

## PRODUÇÃO DE *Pinus taeda* L. NA REGIÃO DE CAMBARÁ DO SUL, RS

## YIELD OF *Pinus taeda* L FOR THE REGION OF CAMBARÁ DO SUL, RS

Gerson Luis Mainardi<sup>1</sup> Paulo Renato Schneider<sup>2</sup> César Augusto Guimarães Finger<sup>3</sup>

### RESUMO

O trabalho teve como objetivo estruturar a produção de uma floresta de *Pinus taeda* L., localizada na região de Cambará do Sul, RS, de acordo com a idade, potencial de produção dos sítios e manejo aplicado. Para tanto foram coletados dados em parcelas temporárias, permanentes e de análise de tronco. Funções matemáticas foram ajustadas para estimar o desenvolvimento do povoamento remanescente após o desbaste e o fator K-Magin foi usado para corrigir o volume dos desbastes, e variou de 0,76 a 0,78. Os resultados, agrupados em tabelas de produção para os sítios 16 a 28, apresentaram, respectivamente, volumes de 243,7 m<sup>3</sup>/ha e 911,0 m<sup>3</sup>/ha aos 16 anos de idade. O incremento médio anual nesta idade, considerando a idade de corte na empresa, atingiu 15,23 m<sup>3</sup>/ha/ano no índice de sítio 16 e 56,94 m<sup>3</sup>/ha/ano para o 28. Os resultados demonstraram, ainda, perda de produção pela execução de desbastes precoces nos sítios menos produtivos e tardios nos sítios mais produtivos.

**Palavras-chave:** *Pinus taeda*, crescimento, produção.

### SUMMARY

The objective of this study was to structure the yield of *Pinus taeda* L. forest, located at the country municipality of Cambará do Sul, RS, according to age, potential of sites and applied management. Data was collected from temporary and permanent parcels and from the trunk analysis. Mathematic equations were used to estimate the development of the remaining populations after thinning and the K-Magin factor was used to rectify the thinning volume, varying from 0.76 to 0.78. The results grouped in yield tables for the sites 16 to 28 showed a volume of 243.7 m<sup>3</sup>/ha and 911.0 m<sup>3</sup>/ha, respectively, for the age of 16 years old. The average annual growth

- 
1. Engenheiro Florestal, M.Sc., Técnico da Empresa Todesflor S.A., C. Postal 161. 96.500-000. Cachoeira do Sul, RS.
  2. Engenheiro Florestal, Dr., Prof. Titular do Departamento de Ciências Florestais. UFSM. 97.119-900. Santa Maria. RS.
  2. Engenheiro Florestal, Dr., Prof. Adjunto do Departamento de Ciências Florestais. UFSM. 97.119-900. Santa Maria. RS.

at this age, considering the cut age employed by the company reached 15.23 m<sup>3</sup>/ha/year for the site index 16 and 56,97 m<sup>3</sup>/ha for the site index 28. The results also showed the yield loss due to early thinnings in poor sites and late thinnings in good sites.

**Key words:** *Pinus taeda*, growth, yield.

## INTRODUÇÃO

Uma das grandes limitações para o manejo dos povoamentos de *Pinus*, em sistema de alto fuste, tem sido a falta de informações sobre o crescimento e a produção das florestas. Por isto, é de fundamental importância o conhecimento dos parâmetros que expressam o crescimento, para permitir a avaliação potencial da produção nas unidades de manejo, com objetivo de desenvolver o aproveitamento racional e funcional dos recursos naturais oriundos da floresta.

Neste sentido, muitos estudos de produção têm sido direcionados para determinar o estoque de madeira por idade do povoamento e por índice de sítio, utilizando para a estimativa variáveis de fácil medição e identificação.

As empresas florestais que cultivam florestas estão a todo momento colocando em questão a tendência do mercado consumidor, e conseqüentemente, realizando prognoses relacionadas ao estoque de madeiras que possuem e/ou possuirão em suas florestas. Em vista deste problema, é de grande valia que sejam utilizadas técnicas capazes de predizer estas estimativas de estoque, com precisão. Para tal, são confeccionadas “Tabelas de Produção”, a fim de estruturar a produção para um determinado regime de desbaste, quantificando os estoques de madeira em cada idade e sítio quanto ao povoamento remanescente, desbastado e a produção total acumulada ao longo da rotação.

Este trabalho de pesquisa teve como objetivo estudar a produção de florestas de *Pinus taeda* L., baseado no sistema de manejo praticado na empresa Celulose Cambará S.A., no município de Cambará do Sul, do Estado do Rio Grande do Sul, que utiliza rotações de 16 anos, com produção de sortimentos para a indústria de celulose e serraria. Para isto, foi estudado o crescimento em diâmetro, em altura, em área basal, o volume por hectare e idade; o fator de forma artificial; o número de árvores por hectare para o povoamento remanescente; o comportamento do fator K-Magin para o tipo de desbaste praticado na empresa; a produção do desbaste e total por hectare e idade; sendo estes resultados apresentados em forma de tabela de produção.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A intervenção nos povoamentos através dos desbastes contribui, sob o ponto de vista biológico, para pôr a disposição das árvores remanescentes ao desbaste, potencialidades de crescimento antes atribuídas também às árvores removidas, e isto traduz em mais espaço aéreo para o desenvolvimento das copas, maior superfície de produção fotossintética para um menor número de indivíduos; e também maiores disponibilidades de nutrientes minerais e água (MONTEIRO ALVES, 1982).

Neste sentido, SCHNEIDER (1993a) comenta que tratando-se de povoamentos equiâneos, a área basal total da floresta é função do diâmetro médio das árvores e da densidade populacional, sendo que maiores densidades acarretam valores maiores de área basal até o momento em que o povoamento entra em competição, o que causa uma redução no incremento diamétrico e por

conseqüência do incremento em área basal. A área basal sofre influência da qualidade do sítio e idade, determinando que: em sítios mais produtivos ocorre uma rápida taxa inicial de crescimento; em povoamentos maduros o incremento em área basal tende a permanecer constante; e que uma pequena melhora na qualidade de um sítio ocasiona um notável incremento no acúmulo de área basal.

Para isto os desbastes permitem aumentar o espaço disponível a cada árvore, proporcionando o desenvolvimento equilibrado da copa e sistema radicular. A aplicação de desbastes pode, em função de seu peso, causar a diminuição da produção total, mas possui o propósito primordial de elevar a produtividade comercial dos sortimentos, através do aumento da dimensão individual das árvores (SCHNEIDER et al., 1991).

Assmann apud SCHNEIDER et al. (1991), afirma que as áreas manejadas com desbastes pesados produzem menor volume total que as com desbastes leves. No mesmo sentido, REINSTORF(1970), estudando a influência da densidade populacional no crescimento de *Pinus elliottii*, constatou que a produção foi maior em povoamentos de alta densidade quando comparada com povoamentos de menor densidade, e que a qualidade do sítio também influencia a produção, pois sítios mais produtivos, para atingir todo o seu potencial produtivo, necessitam de um número maior de árvores por unidade de área do que os sítios menos produtivos.

A complexidade da determinação de regimes de desbaste levou Magin apud SCHNEIDER (1993b), a desenvolver um método que permite obter o volume desbastado em um período a partir do volume remanescente na floresta permitindo ainda estruturar as tabelas em relação ao povoamento remanescente, desbaste e produção total. O volume do desbaste é definido através de um fator (K-Magin) que depende do tipo e peso do desbaste aplicado no povoamento. Esta metodologia está sendo amplamente utilizada em vários países, para diferentes espécies, destacando-se os trabalhos de HRADETZKY (1972), SCHNEIDER (1984) e AGUIRRE (1991).

## **MATERIAL E MÉTODO**

### **Localização e caracterização da área**

A área de estudo situa-se à 23° 03' de latitude sul e 60° 08' de longitude oeste no município de Cambará do Sul. Este localiza-se no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, com altitude média da região é de 905m (BORGES, 1992).

O clima dominante na região, segundo o sistema Köppen, é do tipo Cfb1, temperado úmido. A temperatura média anual é de 14,8°C, a precipitação média anual de 1.787 mm e umidade relativa do ar em torno de 80% (MORENO, 1961).

A unidade de mapeamento de solos, onde estão localizados os povoamentos estudados denomina-se Silveiras. O material de origem dos solos são rochas basálticas, resultantes do derrame basáltico do Triássico Superior, predominando solos rasos com horizonte A de coloração negra, com baixa saturação de bases e teores elevados de alumínio trocável. Nas partes baixas do relevo observam-se solos hidromórficos negros (LEMOS et al.,1973).

### **Caraterização dos povoamentos**

Os povoamentos são formados por *Pinus taeda* originados de plantio em raiz nua, em espaçamento de 3,0 X 2,0 metros, com 1666 árvores por hectare.

Todos os povoamentos amostrados estavam de acordo com as práticas de manejo consideradas regulares ou ideais pela empresa.

O regime de desbaste utilizado pela empresa visa a produção de madeira para usos múltiplos: serraria e celulose, sendo o peso determinado com base no parâmetro área basal do povoamento.

O primeiro desbaste é realizado em torno dos 8 anos de idade quando a área basal atinge cerca 40 m<sup>2</sup>/ha, sendo então reduzida para 25 m<sup>2</sup>/ha após o desbaste. O tipo de desbaste é o mecânico-seletivo, sendo retirada a terceira linha de árvores, o que equivale a 33% da área basal. A diferença entre o peso de desbaste calculado e os 33% é utilizado como um novo peso de desbaste a ser executado seletivamente por baixo, nas linhas de árvores restantes.

O segundo desbaste é executado quando o povoamento atinge novamente a área basal de 40 m<sup>2</sup>/ha, aproximadamente, aos 12 anos de idade. Este desbaste é totalmente seletivo por baixo, fazendo-se também a redução da área basal para 25 m<sup>2</sup>/ha.

O corte raso dos povoamentos é feito aos 15 ou 16 anos, independente da qualidade do sítio.

### **Procedimento de coleta dos dados**

O processo de amostragem empregado na coleta das informações dendrométricas foi o aleatório estratificado por idade e sítio de modo que povoamentos com idade de 4 até 16 anos foram amostrados.

Para cada unidade amostral foi determinado a idade, o diâmetro médio, a altura média, o número de árvores por hectare e a altura dominante.

O índice de sítio a que pertencia a unidade amostral foi determinado pela classificação elaborada por SELLE (1993), para a espécie e região.

Para descrever o comportamento do fator de forma, do diâmetro e da altura, foram realizadas análise de tronco de 14 árvores  $d_g$ , distribuídas por classes de sítio e com idades entre 13 e 16 anos.

### **Estimativa dos parâmetros e da produção**

Com base nas informações das unidades amostrais e de análise de tronco, executou-se os ajustes das funções matemáticas, para descrever o comportamento do povoamento ao longo do tempo.

As variáveis dendrométricas estudadas para a confecção de tabelas de produção foram altura dominante ( $h_{100}$ ), altura média ( $h_m$ ), diâmetro da árvore de área basal média ( $d_g$ ), fator de forma artificial ( $f_{1,3}$ ), número de árvores/ha (N/ha) e fator K-Magin.

As tabelas de produção foram obtidas por uma seqüência de cálculos, onde cada variável estimada através das equações de regressão, foi diretamente relacionada a outra(s) variável(eis) de fácil medição, determinada(s) previamente, sendo a variável de partida a altura dominante, por representar o comportamento dos sítios florestais. As estimativas foram realizadas na seguinte ordem:

a) Altura dominante: foi estimada através da função ajustada para a espécie e região por SELLE (1993):

$$h_{100} = A \cdot (1 - e^{-0,107145161 \cdot t})^{1,620809677}$$

Sendo  $h_{100}$  = altura dominante; A = valor da assíntota (quando  $t$  tende ao infinito); e = base do logaritmo neperiano e  $t$  = idade.

O valor de A foi estimado pela função:

$$A = IS / (1 - e^{-0,107145161 \cdot t})^{1,620809677}$$

Sendo IS = índice de sítio para o qual deseja-se calcular a assíntota (16 ao 28) e  $t$  = idade de referência (20 anos).

A classificação de sítio obtida por SELLE (1993) encontra-se na Figura 1 em anexo.

b) Altura média: foi estimada em função da altura dominante, onde foram testadas as equações constantes na Tabela 1, em anexo.

c) Diâmetro da árvore de área basal média: foi estimado através da altura média ( $h_m$ ), tendo sido testadas as equações constantes da Tabela 2, em anexo.

d) Fator de forma artificial: foi estimado em função da árvore de diâmetro de área basal média e altura, tendo sido testadas as equações constantes da Tabela 3, em anexo.

e) Número de árvores: foi estimado através do índice de espaçamento relativo (S%), proposto por Hart-Becking, conforme SCHNEIDER (1993a):

$$S\% = EM / h_{100} \cdot 100$$

Sendo S% = índice de espaçamento relativo; EM = espaço médio existente entre as árvores após o desbaste e  $h_{100}$  = altura dominante em metros.

Para determinação do índice de espaçamento relativo foi realizada a simulação de desbaste em 10 parcelas amostrais, 5 para primeiro desbaste (8 anos) e 5 para o segundo desbaste (12 anos). O índice resultante foi relacionado com a altura dominante, descrito pela seguinte equação:

$$S\% = b_0 + b_1 \cdot h_{100}$$

As alturas dominantes obtidas no índice de sítio 22, sítio médio da região, permitiram calcular os valores de índice de espaçamento relativo e a partir destes, os valores de EM (espaço médio desejado) e do número de árvores através das expressões:

$$EM = h_{100} \cdot S\% / 100 \tag{1}$$

$$N/ha = 10.000 / EM^2 \tag{2}$$

Sendo  $10.000 = \text{área em m}^2$  correspondente a 1 hectare e  $EM = \text{espaço médio}$ , calculado por:  $EM = S\% \cdot h_{100} / 100$ ;  $S\% = \text{índice de densidade populacional}$ ;  $h_{100} = \text{altura dominante (m)}$  e, substituindo-se a equação nº 1 na equação nº 2 obteve-se a expressão que definiu o número de árvores por hectare para o povoamento remanescente:

$$N/ha = 10.000 / (h_{100} \cdot S\% / 100)^2$$

A partir do número de árvores por hectare relativos às alturas dominantes, nas respectivas idades, pode-se descrever o desenvolvimento da densidade populacional sob a influência dos sítios florestais através da expressão:

$$\ln N/ha = b_0 + b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot (\ln h_{100})^2 \quad (3)$$

O número de árvores a sair em cada desbaste, dependeu exclusivamente da diferença do número de árvores remanescentes, dado pela equação nº 3, entre dois desbastes consecutivos.

f) Fator K-Magin: estimado através do conceito de PRODAN (1965), onde:  $K = \text{Volume da árvore de área basal média do desbaste } (\bar{v}_d) / \text{volume da árvore de área basal média do povoamento remanescente } (\bar{v}_r)$ . Através de simulações de desbastes sobre as unidades amostrais foi possível ajustar a expressão a baixo para estimar o valor do fator K-Magin:

$$K = b_0 + b_1 \cdot h_{100}$$

g) Área basal (G/ha) e volume remanescentes (V/ha): foram calculados pelas expressões:

$$G/ha = (\pi \cdot d_g^2 / 4) \cdot N/ha$$

$$V/ha = G/ha \cdot h_m \cdot f$$

h) Volume dos desbastes e total

O volume dos desbastes foi calculados através do produto do volume médio remanescente pelo fator K-Magin e o número de árvores a ser desbastado:

$$V_d = (K \cdot V_m) \cdot DN$$

Sendo  $DN = \text{diferença do número de árvores no período de um desbaste}$ ;  $K = \text{fator de Magin}$  e  $V_m = \text{volume médio remanescente em m}^3$ .

O volume médio do povoamento remanescente, que corresponde ao volume da árvore média remanescente, na idade do desbaste, foi obtido pela expressão:

$$V_m = V_t / N_t$$

Sendo  $V_m = \text{volume da árvore média em m}^3$ ;  $V_t = \text{volume por hectare na idade t}$  e  $N_t = \text{número de árvores por hectare na idade t}$ .

A produção total foi obtida pela soma do volume remanescente no último período, com o somatório do volume dos desbastes.

$$Pt_t = V_t + \Sigma V_d$$

Sendo  $Pt_t = \text{produção total na idade t}$ ;  $V_t = \text{volume remanescente na idade t}$ ;  $\Sigma V_d = \text{somatório do volume dos desbastes nos períodos anteriores}$ .

As equações de regressão foram selecionadas através do coeficiente de determinação ajustado, do erro padrão da estimativa em percentagem e da análise gráfica dos resíduos.

As regressões foram processadas através do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System), em computador IBM 3090. A análise de tronco através do programa ANATRO (análise de tronco) e as parcelas através do ANAPAR (análise das parcelas), do núcleo de computação do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1, em anexo, encontram-se as equações testadas para estimar a altura média com os parâmetros calculados e índices estatísticos. A equação selecionada:

$\ln h_m = -0,348438 + 1,100458 \cdot \ln h_{100}$ , apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,9935 e um coeficiente de variação de 1,97%, não apresentando tendências nas estimativas.

As equações de regressão, testadas para estimar o diâmetro de área basal média, conforme mostram os resultados da Tabela 2, em anexo, apresentam índices de precisão muito próximos. Contudo, o modelo que melhor representou o comportamento do desenvolvimento do diâmetro de área basal média, foi a equação:

$$\ln d_g = 2,135496 - 0,527646 \cdot \ln h_m + 0,323182 \cdot (\ln h_m)^2$$

Esta equação, além de possuir o menor erro padrão da estimativa 4,80% e coeficiente de determinação ajustado de 0,9240, apresentou distribuição de resíduos mais homogênea que os demais modelos testados.

Na Tabela 3, em anexo, encontram-se as equações testadas para estimar o fator de forma artificial. Entre estas foi selecionada a equação:

$$f = 1,878354 \cdot 1/h + 0,627965 \cdot h/d - 2,292104 \cdot h/d^2$$

Esta equação foi a que melhor descreveu o desenvolvimento desta variável em função do diâmetro de área basal média e da altura média. A equação apresentou coeficiente de determinação ajustado de 0,9910, superior aos demais modelos e erro padrão da estimativa de 9,56%.

Sendo  $f$  = fator de forma;  $h$  = altura (m) e  $d$  = diâmetro (cm).

A estimativa do número de árvores por hectare foi definida por uma expressão para determinar o índice de espaçamento relativo ( $S\%$ ) em função da altura dominante. Esta equação apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,78 e um erro padrão da estimativa de 10,1%, sendo expressa por:

$$S\% = 31,55622016 - 0,3938992042 \cdot h_{100}$$

Com esta equação estimou-se os valores de índice de espaçamento relativo ( $S\%$ ), o que possibilitou encontrar as alturas dominantes correspondentes ao crescimento médio da região (IS 22), e na seqüência calcular o espaço médio e número de árvores remanescentes para o mesmo sítio. A partir dos valores de altura dominante de cada idade, bem como os respectivos valores de número de árvores por hectare, ajustou-se uma equação de regressão para descrever a freqüência por

unidade de área. Esta equação apresentou coeficiente de correlação ajustado igual a 0,99 e um coeficiente de variação de 0,13%, sendo expressa por:

$$\ln N/ha = 12,089980 - 2,591260 \cdot \ln h_{100} + 0,197910 \cdot (\ln h_{100})^2$$

A área basal remanescente projetada para os diferentes sítios, apresentou-se de forma crescente a medida que aumentava a idade do povoamento e a qualidade do sítio florestal, como consequência da estruturação da produção em função do potencial dos sítios. O índice de sítio 22, que representa o crescimento médio, apresentou aos 16 anos uma área basal remanescente de 39,53 m<sup>2</sup>/ha.

Os valores de área basal remanescente demonstraram que, no primeiro desbaste, nenhum sítio atingiu a área basal necessária para que o peso e tipo de desbaste aplicado refletisse um valor área basal remanescente próximo aos 25 m<sup>2</sup>/ha, desejado pela empresa.

Este resultado demonstra que a idade do primeiro desbaste foi muito jovem, levando a uma perda de produção. Contudo no segundo desbaste, os povoamentos atingiram em média um valor de área basal remanescente próximo aos 25 m<sup>2</sup>/ha.

O volume por hectare cresceu à medida que aumentou o potencial do sítio e a idade. Nos melhores sítios o crescimento apresentou-se mais acentuado que nos sítios menos produtivos.

Para estimar o volume desbastado foi considerado o comportamento do fator K-Magin, de acordo com a variação da altura dominante através da equação:

$$K = 0,7454581152 + 0,0013089 \cdot h_{100}$$

Os valores de K resultantes foram praticamente constantes, variando de 0,76 para 0,77. Estes valores indicam que a empresa aplica um peso e tipo do desbaste iguais para todos os sítios, caracterizando desbastes fortes a extremamente fortes.

A determinação do volume dos desbastes dependeu do volume da árvore de área basal média remanescente, da densidade populacional retirada e do peso, fornecido pelo fator K-Magin.

O volume total por hectare, nos melhores sítios, apresentou crescimento mais acelerado e maior do que nos piores sítios. O índice de sítio 16, o de menor produção apresentou um volume total, aos 16 anos, de 243,68 m<sup>3</sup>/ha, enquanto que o índice de sítio 28 atingiu 911,03 m<sup>3</sup>/ha. No índice de sítio 22 foram produzidos na mesma idade 483,79 m<sup>3</sup>/ha.

O incremento médio anual por hectare não atingiu o ponto de máxima em nenhum dos sítios, demonstrando que a empresa realiza o corte final em idade anterior a maximização da produção dos povoamentos. Nos sítios mais produtivos o incremento foi maior do que nos de menor produtividade, demonstrando a diferença de crescimento nos diferentes sítios florestais. No índice de sítio 22, considerado como o de produtividade média do local, indicou um IMA, na idade de 16 anos, de 30,24 m<sup>3</sup>/ha/ano, enquanto em povoamento de índice de sítio 28 esta taxa alcança 56,94 m<sup>3</sup>/ha, evidenciando a grande diferença no potencial de crescimento volumétrico e a necessidade de manejo diferenciado para estes locais. Estes resultados estão agrupados em forma tabelar para os índices de sítio 16, 18, 20, 22, 24, 26 e 28, respectivamente, nas Tabelas 4 a 9, em anexo.

## CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que:

a) as equações empregadas para descrever as relações biológicas das árvores de *Pinus taeda* em função do índice de sítio e idade, permitiram estimar com boa precisão a produção do povoamento remanescente, desbaste e produção total, além de servir para prognosticar os valores de diâmetro médio, altura média, fator de forma e densidade populacional em qualquer idade do povoamento;

b) as equações de regressão que melhor estimaram o desenvolvimento das variáveis diâmetro de área basal média ( $d_g$ ), altura média ( $h_m$ ), fator de forma artificial ( $f$ ), fator K-Magin ( $K$ ), índice de espaçamento relativo ( $S\%$ ) e densidade populacional ( $N/ha$ ) para o povoamento remanescente, foram respectivamente:

$$\ln d_g = 2,135496 - 0,527646 \cdot \ln h_m + 0,323182 \cdot (\ln h_m)^2;$$

$$\ln h_m = -0,348438 + 1,100458 \cdot \ln h_{100};$$

$$f = 1,878354 \cdot 1/h + 0,627965 \cdot h/d - 2,292104 \cdot h/d^2;$$

$$K = 0,7454581152 + 0,0013089 \cdot h_{100};$$

$$S\% = 31,55622016 - 0,3938992042 \cdot h_{100};$$

$$\ln N/ha = 12,08998 - 2,59126 \cdot \ln h_{100} + 0,19791 \cdot (\ln h_{100})^2.$$

c) o valor médio do fator K-Magin para o primeiro desbaste foi de 0,76 e para o segundo 0,77, indicando, nas duas ocasiões, a aplicação de peso de desbaste forte a extremamente forte, quanto ao volume desbastado;

d) o regime de desbaste aplicado pela empresa Celulose Cambará S.A., rebaixando as áreas basais para 25 m<sup>2</sup>/ha aos 8 e 12 anos, desconsiderando o potencial dos sítios florestais, leva a perda de produção pela execução de desbastes precoces nos sítios menos produtivos e tardios nos sítios melhores;

e) o culmínio do incremento médio anual não foi alcançado até a idade de 16 anos, idade de corte praticada pela empresa, indicando que a rotação técnica ocorre em idade maior.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, O. A. Compilation of yield tables based on temporary sample plots. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Linares, México, n. 10, p.61-67, 1991.
- BORGES, G. **Cambará do Sul**. Porto Alegre: Nova Dimensão, 1992. 58p.
- HRADETSKY, J. A model of an integrated yield-table system in modular form. **Mitteilungen der Baden Wurttembergischen Forstlichen Versuchs und Forschungsanstalt**, n. 45, p.172, 1972.
- LEMONS, R. C., AZOLIN, M.A.D., ABRÃO, P.V.R, et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura, Departamento de

- Pesquisas Agro-pecuária, Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- MONTEIRO ALVES, A. A. Técnicas de produção florestal: fundamentos, tipificação e métodos. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica, 1982. 331p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- PRODAN, P. **Forest biometrics**. London: Pergamon Press Ltd. 1965. 447p.
- REINSTORF, L.O. **The influence of stand density on growth of *Pinus elliottii***. Stellenbosch: Forestry University of Stellenbosch. 1970. 62p. Dissertação (Mestrado) - University of Stellenbosch, 1970.
- SCHNEIDER, P.R. **Betriebswirtschaftliche und ertragskundliche Grundlagen der Forsteinrichtung in Suedbrasilien ein Beispiel von *Pinus elliottii***. Freiburg: Albert-Ludwigs-Universität. 1984. 192p. Dissertação (Doutorado) - Albert-Ludwigs Universität, 1984.
- SCHNEIDER, P. R., OESTEN, G., BRILL, A. et al. Determinação da produção de casca em Acácia-negra, *Acacia mearnsii* de Wild. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.1, n.1, p. 64-75, nov. 1991.
- SCHNEIDER, P.R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM. 1993a. 348p.
- SCHNEIDER, P.R. Efeito da intensidade do desbaste sobre o Fator K-Magin em povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, 1. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1993b. v.2, p.504 - 507.
- SELLE, G. L. **Influência dos fatores ambientais na classificação de sítio para *Pinus taeda* L. na região de Cambará do Sul, RS, Brasil**. Santa Maria: UFSM, 1993. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, 1993.

**A N E X O S**

TABELA 1: Equações de altura média testadas em função da altura dominante.

Equação	b0	b1	b2	b3	R <sup>2</sup> Aj.	Syx %
$\ln h_m = b_0 + b_1 \cdot \ln h_{100}$	-0,348438	1,100458			0,9935	1,97
$\ln h_m = b_0 + b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot (\ln h_{100})^2$	0,100305	0,695995	0,086691		0,9939	1,90
$\ln h_m = b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot (\ln h_{100})^2$		0,785422	0,067689		0,9997	1,88
$\ln h_m = b_0 + b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot (\ln h_{100})^2 + b_3 \cdot (\ln h_{100})^3$	1,276410	-0,911990	0,802408	-0,103807	0,9939	1,90
$\ln h_m = b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot (\ln h_{100})^2 + b_3 \cdot (\ln h_{100})^3$		0,815016	0,041614	0,005491	0,9997	1,90
$h_m = b_0 + b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot (\ln h_{100})^2$	17,66235	-18,28569	6,258188		0,9938	3,84
$h_m = b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot (\ln h_{100})^2$		-2,538978	2,912038		0,9973	5,81

TABELA 2: Equações de diâmetro de área basal média em função da altura média.

Equação	b0	b1	b2	R <sup>2</sup> Aj.	Syx %
$\ln d_g = b_0 + b_1 \cdot \ln h_m + b_2 \cdot (\ln h_m)^2$	2,135496	-0,527164	0,323182	0,9240	4,80
$\ln d_g = b_1 \cdot \ln h_m + b_2 \cdot (\ln h_m)^2$		1,279593	-0,045045	0,9968	5,72
$\ln d_g = b_1 \cdot \ln (h_m - 1,30) + b_2 \cdot (\ln (h_m - 1,30))^2$		1,570780	-0,138487	0,9953	6,94
$d_g = b_0 + b_1 \cdot h_m + b_2 \cdot h_m^2$	7,137929	0,083063	0,058209	0,9411	12,57
$d_g = b_1 \cdot h_m + b_2 \cdot h_m^2$		1,049361	0,029305	0,9842	14,13

TABELA 3: Equações de fator de forma artificial em função do diâmetro e altura.

Equação	b0	b1	b2	b3	b4	b5	R <sup>2</sup> Aj.	Syx %
$f = b_0 + b_1 \cdot 1/(d^2 \cdot h) + b_2 \cdot 1/h + b_3 \cdot 1/d^2$	0,45871	-38,7222	0,14800	11,1167			0,3144	9,28
	5		2	8				
$f = b_1 \cdot 1/(d^2 \cdot h) + b_2 \cdot 1/h + b_3 \cdot 1/d^2$		-72,0537	6,27584	-4,22373			0,8945	32,68
		0						
$f = b_0 + b_1 \cdot 1/(d^2 \cdot h) + b_2 \cdot 1/(d \cdot h) + b_3 \cdot 1/d + b_4 \cdot 1/h + b_5 \cdot 1/d^2$	0,41732	145,224	9,31678	7,43706	-2,99302	-55,1542	0,5401	7,60
	1	7	0	9				
$f = b_0 + b_1 \cdot 1/h + b_2 \cdot h/d + b_3 \cdot h/d^2$	0,25418	0,82533	0,28631	-0,56401			0,5139	7,82
	0	2	3					
$f = b_1 \cdot 1/h + b_2 \cdot h/d + b_3 \cdot h/d^2$		1,87835	0,62796	-2,29210			0,9910	9,56
		4	5					

TABELA 4: Tabela de produção para *Pinus taeda* L. para o índice de sítio 16.

Idade anos	Povoamento Remanescente							Desbastes			Prod. Total		
	h <sub>100</sub>	h <sub>m</sub>	d <sub>g</sub>	N/ha	G/ha	f	V/ha	N/ha	V/ha	VAC	V/ha	IMA	IPA
4	3,5	2,8	6,9	2000	7,48	0,790	16,5				16,56	4,14	4,14
8	8,0	7,0	10,3	1915	15,9	0,544	60,8	85	2,05	2,05	62,81	7,85	11,56
12	11,6	10,5	14,6	1021	17,08	0,518	92,8	895	61,92	63,97	156,8	13,1	23,50
16	14,2	13,1	18,5	1021	27,42	0,500	179,7			63,97	243,68	15,23	22,47

TABELA 5: Tabela de produção para *Pinus taeda* L. para o índice de sítio 18.

Idade anos	Povoamento Remanescente							Desbastes			Prod. Total		
	h <sub>100</sub>	h <sub>m</sub>	d <sub>g</sub>	N/ha	G/ha	f	V/ha	N/ha	V/ha	VAC	V/ha	IMA	IPA
4	4,0	3,2	7,1	2000	7,92	0,724	18,36				18,36	4,59	4,59

8	9,0	7,9	11,3	1559	15,63	0,535	66,06	441	14,20	14,20	80,26	10,03	15,47
12	13,0	11,9	16,6	850	18,40	0,509	111,45	709	70,65	84,85	196,30	16,36	29,01
16	16,0	14,9	21,5	850	30,86	0,487	224,11			84,85	308,96	19,31	28,16

TABELA 6: Tabela de produção para *Pinus taeda* L. para o índice de sítio 20.

Idade	Povoamento Remanescente							Desbastes			Prod. Total		
	anos	h <sub>100</sub>	h <sub>m</sub>	d <sub>g</sub>	N/ha	G/ha	f	V/ha	N/ha	V/ha	VAC	V/ha	IMA
4	4,4	3,6	7,3	2000	8,37	0,677	20,39				20,39	5,10	5,10
8	10,0	8,9	12,5	1303	15,99	0,528	75,08	697	30,52	30,52	105,60	13,20	21,30
12	14,5	13,4	19,0	717	20,33	0,498	135,67	586	84,27	114,79	250,46	20,87	36,21
16	17,7	16,7	24,8	717	34,63	0,473	273,60			114,79	338,39	24,46	35,23

TABELA 7: Tabela de produção para *Pinus taeda* L. para o índice de sítio 22.

Idade	Povoamento Remanescente							Desbastes			Prod. Total		
	anos	h <sub>100</sub>	h <sub>m</sub>	d <sub>g</sub>	N/ha	G/ha	f	V/ha	N/ha	V/ha	VAC	V/ha	IMA
4	4,9	4,1	7,6	2000	9,07	0,634	23,58				23,58	5,90	5,90
8	11,0	9,9	13,8	1112	16,63	0,521	85,79	888	52,07	52,07	137,86	17,23	28,57
12	15,9	14,8	21,3	624	22,23	0,488	160,72	488	96,78	148,85	309,57	25,80	42,93
16	19,5	18,5	28,4	624	39,53	0,458	334,94			148,85	483,79	30,24	32,30

TABELA 8: Tabela de produção para *Pinus taeda* L. para o índice de sítio 24.

Idade	Povoamento Remanescente							Desbastes			Prod. Total		
	anos	h <sub>100</sub>	h <sub>m</sub>	d <sub>g</sub>	N/ha	G/ha	f	V/ha	N/ha	V/ha	VAC	V/ha	IMA
4	5,3	4,4	7,9	2000	9,80	0,615	26,52				26,52	6,63	6,63
8	12,0	10,9	15,2	966	17,53	0,514	98,31	1034	79,97	79,97	178,29	22,29	37,94
12	17,4	16,4	24,2	546	25,11	0,476	195,98	420	116,1	196,05	392,03	32,67	53,43
16	21,3	20,4	32,6	546	45,57	0,441	409,97			196,05	606,02	37,88	53,50

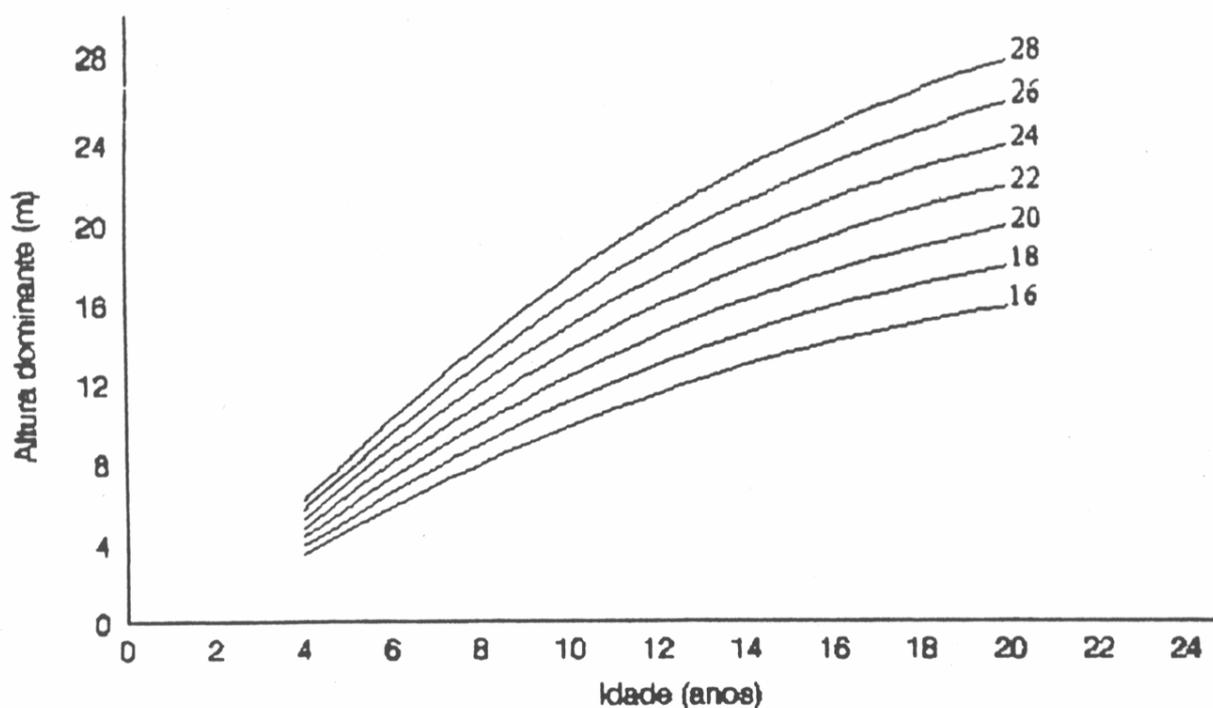
TABELA 9: Tabela de produção para *Pinus taeda* L. para o índice de sítio 26.

Idade	Povoamento Remanescente							Desbastes			Prod. Total		
	anos	h <sub>100</sub>	h <sub>m</sub>	d <sub>g</sub>	N/ha	G/ha	f	V/ha	N/ha	V/ha	VAC	V/ha	IMA
4	5,8	4,9	8,3	2000	10,82	0,591	31,33				31,33	7,83	7,83
8	13,0	11,9	16,6	850	18,40	0,509	111,45	1150	114,6	114,60	226,05	28,26	48,68
12	18,8	17,8	27,0	488	27,94	0,463	230,51	362	131,7	246,26	476,77	39,73	62,68
16	23,1	22,3	37,0	488	52,47	0,425	497,75			246,26	744,01	46,50	66,81

TABELA 10: Tabela de produção para *Pinus taeda* L. para o índice de sítio 28.

Idade anos	Povoamento Remanescente							Desbastes			Prod. Total		
	$h_{100}$	$h_m$	$d_g$	N/ha	G/ha	f	V/ha	N/ha	V/ha	VAC	V/ha	IMA	IPA
4	6,2	5,3	8,6	2000	11,62	0,578	35,55				35,55	8,89	8,89
8	14,0	12,9	18,2	757	19,69	0,501	127,36	1243	158,9	158,94	286,30	35,79	62,69
12	20,3	19,4	30,3	438	31,58	0,450	275,96	319	154,8	313,70	589,66	49,14	75,09
16	24,8	24,2	41,9	438	60,39	0,409	597,33			313,70	911,03	56,94	80,34

Onde: IPA = incremento periódico anual; MA = incremento médio anual na idade em questão; VAC = volume acumulado do desbaste na idade em questão; --- = classes de idade com estimativas da densidade real inicial, devido a falhas e mortalidade.

FIGURA 1: Curvas de índice de sítio para a espécie *Pinus taeda* L. da região de Cambará do Sul, RS (SELLE, 1993).