Maria, 2000. Não publicado.

TOLEDO, R.E.B. – Estudo da interferência da palhada de *Brachiaria decumbens*, resultante de controle com glyphosate, sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis*. IN: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Caxambu, 1997. **Resumos...** Caxambu, 1997. p. 293.

ZAGONEL, J. – Controle de plantas daninhas na cultura do pinus (*Pinus taeda*), através da aplicação do herbicida imazapyr. IN: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Caxambú, 1997. **Resumos...** Caxambú, 1997. p. 296.

ZAGONEL, J. – Eficiência e seletividade do Imazapyr no controle de plantas daninhas na cultura do pinus. IN: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Foz do Iguaçu, 1997. **Resumos...** Foz do Iguaçu, 1997. p. 296.

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA E SELETIVIDADE DO HERBICIDA GLIFOSATE NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO EUCALIPTO (*Eucalyptus saligna*)

VALUATION OF EFFICIENCY AND SECTIN BY HERCIDE GLYPHOSATE TO CONTROL OF WEEDEN EUCALIPTO (*Eucalyptus saligna*)

Sylvio Henrique Bidel Dornelles³⁴ Sérgio Luiz de Oliveira Machado³⁵
Cleantônio Guerra³⁶ Heleno Maziero³⁷ Diogo Brondani⁴
Giovani Greigh de Britto⁴

RESUMO

Na estação 1999/2000 instalou-se um ensaio na propriedade do Sr. Vilmar Maziero, no município de Faxinal do Soturno/RS, com o objetivo de avaliar a eficiência do herbicida glifosate (NTX 700), aplicado em jato dirigido, no controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas nas entrelinhas da cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*). As plantas de eucalipto estavam com altura média de 1,50 m quando foi realizada a aplicação dos tratamentos herbicidas. O delineamento experimental foi de Blocos casualizados com 4 repetições, sendo que cada unidade experimental mediu 2,0 m X 6 m (12 m²). Concluiu-se que o herbicida glifosate, nas doses de 1,5 Kg/ha – 2,0 Kg/ha - 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha foi eficiente no controle de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Bidens pilosa* e *Sida rhombifolia*. Na dose de 0,5 Kg/ha foi eficiente no controle de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis* e *Bidens pilosa*. Não foram observados sintomas de fitotoxicidade às plantas de eucalipto nas condições em que os tratamentos foram aplicados.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, glifosate e plantas daninhas

³⁴Eng. Agrônomo MSc. Professor Assistente. Departamento de Biologia/CCNE – Universidade Federal de Santa Maria. Prédio 16. Sala 3260 – Campus/Camobi. Sylvio@base.ufsm.br

³⁵ Eng. Agrônomo MSc. Professor Titular. Dep. Defesa Fitossanitária. CCR/UFMS

³⁶ Eng. Florestal. - Cleo.guerra@bol.com.br

³⁷ Acadêmico de Agronomia. Bolsista. Departamento de Biologia/CCNE.

ABSTRACT

The season 1999/2000 installed one test in propriety by Mr. Vilmar Maziero, in the municipal district of Faxinal do Soturno – RS, with objective by evaluate the efficiency of herbicide glyphosate, applied in direct jacto for the control of weed in the interlineation by eucalyptus (*Eucalyptus saligna*). The plants by eucalyptus was with height mean by 1,50m when was carried the application by treatment herbicide. The application by treatment herbicide. The delineate experimental was block in the chance with four repetition, where every units constituted 2,0m x 6m (12m²). Was concluded to herbicide Glyphosate , in dose by 1,5 kg/ha, 2,0 kg/ha, 2,5 kg/ha and 3,5 kg/ha was efficient to control of *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Bidens pilosa* and *Sida rhombifolia*. The dose of 0,5 kg/ha was efficient to control de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis* and *Bidens pilosa*. Not were observed symptom of fitoxicide to plants of eucalyptus in condition on the treatment were applied.

Key words: Herbicide, *Eucalyptus* and weed.

INTRODUÇÃO

As maiores reservas florestais do mundo são encontradas no Brasil. Além das matas nativas, os reflorestamentos ocupam considerável área no país, sendo altamente produtivos.

Um reflorestamento de eucalipto ou pinus, plantado adequadamente e bem conduzido cresce de 30 a 40 m³ por hectare/ano em qualquer lugar do Brasil. (SCHAITZ, 1999).

Entretanto, apesar de todo o potencial para projetos desta natureza, o crescimento das áreas reflorestadas tem se mantido em patamares menores do que a necessidade para o consumo industrial.

Devido à previsão de colapso no fornecimento de madeira a curto prazo e à pressões de ONG's e consumidores que não aceitam a compra de madeira de reservas nativas, cresce o interesse governamental no fomento à exploração racional de madeiras oriundas de reflorestamentos com espécies nativas ou exóticas.

Segundo SCHAITZ (1999) o eucalipto aparece como ótima alternativa para produção de madeira a curto prazo, principalmente porque segundo SCHLEDER (2000) o eucalipto pode hoje ser usado como madeira serrada e na produção de móveis uma vez que os problemas tecnológicos de

secagem estão praticamente resolvidos, sendo fácil plantá-lo obtendo-se excelente lucratividade.

O Brasil possui a maior área plantada de eucalipto do mundo e exporta tecnologia para outros países. O gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies, das quais mais de 20 são plantadas no país. Na região sul, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* são as mais usadas, havendo grande quantidade de híbridos não identificados espalhados pela região.

Para produção de madeira serrada são necessárias mudanças no sistema de produção para obtenção de toras apropriadas para o desdobro. A primeira alteração deve ser a introdução de desbastes (SCHLEDER, 2000) e se possível poda (COUTO, 2000). Também é necessário adubação básica adequada às condições de fertilidade do solo e controle de ervas daninhas (COUTO, 2000; SCHLEDER, 2000; SCHAITZ, 2000) através de operações de limpeza das entrelinhas nos dois primeiros anos da plantação das mudas de eucalipto ou pinus (COUTO, 2000).

Para operações de limpeza, o herbicida Glyphosate aplicado em jato dirigido nas entre linhas da cultura aparece como uma das alternativas de controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas sem ocasionar efeito fitotóxico às plantas de eucalipto.

Poucos são os trabalhos publicados na literatura nacional e internacional com operações de limpeza utilizando o herbicida Glyphosate em reflorestamentos de eucalipto.

FOLONI (1993) trabalhando com herbicidas dessecantes na cultura do eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) verificou que o glyphosate nas doses de 1,92 e 2,88 Kg i.a./ha foi eficiente no controle de *Digitaria horizontalis*, *Digitaria insularis*, *Brachiaria decumbens* e *Sida rhombifolia*. Verificou também que os herbicidas testados provocaram fitotoxicidade nas folhas que foram atingidas pelos mesmos, sendo que os sintomas não evoluíram.

LEITES et al (1993) testando glyphosate nas doses de 1,08 – 1,44 e 1,80 Kg i.a./ha no controle de *Brachiaria decumbens* em reflorestamentos de *Eucalyptus citriodora*, verificaram que nas doses testadas o herbicida controlou eficientemente as plantas de capim até 30 DAA, sendo que após esta data houve reinfestação da área.

LACA – BUENDIA (2000) avaliando o herbicida glyphosate nas doses de 2,0 e 2,5 Kg i.a./ha aplicado isolado ou em mistura com Pendimethalin e Oxyfluorfen em reflorestamento de eucalipto no Estado de Minas Gerais, verificou excelente controle do capim braquiaria nas doses testadas do glyphosate, não ocorrendo fitotoxicidade visual às mudas de

eucalipto. Não observou diferença na altura das plantas de eucalipto aos 117 dias após a aplicação dos herbicidas.

TOLEDO et al. (1997) conduziram trabalho com aplicação do glyphosate (4,0 L P.C/ha) no controle de *Brachiaria plantaginea* e o efeito da palhada desta invasora no crescimento inicial do *Eucalyptus grandis* verificaram excelente controle da gramínea, não encontrando efeito alelopático dos restos culturais desta sobre as mudas de eucalipto.

Neste contexto, é objetivo do presente trabalho avaliar a eficiência do herbicida glifosate granulado, aplicado em jato dirigido, no controle de plantas invasoras monocotiledôneas e dicotiledôneas nas entrelinhas da cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*), em condições edafoclimáticas da depressão central do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação de crescimento 1999/2000 na propriedade do Sr. Vilmar Maziero, no município de Faxinal do Soturno/RS.

O experimento foi conduzido em área de reflorestamento de eucalipto (*Eucalyptus saligna*), no município de Faxinal do Soturno/RS. O delineamento experimental utilizado foi de Blocos Casualizados com 6 tratamentos e 4 repetições. Cada Unidade Experimental (parcela) mediu 2 m X 6 m (12 m²). Os blocos foram instalados nas entrelinhas da cultura do eucalipto, considerando-se as duas plantas centrais para fins de avaliação de fitotoxicidade.

As características físico-químicas do solo do local onde foi realizado o experimento são: pH SMP = 6,3; P (ppm) = 39,3; K (ppm) = 72; Al (me/100 ml) = 0,3; Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ (me/100 ml) = 4,5; Textura = arenoso (4); Matéria orgânica = 1,5 %

A aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada no dia 15 de dezembro de 1999. Iniciou às 7 horas e terminou às 9 horas. No momento da aplicação a temperatura era de 22 °C, umidade relativa do ar de 75%, sem ventos. O céu apresentava-se claro com algumas nuvens esparsas, mas não ocorreram chuvas nas 24 horas após a aplicação dos tratamentos herbicidas.

O eucalipto foi plantado com espaçamento de 3 metros por 3 metros. No momento da aplicação as plantas de eucalipto encontravam-se com altura média de 1,50 m de altura.

Os tratamentos utilizados foram: Glifosate (herbicida código NTX 700) nas doses 0,5 Kg/ha, 1,5 Kg/ha, 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha. Como padrão

utilizou-se o herbicida Glifosate (Roundup WG) na dose de 2,0 Kg/ha. Para comparação manteve-se um tratamento sem aplicação de herbicidas (Testemunha sem capina).

Para a aplicação dos herbicidas utilizou-se pulverizador costal de precisão propelido a CO₂, com barra de 2 metros munida de 04 bicos tipo leque Teejet 110.02, com um volume de calda aplicado de 150 L/ha.

O efeito dos herbicidas no controle das plantas invasoras foi determinado através de método qualitativo caracterizado por avaliações visuais baseadas em escalas arbitrárias estabelecidas (BURRILL et al., 1976). Para as determinações foi empregada a escala percentual, utilizando-se como padrão a testemunha infestada que correspondeu a nenhum controle (zero %). As avaliações de controle das plantas invasoras foram realizadas aos 07, 15 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Já a fitotoxicidade sobre a cultura foi avaliada aos 7, 15 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas, através da análise das possíveis injúrias às plantas de eucalipto, utilizando-se a escala da ALAM (Associação Latino Americana de Malezas), onde 1 = morte das plantas; 2 = dano muito severo; 3 = dano severo; 4 = dano moderado; 5 = dano leve; 6 = ausência de danos fitotóxicos.

Os dados de controle das plantas daninhas, ou seja, as médias originais, antes de serem analisadas estatisticamente, foram transformados em $\text{arc. sen } \sqrt{\%} / 100$. As variáveis analisadas foram submetidas à análise da variância pelo “teste F” e a comparação de médias foi efetuada através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as médias de controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) e a tabela 2 de milhã (*Digitaria horizontalis*). Analisando-se as médias de controle de papuã, podemos observar que o herbicida NTX 700 nas doses de 1,5 Kg/ha – 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha e o herbicida utilizado como padrão (Roundup WG) na dose de 2,0 Kg/ha controlaram eficientemente esta planta daninha. Na dose de 0,5 Kg/ha do herbicida NTX 700 o controle foi bom, alcançando 82% aos 30 DAA.

Observando as médias de controle de milhã (*Digitaria horizontalis*) verifica-se que os melhores resultados de controle foram alcançados com o herbicida NTX 700 nas doses de 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha e com o tratamento padrão Roundup WG na dose de 2,0 Kg/ha, onde o controle chegou a 100% aos 30 DAA.

Na dose de 1,5 Kg/ha de NTX 700 o controle de milhã (*Digitaria horizontalis*) foi eficiente, porém ocorreu lentamente com 85% aos 20 DAA e chegando aos 30 DAA com 95% de controle. Da mesma forma, na dose de 0,5 Kg/ha de NTX 700, o controle foi mais lento com controle médio aos 20 DAA (62%) e controle de 86% aos 30 DAA.

Analisando-se as médias de controle de picão preto (*Bidens pilosa*) apresentadas na tabela 3 podemos observar que os tratamentos com o herbicida NTX 700 nas doses de 0,5 Kg/ha – 1,5 Kg/ha – 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha e o tratamento padrão (Roundup WG) na dose de 2,0 Kg/ha alcançaram eficiência no controle desta planta daninha, sendo que aos 20 DAA todas as plantas de picão preto (*Bidens pilosa*) estavam mortas.

A tabela 4 apresenta as médias de controle de guanxuma (*Sida rhombifolia*). Pode-se observar que somente os tratamentos com o herbicida NTX 700 nas doses de 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha controlaram 100% das plantas de guanxuma (*Sida Rhombifolia*) aos 30 DAA. Na dose de 1,5 L/ha de NTX 700 o controle alcançou eficiência somente aos 30 DAA com 85% de controle. O tratamento com NTX 700 na dose de 0,5 Kg/ha proporcionou controle baixo aos 20 DAA (52%) e não alcançou eficiência, chegando aos 30 DAA com 76% de controle.

O tratamento utilizado como padrão (Roundup WG) foi eficiente no controle das plantas de guanxuma (*Sida rhombifolia*), chegando aos 30 DAA com 84% de controle.

A tabela 5 apresenta as médias de controle de grama seda (*Cynodon dactylon*). Pode-se observar que os tratamentos com o herbicida NTX 700 nas doses de 0,5 Kg/ha e 1,5 Kg/ha não alcançaram controle eficiente desta planta daninha. Além disso, aos 30 DAA a grama seda (*Cynodon dactylon*) rebrotou. Nas doses de 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha de NTX 700 o controle foi eficiente, sendo que não observou-se rebrote aos 30 DAA.

O tratamento utilizado como padrão (Roundup WG) na dose de 2,0 Kg/ha alcançou controle eficiente da grama seda aos 20 DAA, porém aos 30 DAA observou-se que a grama seda estava iniciando o rebrote.

Não foram observados sintomas visuais de fitotoxicidade às plantas de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) nas condições em que foram aplicados os tratamentos herbicidas.

TABELA 1 – Médias de controle de Papuã (*Brachiaria plantaginea*) aos 07, 15 e 30 dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Papuã		
			10 DAA	20 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	40 d ¹	65 c	82 b
2. NTX 700 ³	1080	1,5	65 c	95 b	100 a
3. NTX 700 ³	1800	2,5	85 b	100 a	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	90 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	83 b	98 a	100 a
6. Testemunha sem capina	-	-	0 e	0 d	0 c
CV (%)	-	-	6,15	4,27	1,47

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%}/100$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

TABELA 2 – Médias de controle de milhã (*Digitaria horizontalis*) aos 07, 15 e 30 dias após a aplicação do herbicida glifosate em operação de limpeza na cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Milhã		
			10 DAA	20 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	50 e ¹	62 c	86 c
2. NTX 700 ³	1080	1,5	70 d	85 b	95 b
3. NTX 700 ³	1800	2,5	86 c	100 a	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	98 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	93 b	100 a	100 a
6. Testemunha sem capina	-	-	0 f	0 d	0 d
CV (%)	-	-	5,87	3,17	2,89

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%}/100$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

TABELA 3 – Médias de controle de picão preto (*Bidens pilosa*) aos 07, 15 e 30 Dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			picão preto		
			10 DAA	20 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	75 d ¹	100 a	100 a
2. NTX 700 ³	1080	1,5	87 c	100 a	100 a
3. NTX 700 ³	1800	2,5	95 b	100 a	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	100 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	98 a	100 a	100 a
6. Testemunha sem capina	-	-	0 e	0 b	0 b
CV (%)	-	-	3,97	0,00	0,00

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%}/100$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

TABELA 4 – Médias de controle de Guanxuma (*Sida rhombifolia*) aos 07, 15 e 30 Dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Guanxuma		
			7 DAA	5 DAA	0 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	38 e ¹	52 d	76 c
2. NTX 700 ³	1080	1,5	56 d	79 c	85 b
3. NTX 700 ³	1800	2,5	75 b	90 b	100 a
4. NTX 700 ³	2520	3,5	90 a	100 a	100 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	68 c	80 c	84 b
6. Testemunha sem capina	-	-	0 f	0 e	0 d
CV (%)	-	-	6,08	5,02	3,98

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%}/100$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

TABELA 5 – Médias de controle de grama seda (*Cynodon dactylon*) aos 10, 20 e 30 Dias após a aplicação do herbicida dessecante NTX 700 em operação de limpeza na cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*). Faxinal do Soturno, 1999/2000.

Tratamentos	Doses i.a. (g/ha)	Doses PC (Kg/ha)	% de Controle ²		
			Gramma seda		
			10 DAA	20 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ³	360	0,5	57 e	78 d	70 d
2. NTX 700 ³	1080	1,5	65 d	82 c	79 c
3. NTX 700 ³	1800	2,5	78 b	86 b	87 b
4. NTX 700 ³	2520	3,5	85 a	95 a	98 a
5. Roundup WG ⁴	1440	2,0	70 c	84 b	82 c
6. Testemunha sem capina	-	-	0 f	0 e	0 e
CV (%)	-	-	5,87	4,68	3,89

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

² Valores analisados com transformação de arc. sen $\sqrt{\%}/100$

³ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

⁴ Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) 720 g i.a/Kg P.C.

TABELA 6 – Médias de fitotoxicidade aos 7, 14 e 30 dias após a aplicação (DAA). Faxinal do Soturno/RS, 1999-2000.

Tratamentos	Doses PC (Kg/ha)	Fitotoxicidade (%)		
		07 DAA	14 DAA	30 DAA
1. NTX 700 ¹	0,5	0 ⁴ (6) ³	0 (6)	0 (6)
2. NTX 700	1,5	0 (6)	0 (6)	0 (6)
3. NTX 700	2,5	0 (6)	0 (6)	0 (6)
4. NTX 700	3,5	0 (6)	0 (6)	0 (6)
5. Roundup WG ²	2,0	0 (6)	0 (6)	0 (6)
6. Testemunha sem capina	-	0 (6)	0 (6)	0 (6)

¹ Glyphosate GRDA (grânulos autodispersíveis em água) – 720 g i.a/Kg P.C.

² Glyphosate WG (grânulos autodispersíveis em água) – 720 g i.a/Kg P.C.

³ Escala da ALAM: 1 = morte das plantas; 2 = dano muito severo; 3 = dano severo; 4 = dano moderado; 5 = dano leve; 6 = ausência de danos.

⁴ Fitotoxicidade em escala percentual, observado visualmente na área experimental.

CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados experimentais obtidos nas avaliações de controle realizadas aos 10, 20 e 30 DAA e nas avaliações de fitotoxicidade realizadas aos 07, 14 e 30 DAA e considerando as condições em que foi conduzido o experimento, conclui-se que:

O herbicida glifosate NTX 700, aplicado em operação de limpeza, em jato dirigido nas entrelinhas da cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*), nas doses de 1,5 Kg/ha, 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha foi eficiente no controle de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Bidens pilosa* e *Sida rhombifolia*.

O herbicida glifosate (NTX 700), aplicado em operação de limpeza, em jato dirigido nas entrelinhas da cultura do eucalipto (*Eucalyptus saligna*), na dose de 0,5 Kg/ha foi eficiente no controle de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis* e *Bidens pilosa* e nas doses de 2,5 Kg/ha e 3,5 Kg/ha foi eficiente no controle de grama seda (*Cynodon dactylon*).

O herbicida ROUNDUP WG na dose 2,0 Kg/ha foi eficiente no controle de *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Bidens pilosa*,

Sida rhombifolia. As plantas de grama seda (*Cynodon dactylon*) foram controladas inicialmente, mas rebrotaram a partir de 30 DAA.

Não foram observados sintomas de fitotoxicidade às plantas de eucalipto nas condições em que os tratamentos foram aplicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURRILL, L.C., CARDENAS, J.C., LOCATELLI, E. Field annual for weed control research. Corvallis: International Plant Protection Center, Oregon State University, 1976. 59p.

COUTO, H. T. Z. Silvicultura: O eucalipto nos Campos Gerais. Fundação ABC. Informativo n. 7 Ano 2. Castro 2000. p. 14-5.

FOLONI, L.L. – Avaliação do uso de amônio-glyphosinato na manutenção de eucalipto. IN: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS. Londrina, 1993. Resumos... Londrina, 1993. p.247.

LACA-BUENDIA, J.P. – Avaliação da mistura em tanque de pendimethalin+glyphosate e glyphosate+pendimethalin em aplicação sequencial, em pós-emergência, no controle de *Brachiaria decumbens*, na implantação de reflorestamento em plantio direto com eucalipto. IN: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Foz do Iguaçu, 2000. Resumos... Foz do Iguaçu, 2000. p. 368.

LEITES, A. & LACA-BUENDIA, J.P. – Avaliação da eficiência de DEC 02186 no controle de *Brachiaria decumbens* em aplicação pós-emergente dirigida em reflorestamento com pinus (*Pinus elliotii*). IN: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS. Londrina, 1993. Resumos... Londrina, 1993. p.249.

SCHAITZ, E.G. A madeira vai dar preço. Ed. Centaurus. Revista A Granja n. 14. Porto Alegre, 1999. p. 70-72.

SCHLEDER, N. – A cultura do Eucalipto na Depressão Central do RS: avaliação de novas tecnologias de secagem. Projeto de pesquisa. CPG em Engenharia Florestal/UFSM. Santa Maria, 2000. Não publicado.

TOLEDO, R.E.B. et al. – Estudo da interferência da palhada de *Brachiaria decumbens*, resultante de controle com glyphosate, sobre o crescimento

inicial de *Eucalyptus grandis*. IN:XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Caxambu, 1997. Resumos... Caxambu, 1997. p. 293.

VIDAL, R. A. Herbicidas: Mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre, RS. 1997, 167p.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, Champaign. *Herbicide Handbook*. 5. ed. Champaign, 1983, 515p.

POTENCIAL DE DANO DA FORMIGA PAMPA, *Acromyrmex aspersus*, EM MUDAS DE EUCALIPTO

DAMAGE INTENSITY OF THE LEAF CUTTING ANT, *Acromyrmex aspersus*, ON EUCALYPTUS SEEDLINGS

Dionisio Link¹ Fabio Moreira Link² Adriana Alves de Oliveira³

RESUMO

O potencial de dano em mudas de eucalipto da formiga pampa *Acromyrmex aspersus* (F.Smith) (Hymenoptera: Formicidae) foi estudado em Vargem Bonita, SC em 1995. Durante as inspeções bissemanais nos talhões recentemente instalados foram anotadas as ocorrências de formigueiros, dimensões dos mesmos, número e altura das mudas cortadas. Os formigueiros pequenos ocorreram logo após o plantio, indicando escape do controle prévio. Os formigueiros de tamanho médio e grande causaram os maiores danos e foram os mais fáceis de localizar. O potencial médio de danos desta espécie de formiga cortadeira é de quatro mudas de eucalipto, por ninho, a cada três dias, nos primeiros dois meses.

Palavras-chave: formiga cortadeira, praga florestal, avaliação de danos.

ABSTRACT

Damage intensity of the leaf cutting ant, *Acromyrmex aspersus* (F.Smith) (Hymenoptera:Formicidae), on eucalyptus seedlings was studied, in Vargem Bonita – SC, at 1995. The nest ant occurrence, number and size, number and high damaged eucalyptus seedlings were annotated during the ant damage evaluation, in the forested areas, twice a week. The small nests occurred after the planting date because were not eliminated for the preventive control. The intermediate and bigg ant nests caused the biggest damage and were easily located. The average damage intensity of this leaf cutting ant is four eucalyptus seedlings/nest, in each three days of ant damage evaluation, in the first two months after planting.

Key words: leaf cutting ant, forest pest, damage evaluation.

¹ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular. CCR/UFSM, Cidade Universitária. 97105-900 Santa Maria – RS. E-mail: <dlink@ccr.ufsm.br>

² Eng. Agrônomo.

³ Eng. Florestal.

INTRODUÇÃO

As formigas cortadeiras são consideradas como as principais pragas na agricultura e, em especial, na silvicultura, causando elevados prejuízos (COSTA, 1958; DE GASPERI, 1963, 1975; MARICONI, 1970; JURUENA, 1980; PACHECO & BERTI FILHO, 1987; DELLA LUCIA, 1993).

Poucos são os dados quantitativos dos prejuízos causados pelas formigas cortadeiras. AMANTE (1967) estimou que um saueiro tem o potencial de desfolha de 86 árvores adultas de eucalipto por ano.

O aumento das áreas cultivadas com eucalipto no Sul do Brasil, tem como um dos principais entraves os danos causados pelas formigas cortadeiras, logo após o plantio (AMANTE et al., 1972).

A necessidade de se estimar o potencial de dano das formigas cortadeiras em bosques recém implantados de eucalipto, para cálculo dos custos de implantação e manutenção, motivaram o presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

A empresa Celulose Irani S.A., localizada em Vargem Bonita – SC, possui extensas áreas reflorestadas com pinus e eucalipto, nas quais o problema, formigas desfolhadoras, apresenta-se como um dos principais, senão o maior deles. Possui um equipe permanente de operários encarregados do combate às formigas cortadeiras.

No primeiro trimestre de 1995, durante as fiscalizações bissemanais desta equipe, nos bosques recém implantados de eucalipto, foram anotados os danos causados por esta praga.

Em todos os formigueiros localizados nestas áreas, os seguintes foram anotados: identificação da espécie de formiga cortadeira, dimensões dos ninhos, dimensões dos carreiros, localização dos ninhos no terreno, número de mudas desfolhadas pelas formigas, altura das mesmas e outras plantas forrageadas.

Os dados obtidos foram tabulados e analisados quanto aos danos causados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes do plantio das mudas, em cada talhão foi feito um controle prévio, para eliminação da maior quantidade possível de formigueiros da

área.

A maioria dos ninhos apresentou formato ovalado, com o eixo maior cerca de 1,5 vezes o eixo menor; para fins de tabulação adotou-se o comprimento do eixo maior como sendo o diâmetro aproximado do ninho, classificando-se os mesmos em: pequeno, quando este valor atingia até 30cm; médio, quando se situava entre 30 e 60cm e, grande, quando superior a este valor.

A maioria dos ninhos encontrados nos talhões foram de formigueiros de tamanho médio e, a maioria deles haviam desfolhado plantas de eucalipto (Tabela 1), mas todos estavam forrageando plantas nativas, existentes na área, ao mesmo tempo que danificavam as mudas de eucalipto.

TABELA 1 – Densidade de ninhos da formiga pampa, *Acromyrmex aspersus*, em talhões de eucalipto, danificando ou não, as mudas. Vargem Bonita, SC. 1995.

Tamanho do ninho*	densidade			%
	Total	Com corte**	Sem corte***	
Pequeno	10	6	4	60,0
Médio	22	13	9	59,0
Grande	8	6	2	75,0
Total	40	25	15	62,5

* pequeno: com até 30cm de diâmetro; médio: entre 30 e 60cm; grande: com mais de 60cm de diâmetro. ** frequência de formigueiros danificando mudas de eucalipto.*** frequência de formigueiros forrageando somente outras plantas.

Operárias dos formigueiros haviam desfolhado mudas de eucalipto com 3,8 mudas/ ninho pequeno, 6,9 mudas/ ninho médio, 6,8 mudas/ ninho grande, num período máximo de três dias (Tabela 2). A altura média das mudas desfolhadas foi de 15,4cm, para os formigueiros pequenos, 38,2cm para os formigueiros médios e 67,9cm para aqueles grandes, indicando que logo após o plantio foram encontrados quase que somente formigueiros pequenos que provavelmente haviam escapado do combate prévio realizado poucos dias antes do plantio.

Cerca de 80% dos ninhos encontrados foram classificados em pequenos e médios (Tabela 1), danificando principalmente, as mudas mais novas (Tabela 2), indicando uma potenciabilidade de dano bastante

pronunciada, visto a dificuldade dos mesmos serem encontrados, seja pela ausência de carreiros e pouca ou nenhuma nitidez dos mesmos, exigindo mão de obra bem treinada e especializada para sua localização e controle.

TABELA 2 – Potencial de corte de mudas de eucalipto, pela formiga pampa, *Acromyrmex aspersus*. Vargem Bonita, SC. 1995.

Tamanho do ninho*	Mudas desfolhadas			
	F**	Amplitude	Altura(cm)**	Amplitude(cm)
Pequeno	3,8	1 13	15,4	12 54
Médio	6,9	2 21	38,2	36 54
Grande	6,6	3 9	67,9	54 75

* pequeno: com até 30cm de diâmetro; médio: entre 30 e 60cm; grande: com mais de 60cm de diâmetro. ** F – frequência média de mudas danificadas; altura(cm) – altura média das mudas danificadas.

Os formigueiros de tamanho grande causaram os maiores prejuízos, mas foram aqueles mais facilmente encontrados devido a nitidez dos carreiros e dimensões dos ninhos.

As mudas danificadas achavam-se em média até 2m dos ninhos pequenos, até 7 metros dos ninhos médios e até 18m dos formigueiros grandes. A grande variação entre as distâncias percorridas pelas operárias dos diversos ninhos, para o forrageamento, não diferiram estatisticamente entre si, provavelmente, pelo próprio comportamento desta espécie de formiga cortadeira, pois o coeficiente de variação foi superior a 200%.

A formiga pampa, como as demais espécies do gênero *Acromyrmex*, muda periodicamente o seu ninho de lugar e causa prejuízos em qualquer local, principalmente em talhões recém implantados de eucalipto, apesar do controle pré plantio.

Os formigueiros de *Acromyrmex aspersus* apresentam um potencial de desfolha de aproximadamente quatro mudas de eucalipto/ninho, por intervalo de três dias/inspeção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANTE, E. Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no Estado de São Paulo. **Silvicultura em S. Paulo**, São Paulo, v. 6, n. único, p. 355-363, 1967.

AMANTE, E., FERREIRA, J.C.G.M., BEMELMANN, P.F. **Combate econômico às formigas cortadeiras**. S. Paulo: Sec. Agric., 1972. 14p.

COSTA, R.G. **Alguns insetos e outros pequenos animais que danificam plantas cultivadas no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sec. Agric. Ind. Com., 1958. 296p.

DE GASPERI, A.J. **Formigas cortadeiras**. Porto Alegre: Sec. Agric., 1963. 25p. (reedição).

DE GASPERI, A.J. **Formigas cortadeiras, espécies e medidas de controle**. Porto Alegre: Sec. Agric., 1975. 31p.

DELLA LUCIA, T.M.C. (ed.) **As formigas cortadeiras**. Viçosa: Soc. Invest. Flor., 1993. 262p.

JURUENA, L.F. As formigas cortadeiras. **Ipagro Informa**, Porto Alegre, n. 23, p. 3-17, 1980.

MARICONI, F.A.M. **As saúvas**. São Paulo: Ceres, 1970. 176p.

PACHECO, P.; BERTI FILHO, E. Formigas quenquéns. In: PACHECO, P.; BERTI FILHO, E. (Ed.) **Formigas cortadeiras e seu controle**. Piracicaba: IPEF, 1987. p. 3-21.

POTENCIAL DE DANO DA FORMIGA PRETA, *Acromyrmex crassispinus*, EM MUDAS DE EUCALIPTO E DE PINUS

DAMAGE INTENSITY OF THE LEAF CUTTING ANT, *Acromyrmex crassispinus*, ON EUCALYPTUS AND PINUS SEEDLINGS

Dionisio Link¹ Fabio Moreira Link² Adriana Alves de Oliveira³

RESUMO

O potencial de dano em mudas de eucalipto e de pinus da formiga preta *Acromyrmex crassispinus* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae) foi estudado em Vargem Bonita, SC em 1995. Durante as inspeções bissemanais nos talhões com rebrota e os recentemente instalados de pinus, foram anotadas as ocorrências de formigueiros, dimensões dos mesmos, número e altura das mudas cortadas. Esta espécie de formiga apresenta um potencial de desfolha de aproximadamente oito hastes/ninho, na rebrota do eucalipto e de oito mudas/ninho, em mudas de pinus com cerca de três meses de idade, por intervalo de três dias/inspeção.

Palavras-chave: formiga cortadeira, praga florestal, avaliação de danos.

ABSTRACT

Damage intensity of the leaf cutting ant, *Acromyrmex crassispinus*, (Forel) (Hymenoptera: Formicidae) on eucalyptus and pinus seedlings was studied, in Vargem Bonita – SC, at 1995. The nest ant occurrence, number and size, number and high damaged eucalyptus and pinus seedlings were annotated during the ant damage evaluation, in the forested areas, twice a week. The average damage intensity of this leaf cutting ant is eight eucalyptus seedlings/nest and eight pinus seedlings/nest, with three months old, in each three days of ant damage evaluation.

Key words: leaf cutting ant, forest pest, damage evaluation.

¹ Eng.Agr., Dr., Prof. Titular. CCR/UFSM, Cidade Universitária. 97105-900 Santa Maria – RS. E-mail: <dlink@ccr.ufsm.br>

² Eng. Agrônomo.

³ Eng. Florestal.

INTRODUÇÃO

As formigas cortadeiras são consideradas pragas importantes na silvicultura, causando elevados prejuízos (MARICONI, 1970; JURUENA, 1980; PACHECO & BERTI FILHO, 1987; DELLA LUCIA, 1993).

Poucos são os dados quantitativos dos prejuízos causados pelas formigas cortadeiras. AMANTE (1967) estimou que um saueiro tem o potencial de desfolha de 86 árvores adultas de eucalipto ou de 42 de pinus, por ano.

O aumento das áreas cultivadas com eucalipto e com pinus, no Sul do Brasil, tem como um dos principais entraves os danos causados pelas formigas cortadeiras, logo após o plantio (AMANTE et al., 1972).

A necessidade de se estimar o potencial de dano das formigas cortadeiras em áreas de rebrota de eucalipto e, em bosques recém implantados de pinus, para cálculo dos custos de manutenção, motivaram o presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

A empresa Celulose Irani S.A., localizada em Vargem Bonita – SC, possui extensas áreas reflorestadas com pinus e eucalipto, nas quais o problema, formigas desfolhadoras, apresenta-se como um dos principais, senão o maior deles. Possui um equipe permanente de operários encarregados do combate às formigas cortadeiras.

No primeiro trimestre de 1995, durante as fiscalizações bissemanais desta equipe, nas áreas de rebrota de eucalipto e nos bosques recém implantados de pinus, foram anotados os danos causados por esta praga.

Em todos os formigueiros localizados nestas áreas, os seguintes foram anotados: identificação da espécie de formiga cortadeira, dimensões dos ninhos, dimensões dos carreiros, localização dos ninhos no terreno, número de mudas ou hastes desfolhadas pelas formigas, altura das mesmas e outras plantas forrageadas.

Os dados obtidos foram tabulados e analisados quanto aos danos causados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes do corte dos eucaliptos ou do plantio das mudas de pinus, em cada talhão foi feito um controle prévio, para eliminação da maior quantidade possível de formigueiros da área.

A maioria dos ninhos apresentou formato ovalado, com o eixo maior cerca de 1,2 vezes o eixo menor; para fins de tabulação adotou-se o comprimento do eixo maior como sendo o diâmetro aproximado do ninho, classificando-se os mesmos em: pequeno, quando este valor atingia até 30cm; médio, quando se situava entre 30 e 60cm e, grande, quando superior a este valor.

Os formigueiros encontrados na área de rebrota do eucalipto, durante o período de avaliação, se distribuíram de forma bastante similar nos três tamanhos (Tabela 1), estando a maioria danificando a rebrota do eucalipto.

TABELA 1 – Densidade de ninhos da formiga preta, *Acromyrmex crassispinus*, em talhões de rebrota de eucalipto, danificando ou não, as hastes. Vargem Bonita, SC. 1995.

Tamanho do ninho*	densidade			%
	Total	Com corte**	Sem corte***	
Pequeno	13	10	3	76,9
Médio	15	12	3	80,0
Grande	16	14	2	87,5
Total	44	36	8	81,8

* pequeno: com até 30cm de diâmetro; médio: entre 30 e 60cm; grande: com mais de 60cm de diâmetro. ** frequência de formigueiros danificando mudas de eucalipto.*** frequência de formigueiros forrageando somente outras plantas.

Operárias dos formigueiros haviam desfolhado a rebrota do eucalipto com 4,1 hastes/ ninho pequeno, 3,3 hastes/ ninho médio, 13,2 hastes mudas/ ninho grande, num período máximo de três dias (Tabela 2). A altura média das hastes desfolhadas foi de 32,7cm, para os formigueiros pequenos, 45,3cm para os formigueiros médios e 74,1m para aqueles grandes, indicando que o controle realizado antes do corte foi eficiente na redução de formigueiros de todos os tamanhos, provavelmente devido a cobertura de palha seca que se acha sobre a câmara de fungo e que torna

mais fácil sua localização.

Verificou-se, de uma maneira geral, que, a medida que aumentou o tamanho do ninho, houve um aumento no número de hastes desfolhadas e na sua altura, com diferenças estatísticas significativas para formigueiros de maior porte.

Os formigueiros de tamanho grande causaram os maiores prejuízos, mas foram aqueles mais facilmente encontrados devido a nitidez dos carreiros e dimensões dos ninhos.

TABELA 2 – Potencial de corte de hastes de eucalipto, pela formiga preta, *Acromyrmex crassispinus*. Vargem Bonita, SC. 1995.

Tamanho do ninho*	Hastes desfolhadas			
	F**	Amplitude	Altura(cm)**	Amplitude(cm)
Pequeno	4,1	1-8	32,7	28 57
Médio	3,3	1-8	45,3	22 51
Grande	13,2	1-8	74,1	47 82

* pequeno: com até 30cm de diâmetro; médio: entre 30 e 60cm; grande: com mais de 60cm de diâmetro. ** F – frequência média de hastes danificadas/formigueiro; altura(cm) – altura média das hastes danificadas.

As hastes danificadas achavam-se em média até 5m dos ninhos pequenos, até 12 metros dos ninhos médios e até 50m dos formigueiros grandes. A grande variação entre as distâncias percorridas pelas operárias dos diversos ninhos, para o forrageamento, deveu-se provavelmente, pela maior ou menor existência de forragem alternativa (plantas nativas), pois não mais se faz coivara, após o corte raso de bosques de eucalipto e, que não se constatou significância durante a análise deste parâmetro.

A formiga preta, como as demais espécies do gênero *Acromyrmex*, muda periodicamente o seu ninho de lugar e causa prejuízos em qualquer local, principalmente em talhões de rebrota de eucalipto, apesar do controle pré corte.

Os formigueiros de *Acromyrmex crassispinus* apresentam um potencial de desfolha de aproximadamente oito hastes/ninho, em talhões de rebrota de eucalipto, por intervalo de três dias/inspeção.

Os formigueiros encontrados nos talhões de pinus, com aproximadamente três meses após o transplante, concentraram-se naqueles

de tamanho médio e, a grande maioria desfolhando mudas de pinus (Tabela 3).

As operárias desta espécie de formiga cortadeira desfolharam 1,9mudas/ninho pequeno, 4,5mudas/ninho médio e 12,4 mudas/ninho grande, num período máximo de três dias, provavelmente devido à grande necessidade de forragem para produzir substrato pra cultivo do seu fungo alimentar (Tabela 4). Os danos dos formigueiros maiores diferiram significativamente dos demais quanto à intensidade de desfolha, no número de mudas atacadas.

TABELA 3 – Densidade de ninhos da formiga preta, *Acromyrmex crassispinus*, em talhões de pinus, danificando ou não, as mudas. Vargem Bonita, SC. 1995.

Tamanho do ninho*	densidade			%
	Total	Com corte**	Sem corte***	
Pequeno	9	6	3	66,7
Médio	17	16	1	94,1
Grande	7	5	2	71,4
Total	33	27	6	81,8

* pequeno: com até 30cm de diâmetro; médio: entre 30 e 60cm; grande: com mais de 60cm de diâmetro. ** frequência de formigueiros danificando mudas de eucalipto.*** frequência de formigueiros forrageando somente outras plantas.

TABELA 4 – Potencial de corte de mudas de pinus, pela formiga preta, *Acromyrmex crassispinus*. Vargem Bonita, SC. 1995.

Tamanho do ninho*	Mudas desfolhadas			
	F**	Amplitude	Altura(cm)**	Amplitude(cm)
Pequeno	1,9	1-5	48,0	47 49
Médio	4,5	1-8	70,0	45 130
Grande	12,4	2-28	70,3	47 145

* pequeno: com até 30cm de diâmetro; médio: entre 30 e 60cm; grande: com mais de 60cm de diâmetro. ** F – frequência média de mudas danificadas/formigueiro; altura(cm) – altura média das mudas danificadas.

Os formigueiros da formiga preta apresentam um potencial médio de desfolha de mudas de pinus, com cerca de três meses de idade no campo, de aproximadamente oito mudas/ninho, por intervalo de três dias/inspeção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANTE, E. Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no Estado de São Paulo. **Silvicultura em S. Paulo**, São Paulo, v. 6, n. único, p. 355-363, 1967.

AMANTE, E., FERREIRA, J.C.G.M., BEMELMANN, P.F. **Combate econômico às formigas cortadeiras**. S. Paulo: Sec. Agric., 1972. 14p.

DELLA LUCIA, T.M.C. (ed.) **As formigas cortadeiras**. Viçosa: Soc. Invest. Flor., 1993. 262p.

JURUENA, L.F. As formigas cortadeiras. **Ipagro Informa**, Porto Alegre, n. 23, p. 3-17, 1980.

MARICONI, F.A.M. **As saúvas**. São Paulo: Ceres, 1970. 176p.

PACHECO, P.; BERTI FILHO, E. Formigas quenquéns. In: PACHECO, P.; BERTI FILHO, E. (Ed.) **Formigas cortadeiras e seu controle**. Piracicaba: IPEF, 1987. p. 3-21.

O MANEJO FLORESTAL E SEUS ASPECTOS LEGAIS *

LEGALAS ASPECTS OF TROPICAL FOREST MANAGEMENT

Gilson Fernandes da Silva¹ Nilton Cesar Fiedler³⁸
Gustavo Stancioli C. Pinho³⁹ Fernando E. Kutschenski Jr² Fábio Venturoli²

RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo traçar um histórico da legislação florestal no Brasil no que diz respeito ao desenvolvimento do manejo florestal. Além disso, foi objeto desse estudo avaliar as consequências da legislação e seus impactos sobre os planos de manejo. Como principais conclusões, observou-se avanços na legislação no sentido da implementação de dispositivos que garantem com que objetivos ambientais e sociais passem a ser contemplados nos planos de manejo atuais. Entretanto, percebe-se também a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias e leis para que a sustentabilidade do manejo florestal possa de fato ser alcançada.

Palavras-chave: manejo florestal, aspectos legais

ABSTRACT

The main objective of this work was to describe the Brazilian forest legislation for the management of a tropical forest along the last years. Besides, was objective this work to evaluate the influences of legislation and their impacts about for the management of a tropical forest. At the end, the conclusion was that the legislation got some progress to guarantee environment and social objectives for the management of a tropical forest. However, is necessary to develop new technologies and laws for that the sustainability of management of a tropical forest can be searched.

Key words: forest management, forest laws

³⁸ Professor Departamento de Engenharia Florestal – UnB – Caixa Postal 04357 CEP 70919-970 Brasília - DF.

³⁹ Estudante de Pós-graduação em Ciência Florestal – UnB – Caixa Postal 04357 CEP 70919-970 Brasília - DF.

* Trabalho financiado pelo CNPq.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda de produtos madeireiros e não madeireiros associada às pressões de mercados cada vez mais globalizados exigem que as empresas florestais se tornem mais e mais competitivas, devendo produzir produtos de alta qualidade a custos os menores possíveis. De acordo com LEITE (1994), O manejo florestal moderno requer integração entre floresta, indústria e mercado, para maximizar o retorno financeiro e, ao mesmo tempo, garantir uma base sustentável do estoque de crescimento da floresta. Além disso, questões importantes como aspectos legais, econômicos, ambientais e sociais devem obrigatoriamente fazer parte de um plano de manejo que pretenda garantir um fluxo contínuo de produção.

Até algum tempo atrás, os aspectos econômicos eram de fato quem norteavam a exploração florestal no Brasil. Com a diminuição rápida das reservas florestais, o que resultou em problemas ambientais e sociais graves, percebeu-se a necessidade de se levar em conta no planejamento da produção florestal, outros aspectos que não apenas a satisfação econômica. Nesse sentido, o desenvolvimento de uma política que defina os critérios de intervenção na floresta no Brasil torna-se, no momento, uma das principais questões para o desenvolvimento do manejo florestal no país. Estabelecer uma política de exploração florestal significa determinar e disciplinar os usos que a floresta possa ter e torná-los compatíveis com as mais diversas regiões do Brasil. Para tanto, é preciso que sejam estabelecidos critérios claros e objetivos, que sejam viáveis operacionalmente, e que procurem, na medida do possível, a satisfação econômica, ambiental e social daqueles que trabalham no setor.

A principal via de estabelecimento de políticas florestais, sem dúvida, se dá por meio do Estado. Para tanto, o Estado dispõe de dois instrumentos importantes: o poder de criar leis e o conhecimento adquirido sobre os ecossistemas florestais. Obviamente, quando as leis que definem a política florestal levam em conta o conhecimento técnico para melhor orientar a exploração florestal, considerando-se os aspectos já citados, há maiores chances de que a sustentabilidade para exploração florestal seja alcançada. Infelizmente nem sempre isso acontece. Por outro lado, a única forma de se conseguir que o conhecimento técnico seja de fato implementado em nível comercial de modo a garantir principalmente os ganhos ambientais e sociais é por meio do cumprimento de leis estabelecidas pelo Estado. Este fato ressalta a importância da participação da sociedade civil organizada nesse processo. Contudo, nas últimas décadas avanços

significativos tem sido conseguidos buscando melhor orientar a exploração florestal no Brasil. Desse modo, o objetivo desse trabalho é apresentar um breve histórico dos aspectos legais que orientam o manejo florestal no Brasil, bem como discutir os seus impactos.

HISTÓRICO DO MANEJO FLORESTAL NO BRASIL DO PONTO DE VISTA LEGAL

De acordo com IBAMA (2001), o primeiro ato a tratar do Manejo Florestal aconteceu mais de vinte anos depois da regulamentação do Código Florestal, Lei No 4.771, de 15 de setembro de 1.965, por meio da Lei N° 7.511 de 7 de julho de 1986, regulamentada pela Portaria N° 486/86-P, de 28 de outubro de 1.986. Na Portaria, surgiu pela primeira vez, oficialmente, entre outros conceitos, o conceito do "Manejo Sustentado ou Manejo de Rendimento Sustentado".

No que se refere especificamente aos procedimentos que deveriam ser adotados, por quem pretendesse explorar a floresta, ou orientar aqueles encarregados da avaliação da exploração, a Portaria deu um passo: Ela apresentava um modelo de formulário.

Apesar das informações relevantes exigidas pelo formulário, como, por exemplo, justificativas técnicas e econômicas, espécies a serem exploradas, entre outras, a Portaria não estipulou parâmetros para avaliação das atividades em si, ficando esta função a cargo do técnico responsável. Este fato levou o plano de manejo a ser encarado como um entrave burocrático. Além disso, muitos planos não apresentavam inventários florestais.

O aumento dos problemas ambientais aumentou a responsabilidade dos técnicos e exigiu uma melhora no conteúdo dos planos de manejo.

Esta situação de incertezas durou até 1989, quando através da Ordem de Serviço 002/89-DIREN, de 7 de agosto de 1.989, o IBAMA publicou o "Roteiro Básico para Análise de Planos de Manejo Florestal", que relacionava uma série de itens a serem preenchidos pelo elaborador do plano, embora poucas vezes determinasse o que seria bom ou ruim, satisfatório ou inadequado (IBAMA, 2001).

A Instrução Normativa N° 80, de 24 de setembro de 1991 determinou ações objetivas, em função dos resultados das pesquisas e experiências profissionais dos participantes da reunião, tais como: a intensidade amostral e a periodicidade do inventário contínuo, o nível de abordagem do inventário florestal, da regeneração natural, tratamentos

silviculturais e o ciclo de corte mínimo de 20 anos, entre outras (SENADO FEDERAL, 2001).

Seus princípios foram incorporados ao Decreto Nº 1.282, de 19 de outubro de 1.994, que pela primeira vez delimita a Bacia Amazônica para efeito do manejo, e conceitua novamente o Manejo Florestal Sustentado, como sendo: "... a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo." (IBAMA, 2001).

Em complemento ao Dec. 1.282, foi editada a Portaria Nº 48, de 10 de julho de 1.995, normatizando-o e, ambos, finalmente, regulamentaram o Art. 15 do Código Florestal - trinta anos depois (SENADO FEDERAL, 2001).

Nessa Portaria e nos seus apêndices, em maior ou menor detalhes, são tratados diversos assuntos relacionados ao manejo florestal sustentado. Tais como o manejo em pequenos e médios imóveis rurais, plantas medicinais, ornamentais e aromáticas, dentre muitos outros itens.

Além do roteiro para elaboração de um plano de manejo, ela apresenta uma listagem completa dos documentos necessários ao encaminhamento do mesmo, e diversos modelos de declarações e compromissos a serem assumidos por quem pretende manejar a floresta.

Segundo IBAMA (2001), após a Portaria 48, foram editadas duas medidas de grande influência sobre o manejo florestal, embora não versem diretamente sobre ele. A primeira, a Medida Provisória 1.511, de 25 de julho de 1.996, que aumenta a área de Reserva Legal na Região Amazônica para 80%, estimulando, de certa forma, o aproveitamento da floresta via manejo florestal sustentado.

A segunda, o Decreto Nº 1.963, de mesma data, que suspende por 2 anos a exploração do Mogno (*Swietenia macrophylla*) e da Virola (*Virola surinamensis*).

A Medida Provisória 1.511 foi reeditada várias vezes e o seu cerne ainda está em vigor através da Medida Provisória 1.736-34, de 11/03/99. No que depende da lei, a conversão de áreas de florestas em áreas agrícolas ou de pecuária, qualquer que seja a porcentagem, ainda depende do que foi feito do desmatado anteriormente. Isto é: desmatou e não está produzindo, e produzindo bem, então não pode desmatar mais.

O Decreto 1.963, por sua vez, foi substituído pelo Dec. 2.687, de 24.07.98. Nele a exploração do Mogno foi suspensa por mais dois anos e a da Virola, por sua vez, ficou liberada, dependendo apenas de condições específicas para o seu manejo, a serem estabelecidas pelo IBAMA (IBAMA,

2001).

Em 28 de setembro de 1.998, foi publicado o Decreto 2.788, que alterou o Decreto 1.282 substancialmente. Nele foi finalmente excluída a obrigação dos PMFS apresentarem os relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), reconhecendo que o conhecimento científico sobre a floresta e as técnicas de manejo e monitoramento das florestas são extremamente superiores às ainda rudimentares e subjetivas técnicas utilizadas nos EIA/RIMA (IBAMA, 2001).

A partir de então, a Portaria 48 perdeu a validade nos seus artigos referentes ao manejo florestal. Ela foi substituída pela Instrução Normativa 4, de 28.12.98, que estabelece as regras para o manejo florestal comunitário; a Instrução Normativa 5, de mesma data, que estabelece as regras para o manejo florestal simplificado; a Instrução Normativa 6, também de mesma data, que estabelece as novas regras para o manejo florestal em escala empresarial, e, finalmente, a Instrução Normativa 1, do MMA, de 08.01.99, que estabelece as regras específicas para o manejo da *Virola surinamensis*. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2001).

Enquanto isso, foram publicadas as regras para o manejo florestal no restante do país: a Portaria 113, de 19.12.95, disciplina a exploração das florestas primitivas nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste e a Instrução Normativa No 1, de 06/10/98, que estabelece regras específicas para o manejo florestal na vegetação nativa e formações sucessoras da região Nordeste do Brasil (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2001).

De grande impacto na região amazônica foi a recentemente publicada Instrução Normativa Nº 4 (MMA) que suspendeu por 120 dias as autorizações de exploração e desmatamento em toda a região.

A IN 4 foi alterada pela IN 5, de 23/03/99. Nela foram excluídas de proibição as áreas destinadas à implantação de subestações e linhas de transmissão de energia elétrica.

Em 27 de abril de 1999, o MMA, através da IN 7, revoga a IN 4 e estabelece os seguintes limites e condições para a autorização de desmatamentos na Amazônia Legal:

I - até 3 hectares por ano, em área de até cem hectares, revestida de floresta nativa (com título de propriedade ou posse reconhecida);

II - até 5 hectares por ano, em áreas extrativistas de posse coletiva, de mais de cem hectares, desde que comprovada a prática de agricultura familiar;

III - até 20% da área total da propriedade em áreas de cem a duzentos hectares;

IV - de acordo com a MP 1.736-35, em áreas acima de duzentos hectares (após vistoria).

A IN 7 também cria 3 comissões para implementação da Agenda Positiva para a Amazônia Legal, sob a coordenação do MMA/SCA:

I - de Acompanhamento das Ações de Fiscalização;

II - sobre Áreas Alteradas da Amazônia Legal;

III - de Manejo Sustentado e Reposição Florestal.

PERSPECTIVAS ATUAIS DO MANEJO FLORESTAL

Atualmente o manejo florestal deverá contemplar cada vez mais, a garantia da sustentabilidade dos ecossistemas florestais. Para isso, a implementação de leis que garantam a manutenção do estoque remanescente se fará necessária. Muitos estudos ainda carecem de serem feitos para que se defina com maior precisão quais seriam os níveis desejáveis dos estoques de crescimento para diferentes tipologias para que a exploração ocorra de forma sustentável.

Outra meta importante é o desenvolvimento de modelos de manejo sustentado e exploração de baixo impacto ambiental, objetivando diminuir os danos causados pela exploração, aumentar o incremento anual da floresta remanescente após o corte, melhorar o aproveitamento dos recursos florestais e capacitar a mão-de-obra utilizada na atividade florestal.

Além disso, uma perspectiva promissora está na pesquisa de produtos florestais não madeireiros e usos múltiplos para a floresta, como frutos, plantas medicinais, sementes, óleos e resinas, fixação de CO₂, ecoturismo, dentre outros. A descoberta de novas utilidades para a floresta, além de agregar maior valor ao negócio florestal, abrindo novos mercados, deve diminuir as pressões sobre o estoque florestal madeireiro, diminuindo, consequentemente, os problemas ambientais e sociais.

Dado o exposto, cabe ao Estado e à sociedade civil fazer com que o desenvolvimento tecnológico seja implementado em forma de leis de modo a garantir o uso racional do recurso florestal.

CONCLUSÕES

Embora tenham ocorrido avanços na legislação florestal no sentido

de disciplinar a exploração, novos desenvolvimentos técnicos e legislações específicas precisam ser estabelecidas para contemplar as diversas situações de uso da floresta no Brasil. Assim, o desenvolvimento da política florestal é uma tarefa constante e que não será efetivada caso os meios de fiscalização sejam omissos ou deficientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, P. H. C.; VERÍSSIMO, J. A. O.; BARRETO, P. G. e VIDAL, E. J. S. Floresta para Sempre: um Manual para Produção de Madeira na Amazônia. Belém: IMAZON, 1998. 137 p.

IBAMA. Manejo e legislação florestal. Site: www.ibama.gov.br .2001.

LEITE, H.G. Conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica. Viçosa: UFV, 1994. 230p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Legislação florestal brasileira. Site: www.mma.gov.br. 2001.

SENADO FEDERAL. Legislação brasileira. Site: www.senadofederal.gov.br . 2001.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Urbanus acawoios*
(LEPIDOPTERA: HESPERIIDAE) ALIMENTADAS COM
FOLHAS DE FABÁCEAS

BIOLOGICAL PARAMETERS OF *Urbanus acawoios*
(LEPIDOPTERA: HESPERIIDAE) FED WITH
FABOIDEAE LEAVES

Jonas de Miranda Pinto¹ Acacio Geraldo de Carvalho²

RESUMO

Urbanus acawoios Williams (1926), está associada ao sombreiro, *Clitoria fairchildiana* (Leguminosae: Faboideae), completa seu ciclo de vida em outras essências vegetais e o estudo de sua biologia é um importante passo no planejamento do seu controle. Este trabalho objetivou estudar, em laboratório, alguns aspectos biológicos de *Urbanus acawoios*, utilizando-se como alimento folhas das seguintes fabáceas: feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis*, guandu, *Cajanus cajan*, soja, *Glycine max*, siratro, *Macroptilium atreopurpureum* cv. siratro e mucuna-preta, *Mucuna aterrima*. Foram avaliados a duração dos períodos larval e pupal, longevidade dos adultos e ciclo de vida bem como o peso do estágio larval e pupal. Foram observadas diferenças significativas na duração média do 1º ao 5º instares e nos períodos larval e pupal. Houve diferenças significativas entre os tratamentos nos pesos das lagartas do 1º ao 5º instares, pré-pupa e pupa. A taxa de mortalidade foi superior para lagartas alimentadas com folhas de guandu e o ciclo de vida diferiu significativamente entre os tratamentos, sugerindo que o parâmetro nutricional é relevante no ciclo biológico de *Urbanus acawoios*.

Palavras-chave: Biologia, Nutrição, *Urbanus acawoios*, Leguminosae.

¹ Doutorando em Fitotecnia, CPGF/IA/UFRRJ, Cx. Postal 74.568-UFRRJ, Seropédica, RJ. 23851-970.

² Prof. Adjunto, Depto. de Produtos Florestais IF/UFRRJ, Br 465, Km 7, Seropédica, RJ. 23890-000.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

ABSTRACT

Urbanus acawoios Williams (1926), is associated to the, *Clitoria fairchildiana*, "sombreiro" (Leguminosae: Faboideae), it completes its life cycle in another vegetable essences and the study of its biology is an important step in the planning of its control. This work aimed to study in laboratory, some biological aspects of *Urbanus acawoios*, being used as food leaves from the following Faboideae: "Feijão-de-porco", *Canavalia ensiformis*, "Guandu", *Cajanus cajan*, Soy, *Glycine max*, "Siratro", *Macroptilium atreopurpureum* cv. siratro and "Mucuna-preta", *Mucuna aterrima*. They were appraised the duration of the larval and pupal periods, the adults' longevity and life cycle as well as the weight of larval and pupal stage. Significant differences were observed in duration of the larval and pupal stage. With relation to the weight, there were significant differences among the treatments in the larval, prepupa and pupa stage. The mortality rate was superior to the caterpillars fed with "guandu" leaves and the life cycle differed significantly among treatments, suggesting that the nutrition is an important parameter in the biological cycle of *Urbanus acawoios*.

Key words: Biology, Nutrition, *Urbanus acawoios*, Leguminosae.

INTRODUÇÃO

Os lepidópteros constituem uma das ordens de importância econômica por causarem prejuízos às culturas, tanto agrícolas como florestais. Na forma jovem, apresentam-se na forma de lagartas, totalmente diferentes dos adultos. É justamente nesta fase que são prejudiciais, pois são fitófagas (GALLO, 1988; BUZZI & MIYAZAKI, 1993).

O gênero *Urbanus* completa seu ciclo de vida em leguminosas como sombreiro (RIBEIRO & CASSINO, 1980; CARVALHO *et al.*, 1986; SILVA *et al.*, 1998; LUNZ *et al.*, 2000 e MAURÍCIO *et al.*, 2000), feijão (COSTA LIMA, 1949; GALLO *et al.*, 1988; SILVA, 1995; PINTO *et al.*, 2000 e TREVISAN *et al.*, 2000) e soja (BUZZI & MIYAZAKI, 1993 e SILVA, 1995), alimentando-se das folhas, causando prejuízo às plantações.

No Estado do Rio de Janeiro, a essência vegetal *Clitoria fairchildiana* Howard (Leguminosae: Faboideae), vulgarmente conhecida como sombreiro, constitui-se na principal planta hospedeira de *Urbanus acawoios*. Registros de desfolhamento em *Clitoria fairchildiana*, para este

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

estado, foram feitos a partir de 1978/80 (RIBEIRO & CASSINO, 1980), e continuaram até a presente década, como registrado no presente trabalho. A periodicidade, que era a cada quinquênio, aproximadamente, hoje é anual. Isto torna evidente o grande potencial de desfolha que o gênero *Urbanus* possui, por completar o seu ciclo biológico, não só em espécies leguminosas florestais como o sombreiro, mas também, em leguminosas de importância agrícola, como é o caso de feijão e soja (op.cit.) bem como a espécie que se prestam ao pastoreio ou adubos verdes, como *Centrosema pubescens* (SILVA, 1995; MACHADO, 2000 e WENDT, 2000), *Galactia striata* (CARVALHO *et al.* 1999; MACHADO, 2000 e WENDT, 2000), feijão-de-porco e guandu, registrados no presente trabalho.

Assim, os danos causados por este desfolhador, *Urbanus acawoios*, evidencia a importância do estudo de sua biologia para planejar o seu controle. Este trabalho objetivou estudar os seguintes parâmetros biológicos: período larval, pupal, longevidade dos adultos, taxa de mortalidade e ciclo de vida de *Urbanus acawoios*, utilizando-se como alimento folhas das fabáceas feijão-de-porco, guandu, soja, siratro e mucuna-preta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia Florestal, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas da Universidade Federal do Rio de Janeiro em Seropédica, RJ (DPF/IF/UFRRJ), nos meses de março a maio de 1999. A coleta dos ovos foi feita no campus da UFRRJ, no município de Seropédica, RJ. Foram coletadas as folhas de *Clitoria fairchildiana*, o hospedeiro principal de *Urbanus acawoios*, com posturas recentes, acondicionadas em saco plástico e encaminhadas ao Laboratório de Entomologia Florestal.

As folhas das espécies utilizadas como alimento, feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis*, guandu, *Cajanus cajan*, soja, *Glycine max* cv. Doko, siratro, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro e mucuna-preta, *Mucuna aterrima* (Leguminosae: Faboideae), foram coletadas no campo experimental da Fitotecnia, Instituto de Agronomia/UFRRJ.

Após a eclosão, as lagartas foram acondicionadas em caixas Gerbox, uma lagarta por caixa, que foi previamente forrada com papel absorvente. A parte interna da tampa Gerbox foi molhada com água, utilizando-se um "spray" manual com o intuito de manter umidade no interior da caixa, evitando-se a rápida desidratação das folhas. O

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos, representados pelas espécies vegetais utilizadas e vinte e cinco repetições, onde considerou-se cada lagarta como uma repetição.

As folhas foram oferecidas diariamente, tomando-se o cuidado de lavá-las antes de oferecê-las às lagartas. Os excrementos foram removidos diariamente, bem como o papel absorvente.

A temperatura média, no ambiente, durante a condução do experimento foi de $26,25 \pm 1,59$ °C, enquanto que a umidade relativa do ar foi de $69,49 \pm 10,38\%$, registrados diariamente.

Foram avaliados a duração, em dias, do período larval (1º, 2º, 3º, 4º, 5º instares e pré-pupa), pupa, longevidade dos adultos e o ciclo de vida. O peso, em miligramas, dos períodos larval e pupal também foi avaliado, sendo as significâncias estatísticas aferidas pelo teste não paramétrico de Dunn's a 5%, quando as variâncias foram significativas.

O peso, em mg, do período larval e pupa, foi registrado quando da mudança de estágio com a utilização de uma balança analítica modelo SCIENTEC S 10, com precisão de quatro casas decimais. Após a emergência, os adultos foram acondicionados em gaiolas teladas e alimentados com uma solução de hidromel a 10%.

As cápsulas cefálicas recolhidas foram avaliadas, medindo-se a largura das mesmas, com o auxílio de um microscópio estereoscópio binocular, modelo Bausch & Lomb, e um paquímetro, modelo Mitutoyo Stainless Hardened, aplicando-se, em seguida, a regra de Dyar para a determinação do crescimento da lagarta em cada um de seus instares. As significâncias estatísticas foram aferidas pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos na duração média do 1º, 2º, 3º, 4º e 5º instares das lagartas de *Urbanus acacoioides* em função da alimentação. No 1º instar, a diferença foi observada entre a duração da fase larval nas lagartas que foram submetidas à alimentação com folhas das fabáceas soja e siratro (Tabela 1). É necessário esclarecer que todas as lagartas que estavam recebendo folhas de siratro e mucuna-preta como alimento, morreram logo após a muda do primeiro instar. Portanto, a partir do 2º instar as comparações foram feitas entre as fabáceas feijão-de-porco, guandu e soja. Do segundo instar até o estágio de pupa, a média da duração, em dias, das lagartas que receberam folhas de guandu como alimento foi significativamente maior, pelo menos, entre um

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

dos tratamentos (Tabela 1). Estes resultados estão de acordo com os registrados por PINTO *et al.* (2000) que também observaram diferenças significativas na duração do 1º e 5º instares larvais de *Urbanus acawoios* alimentadas com folhas de quatro grupos de feijão, *Phaseolus vulgaris*. Entretanto, nenhuma diferença significativa foi observada entre os tratamentos quanto ao parâmetro longevidade dos adultos, sendo as médias, em dias, de $12,80 \pm 1,23$, $14,00 \pm 3,72$ e $12,62 \pm 1,40$, para os tratamentos feijão-de-porco, guandu e soja, respectivamente, resultados estes, discordantes dos encontrados por PINTO *et al.* (2000) e TREVISAN *et al.* (2000), que observaram diferenças significativas no longevidade dos adultos de *Urbanus acawoios* em função da alimentação. A duração do período larval também foi avaliada tendo sido observada diferença significativa, pelo menos, entre um dos tratamentos, ou seja, a duração do período larval das lagartas alimentadas com folhas de guandu foi estatisticamente maior, pelo menos, entre um dos tratamentos (Tabela 1).

TABELA 1 - Duração média, em dias, do 1º ao 5º instar, pupa e período larval de *Urbanus acawoios*, alimentadas com folhas de feijão-de-porco, guandu, soja, siratro e mucuna-preta. Temp. 26 ± 2 °C e UR $69 \pm 10\%$. Seropédica, RJ. 1999.

Tratamento (Fabáceas)	Instares					Pupa	Período larval
	1º	2º	3º	4º	5º		
f. de porco	2,05 ab	1,94 c	2,06 b	2,50 b	4,28 b	10,73 b	12,83 b
Guandu	2,48 ab	4,86 a	4,00 a	4,17 a	7,83 a	16,25 a	23,33 a
Soja	2,75 a	2,58 b	2,88 a	2,82 b	5,94 a	11,38 b	17,12 a
Siratro	1,83 b	-	-	-	-	-	-
Mucuna	2,26 ab	-	-	-	-	-	-

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Dunn's a 5% de significância.

TREVISAN *et al.* (2000) também observaram diferenças significativas no período larval de lagartas alimentadas com folhas de feijão, *P. vulgaris*. Estes resultados evidenciam que as variações no alimento oferecido, influenciaram na duração dos estádios de crescimento, 1º a 5º instares e nos períodos larval e pupal de *Urbanus acawoios*.

Com relação ao peso das lagartas, houve diferenças significativas, pelo menos, entre um dos tratamentos para todos os estágios, isto é, do 1º ao 5º instares, pré-pupa e pupa. No 2º, 3º e 4º instares, o peso das lagartas alimentadas com folhas de guandu foi significativamente menor, pelo menos, entre um dos tratamentos (Tabela 2). Contudo, diferenças

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

significativas no peso das lagartas de 2º, 3º, 4º e 5º instares e pré-pupa alimentadas com folhas de feijão das variedades Ouro negro, Varre sai, Porto real e Xodó, foram observadas por SILVA (1995), entre duas temperaturas, ambiente e controlada, o que evidencia a influência que a temperatura exerce no desenvolvimento do inseto. TREVISAN *et al.* (2000) observaram diferenças significativas no peso das lagartas de 5º instar e no peso de pré-pupa entre os grupos de feijão Branco e Vermelho e entre as cultivares Capixaba Precoce e Jalo eep, resultados estes concordante com SILVA (1995) e também com os encontrados no presente trabalho.

Diferenças significativas no peso de pupa de *Urbanus acawoios* também podem ocorrer, como observado por PINTO *et al.* (2000) e também no presente trabalho.

TABELA 2 - Peso médio, em mg, do 1º ao 5º instar, pré-pupa e pupa de *Urbanus acawoios*, alimentadas com folhas de feijão-de-porco, guandu, soja, siratro e mucuna-preta. Temp. 26 ± 2 °C e UR 69 ± 10%. Seropédica, RJ. 1999.

Tratamento (Fabáceas)	Instares					Pré-pupa	Pupa
	1º	2º	3º	4º	5º		
f. de porco	1,3 ab	7,5 a	29,9 a	169,6 a	400,4 a	379,7 a	367,1 a
guandu	1,2 b	3,6 b	15,9 b	071,8 b	352,3 ab	333,4 ab	311,2 ab
soja	1,6 a	5,7 ab	24,2 ab	106,0 b	281,3 b	255,0 b	239,7 b
siratro	1,1 b	-	-	-	-	-	-
mucuna	1,1 b	-	-	-	-	-	-

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Dunn's a 5% de significância.

No final do 5º instar, conhecido como estágio de pré-pupa, a lagarta cessa sua alimentação e esvazia o trato digestivo, preparando-se para passar ao seu próximo estágio, pupa. Portanto, nesta fase, todo o peso adquirido pode ter sido proveniente do acúmulo nutricional dos estágios precedentes, uma vez que a quantidade e qualidade do alimento consumido na fase larval interfere no peso da lagarta (PARRA, 1991). Assim, inferiu-se que as diferenças significativas observadas para estes estágios, pré-pupa e pupa, teriam sido resultantes também do fator nutricional. A variação percentual da perda de peso do 5º instar para o estágio de pupa foi da ordem de 9,07%, 13,21% e 3,88% para as lagartas que receberam como alimento folhas das fabáceas feijão-de-porco, guandu e soja, respectivamente.

De modo geral, houve um aumento progressivo no peso das lagartas de *Urbanus acawoios* nos primeiros instares larvais que foi pelo

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

menos dobrado a cada ínstar, concordando com PARRA E HADDAD (1989) (Tabela 3).

Os instares foram, quase que na totalidade, em número de cinco, entretanto, quatro indivíduos que foram alimentados, no período larval, com folhas de soja, chegaram a seis instares e tiveram o ciclo de vida médio de $45,5 \pm 3,86$ dias, com uma amplitude de 34,0 – 50,0 dias. Resultados semelhantes foram observados por SILVA (1995) onde a alimentação, com folhas de soja, cresceu em um ínstar o período larval de *Urbanus acawoios* para um indivíduo.

TABELA 3 - Peso médio, em mg, de lagartas de *Urbanus acawoios*, alimentadas com folhas de feijão-de-porco, guandu e soja, com razão de crescimento para cada ínstar e a razão média de crescimento durante todo o desenvolvimento larval. Temp. 26 ± 2 °C e UR $69 \pm 10\%$. Seropédica, RJ. 1999.

Ínstar	Feijão-de-porco		Guandu		Soja	
	Média	Razão	Média	Razão	Média	Razão
1º	1,30		1,17		1,64	
2º	7,48	5,752	3,63	3,110	5,66	3,446
3º	29,92	4,001	15,86	4,370	24,19	4,275
4º	169,60	5,668	71,77	4,525	106,00	4,382
5º	400,00	2,358	352,30	4,909	249,00	2,349
Pré-pupa	379,70	0,949	333,40	0,946	255,00	1,024
Média da razão		3,746		3,572		3,095

De modo geral, os lepidópteros apresentam de 5-8 instares (GALLO *et al.* 1988) que variam de acordo com vários fatores, além dos intrínsecos da espécie, como por exemplo, nutrição (MATANA, 1986). Assim, para *Urbanus acawoios*, o número de ecdises pode ser fixo em 5 instares (CARVALHO *et al.* 1986; CARVALHO *et al.*, 1999; LUNZ *et al.*, 2000; MAURÍCIO *et al.*, 2000 e PINTO *et al.*, 2000), em 6 instares (MONTEIRO & SIQUEIRA CAMPOS, 1994) ou pode até oscilar entre 5 e 6, dentre os indivíduos que receberam o mesmo alimento, como observado por SILVA (1995) e também no presente trabalho.

A taxa de mortalidade de *Urbanus acawoios* foi avaliada sendo registrados os valores de 40%, 86,67% e 48%, respectivamente, para as lagartas que foram alimentadas com folhas de feijão-de-porco, guandu e soja.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

As larguras das cápsulas cefálicas foram avaliadas, apresentando diferenças significativas entre os tratamentos, para as cápsulas das lagartas do segundo e quarto instares larvais. Entretanto, MACHADO (2000), observou diferenças significativas para o primeiro, terceiro e quinto instares larvais, em função da alimentação. Estes resultados mostram que as larguras das cápsulas cefálicas de *Urbanus acawoios*, podem variar em todos os estádios larvais, em função da alimentação. As cápsulas cefálicas provenientes das lagartas que receberam, no período larval, folhas de guandu como alimento, são significativamente inferiores, pelo menos entre um dos tratamentos (Tabela 4).

TABELA 4 - Largura média (mm), da cápsula cefálica de lagartas de *Urbanus acawoios* alimentadas com folhas de feijão-de-porco, guandu e soja. Temp. 26 ± 2 °C e UR $69 \pm 10\%$. Seropédica, RJ. 1999.

Ínstar	Feijão-de-porco		Guandu		Soja	
	Média	Razão	Média	Razão	Média	Razão
1º	0,555 a		0,555 a		0,595 a	
2º	0,904 ab	1,629	0,850 b	1,532	0,940 a	1,580
3º	1,371 a	1,517	1,271 a	1,495	1,304 a	1,387
4º	2,280 a	1,663	1,817 c	1,430	2,143 b	1,643
5º	3,554 a	1,559	3,300 a	1,816	3,510 a	1,638
Média da razão		1,592		1,568		1,562

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os valores da razão de crescimento obedeceram uma progressão geométrica, estando a média da razão (1,57), dentro do intervalo de variação preconizado na chamada Lei de Dyar (DYAR, 1890). Entretanto, esta razão não é coincidente com a razão média de 1,52 citada por COLE (1980) para insetos holometábolos. Portanto, para *Urbanus acawoios* a razão média pode variar em função da alimentação, podendo ser de 1,42 (CARVALHO *et al.*, 1999), 1,48 (MACHADO, 2000), 1,50 (SILVA, 1995 e MACHADO, 2000) e 1,57 observada no presente trabalho.

Quanto ao ciclo de vida, foi observada diferença significativa, pelo menos entre um dos tratamentos (Tabela 5), discordando de SILVA (1995) e concordando com TREVISAN *et al.* (2000) que também observaram diferença significativa no ciclo de vida de *Urbanus acawoios* em função da alimentação.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

TABELA 5 - Duração média, em dias, do período larval, pupa, longevidade e ciclo de vida de *Urbanus acawoios* alimentadas com folhas de Feijão-de-porco, Guandu e Soja. Temp. 26 ± 2 °C e UR $69 \pm 10\%$. Seropédica, RJ. 1999.

Tratamento (Fabáceas)	Período larval	Pupa	Longevidade	Ciclo de Vida
F. de-porco	12,83 b	10,73 b	12,80 a	38,27 b
Guandu	23,33 a	16,25 a	14,00 a	56,25 a
Soja	17,12 a	11,38 b	12,62 a	42,31 ab

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Dunn's a 5% de significância.

CONCLUSÕES

A variação no alimento oferecido, influencia na duração dos estádios larvais, na duração do período larval e na duração do período de pupa de *Urbanus acawoios*, bem como no peso das lagartas em todos os instares e no peso de pré-pupa e pupa em condições de laboratório.

Lagartas de *Urbanus acawoios* alimentadas com folhas de guandu, tem duração dos instares larvais superior, entretanto, o peso é inferior quando comparadas com lagartas que recebem folhas de feijão-de-porco e soja, como alimento.

A variação percentual da perda de peso do quinto ínstar para o estágio de pupa é superior para as lagartas que recebem como alimento folhas de guandu.

Folhas de feijão-de-porco, guandu e soja cv. Doko, oferecidas como alimento para lagartas de *Urbanus acawoios*, interferem no ciclo de vida, entretanto, a longevidade dos adultos permanece inalterada.

Urbanus acawoios completa o seu ciclo biológico quando alimentadas com folhas de feijão-de-porco, guandu e soja e tem potencial de desfolha para estas leguminosas. Entretanto, não completam seu ciclo de vida quando alimentadas com folhas de siratro e mucuna-preta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUZZI, Z. J. & R. D. MIYAZAKI. Entomologia didática. 2ª ed. Curitiba: UFPR, 1993, 262 p.
- CARVALHO, A.G.; MENEZES, E.B.; FERREIRA, I.T. Aspectos biológicos e inimigos naturais de *Urbanus acawoios* (Lep.,

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- Hesperiidae). In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA. Rio de Janeiro. 1986. p. 33. Rio de Janeiro. Resumos.
- CARVALHO, A.G.; WENDT, J.G.N.; LIMA, W.G.; BRASIL, F.C. Parâmetros biológicos e consumo de área foliar de *Urbanus acawoios* (Williams, 1926) (Lepidoptera: Hesperidae) em *Galactia striata* (Jacq.) (Leguminosae: Faboideae). *Floresta e Ambiente* v. 6, n 1, p. 88-94, 1999.
- COSTA LIMA, A. Insetos do Brasil: Lepidópteros, Tomo 6, 2ª parte, Série didática. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia., 1949. 420 p.
- COLE, J.B. Growth ratios in holometabolous and hemimetabolous insects. *Annals of the Entomological Society of America*. v. 64, p. 540-544, 1980.
- DYAR, H.G. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche*. v. 5, p. 420-422, 1890.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI Fº.,E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. & VENDRAMIM, J. B. Manual de Entomologia Agrícola. São Paulo: Ceres, 2ª ed., 1988, 649 p.
- LUNZ, A.M; WENDT, J.G.N.; PINTO, J.M.; FERRARA, F.A.A.; CARVALHO, A.G. Determination of the influence of the maturity of the leaves of *Clitoria fairchildiana* in the development of *Urbanus acawoios* (Lepidoptera: Hesperidae). In: XXI INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY. Foz do Iguaçu. 2000. p. 265. Foz do Iguaçu. Resumos.
- MACHADO, M.C. Biologia comparada de *Urbanus acawoios* Williams (1926) (Lepidoptera: Hesperidae) em *Clitoria fairchildiana*, *Centrosema pubescens*, *Galactia striata* (Leguminosae) e alimentação alternada. Seropédica, UFRRJ, 2000. 88 p. Dissertação de Mestrado.
- MATANA, A.L. Efeito do alimento no ciclo de vida e na nutrição, e exigências térmicas de *Spodoptera eridania* (Stal, 1871) (Lepidoptera:Noctuidae). Curitiba, UFPR, 1986. 99p. Dissertação de Mestrado.

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

- MAURÍCIO, E.G.; VENTURA, S.R.S.; CARVALHO, A.G. Biologia de *Urbanus acawoios* em sombreiro (*Clitoria fairchildiana*). Anais da X Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ. v. 10, p. 125-126, 2000.
- MONTEIRO, R.F. & SIQUEIRA CAMPOS, C.A.T. Desfolhamento do sombreiro *Clitoria fairchildiana* (Leguminosae) por *Urbanus acawoios* (Lep., Hesperiiidae): um exemplo para a arborização urbana. In: IV SINCOBIOL – SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO. Gramado. 1994. p. 269. Gramado. Resumos.
- PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L. Determinação do número de instares de insetos. Piracicaba: FEALQ, 1989. 49p.
- PARRA, J.R.P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. (ed). Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. São Paulo, Ed. Manole, 1991. p. 9-65.
- PINTO, J.M.; LUNZ, A.M.; WENDT, J.G.N; MACHADO, M.C.; CARVALHO, A.G.; MENEZES, E.B. Biology of *Urbanus acawoios* (Lepidoptera: Hesperiiidae) in laboratory. In: XXI INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY. Foz do Iguaçu. 2000. p. 848. Foz do Iguaçu. Resumos.
- RIBEIRO, J.H. & CASSINO, P.C.R. Inesperado e violento ataque de lagartas em “sombreiro”, na baixada fluminense. In: 32ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. Rio de Janeiro. 1980. p. 824. Rio de Janeiro. Resumos.
- SILVA, L.K.F. Aspectos biológicos de *Urbanus acawoios* (Williams, 1926) (Lepidoptera, Hesperiiidae) em *Clitoria fairchildiana*, *Centrosema pubescens*, *Glycine max*, e *Phaseolus vulgaris* (Leguminosae). Seropédica, UFRRJ, 1995. 111 p. Dissertação de Mestrado.
- SILVA, M. R. da; LIMA, W. G. & CARVALHO, A. G. Aspectos biológicos de *Urbanus proteus* L. (1758) (Lep., Hesperiiidae) alimentados com folhas de *Clitoria fairchildiana* (Leguminosae, Papilionoidea) em laboratório. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA. Rio de Janeiro. 1998. p. 779. Rio de Janeiro. Resumos.
- TREVISAN, H.; NADAI, J.; CARVALHO, A.G. Parâmetros biológicos de *Urbanus acawoios*, (desfolhador do sombreiro, *Clitoria fairchildiana*)

2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal

desenvolvendo-se em *Phaseolus vulgaris*. An. X Jorn. Inic. Cient. UFRRJ. v. 10, p. 151-152, 2000.

WENDT, J.G.N. Biologia de *Urbanus esmeraldus* Butler (1877) (Lepidoptera: Hesperidae) e consumo de área foliar em *Centrosema pubescens*, *Clitoria fairchildiana*, *Galactia striata* (Leguminosae) e alimentação alternada. Seropédica, UFRRJ, 2000. 67p. Dissertação de Mestrado.

**INIMIGOS NATURAIS DE *Urbanus acawoios* (LEPIDOPTERA:
HESPERIIDAE)**

**NATURAL ENEMY OF *Urbanus acawoios* (LEPIDOPTERA:
HESPERIIDAE)**

Acacio Geraldo de Carvalho¹ Liliam Karla Figueira da Silva²
Jonas de Miranda Pinto³

RESUMO

Este trabalho objetivou estudar, em laboratório e através de observações no campo, os inimigos naturais do desfolhador *Urbanus acawoios*. É fornecida uma lista dos parasitóides nas fases ovo, larva e pupa e dos predadores nas fases ovo e larva.

Palavras-chave: *Urbanus acawoios*, HesperIIDae, Inimigos naturais.

ABSTRACT

This work objectified to study, in laboratory and through observations in the field, the natural enemies of the defoliator *Urbanus acawoios*. A list of the natural enemies is supplied in the egg, larvae and pupae stage.

Key words: *Urbanus acawoios*, HesperIIDae, Natural enemies.

INTRODUÇÃO

No estado do Rio de Janeiro, a essência florestal *Clitoria fairchildiana* Howard (Leguminosae: Faboideae), vulgarmente conhecida como sombreiro, vem sendo desfolhada por *Urbanus acawoios* Williams

¹ Prof. Adjunto, Depto. De Produtos Florestais IF/UFRRJ, Br 465, Km 7, 23890-000 Seropédica, RJ.

² M.Sc. Depto. De Produtos Florestais IF/UFRRJ, Br 465, Km 7, 23890-000 Seropédica, RJ.

³ Doutoradndo de Fitotecnica CPGF/IA?UFRRJ, Cx. Postal 74.568 - UFRRJ, 23851-970 Seropédica, RJ.

(1926) (Lepidoptera: HesperIIDae), desde o final da década de 1970 (RIBEIRO & CASSINO, 1980) e seu ataque vem persistindo até os dias atuais, com uma periodicidade anual. Esta essência florestal, sombreiro, é muito utilizada em arborização urbana, rural e de rodovias (MARTINS, 1988), bem como em recuperação de áreas degradadas, entretanto, constitui-se na principal planta hospedeira deste desfolhador.

O potencial de desfolha do gênero *Urbanus* é notório, não somente em espécies leguminosas florestais como o sombreiro (SILVA, 1995; LUNZ, 2000 e MAURÍCIO, 2000) mas também, em leguminosas de importância agrícola, como feijão (GALLO *et al.*, 1988; SILVA, 1995; PINTO *et al.*, 2000 e TREVISAN *et al.*, 2000) e soja (BUZZI & MIYAZAKI, 1993 e SILVA, 1995), assim como em leguminosas utilizadas no consórcio de pastagens e adubos verdes, como por exemplo, *Centrosema pubescens* (SILVA, 1995; MACHADO, 2000 e WENDT, 2000) e *Galactia striata* (CARVALHO *et al.*, 1999; MACHADO, 2000 e WENDT, 2000).

HABIB (1984), cita que um dos pré-requisitos básicos para o manejo dos insetos seria conhecer sua biologia, seu comportamento e sua relação com o ambiente. Outras informações, como por exemplo, o estudo dos mecanismos olfativos envolvidos na recepção de odores, da estrutura e síntese de substâncias bioativas (CORRÊA & SANT'ANA, 2001) e o conhecimento e uso de inimigos naturais, visando o manejo integrado de pragas (CROCOMO, 1990) possibilitaria o planejamento do seu controle.

Os danos causados por *Urbanus acawoios* evidencia a importância do estudo de seus inimigos naturais, para planejar o seu controle. Este trabalho objetivou estudar os inimigos naturais nos estágios de ovo, larva e pupa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia Florestal, Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DPF/IF/UFRRJ). A coleta dos ovos foi feita no campus da UFRRJ, no município de Seropédica, RJ. Foram coletadas as folhas de *Clitoria fairchildiana*, o hospedeiro principal de *Urbanus acawoios*, com posturas recentes, acondicionadas em saco plástico e encaminhadas ao Laboratório de Entomologia Florestal.

Após a eclosão das larvas, os ovos que permaneceram sem serem rompidos pelas larvas e estavam enegrecidos, foram separados e acondicionados em placas de Petri, as quais foram lacradas com fita 'durex',

com a finalidade de se evitar a saída dos possíveis parasitóides, caso eclodissem dos ovos. Os parasitóides que emergiram, foram conservados em álcool 70% e posteriormente identificados.

Foram feitas duas coletas de lagartas no campus da UFRRJ. A primeira com duzentas lagartas que encontravam-se no quarto ínstar e a segunda com cento e vinte lagartas de segundo ínstar. Estas foram acondicionadas em caixas 'Gerbox', sendo cinco lagartas por caixa, que foi previamente forrada com papel absorvente. A parte interna da tampa foi molhada com água, usando-se um 'spray' manual com o intuito de manter umidade no interior da caixa, evitando a rápida desidratação das folhas de *Clitoria fairchildiana*, oferecidas como alimento.

As folhas foram oferecidas diariamente, sendo previamente lavadas. Os excrementos foram removidos diariamente, bem como, o papel absorvente. As lagartas parasitadas foram individualizadas em placas de Petri, que foram lacradas com fita 'durex'. Após a emergência e morte dos adultos dos parasitóides, estes foram conservados em álcool 70% e posteriormente identificados.

As pupas foram coletadas no campus da UFRRJ, num total de 1.098, acondicionadas em caixa 'Gerbox', as quais foram lacradas com fita 'durex'. Os parasitóides que emergiram foram conservados em álcool 70% e posteriormente identificados.

Avaliações de campo foram feitas com o objetivo de se observar os predadores naturais de *Urbanus acawoios*, tanto insetos como aves.

A temperatura média, no ambiente, durante a condução do experimento foi de 21 °C e a umidade relativa do ar foi de 72%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado parasitismo de *Urbanus acawoios* nas fases de ovo, larva e pupa somente por microhimenópteros. Esta observação é concordante com a citação de HAGEN (1987) quando afirma que os parasitóides ocorrem apenas entre os insetos holometábolos. Portanto, as duas grandes classes, onde se encontram a maioria dos insetos entomófagos parasitóides são Hymenoptera e Diptera, e estes, juntamente com os predadores, podem influenciar consideravelmente as interações entre duas populações de presas ou de hospedeiras, interferindo na organização desta comunidade (GARCIA, 1991).

Os parasitóides de ovos podem selecionar os tamanhos de ovos dos hospedeiros, escolhendo apenas aqueles com determinadas dimensões

(GARCIA, 1991). Há, porém, espécies que atacam ovos de diversos tamanhos, mas geralmente avaliam a quantidade de recursos e são capazes de ajustar o número de ovos depositados por hospedeiro. Este é o caso de muitos Trichogrammatidae (PURRINGTON & ULEMAN, 1972) As espécies encontradas estão listadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Parasitóides de *Urbanus acawoios* por fase de desenvolvimento. Temperatura 21 °C e UR 72%. Seropédica, RJ. 2001.

Fase de desenvolvimento	Espécie	Família
Ovo	<i>Trichogramma</i> sp.	Trichogrammatidae
	<i>Ooencyrtus pinguis</i>	Encyrtidae
Lagarta	<i>Cotesia leucostigmus</i>	Braconidae
Pupa	<i>Brachimeria (B.) ovata</i>	Chalcididae

Quando foram coletadas lagartas de segundo ínstar, no campo, o parasitismo por *Cotesia leucostigmus*, foi da ordem de 8%. Entretanto, quando foram coletadas lagartas de quarto ínstar, este valor subiu para 40%. Este aumento no percentual de parasitismo nas larvas de estádios mais avançados, pode estar associado com o valor nutricional do hospedeiro (GARCIA, 1991), uma vez que larvas muito pequenas mostram insuficiência de recursos alimentares para o desenvolvimento do parasitóide (PATEL, 1981), e por isso, podem não ser preferidas para o parasitismo, ou pode também, estar associado ao tempo de exposição da lagarta no campo, uma vez que as lagartas de quarto ínstar permaneceram expostas por um tempo maior no campo, quando comparadas com as de segundo ínstar. FERRARA *et al.* (1998) também observaram um parasitismo de 45,3% em lagartas de diferentes ínstaes de *Urbanus acawoios* por *Cotesia leucostigmus*, ressaltando que, apesar de uma elevada taxa de parasitismo, este valor pode ter sido subestimado uma vez que a amostra pode ter incluído lagartas não preferidas para o parasitismo. De modo geral, observou-se que a quantidade de casulos do parasitóide variou de acordo com o tamanho da lagarta. Em uma amostra de 38 lagartas parasitadas, foram observados 868 casulos do parasitóide e obteve-se 731 adultos, ou seja, 84,22% de viabilidade. A média de casulos de *Cotesia leucostigmus* por lagarta foi de 22,84 e a de adultos por lagarta, 19,24 indivíduos.

O parasitismo das pupas por *Brachimeria ovata*, foi da ordem de 13,66% em uma amostra de 1.098 pupas coletadas no campo (Tabela 2). Em laboratório, observou-se que a fêmea de *Brachimeria ovata* parasitava 4 pupas/dia e levou em média 120 segundos para ovipositar. Após a postura,

observou-se a fêmea alimentando-se do fluido que exudou do hospedeiro com a retirada do ovipositor.

TABELA 2 - Porcentagem de parasitismo, emergência de adultos e mortalidade de pupas *Urbanus acawoios* coletadas sob árvores de *Clitoria fairchildiana*. Temperatura 21 °C e UR 72%. Seropédica, RJ. 2001.

Parâmetros	Número de pupas	Porcentagem
Parasitismo por <i>B. ovata</i>	150	13,66
Emergência de adultos	417	37,97
Mortalidade	531	48,37
Total	1.098	100,00

O levantamento dos predadores foi feito através de observações no campo. Foram observadas predações nas fases ovo, somente por inseto, e lagarta, tanto por inseto como por ave (Tabela 3). *Polistes lanio* (Hym.: Vespidae) foi observado predando ovos, que eram amassados com as mandíbulas, e lagartas, que eram imobilizadas, cortadas com as mandíbulas e por vezes, transportadas presas pelas patas do predador.

TABELA 3 - Predadores de *Urbanus acawoios*, observados no campo, por fase de desenvolvimento. Seropédica, RJ. 2001.

Fase	Espécie	Nome vulgar	Família
	<i>Inseto:</i>		
Ovo	<i>Polistes lanio</i>	marimbondão	Vespidae
Lagarta	<i>Polistes lanio</i>	marimbondão	Vespidae
	<i>Ave</i>		
“	<i>Troglodytes aedon</i>	corruíra	Troglodytidae
“	<i>Crotophaga ani</i>	anu-preto	Cuculidae
“	<i>Guira guira</i>	anu-branco	Cuculidae
“	<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	Tyrannidae
“	<i>Megarhynchus pitanga</i>	bem-te-vi de bico chato	Tyrannidae
“	<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço	Emberizidae
“	<i>Passer domesticus</i>	paldalzinho	Passeridae
“	<i>Molothrus bonariensis</i>	maria-preta	Emberizidae
“	<i>Turdus sp.</i>	sabiá	Muscicapidae

CONCLUSÕES

Urbanus acawoios é parasitada no estágio de ovo por *Trichogramma* sp (Trichogrammatidae) e por *Ooencyrtus pinguis*

(Encyrtidae). No estágio larva é parasitada por *Cotesia leucostigmus* (Braconidae) e no estágio pupa por *Brachimeria ovata* (Chalcididae).

Os ovos de *Urbanus acawoios* são predados por *Polistes lanio* (Hym.: Vespidae) e as lagartas são predadas por *Polistes lanio* (Hym.: Vespidae) e por nove espécies de aves representantes das famílias Troglodytidae, Cuculidae, Tyrannidae, Emberizidae, Passeridae e Muscicapidae.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUZZI, Z.J.; MIYAZAKI, R.D. Entomologia didática. 2ª ed. Curitiba: UFPR, 1993, 262 p.

CARVALHO, A.G.; WENDT, J.G.N.; LIMA, W.G.; BRASIL, F.C. Parâmetros biológicos e consumo de área foliar de *Urbanus acawoios* (Williams, 1926) (Lepidoptera: Hesperidae) em *Galactia striata* (Jacq.) (Leguminosae: Faboideae). Floresta e Ambiente v. 6, n 1, p. 88-94, 1999.

CORRÊA, A.G.; SANT'ANA, J. Fundamentos da comunicação química de insetos. In: FERREIRA, J.T.B.; CORRÊA, A.G.; VIEIRA, P.C. (Eds.). Produtos naturais no controle de insetos. São Carlos: EdUFSCar, 2001. p. 9-22.

CROCOMO, W.C. "O que é manejo de pragas?". In: CROCOMO, W.C. (ed.). Manejo Integrado de Pragas, São Paulo: UNESP, 1990. p. 558.

FERRARA, F. A. A.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; MENEZES, E. B. & CARVALHO, A. G. Ocorrência natural de parasitismo de lagartas cabeça palito de fósforo (*Urbanus acawoios*) por *Cotesia leucostigmus* em sombreiro no Estado do Rio de Janeiro. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA. Rio de Janeiro. 1998. p. 52. Rio de Janeiro, Resumos.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI Fº, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.B. Manual de Entomologia Agrícola. 2ª ed., São Paulo: Ceres, 1988, 649 p.

GARCIA, M.A. Ecologia nutricional de parasitóides e predadores terrestres. In: PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. (eds.). Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. São Palo: Manole, 1991.

p. 289-311.

HABIB, M.E.M. Manejo integrado de pragas florestais. I SIMPÓSIO SOBRE CONTROLE INTEGRADO DE PRAGAS FLORESTAIS. Rev. Silvicultura, n. 39, p. 19-20. 1984.

HAGEN, K.S. Nutritional ecology of terrestrial insect predators. In: SLANSKY Jr., F.; RODRIGUEZ, J.G. (eds.). Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates. New York: J. Wiley & Sons, 1987. p. 533-577.

LUNZ, A.M.; WENDT, J.G.N.; PINTO, J.M.; FERRARA, F.A.A.; CARVALHO, A.G. Determination of the influence of the maturity of the leaves of *Clitoria fairchildiana* in the development of *Urbanus acawoios* (Lepidoptera: Hesperiiidae). In: XXI INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY. Foz do Iguaçu. 2000. p. 265. Foz do Iguaçu. Resumos.

MACHADO, M.C. Biologia comparada de *Urbanus acawoios* Williams (1926) (Lepidoptera: Hesperiiidae) em *Clitoria fairchildiana*, *Centrosema pubescens*, *Galactia striata* (Leguminosae) e alimentação alternada. Seropédica, UFRRJ, 2000. 88 p. Dissertação de Mestrado.

MARTINS, H.F. 1988. Arboreto Carioca. In: XXVIII FEIRA DA PROVIDÊNCIA. Rio de Janeiro: FAC-SIMILADA, 125 p.

MAURÍCIO, E.G.; VENTURA, S.R.S.; CARVALHO, A.G. Biologia de *Urbanus acawoios* em sombreiro (*Clitoria fairchildiana*). Anais da X Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ. v. 10, p. 125-126, 2000.

PATEL, P.N. Estudos de fatores bióticos de controle natural em populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Campinas, UNICAMP, 1981. Dissertação de Mestrado.

PINTO, J.M.; LUNZ, A.M.; WENDT, J.G.N.; MACHADO, M.C.; CARVALHO, A.G.; MENEZES, E.B. Biology of *Urbanus acawoios* (Lepidoptera: Hesperiiidae) in laboratory. In: XXI INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY. Foz do Iguaçu. 2000. p. 848. Foz do Iguaçu. Resumos.

PURRINGTON, F.F.; ULEMAN, J.S. Brood size of the parasitic wasp, *Hyssopus thymus*: functional correlation with the mass of a cryptic host. Annals of the Entomological Society of America. v. 65, p. 280-281, 1972.

RIBEIRO, J.H.; CASSINO, P.C.R. Inesperado e violento ataque de lagartas

em “sombreiro”, na baixada fluminense. In: 32ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. Rio de Janeiro. 1980. p. 824. Rio de Janeiro. Resumos.

SILVA, L.K.F. Aspectos biológicos de *Urbanus acawoios* (Williams, 1926) (Lepidoptera, Hesperiiidae) em *Clitoria fairchildiana*, *Centrosema pubescens*, *Glycine max*, e *Phaseolus vulgaris* (Leguminosae). Seropédica, UFRRJ, 1995. 111 p. Dissertação de Mestrado.

TREVISAN, H.; NADAI, J.; CARVALHO, A.G. Parâmetros biológicos de *Urbanus acawoios*, (desfolhador do sombreiro, *Clitoria fairchildiana*) desenvolvendo-se em *Phaseolus vulgaris*. Anais da X Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ. v. 10, p. 151-152, 2000.

WENDT, J.G.N. Biologia de *Urbanus esmeraldus* Butler (1877) (Lepidoptera: Hesperiiidae) e consumo de área foliar em *Centrosema pubescens*, *Clitoria fairchildiana*, *Galactia striata* (Leguminosae) e alimentação alternada. Seropédica, UFRRJ, 2000. 67p. Dissertação de Mestrado.