

# EVOLUÇÃO DO SORTIMENTO EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* NOS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA

Sintia Valerio Kohler<sup>1\*</sup>, Henrique Soares Koehler<sup>2</sup>, Afonso Figueiredo Filho<sup>3</sup>, Julio Eduardo Arce<sup>4</sup>, Sebastião do Amaral Machado<sup>5</sup>

<sup>1\*</sup>Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil - sintiakohler@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Curitiba, Paraná, Brasil - koehler@ufpr.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Engenharia Florestal, Irati, Paraná, Brasil - afg@ufpr.br

<sup>4</sup>Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, Curitiba, Paraná, Brasil - jarce@ufpr.br;  
<sup>5</sup>samachado@ufpr.br

Recebido para publicação: 17/03/2014 – Aceito para publicação: 24/01/2015

## Resumo

A dinâmica da evolução do sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* foi estudada utilizando-se dados de análise de tronco em povoamentos estabelecidos nos estados do Paraná e Santa Catarina, amostrando-se 126 e 120 árvores, respectivamente. O polinômio de potências inteiras e fracionárias foi ajustado para os dados estratificados em classes de idade. Com o programa FlorExel®, foram calculados os volumes por sortimento nas diferentes idades dos povoamentos. Os volumes totais médios por árvore aos 18 anos foram de 1,157 m<sup>3</sup> para o estado do Paraná e de 0,959 m<sup>3</sup> para o estado de Santa Catarina. Volumes para *celulose* foram mais representativos na classe de 7 a 9 anos, com 50% do volume. Volumes para *serraria tipo 1* foram estimados a partir da idade de 7 anos, e para *serraria tipo 2*, a partir da idade 8 e 9 anos, respectivamente, representando 70% do volume total (*serraria tipo 1* + *serraria tipo 2*) na classe de 10 a 12 anos. Volumes para *laminação* foram obtidos a partir dos 13 anos em ambos os estados, chegando a apresentar mais de 30% do volume total a partir da idade de 19 anos. Observa-se uma mudança rápida no sortimento “nobre” a partir da idade de 13 anos.

**Palavras-chave:** Dinâmica do sortimento; multiprodutos; modelos de afilamento.

## Abstract

*Evolution of assortment of Pinus taeda stands located at Paraná and Santa Catarina States.* The dynamic evolution of assortment of *Pinus taeda* stands was studied using data from complete stem analysis in stands established at Paraná and Santa Catarina states, sampling 126 and 120 trees respectively. The integer and fractional power equation was fitted to the data set stratified by age classes. With FlorExel® program volumes assortments by the different ages of stands were estimated. The average tree total volume was 1,157 m<sup>3</sup>, at age of 18 years in Paraná state and 0,959 m<sup>3</sup> at Santa Catarina State. Wood for cellulose had higher representation in the class of 7 to 9 years, with 50% of the volume. Volumes for sawmill type 1 were estimated in plantations from 7 years, and for sawmill type 2 from 8 and 9 years old, respectively, representing 70% of the total volume (sawmill type 1 + sawmill type 2) at 10 to 12 years of age. Tree volumes for veneer were obtained from 13 years of age on, in both stands, arriving to present more than 30% of the total volume from the age 19 years. It was observed a fast change in the "noble" assortment after the age of 13 years.

**Keywords:** Assortment dynamic; multproduct; taper models.

## INTRODUÇÃO

Plantios com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* são a principal fonte de produtos advindos de florestas no Sul do Brasil. A madeira de *Pinus* spp. possui diversos usos, sendo de grande importância para indústrias de celulose, serraria e laminação. Ferreira (2005) afirmou que plantios de *Pinus* podem ser vistos como uma atividade que minimiza a exploração extrativista de florestas nativas no Brasil e que o

aumento da sua produtividade é relevante para a contínua redução das áreas destinada à atividade florestal.

O aumento da produtividade dos povoamentos está altamente relacionado com as práticas de manejo aplicadas e com o planejamento do uso das florestas. As práticas de manejo adotadas têm como objetivo agregar valor à madeira, melhorando suas características, podendo ser empregadas visando à obtenção de multiprodutos das florestas.

A maximização da renda obtida com povoamentos florestais é uma preocupação comum entre as empresas, de modo que a diversificação dos produtos auxilia no seu desenvolvimento. O mercado exige cada vez mais diversidade e qualidade dos produtos florestais, demandando formas para quantificar e qualificar tais produtos. Assim, os modelos de afilamento passam a representar uma importante ferramenta para atender a essas novas necessidades, uma vez que permitem a determinação de volumes das diferentes partes da árvore e conseguem representar a forma do tronco das árvores, a qual tem influência direta na qualidade e quantidade dos multiprodutos. Conforme Souza (2007), as funções de afilamento se constituem em uma excelente opção para quantificação dos sortimentos dos povoamentos florestais. A gama de informações que essas funções propiciam tem levado ao desenvolvimento de diferentes técnicas de modelagem do perfil dos fustes das espécies florestais.

A descrição e classificação dos fustes de forma otimizada, segundo sua qualidade, suas dimensões e suas possibilidades de utilização, garante, além da classificação física, melhor remuneração da madeira, com a destinação de toras de diversas bitolas ao mercado específico (SOUZA *et al.*, 2008).

Sortimento florestal é a expressão utilizada para resumir a avaliação comercial qualitativa e quantitativa da floresta em pé, a partir de uma lista de diferentes multiprodutos, e constitui-se em uma ferramenta para tomada de decisões referentes ao manejo florestal (ARCE, 2000). Geralmente, os plantios florestais têm sua produção direcionada apenas para um determinado tipo de produto, abastecendo uma indústria. Porém, frequentemente, as florestas produzem uma variedade maior de produtos, que servem para laminação, serraria e celulose, por exemplo, e para os quais nem sempre existe uma demanda localizada e próxima para outorgar-lhes algum tipo de valor (ARCE *et al.*, 2004).

Conhecer como se desenvolve o sortimento de um povoamento florestal ao longo dos anos é uma importante ferramenta para o planejamento da produção florestal, pois permite um melhor aproveitamento da madeira, reduzindo o volume de resíduos gerados e aumentando os lucros. Planos de manejo mais adequados podem ser elaborados com base nesses estudos, auxiliando o manejador florestal a tomar decisões mais seguras acerca de quando e como devem ser realizadas as intervenções na floresta, atendendo às exigências do mercado.

Segundo Schneider *et al.* (1996), uma das grandes dificuldades do manejo florestal e, em especial, da avaliação econômica de povoamentos florestais reside na inexistência de tabelas de sortimento apropriadas que possibilitem determinações rápidas do estoque de madeira para diferentes tipos de aproveitamento.

No Brasil, poucos trabalhos buscaram avaliar a evolução do sortimento ao longo da rotação de espécies florestais. Podem-se citar, como exemplo, Figueiredo Filho (1991), que avaliou os efeitos da resinagem e a evolução do sortimento para 44 árvores de *Pinus elliottii* Engelm., e Kohler *et al.* (2011), que usaram dados de análise de tronco para avaliar a evolução do sortimento em plantios de *Pinus elliottii* estabelecidos na região centro-sul do Paraná.

Levando em consideração que ainda são poucos os estudos sobre o sortimento florestal e sua evolução nas diferentes fases de crescimento do povoamento, e devido à importância dessa informação para a definição do momento correto para intervir na floresta, este estudo objetivou analisar o comportamento da evolução do sortimento em diferentes idades de dois povoamentos de *Pinus taeda* L. estabelecidos nos estados do Paraná e Santa Catarina.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Base de dados

Os dados foram obtidos pela técnica de análise de tronco completa em árvores de povoamentos de *Pinus taeda*, amostrando-se 126 árvores na região centro-sul do estado do Paraná, com idades entre 7 e 18 anos, e 130 árvores na região serrana do estado de Santa Catarina, com idades entre 11 e 22 anos. Em ambos os casos, buscou-se amostrar árvores que representassem a variação diamétrica dos povoamentos.

A região centro-sul está localizada no terceiro planalto do estado do Paraná, com altitudes variando entre 900 e 1.100 metros, topografia fortemente ondulada a montanhosa. Os solos apresentam textura argilosa. O clima, segundo a classificação de Köppen, é o subtropical úmido mesotérmico (Cfb), com temperatura média anual de 16 °C, sem estação seca definida, com verões frescos e geadas severas e frequentes no inverno, com chuvas variando entre 1.600 e 1900 mm (MAACK, 1981).

A região serrana do estado de Santa Catarina é classificada, segundo Köppen, como de clima subtropical úmido (Cfb), com verões frescos, não apresentando estação seca definida. A precipitação média anual é de 1.740 mm e a temperatura média anual é de 16,8 °C (SANTA CATARINA, 1986).

### **Análise de tronco completa**

As árvores amostradas foram derrubadas e de cada uma foram retirados onze discos ao longo do tronco, nas alturas absolutas de 0,1 e 1,3 m, e relativas de 15%, 25%,..., 95% da altura total da árvore.

A medição dos anéis foi realizada com o equipamento LINTAB 6.0, que utiliza o programa TSAP (*Time Series Analysis Program*) para efetuar as medições. O processamento dos dados da análise de tronco foi feito com o programa FlorExel®, o qual gera diâmetros em diferentes alturas no tronco para a idade atual e para todas as idades pretéritas da árvore.

### **Estimativa dos diâmetros com casca**

Quando se emprega a técnica de análise de tronco completa para obtenção dos diâmetros ao longo do tronco, são obtidos diâmetros com casca apenas para a idade em que a árvore foi derrubada. Para as idades anteriores ao corte, os diâmetros encontrados são sem casca. Ao se trabalhar com a comercialização das toras por sortimentos, suas dimensões são determinadas com base nos valores de diâmetros com casca. Devido a isso, tornou-se necessário estimar os diâmetros com casca ao longo do tronco para todas as idades das árvores.

O método de seleção de variáveis *Stepwise* foi utilizado para gerar um modelo matemático que estimasse os diâmetros com casca. O ajuste das equações foi feito por meio do programa estatístico SPSS. As variáveis independentes testadas foram  $d_{sc}$  (diâmetro sem casca nas várias alturas e idades), I (idade em anos), ht (altura total em cada idade),  $d_{sc}^2$ ,  $ht^2$ ,  $d_{sc} \cdot I$ ,  $d_{sc} \cdot I^2$ ,  $ht \cdot I$ ,  $I/I$ . Como variável dependente, foi utilizado o diâmetro com casca nas várias alturas do tronco e por idade ( $d_{cc}$ ). Para a inclusão ou não de uma variável na equação, foram utilizados níveis críticos de probabilidade ( $\alpha$ ) de 0,05 e 0,10, respectivamente, para entrada e saída de uma variável.

A avaliação do modelo foi feita considerando o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão da estimativa relativo ( $S_{yx}\%$ ) e a análise gráfica de resíduos.

### **Ajuste das funções de afilamento**

Foi ajustado, como modelo de afilamento, o polinômio de potências inteiras e fracionárias (1) de Hradetzky (1976), para o conjunto total de dados. Após o ajuste, a equação foi usada para estimava dos diâmetros para os dados estratificados em classes de idade (7 a 9, 10 a 12, 13 a 15, 16 a 18 e 19 a 23 anos). A classe 19 a 23 anos foi empregada apenas para o povoamento do estado de Santa Catarina, que apresentava árvores mais velhas.

Os ajustes foram realizados a partir dos diâmetros com casca e respectivas alturas ao longo do tronco, obtidos pela análise de tronco.

$$\frac{d_i}{DAP} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^{p_1} + \beta_2 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^{p_2} + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i}{ht}\right)^{p_n} + \varepsilon \quad (1)$$

em que:  $\beta_i$  = coeficientes do modelo;  $d_i$  = diâmetro com casca em diferentes alturas ( $h_i$ ) ao longo do fuste (cm); DAP = diâmetro com casca a 1,3 m de altura (cm);  $h_i$  = altura  $i$  (m) a um determinado diâmetro  $d_i$ ; ht = altura total da árvore (m);  $p_i$  = potências do modelo;  $\varepsilon$  = erro aleatório.

As potências testadas para o polinômio foram: 0,005; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20 e 25. Essas potências são as mesmas já utilizadas em vários outros trabalhos sobre o tema realizados no Brasil, como Rosot (1989), Fischer *et al.* (2001) e Assis *et al.* (2002).

A seleção das variáveis foi feita pelo procedimento estatístico *Stepwise* e os ajustes foram avaliados com as mesmas estatísticas já mencionadas no item anterior.

## Evolução do sortimento

A produção de uma floresta é avaliada de acordo com o uso final a que se destinam as árvores, e esse uso é determinado com base no sortimento da madeira, ou seja, as toras são quantificadas e classificadas para os diferentes usos. Os sortimentos são definidos com base em diâmetros mínimos de uso (diâmetro de topo). As classes de sortimentos determinadas nesta pesquisa (Tabela 1) buscaram representar as dimensões atualmente utilizadas pelas indústrias que operam com matéria-prima de plantios florestais de *Pinus taeda* no Sul do Brasil.

Tabela 1. Classes de sortimento.

Table 1. Assortment class.

Destinação	Diâmetro na ponta fina com casca (cm)	Comprimento das toras (m)
Resíduos	5	2,4
Celulose	8	2,4
Serraria tipo 1	16	3,1
Serraria tipo 2	23	3,1
Laminação	35	3,1

Para a estimativa dos sortimentos nas várias idades das árvores, foi utilizado o módulo de inventário florestal do programa FlorExcel®, o qual determina os volumes totais e os volumes por sortimentos, para o número total das árvores e por hectare. Para isso, é necessário fornecer ao programa dados relativos ao DAP e à altura total das árvores e as dimensões dos sortimentos desejados. As estimativas dos volumes são realizadas empregando-se uma equação de afilamento, que deve ter sido ajustada previamente para o mesmo conjunto de dados.

Dessa forma, os sortimentos ao longo dos anos (classes de idades) foram estimados inserindo-se os coeficientes do modelo ajustado para cada classe de idade, analisando-se, então, a evolução do sortimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estimativa dos diâmetros com casca

Foram geradas, pelo método de seleção de variáveis, as equações para os dados do estado do Paraná (2) e de Santa Catarina (3).

$$d_{cc} = -2,1318 + 1,068 d_{sc} + 0,0009 d_{sc}^2 + 0,1866 I - 0,0022 d_{sc}I + 8,2825(1/I) - 0,0037 ht.I \quad (2)$$

$R^2_{aj} = 0,998$ ;  $S_{yx}(\%) = 2,93$

$$d_{cc} = -1,4726 + 1,0954 d_{sc} - 0,0061 d_{sc}I + 0,0019 d_{sc}^2 - 0,0033 htI + 0,1736 I \quad (3)$$

$R^2_{aj} = 0,998$ ;  $S_{yx}(\%) = 2,17$

As equações geradas pelo método de seleção *Stepwise* apresentaram boas estimativas dos diâmetros com casca necessários para estabelecer os perfis com casca em cada idade. Ambas as equações apresentaram excelentes estatísticas, com coeficientes de determinação ajustados de 0,99 e erros padrão de estimativas menores do que 3%. Avaliando a dispersão dos resíduos, encontrou-se uma dispersão maior apenas nos menores diâmetros, na porção acima de 95% da altura total.

### Funções de afilamento

Utilizando os dados de todas as idades, o método de seleção de variáveis *Stepwise* selecionou as potências testadas, gerando a equação (4) para os dados do estado do Paraná e a equação (5) para Santa Catarina. Essas equações foram utilizadas para estimativa dos diâmetros para os dados estratificados em classes de idades (Tabela 2).

$$\frac{d_i}{DAP} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{ht}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^{0,2} + b_3 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^3 + b_4 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^{0,005} + b_5 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^4 \quad (4)$$

$$\frac{d_i}{DAP} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{ht}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^5 + b_3 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^4 + b_4 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^{0,005} + b_5 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^{0,1} + b_6 \left(\frac{h_i}{ht}\right)^2 \quad (5)$$

Eisfeld *et al.* (2008) testaram o polinômio de potências inteiras e fracionárias para a obtenção de estimativas do volume de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Esses autores afirmaram que a associação de potências inteiras com fracionárias representa bem tanto a porção superior quanto a inferior dos fustes das árvores.

Na tabela 2 são apresentadas as estatísticas obtidas com o ajuste dos polinômios para as classes de idade. O polinômio de potências inteiras e fracionárias apresentou coeficientes de determinação semelhantes em todas as classes de idade, para os dois povoamentos (em torno de 0,98), indicando bons ajustes. O erro padrão da estimativa, para os dados do Paraná, foi inferior a 8,5% (7 a 9 anos), sendo mais alto nas classes de idade menores e diminuindo nas classes seguintes, sugerindo que os dados ficam mais homogêneos com o aumento da idade. No ajuste para os dados do estado de Santa Catarina, o erro padrão de estimativa apresentou valores inferiores a 6,5%, sem qualquer tendência aparente nos resíduos.

Tabela 2. Coeficientes e estatísticas para as equações de afilamento ajustadas para as classes de idade.  
Table 2. Coefficients and statistics for the fitted taper functions by age classes.

Região	Classe de idade (anos)	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	S <sub>yx</sub> %	Coeficientes						
				b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>
Paraná	7 a 9	0,981	8,47	1,245	0,030	-0,915	-2,472	0,362	1,794	-
	10 a 12	0,981	8,18	1,211	0,269	-0,939	-2,811	0,351	1,946	-
	13 a 15	0,988	6,22	1,205	0,424	-0,989	-2,710	0,354	1,727	-
	16 a 18	0,990	5,25	1,173	0,501	-0,928	-2,974	0,321	1,906	-
Santa Catarina	7 a 9	0,987	6,25	1,18	-0,330	0,625	-0,594	0,509	-0,801	-0,583
	10 a 12	0,987	5,99	1,16	-0,258	1,346	-1,739	0,517	-0,839	-0,175
	13 a 15	0,987	5,63	1,16	0,072	0,947	-1,244	0,597	-0,993	-0,532
	16 a 18	0,985	6,05	1,17	0,132	1,042	-1,481	0,622	-1,047	-0,426
	19 a 23	0,983	6,53	1,18	0,169	1,476	-2,178	0,669	-1,137	-0,171

Friedl (1989) ajustou modelos de afilamento para árvores de *Araucaria angustifolia* em diferentes idades e observou uma leve tendência de melhoria dos ajustes com a idade, relacionando essa tendência a uma melhor distribuição dos pontos amostrados no perfil devido ao aumento da altura da árvore com a idade e à mudança que ocorre na forma das árvores com a idade.

A distribuição gráfica dos resíduos para as classes de idade mostra que eles tornam-se mais homogêneos nas classes de idades superiores. As equações apresentaram pequena tendência em subestimar os diâmetros mais próximos à altura total da árvore.

### Evolução do sortimento

Após ajustes dos modelos de afilamento, as potências selecionadas e os respectivos coeficientes foram inseridos no FlorExcel®, assim como as dimensões dos sortimentos desejadas, estimando-se os sortimentos e o volume total médio por árvore em todas as idades. Na figura 1 apresenta-se a evolução do volume total médio para os dois povoamentos avaliados. Na idade de corte final de 18 anos, o volume médio por árvore foi de 1,157 m<sup>3</sup> para o povoamento do estado do Paraná e de 0,959 m<sup>3</sup> para o povoamento no estado de Santa Catarina.

Figueiredo Filho (1991) estudou a evolução do sortimento para árvores resinadas e não resinadas de *Pinus elliottii*. Esse autor afirmou que informações sobre os volumes obtidos em cada idade refletem com precisão a evolução do volume de cada classe de sortimento e do volume total, além de mostrar a participação dos volumes não aproveitáveis comercialmente.

A evolução do sortimento médio por árvore pode ser observada na figura 2. Ambas as regiões apresentaram comportamentos semelhantes quanto ao crescimento médio por árvore.

A quantidade de madeira destinada para *energia* foi baixa em todas as idades para as duas regiões estudadas e, em média, nunca chegou a representar uma tora por árvore. A madeira destinada a celulose apresentou um volume quase constante durante o crescimento das árvores, resultando, em média, em duas toras por árvore, durante todo o desenvolvimento do povoamento.

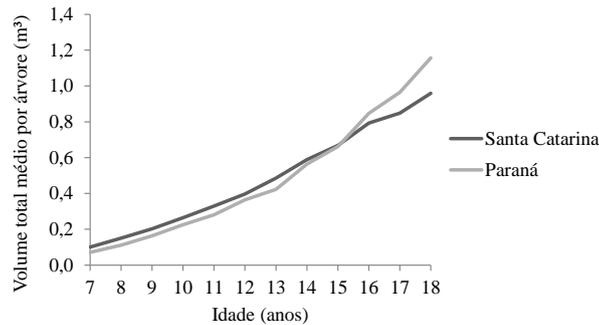


Figura 1. Evolução do volume total médio com casca por árvore nos povoamentos do estado do Paraná e Santa Catarina.  
 Figure 1. Evolution of the average total volume outside bark per tree of the stands from Paraná e Santa Catarina States.

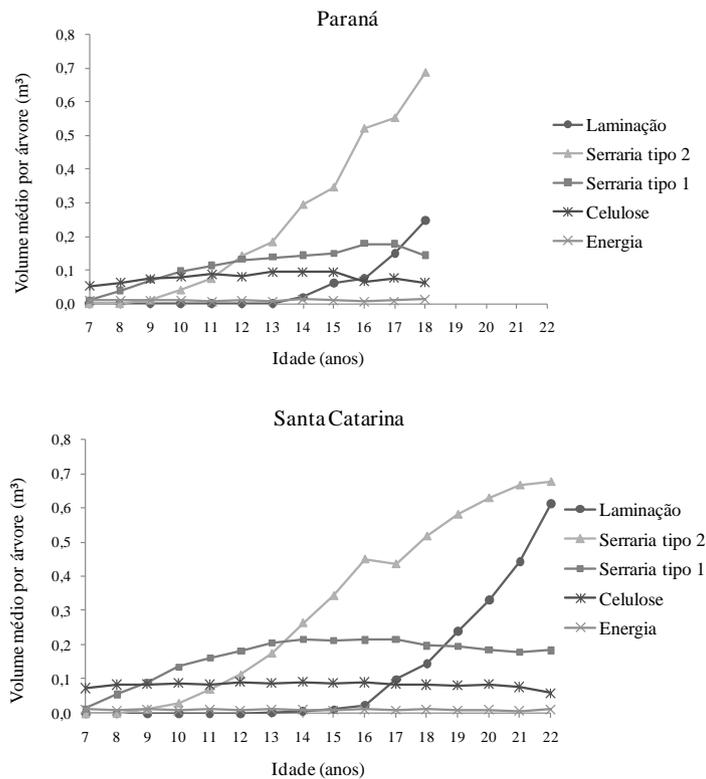


Figura 2. Evolução dos volumes médios com casca (m³) por sortimento por árvore nos povoamentos do estado do Paraná e Santa Catarina.  
 Figure 2. Evolution of mean volumes outside bark (m³) by assortment per tree of the stands from Paraná e Santa Catarina States.

A partir dos sete anos, algumas árvores já possuíam toras classificadas para serraria tipo 1. Volumes para esse sortimento aumentaram rapidamente com a idade, estabilizando-se aos 12 e 13 anos, para os estados do Paraná e Santa Catarina, respectivamente. A estabilização ocorre devido à melhora na forma dos troncos, fazendo com que os diâmetros mínimos passem a ser adequados para utilização como serraria tipo 2.

Volumes para serraria tipo 2 são encontrados nos povoamentos a partir da idade de nove anos, aumentando rapidamente sua quantidade com o passar do tempo, chegando a representar, aos 16 anos, 61,67% do volume médio por árvore no estado do Paraná e 56,95% no estado de Santa Catarina. A partir dessa idade, houve uma redução nesses volumes, devido ao surgimento de diâmetros adequados à laminação. Essa redução pode ser vista na figura 5, e como essa mudança ocorreu rapidamente de um ano para outro, houve uma redução acentuada de 16 para 17 anos na linha do sortimento serraria tipo 2.

A mesma tendência no crescimento dos sortimentos foi observada por Figueiredo Filho *et al.* (1992), que reportaram que os volumes para serraria diminuem com a idade, à medida que surgem diâmetros adequados para laminação. No povoamento de *Pinus elliottii* de 23 anos, estudado por esses autores, podiam ser laminados 20,42% do povoamento aos 17 anos, valor esse que chegou a 47,68% 5 anos depois, aos 23 anos, para toras que podiam ser laminadas desde que possuíssem 25 cm de diâmetro na ponta fina. Se fossem consideradas essas mesmas dimensões, no presente estudo seria possível laminar 72,97 e 63,43%, respectivamente, aos 17 anos de idade para os estados do Paraná e de Santa Catarina.

A tabela 3 mostra, em porcentagem, o quanto cada sortimento representa por árvore, para as classes de idades consideradas. Entre sete e nove anos, idade em que geralmente ocorre o primeiro desbaste, a maior parte da árvore é destinada a celulose, 55,86 e 53,85% do volume total para o estado do Paraná e estado de Santa Catarina, respectivamente. Nessa mesma classe de idade, algumas toras já poderiam ser serradas (serraria tipo 1), em média 34% do volume nas duas regiões. Dos dez aos doze anos, aumenta significativamente o volume de madeira para serraria, sendo que quase 70% do volume total dos povoamentos poderiam ser destinados para esse fim (serraria tipo 1 + serraria tipo 2).

Entre 13 e 15 anos, os povoamentos já dispunham de toras com diâmetros adequados à laminação, porém com pouca representatividade em termos de volume total. Na classe de idade de 16 a 18 anos, ocorreu um grande aumento no volume para laminação, sendo possível obter até quatro vezes mais volume para esse fim que na classe de idade anterior.

Tabela 3. Percentual dos volumes classificados por uso e classes de idade.

Table 3. Volume percentage classified by use and age classes.

Classe de uso	Classe de idade (anos)									
	Paraná				Santa Catarina					
	7 a 9	10 a 12	13 a 15	16 a 18	7 a 9	10 a 12	13 a 15	16 a 18	19 a 22	
Energia	8,69	3,37	1,93	0,90	6,74	3,03	1,78	1,22	0,68	
Celulose	55,86	29,20	17,66	7,00	53,85	27,02	15,68	10,30	5,79	
Serraria tipo 1	32,59	39,26	26,97	17,12	35,99	48,87	37,23	24,92	14,17	
Serraria tipo 2	2,86	28,17	49,18	59,47	3,42	21,08	44,05	54,80	48,50	
Laminação	0,00	0,00	4,26	15,51	0,00	0,00	1,25	8,76	30,87	

Machado *et al.* (2011) estudaram a evolução do sortimento de plantios de *Pinus oocarpa* Schiede entre 7 e 22 anos de idade. A média dos sortimentos das árvores em cada ano revelou que toras com diâmetro na ponta fina de 25 cm (nesse caso, destinadas a laminação) são produzidas a partir dos 15 anos de idade, chegando a representar 50% do volume total da árvore aos 22 anos. Até os doze anos, predominou a utilização para celulose (8 a 15 cm na ponta fina).

Informações obtidas sobre a evolução do sortimento de povoamentos florestais permitem determinar qual será a época mais adequada para que sejam realizadas intervenções, sejam desbastes ou corte final, de acordo com a finalidade desejada.

Para a região no estado de Santa Catarina, onde o povoamento possuía árvores mais velhas, foi possível observar a tendência de aumento do volume para laminação de forma significativa, ou seja, entre 19 e 22 anos de idade, esse volume representou 30,87% do volume total da árvore. Os demais volumes somavam 48,5% para serraria tipo 2, 14,17% para serraria tipo 1 e apenas 6,47% do volume total para celulose e energia.

É importante ressaltar que, na presente pesquisa, considerou-se como volume para laminação somente toras com diâmetros de topo maiores que 35 cm, mas é possível também laminar o que foi considerado como sortimento serraria tipo 2. Assim, considerando-se os sortimentos produzidos na classe de idade de 19 a 22 anos, é possível concluir que os sortimentos para serraria e laminação ( $d > 23$  cm) representam, juntos, 79,36% do volume total médio por árvore, resultados próximos daqueles reportados

por Dossa *et al.* (2002). Esses autores simularam o sortimento para um povoamento de *Pinus* com 21 anos de idade, densidade inicial de 1666 árvores e dois desbastes. Juntos, os volumes para serraria e laminação desse povoamento expressavam 92% do volume total produzido.

Segundo Figueiredo Filho *et al.* (1992), o sortimento empregado visa otimizar o aproveitamento da madeira para os usos mais nobres, ou seja, primeiro destina-se todo o material possível para laminação, depois para serraria e então para celulose. Dessa forma, as tendências de evolução da matéria-prima para serraria e celulose ficaram desvirtuadas, já que a preferência é pela laminação. Assim, mudanças na quantidade de volume para laminação alteram os volumes destinados para serraria e celulose.

Digno de destaque foi o alto percentual de crescimento nos volumes destinados a laminação, que de uma classe de idade para outra passam de 4,26% (classe 13 a 15 anos) para 15,51% (classe 16 a 18) do volume total para o povoamento localizado no estado do Paraná e de 8,76% (classe 16 a 18 anos) para 30,87% (classe 19 a 22 anos) do volume total no caso do povoamento do estado de Santa Catarina. Esse tipo de informação mostra claramente que o sortimento pode se alterar drasticamente de um ano para outro e, portanto, tem alta relevância para a tomada de decisões quanto ao momento correto para intervir na floresta.

## CONCLUSÕES

- A realização do primeiro desbaste entre 7 e 9 anos de idade gera cerca de 50% do volume total para ser utilizado na classe de sortimento *celulose*, produzindo já algumas toras para o sortimento *serraria tipo 1*.
- Cerca de 70% do volume total produzido poderia ser destinado para os sortimentos *serraria tipo 1 + 2* no segundo desbaste, realizado entre 10 e 12 anos de idade.
- Somente a partir da idade de 13 anos a floresta produz madeira para o sortimento *laminação* (diâmetro de topo maior que 35 cm), aumentando exponencialmente a partir de então, chegando a apresentar mais de 30% do volume total produzido a partir da idade de 19 anos.
- Observa-se uma mudança rápida no sortimento considerado “nobre” (diâmetros de topo maiores que 23 cm com casca) a partir da idade de 13 anos, e essa evolução é de grande importância para a tomada de decisão (se aliada a ferramentas econômicas) acerca da efetivação de desbastes ou para a realização do corte final.

## REFERÊNCIAS

- ARCE, J. E. **Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte**. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- ARCE, J. E.; MACDONAGH, P.; FRIEDL, R. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 207 - 217, 2004.
- ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. Avaliação de modelos polinomiais não segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 89 - 107, 2002.
- DOSSA, D.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; RODIGHERI, H. R. **Produção e rentabilidade de Pinus em empresas florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002, 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 82).
- EISFELD, R. L.; VIGOLO, D. Z.; SANQUETTA, C. R.; MELLO, A. A. Modelo de Hradetzky aplicado à estimativa do volume total para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 51 - 66, 2008.
- FERREIRA, R. A. **Análise genética e seleção em testes dialélicos de Pinus taeda L.** 220 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da resinagem no crescimento de Pinus elliottii Engelm. var. elliottii e sua avaliação econômica**. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

- FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; HOSOKAWA, R. T.; KIKUTI, P. Avaliação econômica da resinagem em floresta de *Pinus elliottii*. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF**, Piracicaba, v. 45, p. 48 - 63, 1992.
- FISCHER, F.; SCOLFORO, J. R.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MELLO, J. M.; MAESTRI, R. Exatidão dos modelos polinomiais não segmentados e das razões entre volumes para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 167 - 188, 2001.
- FRIEDL, R. A. **Dinâmica e prognose da forma dos fustes em povoamentos plantados de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abrängerkeiten.** Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft Nr. 76, 1976.
- KOHLER, S. V.; RETSLAFF, F. A. S.; MÔRA, R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; KOEHLER, H. S. Avaliação do afilamento e sortimento de *Pinus elliottii* Engelm. na região centro-sul do Paraná. In: 5º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, 2011, Santa Maria. **Anais...** 2011, v. 5, p. 446 - 453.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Curitiba: José Olympio, 1981, 442 p.
- MACHADO, S. A.; SANTOS, A. A. P.; ZAMIN, N. T.; SILVA, L. C. R. Evolução do sortimento de *Pinus oocarpa* na região sudoeste do estado de São Paulo. In: 5º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal, 2011, Santa Maria. **Anais...** 2011, v. 5, p. 194 - 203.
- OPTIMBER - OpTimber Otimização e Informática. **FlorExel - Forestry Functions for Microsoft Excel**, version 3.11. Disponível em: <www.optimber.com.br>. Acesso em: 01/05/2013.
- ROSOT, M. A. D. **Estudo comparativo de métodos para a avaliação volumétrica por unidade de área em um povoamento de *Pinus taeda*.** 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986, 38 p.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M.; TOTTI, J. A.; BAZZO, J. L. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* para o estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 79 - 88, 1996.
- SOUZA, C. A. M. **Avaliação de modelos de taper não segmentados e segmentados na estimação de altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp.** 94 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.
- SOUZA, C. A.; SILVA, G. F.; XAVIER, A. C.; MENDONÇA, A. R.; ALMEIDA, A. Q. Avaliação de modelos de afilamento não segmentados na estimação da altura e volume comercial de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 387 - 399, 2008.

