

Um modelo para simulação de desbastes seletivos

JOSÉ ROBERTO S. SCOLFORO*

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo realizar testes e desenvolvimento de uma expressão matemática que quantifique o que é removido em desbastes seletivos, possibilitando a simulação de diferentes regimes de manejo e a generalização dos modelos de crescimento e produção. Para tal foram utilizadas 1.204 parcelas nas quais foram avaliadas variáveis que potencialmente representam o tipo e o nível de desbastes, como a proporção de árvores removidas, proporção de área basal removida, razões de diâmetro e idades de desbaste. Após vários e exaustivos testes optou-se por uma forma de trabalho onde o que é quantificado em cada possível desbaste é função do valor central da classe de diâmetro e do diâmetro médio quadrático do povoamento antes de se efetuar o desbaste. O modelo ajustado apresenta um excelente desempenho, tanto quando a remoção se dá em área basal, como através do número de árvores.

Palavras-chave: modelos de crescimento e produção, densidade de talhão, desbaste

ABSTRACT

A model for selective thinning simulation. This work has the purpose of testing different mathematical expressions to quantify selective thinning removals, with the possibility of simulating different management regimes and of generalizing models for growth and production. A total of 1,204 plots were used in order to evaluate variables which potentially represent the kind and level of thinning, such as the proportion of trees removed, the proportion of basal area removed, the diameter ratios and the thinning ages. After numerous tests the working method chosen quantified each possible thinning in relation to the central value of the diameter classes and to the average quadratic diameter of the stand before thinning. The model fitted showed an excellent performance when the removal is based on basal area as well as when based on the number of trees.

Key words: stand density, growth and yield models, thinning

INTRODUÇÃO

Os desbastes são práticas comuns nos povoamentos de *Pinus* sp no sul e sudeste do Brasil e seguramente uma das mais importantes práticas a serem realizadas, também em povoamentos de *Eucalyptus* sp, uma vez que dentre os objetivos de aplicá-los estão: o aumento da área seccional das árvores remanescentes, o que agrega renda ao investimento florestal, o controle da mortalidade, o aumento da qualidade das árvores da floresta remanescente, o que também agrega renda ao investimento e a obtenção de colheitas intermediárias, dentre outras.

A não implementação de desbastes em *Pinus* sp propicia a produção de

* Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) - Bolsista do CNPq

madeira com menores dimensões em área seccional, implicando menores bitolas. Esta é a característica principal do regime de manejo definido como de produção de madeira para celulose (pulpwood) sem produções intermediárias. Um outro regime de manejo muito utilizado no Brasil é definido como manejo para produção de madeira para múltiplos usos ou "utility". Neste caso são implementados normalmente de 2 a 4 desbastes com corte final entre 20 e 25 anos. O objetivo principal é utilizar as produções intermediárias e do corte final para aglomerado, em serraria e para laminação, otimizando estes usos. Uma última modalidade de manejo é para obtenção de madeira livre de nós, ou "clearwood", com objetivo principal de atender ao mercado externo com produtos de alto valor, como o caso dos "clear blocks", "finger joint", etc. Este regime de manejo caracteriza-se por apresentar um plantio inicial com menos árvores (em torno de 1.200/ha), desbaste pré-comercial em torno do quarto ano, duas podas, um desbaste comercial em torno do décimo ano e corte final aos 20-25 anos, sendo muito lucrativo em sítio de alta produtividade.

Desta maneira é normal que uma das ferramentas mais procuradas pelo manejador florestal seja um modelo matemático que permita estimar o impacto das estratégias de manejo aplicadas num povoamento e que permita simular diferentes regimes de manejo.

Segundo FARRAR (1979), poucos modelos de projeção da produção são disponíveis, para avaliar povoamentos desbastados, devido às dificuldades em especificar como o desbaste afeta a distribuição dos diâmetros. No Brasil, pode-se mencionar os trabalhos de SCOLFORO (1990) e CAMPOS & TURNBULL (1981).

Três possibilidades podem ser adotadas para representar os desbastes num sistema de produção. Uma primeira adotada por BAILEY & WARE (1983), BAILEY *et al.* (1985), PIENAAR & SHIVER (1986) e MURPHY & FARRAR (1988) que consiste em embutir dentro da expressão de produção em área basal, uma variável independente que possibilite refletir o tipo e método de desbaste, fornecendo informações globais do povoamento. A partir destas informações globais pode-se gerar informações por classe diamétrica.

Testes efetuados por MURPHY & FARRAR (1988) mostram que o modelo de projeção em área basal, embutindo a expressão de desbaste, representa um avanço conceitual no estudo de modelagem. Os mesmos autores enfatizam que o trabalho desenvolvido por PIENAAR & SHIVER (1986) (comparam um modelo de crescimento em área basal, que incorpora a idade em que o desbaste ocorre e a intensidade do desbaste, com o mesmo modelo de área basal mas sem a expressão de desbaste) é um caminho que deve levar a uma série de proposições futuras.

Uma segunda possibilidade é aquela utilizada por CAO *et al.* (1982) e MATNEY & SULLIVAN (1982) que utilizam-se da distribuição Weibull em sua forma truncada ou como em HAFLEY & BUFORD (1985) e SMITH & HAFLEY (1984 e 1986), que utilizam a distribuição S_{BB} bivariada, que é duplamente truncada em função dos diâmetros e das alturas.

Uma terceira possibilidade pode ser encontrada em KNOEBELL *et al.* (1986), BALDWIN & FEDUCCIA (1987) e SCOLFORO (1990), onde a

expressão que quantifica o que irá ser retirado do povoamento é independente do modelo de predição e da função de distribuição.

Neste caso se faz a predição da distribuição diamétrica e, imediatamente antes de se efetuar o desbaste, utiliza-se uma expressão matemática que quantifica o que será removido do povoamento. É também possível a utilização de modelos estocásticos, nos quais, árvores em cada classe de DAP são possibilidades assinaladas de serem removidas e são cortadas ou abandonadas em cada operação de desbaste, dependendo dos valores de números gerados aleatoriamente. Após a quantificação do que foi removido no desbaste, se faz a predição da distribuição dos diâmetros das árvores remanescentes.

Portanto, este trabalho tem como objetivo principal realizar testes e desenvolvimento de expressão matemática que possibilite a quantificação do que é removido em desbastes seletivos, possibilitando a simulação de diferentes regimes de manejo e a generalização dos modelos de crescimento e produção.

MATERIAL E MÉTODOS

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.

Conforme GOLFARI *et al.* (1978), esta região apresenta como características básicas, a periodicidade de chuvas, invernos secos com deficiência hídrica, precipitação anual entre 1.100 e 1.400 mm, geadas ocorrendo com pouca frequência, temperatura média anual entre 16 e 19 °C, clima submontano ou subtropical moderado ou úmido, vegetação da floresta umbrófila pluvial e campos submontanos e a altitude é de aproximadamente 900 m.

Os dados utilizados foram obtidos de parcelas permanentes circulares, com 500 m² de área, que fornecem informações dendrométricas sobre o que existe 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 remeidas 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 2.380 para 1.500, 1.000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente. A rotação final considerada foi de 25 anos.

Em cada uma das 1.204 parcelas utilizadas foi feito um agrupamento dos dados por classe de diâmetro, considerando-se em cada classe o volume, área basal, número de árvores, número de árvores defeituosas e a altura média existente, imediatamente antes de se fazer o desbaste, nas árvores removidas no desbaste e nas árvores remanescentes. Outras características tais como: diâmetro médio aritmético e diâmetro médio quadrático das árvores antes do desbaste, daquelas retiradas no desbaste e das remanescentes também foram consideradas. Este procedimento foi realizado em todas as parcelas e em todas as ocasiões de desbaste, ou seja 1°, 2°, 3°, 4°, 5° e 6° desbastes, no 1°-

2° e no 2°-3° desbastes conjugados, através de programa GERCLAD, desenvolvido pelo autor.

Foram avaliadas variáveis que potencialmente representam o tipo e o nível de desbastes, como a proporção de árvores removidas, proporção de área basal removida, razões de diâmetro, idades de desbastes. Como antecipadamente se fez a opção por uma expressão que represente o padrão de remoção do povoamento, sem que esta esteja embutida ou ligada a qualquer modelo, adotou-se que os critérios para estabelecer os desbastes podem ser, ou remoção em área basal ou redução do número de árvores. Estas variáveis, como são as características de interesse devem ser as variáveis dependentes do modelo.

Após vários e exaustivos testes optou-se pelas seguintes formas de trabalho, apresentadas na Tabela 1 e que também foram usadas com sucesso em KNOEBELL *et al.* (1986).

O desbaste considerado é um seletivo com retirada das árvores com características indesejáveis (desbaste seletivo das piores árvores). Portanto, notadamente se retirará mais árvores nas menores classes de diâmetro e menos árvores nas maiores classes de diâmetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existem algumas possibilidades inicialmente exploradas de quantificar desbastes, como o uso de distribuição que sofre truncamento, ou ainda expressões embutidas nos modelos globais de produção ou mesmo expressões independentes do sistema de predição. Todas, a princípio, têm vantagens e desvantagens e, a escolha de qual caminho adotar depende muito do julgamento pessoal do pesquisador. Procurando dar uma maior flexibilidade

Tabela 1 - Modelos para quantificar o número de árvores e a área basal, removidos a cada desbaste

Table 1 - Models to quantify the number of trees and the basal area removed at each thinning

variáveis dependentes/ <i>dependent variables</i>	forma de ajuste/ <i>stem form</i>
$N_i/N = D_{qrd}/D_{qr}$ $N_i/N = D_{qad}/D_{qr}$	$N_i/N = \exp [b_1 (d_i^2/dg^2)b_2]$
$G_i/G = D_{qrd}/D_{qr}$ $G_i/G = D_{qad}/D_{qr}$	$G_i/G = \exp [b_1 (d_i^2/dg^2)b_2]$

onde:

D_{qrd} = diâmetro médio quadrático das árvores removidas no desbaste/*average quadratic DBH of thinned trees*

D_{qr} = diâmetro médio quadrático das árvores remanescentes/*average quadratic DBH of remained trees*

D_{qad} = diâmetro médio quadrático das árvores antes do desbaste/*average quadratic DBH before thinning*

d_i = valor central da classe de diâmetro "i"/*central value of diameter class "i"*

dg = diâmetro médio quadrático do povoamento/*average quadratic DBH of the stand*

N_i/N = proporção do número de árvores removidas na classe de diâmetro "i"/*proportion of the number of removed trees in each diameter class*

G_i/G = proporção da área basal removida na classe de diâmetro "i"/*proportion of removed basal area in each diameter class*

ao sistema de simulação do crescimento e produção, adotou-se o critério de trabalhar com uma expressão de desbaste independente, dada a possibilidade de adaptá-la a outros sistemas que sejam conceitualmente semelhantes ao adotado neste trabalho.

De forma sintética pode-se representar as expressões do Tabela 1 que possibilitam a quantificação do que é removido nos desbastes como:

$$P_i = \exp [b_1 \cdot (d_i^2 / dg^2)^{b_2}]$$

onde:

P_i = proporção de área basal ou número de árvores removidas na classe de diâmetro "i"

d_i = valor central da classe de diâmetro "i"

dg = diâmetro médio quadrático do povoamento antes de se fazer o desbaste

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os coeficientes com as respectivas medidas de precisão para a expressão de remoção de área basal e para a expressão de remoção do número de árvores.

A Figura 1 mostra os resíduos da equação que expressa o padrão de remoção das árvores para o 2º desbaste. Observa-se que existe uma subestimativa no padrão de remoção nas maiores classes de diâmetro, mas que de modo geral, o padrão que representa a retirada do número de árvores é plenamente satisfatório na quase totalidade das classes diamétricas.

A curva ajustada para a proporção do número de árvores, removidas por classe diamétrica em relação aos valores reais para o segundo desbaste é apresentada na Figura 2. Pode-se observar que, de maneira geral, este ajuste é muito bom e que de fato na maior classe diamétrica existe um problema de subestimativa. Este fato entretanto não é preocupante, haja visto que o padrão de desbaste adotado é o seletivo por baixo, ou seja, prioritariamente removem-se as menores árvores e as árvores de grande porte defeituosas.

Na situação padrão, onde 6 são os desbastes realizados é notado que a

Tabela 2 - Medidas de precisão e coeficientes das equações ajustadas para cada época de desbaste, para remoção do número de árvores

Table 2 - Precision measures and coefficients of fitted equations for each thinning for remotion of number of trees

desbastes <i>thinnings</i>	coeficientes/coefficients		R ² (%)	*EPR *S _{yx}	resíduo médio <i>mean residual</i>
	b ₁	b ₂			
1	-1,72832742	2,1891446	90,92	0,1212023	0,00924057
2	-1,66772739	2,6804186	86,89	0,1360140	0,00878878
3	-2,28936124	4,6951476	88,94	0,1345734	0,01051560
4	-3,25217112	7,0762733	85,38	0,1536220	0,01043680
5	-2,15622880	10,2957106	88,57	0,1450860	0,00783275
6	-4,89466220	15,6883291	91,28	0,1233280	0,00499895

* erro padrão de estimativa

* standard error of estimate

Tabela 3 - Medidas de precisão e coeficientes das equações ajustadas para cada época de desbaste, para remoção da área basal

Table 3 - Precision measures and coefficients of fitted equations for each thinning for basal area remotion

desbastes <i>thinnings</i>	coeficientes/coefficients		R ² (%)	*EPR *S _{xy}	resíduo médio <i>mean residual</i>
	b ₁	b ₂			
1	-1,76079163	02,1454380	90,49	0,12377	0,00921651
2	-1,70147236	02,6631080	86,77	0,13630	0,00907598
3	-2,35649674	04,6493322	88,74	0,13531	0,01108120
4	-3,31629804	07,0131174	85,33	0,15329	0,01033320
5	-2,23620450	10,2827893	88,42	0,14587	0,00816480
6	-4,93628710	15,4500959	91,28	0,12284	0,00500462

* erro padrão de estimativa
* standard error of estimate

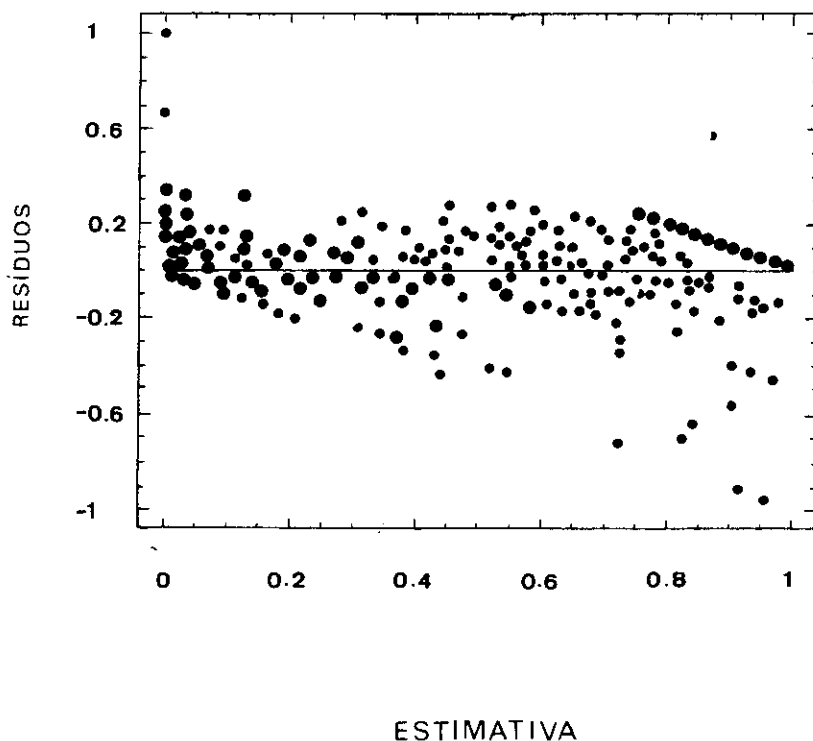
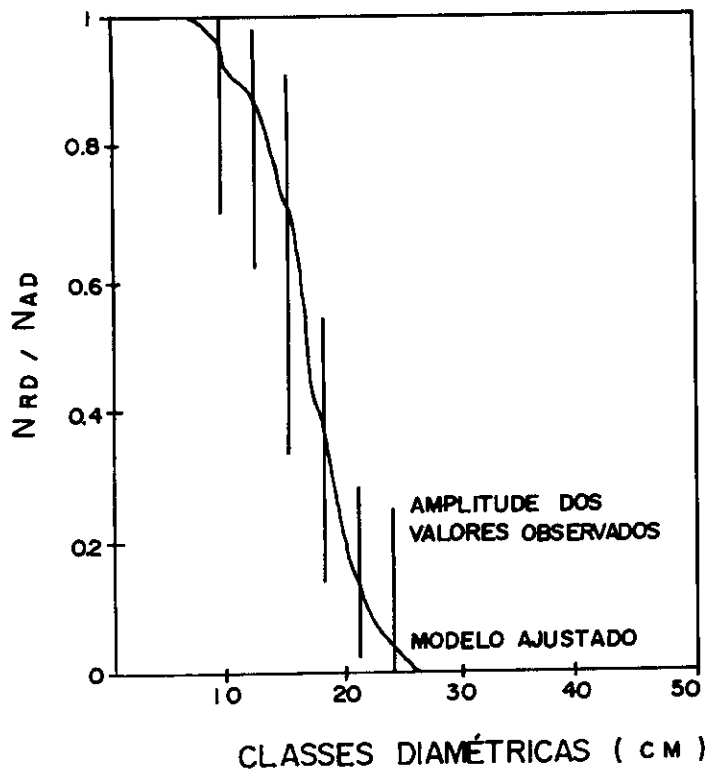


Figura 1 - Dispersão dos resíduos relativos à proporção do número de árvores removidas por classe diamétrica em relação ao seu valor estimado
Figure 1 - Residual dispersion related to the proportion of number of trees removed by diameter class.

cada desbaste menos árvores de grande porte apresentam defeitos, a não ser naqueles casos relativos a causas naturais (raios, ventos) ou ataques de pragas ou incêndios.

Com relação à aplicação da expressão que representa algebricamente os desbastes para outras populações que não aquela utilizada no trabalho, pode-se considerá-la a princípio com grande grau de inflexibilidade. Entretanto, como várias foram as intervenções efetuadas na população em estudo, tem-se uma série de padrões reais de desbaste seletivos com retirada das piores árvores, o que em oposição ao primeiro fato possibilita flexibilização do procedimento de desbaste e mesmo de se fazer simulações, desde que os critérios sejam os mesmos que deram origem aos dados usados para gerar os coeficientes das equações apresentados nas Tabelas 2 e 3.



N RD = N^o árvores retirada no desbaste, por classe diamétrica
N AD = N^o árvores existente antes do desbaste por class diamétrica

Figura 2 - Curva ajustada para a proporção do número de árvores removidas por classe diamétrica
 Figure 2 - Fitted curve for the proportion of the removed number of trees by diameter class

São eles:

- a) retirar prioritariamente as menores árvores;
- b) retirar árvores defeituosas mesmo que sejam de grande porte;
- c) evitar a formação de clareiras quando da seleção das árvores a serem marcadas para serem retiradas do povoamento.

Estes critérios são usados subjetivamente pelas equipes de campo que efetuam os desbastes e, representá-los matematicamente de maneira eficiente, requer uma enorme série de ensaios e testes. É exatamente em função deste fato, que acredita-se ter obtido expressões de desbastes plenamente satisfatórias.

Confrontando o desempenho de ajuste do modelo de remoção da área basal com aquele obtido em KNOEBELL *et al.* (1986) verifica-se que os valores do coeficiente de determinação obtidos neste trabalho são em média de 89 %, enquanto em KNOEBELL *et al.* (1986) este valor médio está em torno de 48 %, o que vem comprovar a eficiência do modelo.

Para que se possa simular várias possibilidades de desbaste e também generalizar o uso da expressão matemática obtida foi desenvolvido um algoritmo apropriado que permite de maneira fácil realizar a simulação de uma série de diferentes possibilidades de época e intensidade de desbastes, e que compõe o programa SIMULADOR conforme se pode encontrar em SCOLFORO (1990).

Para um grande número de parcelas foi feito o confronto entre as frequências e volumes estimados após o desbaste por classe diamétrica, com os respectivos valores reais e os resultados foram plenamente satisfatórios.

A seguir, ilustra-se na Figura 3 (A, B, C e D) para as idades 7,9; 10; 15 e 19 anos, os valores reais em confronto com os valores estimados do volume obtido através do simulador de desbastes. Para tal, considerou-se um manejo que consiste em remover árvores nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos com redução de em média 2.380 árvores para 1.500, 1.000, 700, 500, 300 e 200, respectivamente.

Observou-se que na maioria das situações, os limites, inferior e superior, da situação real e daquela obtida através do SIMULADOR, são idênticas. O desempenho da expressão de desbaste é tanto mais satisfatório, à medida em que não está sendo implementada a partir dos valores presentes, mas sim dos valores projetados para o futuro, considerando um povoamento com 5 anos de idade.

Outro fato verificado, é que quanto maior o acerto na projeção futura do volume, maior a eficiência da expressão que quantifica o que é removido a cada desbaste. Considere para tal a idade de 19 anos, onde o valor prognosticado do volume, obtido através do modelo de crescimento e produção, foi de 323 m³ e o valor real 347 m³. Este erro de 24 m³ na projeção do volume, afetará o desempenho da expressão de desbaste, já que a mesma é implementada a partir de projeções para o futuro, efetuadas através do modelo de crescimento e produção. Neste caso, o volume remanescente após a expressão de desbaste ser implementada é de 223 m³, enquanto o volume remanescente real é 253 m³. Verifica-se que enquanto na realidade foi retirado da população (347 - 253=) 94 m³, através da expressão de desbaste retirou-se 100 m³ (=323 - 223). Portanto se este volume removido pela expressão de

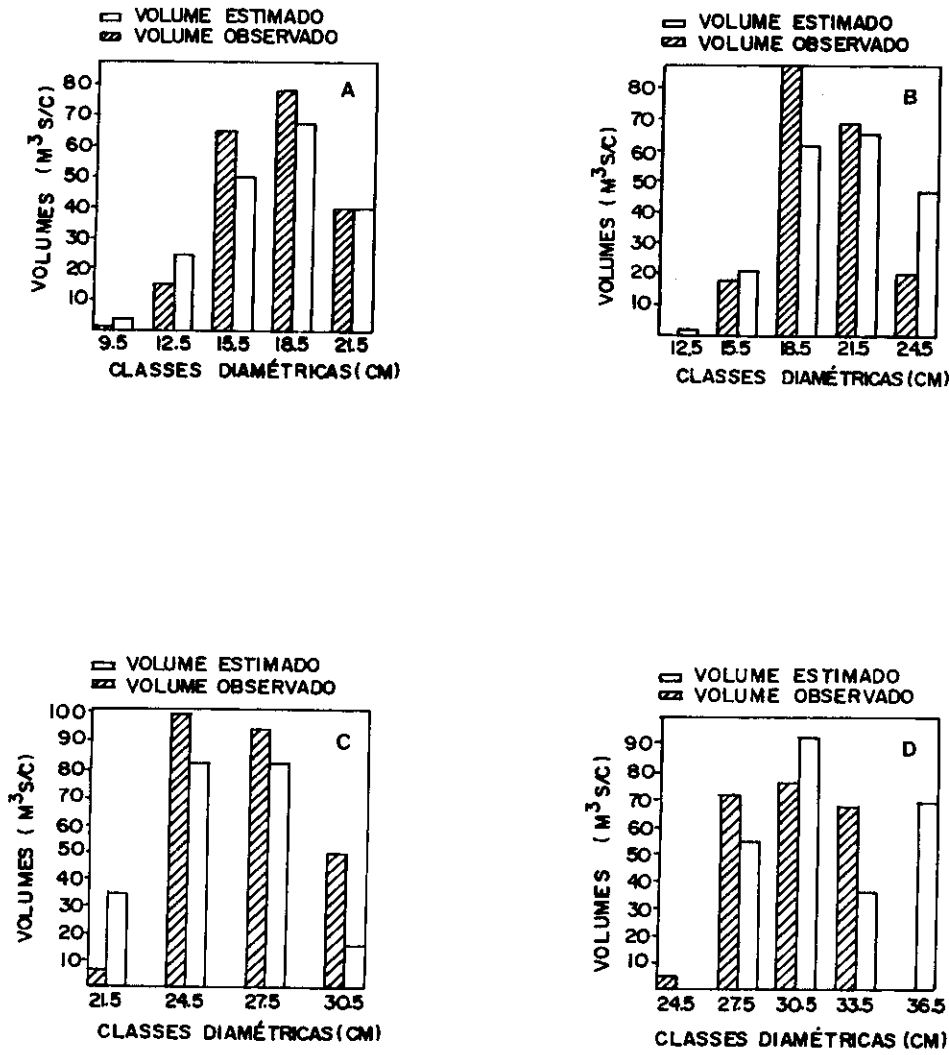


Figura 3 - Volume obtido através do simulador de desbaste e o observado na idade de 7,9 (A), 10 (B), 15 (C) e 19 (D) anos.

Figure 3 - Obtained volume through the thinning simulator and the observed volume at 7.9 (A), 10 (B), 15 (C) and 19 (D) years of age.

desbaste fosse subtraído do volume real na idade de projeção (19 anos), o volume das árvores remanescentes obtido através da expressão de desbaste seria 247 m^3 ($=347 - 100$) bem mais preciso que os 223 m^3 apresentados.

Este fato ilustra a eficiência da expressão de desbaste e comprova a afirmação de que quanto mais precisa a projeção futura do volume, mais próxima do real estará o volume das árvores retiradas a cada desbaste. Somente para fins de comparação, os valores reais dos volumes ($\text{m}^3/\text{s/c}$) nas idades consideradas são 185,5; 195,3; 275,1 e 253 m^3 , enquanto os prognosticados através da expressão de desbastes são 201,5; 202,04; 253 e 223 m^3 .

O fato apresentado vem consolidar com grande ênfase a possibilidade de se utilizar expressões matemáticas para representar desbastes seletivos por baixo. Seguramente este é um avanço para o estabelecimento de modelos generalizados, sejam eles a nível do povoamento ou por classe diamétrica, utilizando uma distribuição qualquer (neste trabalho utilizou-se Weibull), em populações desbastadas, já que possibilita com eficiência a simulação de desbastes seletivos, sejam em relação a intensidade, época ou número em que estes são implementados.

CONCLUSÕES

- a) A expressão matemática que representa a retirada do número de árvores e da área basal é plenamente satisfatória.
- b) O modelo apresentado é inflexível, já que seu uso é limitado à população base do trabalho. Entretanto, dado o grande padrão de desbastes utilizados como base para o ajuste da expressão do desbaste, pode-se generalizar seu uso para inúmeras opções de regimes de desbaste.
- c) Se o modelo de predição futura da produção é eficiente então o uso de expressões que quantifiquem o que é removido nos desbastes é altamente eficiente e possibilitam a implementação de simulações de várias opções de desbaste.
- d) A implementação das expressões de desbastes é um caminho que possibilita um grande avanço na generalização de sistemas para predição e análise presente e futura do crescimento e produção.
- e) A implementação das expressões de desbastes oferecem uma alternativa segura para que sejam estabelecidos planos de manejo para a propriedade florestal fazendo uso da programação linear, como pode-se verificar em SCOLFORO (1990 e 1991).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BAILEY, R. L. & WARE, K. D. 1983. Compatible basal area growth and yield model for thinning and unthinned stand. *Canadian Journal of Forest Research*, **13**: 563-71.

- BAILEY, R. L.; BORDERS, B. E.; WARE, K. D. & JONES JR., E. P. 1985. A compatible model relating slash pine plantation survival to density, age, site index and type and intensity of thinning. *Forest Science*, **31**(1):180-9.
- BALDWIN JR., V. C. & FEDUCCIA, D. P. 1987. Loblolly pine growth and yield prediction for managed west Gulf plantations. *U. S. Dep. Agric., For. Serv.*, Research Paper SO-236. 32 p.
- CAO, Q. V.; BURKHART, H. E. & LEMIN JR., R. C. 1982. Diameter distributions and yields of thinned loblolly pine plantations. *U. S. Dep. Agric., Fish Wildl. Serv.*, FWS-1. 62 p.
- CAMPOS, J. C. C. & TURNBULL, K. J. 1981. Um sistema para estimar produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação de efeitos de desbastes. *Revista Árvore*, **5**(1):1-16.
- FARRAR, R. M. 1979. Growth yield predictions for thinned stands of even-aged natural longleaf pine. *U. S. Dep. Agric., For. Serv.*, Research Paper SO-156. 78 p.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L. & MOURA, V. P. G. 1978. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. *IBDF, Série Técnica*, 11. 66 p.
- HAFLEY, W. L. & BUFORD, M. A. 1985. A bivariate model for growth and yield prediction. *Forest Science*, **31**(1):237-247.
- KNOEBELL, B. C.; BURKHART, H. E. & BECK, D. E. 1968. A growth and yield model for thinned stands of yellow-poplar. *Forest Science*, Monograph, 27.
- MATNEY, T. G. & SULLIVAN, A. D. 1982. Compatible stand and stocktables for thinned and unthinned loblolly pine stands. *Forest Science*, **28**(1):161-71.
- MURPHY, P. A. & FARRAR, R. M. 1988. Basal-area projection equations for thinned natural even-aged forest stands. *Canadian Journal Forest Research*, **18**:827-832.
- PIENAAR, L. V. & SHIVER, B. D. 1986. Basal area prediction and projection equations for pine plantations. *Forest Science*, **32**(3):626-633.
- SCOLFARO, J. R. S. 1990. **Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção, com otimização da remuneração de capitais, para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr et Golf.** Tese de doutorado, Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 290 p.
- SCOLFARO, J. R. S. 1992. Modelo de gerenciamento da produção florestal, através da programação linear desenvolvido para microcomputadores. *Sociedade de Investigações Florestais*, Boletim Técnico, 1. 32 p.
- SMITH, W. D. & HAFLEY, W. L. 1984. **Multiproduct yield tables for single-thinned loblolly pine plantations.** Technical Report, 1. 63 p.
- SMITH, W. D. & HAFLEY, W. L. 1986. Evaluation of a loblolly pine plantation thinning model. *Southern Journal Applied Forest*, **10**(1):52-63.