

ANÁLISE DAS ESTIMATIVAS DE UM SISTEMA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO COMPATÍVEL ENTRE O MODELO GLOBAL DO POVOAMENTO E O MODELO POR CLASSE DIAMÉTRICA

JOSÉ ROBERTO SCOLFORO

Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL, Pesquisador CNPq.

SEBASTIÃO AMARAL MACHADO

ROBERTO T. HOSOKAWA

Professores do Departamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná -UFPR.

ABSTRACT

The present study has the purpose of analysing a system of growth and production that allows compatibility in basal area between the model providing global informations about the stand and the model based on diameter classes. A total of 1204 samples - the permanent parcels were measurement up to six times respectively- was used to generate the system of growth and production, that made use of the Clutter model and of the density of the probability function of Weibull. The performance of this system is analysed considering aspects, such as age, site quality and number of trees. The results showed consistency for present and future estimations of volume for veneer, sawmill timber and particle board, in all of the circumstances tested, with all predictions showing consistency with expected biological patterns.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo analisar um sistema de crescimento e produção onde haja compatibilidade em área basal entre o modelo que fornece informações globais sobre o povoamento e o modelo por classe diamétrica. Para tal foram utilizadas 1204 parcelas (estando incluso neste total até seis remedições, conforme a época de plantio) na geração do sistema de crescimento e produção, que faz uso do modelo de Clutter e da função de densidade de probabilidade Weibull. É analisado o desempenho do sistema considerando-se aspectos como idade, sítio e número de árvores. Como resultados, verificou-se serem consistentes as estimativas presentes e futuras dos volumes para laminação, serraria e aglomerado, em qualquer das circunstâncias testadas, sendo que as predições obtidas apresentam-se dentro de um padrão biológico esperado.

1. INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Pinus* são importantes espécies produtoras de madeira da região sul do Brasil, sendo ainda amplamente plantadas na região Sudeste e de forma mais limitada em outras regiões. Os manejadores de plantações de *Pinus* sp necessitam de acuradas e completas predições do crescimento e da produção das árvores que a compõem, quer seja do volume, do peso seco ou do sortimento. Desta maneira tem-se elementos para formular políticas de manejo flexíveis, além de prever o retorno econômico, propiciado pelas várias opções de regimes de manejo que podem gerar produtos com diferentes dimensões e qualidades.

Estas predições podem ser implementadas a partir das tabelas de produção. As primeiras tabelas de produção foram desenvolvidas

no final do século XVIII na Alemanha. Inúmeros trabalhos foram realizados a partir de então, como os apresentados por TREVISOL JR (1985), GLADE (1986), MURPHY & FARRAR (1988), LEITE et alii (1990), SCOLFORO (1991), dentre muitos outros.

Esse trabalho teve por objetivo analisar o desempenho e o comportamento biológico de um sistema de crescimento e produção desenvolvido por SCOLFORO (1990).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados básicos utilizados

Os dados utilizados para desenvolver o modelo de crescimento e produção para populações de *Pinus caribaea* var *hondurensis* sujeitas a desbaste foram obtidos na empresa Freudenberg Agro-Florestal (desde 1988 incorporada pela empresa Duratex S.A.) e situada na região sudoeste do Estado de São Paulo, no município de Agudos.

O conjunto dos dados foram divididos em dois grupos. Um primeiro, para geração de equação de volume individual e equações de sortimento, advindos de 1300 árvores cubadas rigorosamente, pelo método de Smalian. Um segundo, obtido de parcelas permanentes circulares, com 500m² de área, que fornecem informações dendrométricas sobre o que existia antes do desbaste, o que foi retirado e informações sobre as árvores remanescentes.

As parcelas utilizadas foram medidas em média aos 4,95 anos e remedidas nas idades médias de 7,62 ; 9,83 ; 12,53 ; 15,19 ; 19,17 e 21,87 anos, sendo que, por ocasião dos desbastes houve redução no número de árvores de em média 2380 para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente. A rotação final considerada foi de 25 anos.

2.2 Desenvolvimento do modelo

Foi gerado conforme pode-se ver em SCOLFORO(1991) um modelo de produção global para o povoamento, ou seja, que possibilita a previsão do volume e da área basal/ha.

Para representar a distribuição diamétrica, a função densidade de probabilidade empregada foi a Weibull. Esta função existe com dois e três parâmetros como mostrada a seguir:

$$f(x) = (c/b) \cdot [(x-a)/b]^{c-1} \cdot e^{-(x-a)/b}$$

onde:

$$x \geq a, \quad b > 0, \quad c > 0$$

e

$$f(x) = (c/b) \cdot [x/b]^{c-1} \cdot e^{-(x/b)^c}$$

onde:

$$b > 0, \quad c > 0,$$

sendo:

- a = parâmetro locação
- b = parâmetro escala
- c = parâmetro forma
- x = variável de interesse (no caso diâmetro)

A estimativa do parâmetro "a" foi em função do diâmetro mínimo. Para obter a estimativa dos parâmetros "b" e "c" considerou-se a variância estimada da distribuição que é dada por:

$$S^2 = \bar{D}g^2 - \bar{D}^2 = b^2 [\hat{O}(1 + 2/c) - \hat{O}^2 (1 + 1/c)]$$

E o coeficiente de variação (CV) que é estimado por:

$$CV = S/D = \{[\hat{O}(1 + (2/c)) - \hat{O}^2(1 + (1/c))]^{0.5} / [\hat{O}(1 + (2/c))]\}$$

Como o coeficiente de variação é função somente de "c", existe uma única solução para "c", que pode ser obtida por uma técnica iterativa simples, sendo necessário para isto estimativas de D e Dg^2 . Com o valor de "c" conhecido, facilmente se estima o parâmetro "b" a partir da expressão:

$$D = b \cdot \hat{O} (1 + 1/c)$$

A compatibilidade em área basal entre o modelo global do povoamento e o modelo por classe diamétrica foi obtida a partir da média aritmética dos diâmetros (\bar{D}), e do diâmetro médio quadrático (Dg). Neste caso, a área basal obtida do modelo global para o povoamento é idêntica ao do modelo por classe diamétrica. Maiores detalhes pode ser encontrado em SCOLFORO (1990).

Conhecidos os parâmetros "a", "b" e "c" da função de densidade de Weibull, a distribuição dos diâmetros é gerada para obter a área basal de acordo com a expressão:

$$G = 0,0000785398163 \cdot N \cdot \sum_{X_i=1}^{\Lambda} X_i^2 f_i \quad (1)$$

Onde:

N = número de árvores

X_i = é o valor central da itésima classe de diâmetro

$f_i = F(X_i + 1,5) - F(X_i - 1,5)$ é a proporção de árvores na itésima classe de diâmetro

$F(X) = 1 - \exp(-((X-a)/b)^c)$ é a distribuição acumulativa Weibull.

Se a área basal, obtida através da equação (1), não é igual aquela estimada para o povoamento, os parâmetros serão recalculados até que a área basal proporcionada pela distribuição dos diâmetros seja igual aquela obtida para o povoamento todo.

No desenvolvimento do sistema de predição, informações complementares são necessárias, tais como: equações de índice de sítio, equações de prognose da produção em volume e área basal, equações para predição do número de árvores presente e área basal presente, equação para predição da sobrevivência antes do primeiro desbaste, equações para prever a evolução do diâmetro mínimo, equações para expressar o desenvolvimento da altura média por classe de diamétrica, equação de volume, equação de volume para diferentes bitolas comerciais, equações para predição da variância dos diâmetros, e equações para quantificar o número de árvores e/ou área basal por ocasião dos desbastes, conforme pode-se encontrar em SCOLFORO (1990).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para demonstrar a eficiência e a importância do sistema desenvolvido, considerou-se neste trabalho uma série de situações, através das quais pode-se fazer uma análise do comportamento biológico das predições obtidas.

Considerou-se a situação onde se mantém estável a idade e o número de árvores. Verificou-se que com frequência, índice de sítios menos produtivos apresentam uma menor amplitude de classe diamétrica, que sítios mais produtivos. Outro fato relevante é que nos sítios menos produtivos ocorre uma maior concentração de árvores nas menores classes de diâmetro, comparativamente com sítios mais produtivos, o que é ilustrado graficamente na Figura 1. Verificou-se ainda, que antes do 1º desbaste, os sítios mais produtivos tem menos

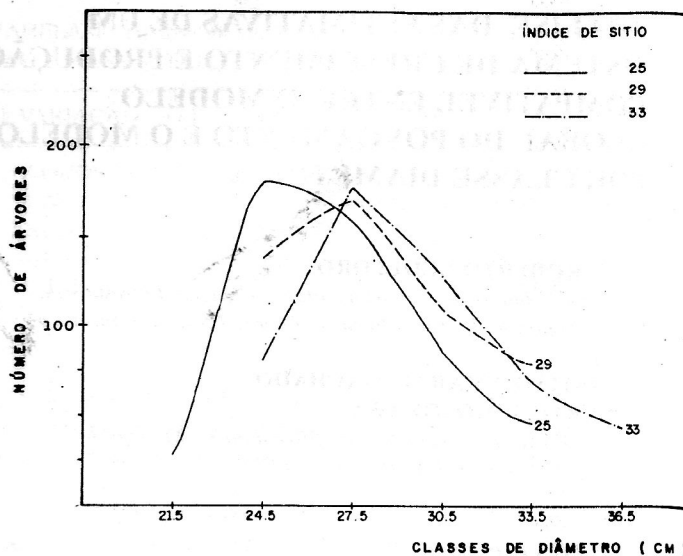


FIGURA 1 : Comportamento da distribuição diamétrica na idade de 19 anos para os índices de sítio 25, 29 e 33, considerando 500 árvores de *Pinus caribaea var.hondurensis*.

árvores que os sítios menos produtivos, o que demonstrou uma maior mortalidade de árvores nestes, já que a competição iniciou-se mais cedo.

Uma outra situação é que para determinado número de árvores e índice de sítio a medida que se avança no tempo (considere a situação entre um desbaste e outro) verificou-se um aumento nas maiores classes de diâmetro e nunca uma diminuição nas menores. Outro fato relevante é que o número de árvores nas menores classes de diâmetro diminui, com um conseqüente acréscimo nas maiores classes de diâmetro, conforme pode-se notar na Figura 2.

Numa outra situação considerou-se, novamente, uma mesma idade e um mesmo número de árvores para os três sítios. Verificou-se que sítios mais produtivos tem uma maior área basal que os menos produtivos, o que leva a considerar que se ao invés de fixar o número de árvores tivessem sido estabelecidas faixas de área basal, ter-se-ia dentro de um determinado sítio mais árvores nas maiores classes de área basal e obviamente estes valores cresceriam a medida em que se considerasse sítios mais produtivos.

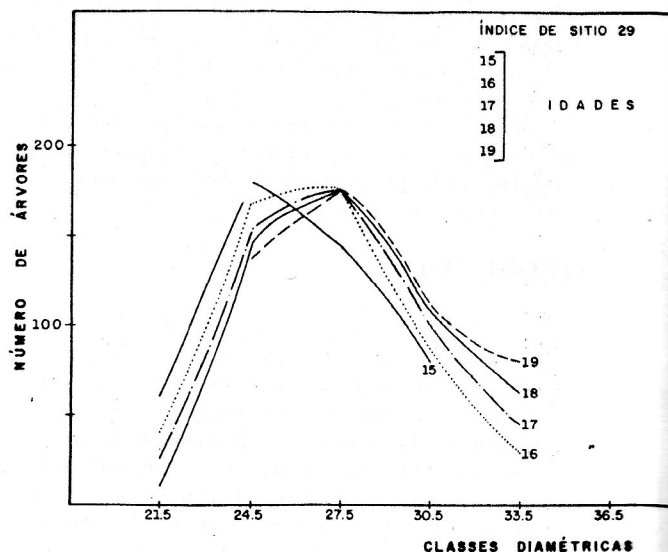


FIGURA 2 : Evolução da distribuição diamétrica para o índice de sítio 29, considerando-se 500 árvores por hectare, nas idades de 15 a 19 anos.

Pode-se verificar assim, que os padrões de desenvolvimento biológico analisados, das tabelas dos povoamentos (ver SCOLFORD 1990), geradas para diferentes combinações de idade, índice de sítio e número de árvores estão em conformidade com o esperado.

Complementando esta discussão, apresenta-se na Figura 3 uma evolução da distribuição diamétrica, ao longo do desenvolvimento do povoamento, para uma situação específica.

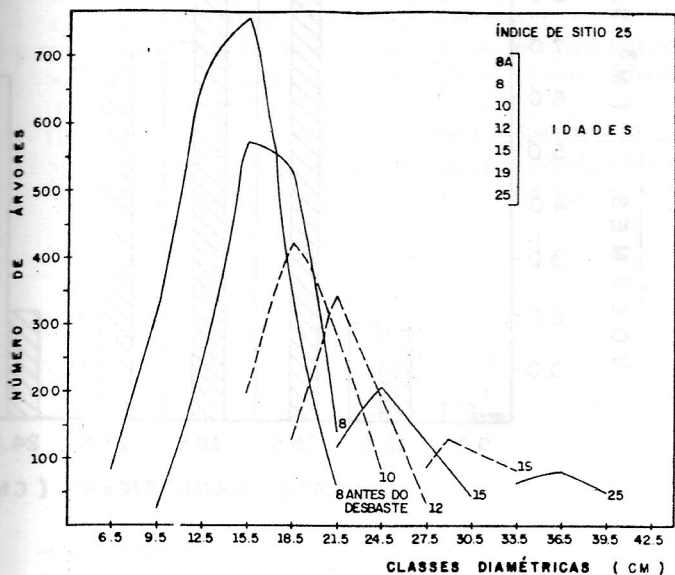


FIGURA 3 : Evolução da distribuição diamétrica para a ocasião imediatamente antes do primeiro desbaste, após o 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º desbastes, considerando-se o índice de sítio 25, com número de árvores médio inicial de 2300, desbastado para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos para população de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Nota-se claramente, que a medida em que novos desbastes são efetuados na população, esta vai cada vez mais aumentando sua assimetria positiva.

A acuracidade do modelo, foi testada a partir do confronto do número de árvores observado e o estimado utilizando-se do teste do qui-quadrado, o qual foi também aplicado para o volume e área basal real e estimados por classe diamétrica. Os resultados obtidos indicaram a aceitação da hipótese da nulidade, o que indicou que as frequências esperadas e as observadas são as mesmas do ponto de vista estatístico, para praticamente a totalidade das parcelas testadas.

Evidentemente, dado o caráter genérico das estimativas e as variabilidades que as situações reais expressam, em oposição aquelas obtidas em experimentos, onde se controlam diversos fatores, é esperado que em determinadas situações, diferenças entre o que é gerado pelo modelo e o que é real podem ser efetivamente maiores do que o máximo desejável.

Para enfatizar a validação do sistema apresenta-se uma ilustração do comportamento predominante da distribuição dos diâmetros nas Figuras 4A, 5A e 6A, para o número de árvores e, nas Figuras 4B, 5B e 6B, para o volume projetado, para uma parcela escolhida aleatoriamente e desbastada nas idades de 7,9; 10 e 15 anos. A idade base para as projeções foram, respectivamente, 5 e 12 anos.

Verificou-se que o limite inferior e superior das classes diamétricas estão, na grande maioria dos casos, em conformidade com os valores reais e mesmo quando não estão, normalmente existem poucas árvores naquela classe cujo valor é discrepante. Também um contínuo acréscimo nos valores das classes diamétricas a medida em que o tempo passa é observado. Os valores estimados de volume e o número de árvores, em confronto com os valores reais apresentam-se dentro

□ NÚMERO DE ÁRVORES ESTIMADO
▨ NÚMERO DE ÁRVORES OBSERVADO

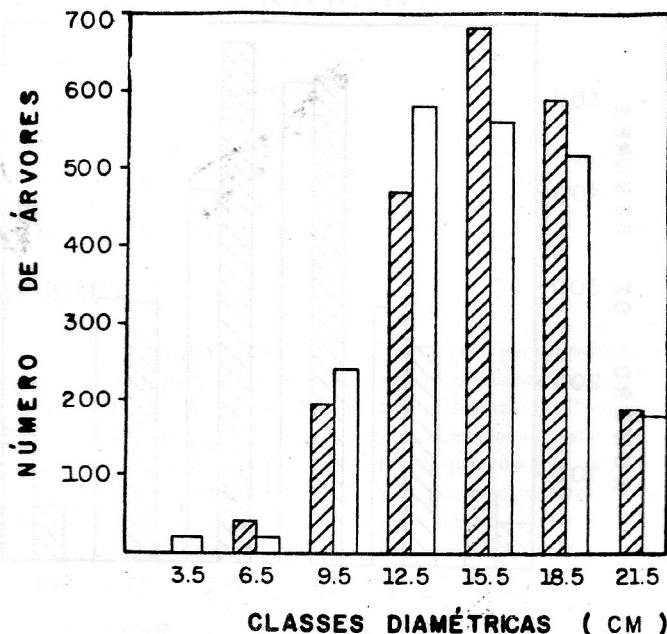


FIGURA 4A : Número de árvores observadas e estimadas na idade de 7,9 anos

□ VOLUME ESTIMADO
▨ VOLUME OBSERVADO

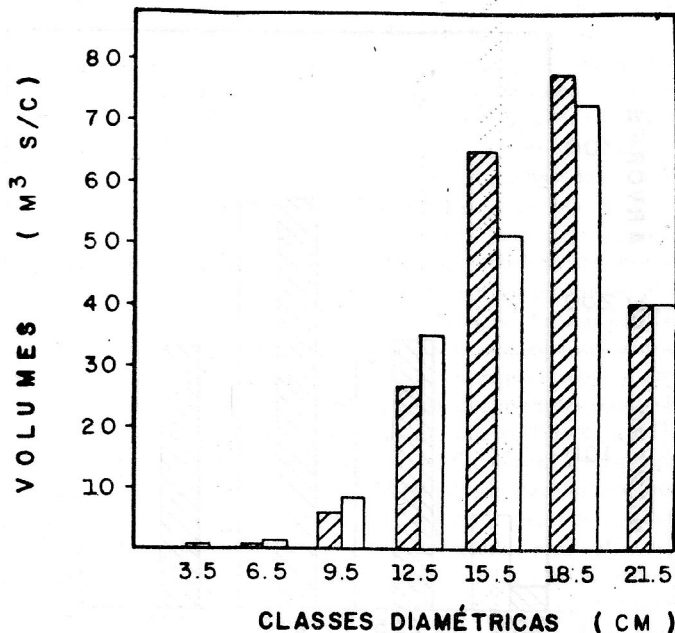


FIGURA 4B : Volume observado e estimado na idade de 7,9 anos.

do esperado para este tipo de sistema, apresentando resultado confiáveis e precisos.

4. CONCLUSÕES

O sistema desenvolvido é eficiente e consistente, propiciando estimativas confiáveis dos volumes em relação ao sítio, idade e ao número de árvores.

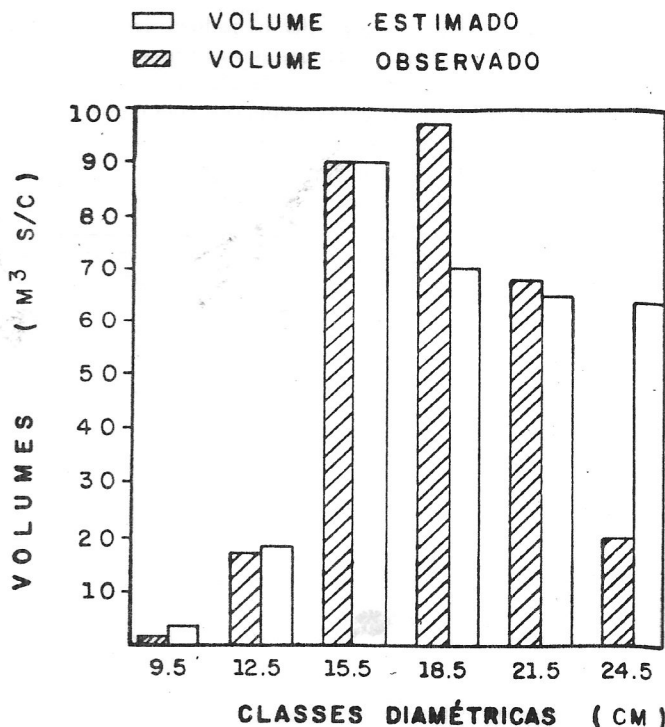
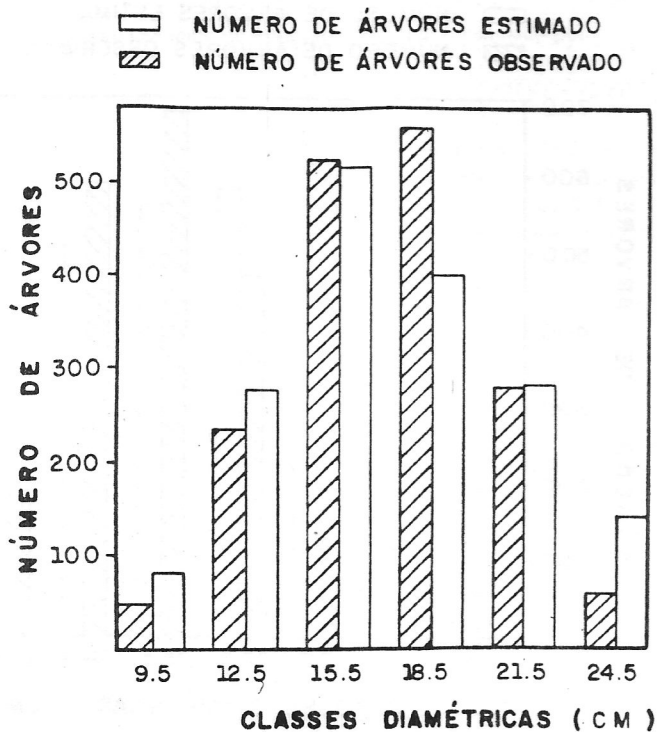


FIGURA 5A : Número de árvores observadas e estimadas na idade de 10 anos.

FIGURA 5B : Volume observado e estimado na idade 10 anos.

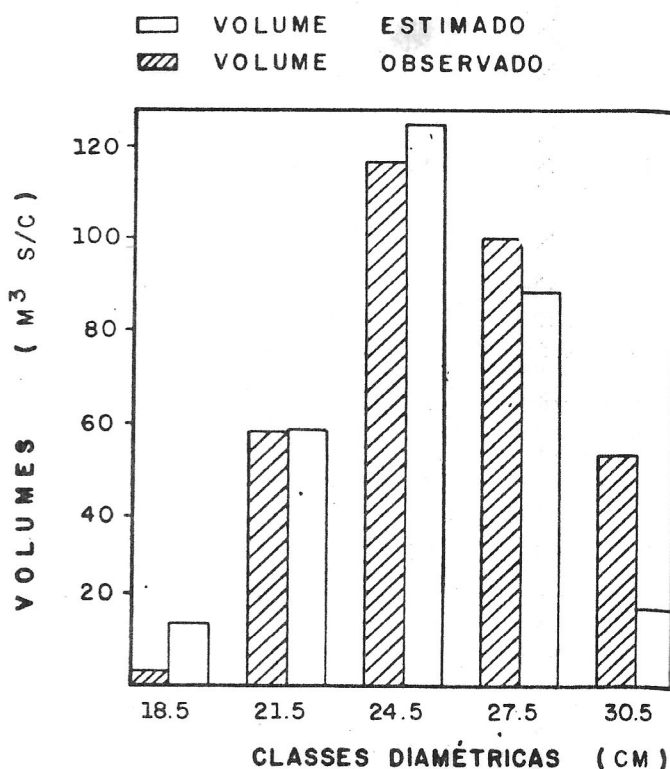
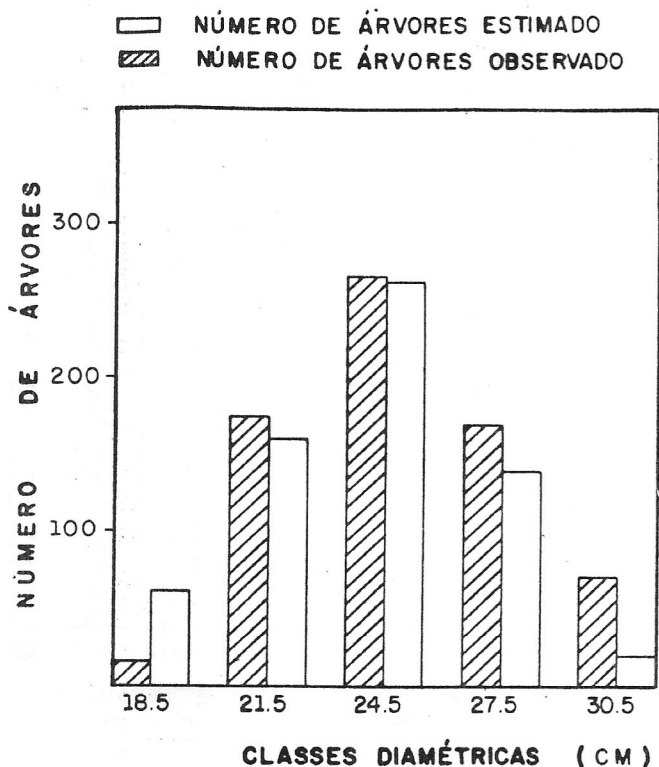


FIGURA 6A: Número de árvores e estimadas na idade de 15 anos.

FIGURA 6B: Volume observado e estimado na idade de 15 anos.

A compatibilidade em área basal é plenamente obtida, consistindo num importante passo para a obtenção de estimativas mais confiáveis a partir de um sistema de crescimento e produção.

Os padrões de desenvolvimento biológico analisados, das tabelas dos povoamentos, geradas para diferentes combinações de idade, índice de sítio e número de árvores estão em conformidade com o esperado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GLADE, J.E. Prognose de volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis* Hill e sc Maiden. Curitiba. UFPR, 1986. 99 p. (dissertação de mestrado)
- LEITE, G.L.; CAMPOS, S.C.C.; REGAZZI, A.J. e COUTO, L.C. Um modelo para estimar a produção de madeira para celulose e

- energia derivado da função Weibull. Revista Árvore, Viçosa, 14(2):102-118, 1990.
3. MURPHY, P.A. e FARRAR, R.M. Basal area projection equations for thinned natural even-aged forest stands. Canadian Journal Forest Research, Ottawa, 18:827-832, 1988.
 4. SCOLFORO, J.R.S. Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção, com otimização da remuneração de capitais, para Pinus caribaea var. hondurensis. Curitiba, UFPR, 1990. 290 p. (tese de doutorado)
 5. SCOLFORO, J.R.S. Um modelo de crescimento para Pinus caribaea var. hondurensis sujeito a desbastes. Revista Árvore, Viçosa, 16(2):144-156, 1992.
 6. TREVISOL JR, T.L. Análise de um modelo compatível de crescimento e produção em plantações de Eucalyptus grandis (W. Hill ex-Maiden). Viçosa, UFV, 1985. 74 dsp. (tese de mestrado).

ANÁLISE DO PERFIL DO TRONCO DE MOROTOTÓ (*Didymopanax morototonii*) EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO

Silvana Lages Ribeiro Garcia

Eng. Florestal, Soc. Inv. Flor., DEF/UFV, Viçosa/MG

Helio Garcia Leite.

DEF/UFV, Viçosa/MG

Jorge Alberto Gazel Yared.

CPATU/EMBRAPA, Belém, Pará

RESUMO

Foram ajustados quatro modelos de "taper" para descrição do perfil (forma) do tronco de morototó, plantado nos espaçamentos 3x2, 3x3, 3x4 e 4x4 m. O ensaio foi instalado em Belterra, no Planalto do Tapajós, Estado do Pará, num delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e quatro tratamentos (espaçamentos). As parcelas, de 45 x 60 m, foram idênticas para os quatro espaçamentos, e a coleta de dados consistiu da medição do diâmetro ao longo do tronco de 362 árvores-amostra, assim distribuídas: 96, 99, 81 e 86, respectivamente, para cada espaçamento. Para a cubagem rigorosa, foram tomadas as medidas dos diâmetros a cada 2,0 m. Os modelos ajustados foram: o de Kozak, o de Demaerschalk, o de Guimarães e Leite, e uma modificação do modelo de Kozak. Melhores resultados foram obtidos com o modelo modificado e com o modelo de Guimarães e Leite; o primeiro, forneceu estimativas muito precisas dos diâmetros ao longo do tronco, para os quatro espaçamentos.

1. INTRODUÇÃO

Modelos matemáticos para descrever o perfil de troncos de árvores são ferramentas importantes na obtenção de estimativas mais realísticas do volume de partes do tronco. Revisando a literatura sobre o assunto, GUIMARÃES e LEITE (1992) encontraram que, dentre os principais modelos empregados, incluem-se: os modelos polinomiais, os modelos sigmoidais, os modelos segmentados, e os modelos definidos por análise multivariada.

As técnicas de modelagem empregadas para descrição do perfil de troncos vêm sendo utilizadas correntemente em países de maior tradição florestal (KOZAK, 1969; DEMAIERSCHALK, 1972 e BIGING, 1984). No Brasil, os estudos já desenvolvidos nesse campo referem-se a espécies introduzidas, entre as quais podem ser mencionados: o trabalho de CAMPOS e RIBEIRO (1982), onde foram avaliados dois modelos de "taper" para árvores de *Pinus patula*; o de CAMPOS, LEITE e SOUZA (1990), que tratou da classificação de árvores de eucalipto para postes; e o de GUIMARÃES e LEITE (1992), quando foi proposto e ajustado um novo modelo de "taper", utilizando-se dados de eucalipto.

Com o objetivo de ampliar os conhecimentos para outras espécies florestais, no presente estudo foram ajustados e comparados os modelos de Kozak, de Demaerschalk, de Guimarães e Leite e uma modificação do modelo de Kozak, utilizando-se dados de morototó (*Didymopanax morototonii*). Estas árvores foram provenientes de plantações localizadas em Belterra, no Planalto do Tapajós, Pará. Esta espécie apresenta grande potencialidade silvicultural para reflorestamento, devido ao seu rápido crescimento, o que tem sido comprovado em diferentes pesquisas desenvolvidas na Amazônia (FAO, 1971; KNASHIRO e YARED, 1971; SUDAM, 1979). Sua madeira é fácil de trabalhar, com uma densidade entre 0,55 e 0,60 g/cm³ (LOUREIRO et alii, 1979). Outra característica importante desta espécie é o fuste retilíneo, geralmente desprovido de ramificações persistentes.