

EFEITO DO DESBASTE NO COMPRIMENTO DAS FIBRAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

EFFECT OF THINNING ON THE WOOD FIBRE LENGTH OF *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

Rômulo Trevisan¹ Joel Telles de Souza² Luciano Denardi³ Clovis Roberto Haselein⁴
Elio José Santini⁵

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 18 anos de idade. Para tanto, foi analisado um experimento situado próximo ao litoral do Rio Grande do Sul, instalado em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram definidos devido ao número de desbastes aplicados e variaram de zero até seis intervenções. As árvores foram selecionadas, em cada tratamento, com base no diâmetro dominante de Assmann e no diâmetro da árvore central, sendo denominadas de árvores dominantes e centrais, respectivamente. Após o abate, no disco correspondente à região do DAP (diâmetro a altura do peito) foram marcadas e seccionadas baguetas centrais de onde se confeccionaram fragmentos selecionados em intervalos regulares, no sentido medula-casca, para maceração. Os resultados indicaram que o desbaste influenciou o comprimento das fibras das árvores dominantes e centrais, porém, não foi verificada uma tendência sistemática de acréscimo ou decréscimo dessa estrutura em função do espaço vital utilizado. Independentemente do estrato dominante ou médio, o comprimento das fibras apresentou um padrão de variação crescente no sentido medula-casca em todas as intensidades de desbaste analisadas e os menores valores foram observados próximos à medula.

Palavras-chave: manejo florestal; elementos anatômicos; qualidade da madeira.

ABSTRACT

This study was undertaken to evaluate the effect of thinning on the fiber length of the *Eucalyptus grandis* at 18 years of age. To do so, it was analyzed a thinning experiment, located in the northern coast of Rio Grande do Sul state, installed in randomized blocks with four repetitions. The treatments were defined in accordance with the number of thinning applied and ranged from zero to six interventions. The trees were selected, in each treatment, on the basis of the Assmann's dominant diameter and the central diameter of tree, being referred to as dominant and central trees, respectively. After cutting down, in the disk corresponding to the region of the DBH (diameter at breast height) were marked and sectioned central baguettes where one crafted fragments selected at regular intervals in pith-to-bark direction for maceration. The results indicated that thinning influenced the dominants and centrals trees fiber length; however there was no clear positive or negative systematic trend this structure in function of the vital space used. Independently of dominant or average stratum, the fiber length showed a pattern of increasing from pith to bark in all thinning intensities analyzed and the lowest values were observed near the pith.

Keywords: forestry management; anatomical elements; wood quality.

1. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, BR386, Km 40, Linha 7 de Setembro, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS). romulo_trevisan@ufsm.br
 2. Engenheiro Florestal, Mestrando em Engenharia Florestal, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria, (RS). joeltelles@hotmail.com
 3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, BR386, Km 40, Linha 7 de Setembro, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, (RS). lucianodenardi@yahoo.com.br
 4. Engenheiro Florestal, PhD., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria, (RS). clovis.haselein@ufsm.br
 5. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria, (RS). santini@ufsm.br
- Recebido para publicação em 20/01/2011 e aceito em 11/04/2012

INTRODUÇÃO

A análise da estrutura anatômica, principalmente em folhosas, por si só é complexa e variável. As suas correlações com as propriedades da madeira devem ser cautelosas, visto que fatores genéticos e ambientais podem influenciar a atividade cambial e, conseqüentemente, aumentar a heterogeneidade do lenho (DENARDI, 2007).

De acordo com Tomazello Filho (1985), Downes et al. (1997) e Trugilho et al. (2007) o conhecimento da heterogeneidade das madeiras do gênero *Eucalyptus* torna-se fundamental para indicar sua correta utilização, predizer seu comportamento físico-mecânico, bem como estabelecer um método adequado de amostragem.

A morfologia dos elementos anatômicos em madeiras de *Eucalyptus*, segundo Tomazello Filho (1985), Shimoyama (1990), Florsheim et al. (2000), Silva et al. (2004), Alzate et al. (2005) e Denardi (2007), varia consideravelmente entre indivíduos, bem como em um mesmo indivíduo. Tal variação deve-se, ainda, à idade e às diferentes práticas silviculturais executadas.

Segundo Malan (1995), a variação nas propriedades da madeira verificada tanto no sentido radial como no sentido longitudinal do tronco, deve-se, fundamentalmente, a diferenças na proporção de lenho juvenil e adulto, nas camadas de crescimento, bem como por alterações de ordem química. De um modo geral, considerando somente as características anatômicas, o modelo de variação medula-casca para as espécies do gênero *Eucalyptus* caracteriza-se pelo aumento do comprimento e da espessura da parede das fibras e do diâmetro dos vasos (BHAT et al., 1990; SHIMOYAMA, 1990; MALAN e HOON, 1992; SILVA, 2001; SETTE JUNIOR, 2007).

Com relação à influência de intervenções silviculturais, estudos realizados com *Eucalyptus grandis* por Malan e Hoon (1992) indicam que o comprimento das fibras e sua variação no sentido medula-casca, bem como a proporção e dimensão dos vasos e raios não são influenciados pela intervenção silvicultural de desbaste. Todavia, Malan (1991) relata que, com o emprego dessa técnica, pode ser esperada, ao menos nas árvores suprimidas, uma grande proporção de fibras com paredes espessas.

Atualmente, poucas e/ou inconsistentes são as informações sobre a influência do desbaste nas características anatômicas das madeiras de folhosas e, em especial, das do gênero *Eucalyptus*. Entretanto, muitos são os trabalhos que comparam floras, ou es-

pécies em diferentes ambientes de regiões temperadas ou tropicais, e tais estudos têm demonstrado que as variações ambientais resultam em alterações estruturais do lenho, principalmente quanto às dimensões dos elementos celulares, tais como diâmetro, comprimento e frequência de vasos, espessura da parede e comprimento de fibras, altura e largura de raios (DOWNES et al., 1997; DEBELL et al., 2001; MINGHUI e LI, 2001; PLOMION et al., 2001; SETTE JUNIOR, 2007).

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo verificar o efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, aos 18 anos de idade, bem como a variação radial dessa característica tecnológica, com vistas à melhor compreensão da qualidade desse material quando submetido a intervenções silviculturais.

MATERIAL E MÉTODO

Características do experimento

O material utilizado neste estudo foi proveniente de um povoamento experimental de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden pertencente à Empresa Flosul Indústria e Comércio de Madeiras Ltda., localizada no município de Capivari do Sul, litoral norte do Estado do Rio Grande do Sul. O povoamento experimental, situado, aproximadamente, nas coordenadas geográficas de 50°30' de longitude oeste e 30°08' de latitude sul, foi implantado em maio de 1990, com espaçamento inicial de 3,0 x 1,7 m, utilizando uma tentativa de monitoramento do crescimento por Curvas de Tendências Correlacionadas (Correlated Curve Trend - CCT).

O delineamento utilizado para executar o programa de desbaste foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições para cada um dos sete tratamentos experimentais analisados. No experimento, foram executadas de zero até seis intervenções de desbaste por baixo, de acordo com o plano de redução do número de árvores por hectare, ou seja, em cada tratamento foram retiradas diferentes quantidades de árvores dominadas e com dimensões inferiores, favorecendo o desenvolvimento das árvores de maiores dimensões. A Tabela 1 apresenta os tratamentos empregados para verificar a variação dos parâmetros a serem estudados em relação à intervenção de desbaste, aos 18 anos de idade.

Para a seleção dos exemplares, foi empregado o conceito de Assmann, no qual são mensuradas as 100 árvores de maior diâmetro por hectare. Utilizando regra de três simples, e considerando a

área interna de cada parcela, foi determinado o número de árvores dominantes e, em seguida, calculada a árvore dominante média a ser amostrada (d_{100}). Para a seleção da árvore central (d_z), procedeu-se da forma tradicional, eliminando o indivíduo de menor e de maior diâmetro, alternadamente, até chegar à d_z . No caso de restarem duas árvores ao final deste procedimento, a escolha foi feita por sorteio.

A amostragem de madeira para o estudo das dimensões das fibras, no sentido medula-casca, foi realizada pela extração de um disco do tronco, situado na altura de 1,30 m (DAP), da árvore dominante média (d_{100}) e da árvore central (d_z) procedente de exemplares dos tratamentos de desbaste 1, 3, 5 e 7 (Tabela 1) de cada bloco, totalizando 32 unidades (TREVISAN, 2010).

Os discos selecionados foram identificados de acordo com a localização experimental e embalados em sacos plásticos. Em seguida, os mesmos foram transportados para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde foram marcados e seccionados em baguetas centrais (contendo a medula) de 2 cm de largura.

Para acelerar a retirada da água presente na madeira, após um período de quatro dias de aclimação ao ambiente, as baguetas foram acondicionadas em álcool 95 %, onde permaneceram submersas por mais sete dias. O intervalo de troca e renovação do álcool utilizado no recipiente foi inferior a dois dias.

Após esse período e com vistas à completa evaporação do álcool absorvido, as baguetas foram novamente expostas ao ambiente por mais dois dias. Em seguida, as mesmas foram seccionadas na medu-

la, sendo selecionada para maceração apenas a porção livre de defeitos. O material restante foi armazenado em câmara climatizada a uma temperatura de 20 °C e umidade relativa do ar igual a 65 %, conservando suas propriedades em razão de uma eventual substituição das amostras.

As amostras destinadas à maceração foram novamente seccionadas a cada centímetro, ao longo de uma linha reta, ao passo que os fragmentos resultantes dessa atividade foram devidamente identificados e acondicionados em sacos de papel na câmara climatizada. Para a maceração, foram selecionados os fragmentos com intervalos regulares de 3 cm. Em alguns casos, onde não foi possível amostrar um mínimo de 4 pontos devido à pequena dimensão dos raios, o intervalo utilizado foi de 2 cm. Cabe ressaltar, ainda, que as distâncias (em centímetros), denominadas de posição absoluta, tomadas no sentido medula-casca de todas as amostras selecionadas, foram transformadas em posições relativas.

De cada fragmento foram confeccionadas, com uso de um estilete, lascas de madeira semelhantes a palitos de fósforo, porém, mais estreitas, que foram colocadas em tubos de ensaio numerados. A dissociação do tecido lenhoso foi realizada pelo método de peróxido de hidrogênio e ácido acético, conforme descrito por Kraus e Arduin (1997).

Após essa etapa, o produto da maceração resultou em uma pasta de fibras com coloração esbranquiçada, a qual foi disposta em um papel filtro sobre um funil, lavada com água destilada e, em seguida, com etanol 50 %. Depois de concluídos esses procedimentos, o processo foi finalizado com a coloração das fibras em solução aquosa de safranina 1 %, durante trinta minutos.

TABELA 1: Tratamentos de desbaste de *Eucalyptus grandis* analisados aos 18 anos de idade.

TABLE 1: Thinning treatments of *Eucalyptus grandis* analyzed at 18 years-old.

Trat.	Implantação (1990)	Número de desbastes aplicados						Rotação (2008)
		1	2	3	4	5	6	
	0 ano (N)	4 anos (N)	5 anos (N)	10 anos (N)	11 anos (N)	12 anos (N)	13 anos (N)	18 anos (N)
1	1960							1960
2	1960	1176						1176
3	1960	1176	784					784
4	1960	1176	784	588				588
5	1960	1176	784	588	392			392
6	1960	1176	784	588	392	294		294
7	1960	1176	784	588	392	294	196	196

Em que: Trat. = tratamentos de desbaste; N = número de árvores por hectare.

Em seguida, foi efetuada, para cada fragmento amostrado, a montagem de três lâminas semipermanentes, utilizadas para a determinação de 30 leituras de comprimento das fibras em microscópio óptico com ocular graduada, conforme as normas do IAWA-Committee (1989).

Análise estatística dos dados

Para a análise do efeito dos desbastes no comprimento das fibras das árvores dominantes e de diâmetro central, os dados amostrados, por posição relativa no sentido medula-casca, foram submetidos à análise de regressão. Estes foram processados pelo pacote "Statistical Analysis System" (SAS, 1993), em que foi, primeiramente, aplicado o procedimento *Stepwise* de modelagem de regressão. O modelo foi definido pela Equação 1.

$$Cf = f \left(P; \frac{1}{P}; P^2; \frac{1}{P^2}; \ln P; \frac{1}{\ln P}; \sqrt{P} \right) \quad (1)$$

Em que: Cf = comprimento de fibra das árvores dominantes e centrais, μm ; P = posição relativa (sentido medula-casca), %.

O melhor modelo foi selecionado com base no coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa (S_{xy}), valor de F calculado e análise da distribuição dos resíduos. Após esse procedimento, no modelo escolhido para estimar a variação radial dessa característica anatômica, nos estratos dominante e médio, foram adicionadas variáveis Dummy, que assumiram valores de 0 e 1, conforme o tratamento de desbaste aplicado em cada parcela, da seguinte forma:

$D_i = 1$, se a árvore estivesse presente na parcela/tratamento com desbaste i ;

$D_i = 0$, se a árvore estivesse ausente nessa parcela/tratamento com desbaste i ;

Com isso, foi possível expressar as regressões individuais ajustadas para os quatro tratamentos de desbaste em função de uma regressão linear múltipla, representada pelas variáveis independentes descritas na Equação 2:

$$Cf = f (X; D_i; D_i.X) \quad (2)$$

Em que: Cf = comprimento de fibra das árvores dominantes e centrais, μm ; X = posição relativa (sentido medula-casca) selecionada pelo procedimento *Stepwise* de regressão, %; D_i = Dummy (tratamento de desbaste, onde $i = 1; 3; 5$ e 7); $D_i.X$ = interação variável D_i com a variável X.

Considerando a possibilidade de os dados de comprimento de fibras da madeira apresentarem uma tendência semelhante de variação radial nas árvores dominantes e centrais, e assim agrupar os estratos amostrados para verificar a influência dos desbastes, o procedimento com variáveis Dummy foi novamente executado. A única diferença em relação à análise anterior foi a adição dessas variáveis que, nessa etapa, assumiram valores de 0 e 1, conforme o estrato amostrado (dominante ou médio), da seguinte forma:

$D_i = 1$, se a árvore estivesse presente no estrato i ;

$D_i = 0$, se a árvore estivesse ausente nesse estrato i .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comprimento das fibras da madeira

Os valores médios encontrados para o comprimento das fibras, das árvores de diâmetro central e das dominantes, em função do desbaste e da posição absoluta amostrada no sentido radial, indicaram que essa variável aumentou rapidamente nos primeiros anos, com uma sensível estabilização do comprimento na região cambial, independente do diâmetro das árvores. Contudo, a diminuição da variação do comprimento das fibras, na região mais periférica do tronco foi mais evidente nas árvores dominantes e nos tratamentos com maior número de desbastes nas árvores centrais (Tabela 2).

Os resultados encontrados também permitem observar que o estrato dominante, com média geral de comprimento das fibras igual a 1173 μm , foi 4,2 % superior ao médio, com comprimento médio de 1124 μm . Resultados semelhantes foram descritos por Rocha et al. (2004), onde essa característica anatômica, nas árvores dominantes, apresentou valores 4,6 % mais elevado que nas árvores intermediárias.

Entretanto, analisando a Tabela 2, observa-se que o estrato dominante não apresentou os maiores valores médios de comprimento das fibras em todos os tratamentos, uma vez que no tratamento 7, que corresponde a 6 desbastes, essa característica foi maior no estrato médio. Cabe ressaltar, ainda, que os coeficientes de variação, com valores de 20 e 22 % para as árvores dominantes e centrais, respectivamente, foram baixos, indicando uma boa precisão dos dados amostrados e evidenciando uma baixa variabilidade intra-árvores, considerando a região do DAP, que representa o material analisado

neste trabalho.

De qualquer forma, os valores encontrados foram semelhantes aos descritos por Barrichelo e Brito (1976) que, estudando a madeira de diversas espécies do gênero *Eucalyptus*, observaram uma faixa de variação para o comprimento das fibras entre 750 a 1300 μm . Tomazello Filho (1985) e Silva (2002), analisando a estrutura anatômica da espécie *Eucalyptus grandis*, aos 16 e 24 anos de idade, respectivamente, também relataram um intervalo semelhante para o comprimento das fibras com valores entre 890 e 1520 μm .

Influência do desbaste no comprimento das fibras

O emprego da posição relativa em detrimento da absoluta, nas análises que explicam a variação do comprimento das fibras no sentido radial e a influência do desbaste, ocorreu devido à ampli-

tude diamétrica das árvores centrais, o que resultou em dimensões desiguais das amostras selecionadas (Figura 1).

Observando as Figuras 1A e 1B, que representam os valores médios dos comprimentos de fibra das árvores dominantes em função da variação no sentido medula-casca, pode-se evidenciar que, devido ao fato de as amostras serem semelhantes, os fragmentos retirados para maceração seguiram intervalos regulares de 3 cm, não apresentando diferenças quanto à utilização da posição absoluta ou relativa no sentido radial.

Entretanto, as mesmas condições não foram observadas para as árvores centrais (Figuras 1C e 1D), nas quais a grande amplitude dos diâmetros das árvores-amostra resultou em amostras com diferentes dimensões, impossibilitando a retirada de fragmentos em intervalos regulares e a respectiva comparação utilizando a posição absoluta em centímetros.

TABELA 2: Valores médios de comprimento das fibras para as árvores dominantes e centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição absoluta no sentido medula-casca e do tratamento de desbaste.

TABLE 2: Average values of fibers length for dominant and central trees of *Eucalyptus grandis* in function of the absolute position in the pith-to-bark direction and the thinning treatments.

Comprimento das fibras (μm) das árvores dominantes									
Tratamento (Desbaste executado)	Posição absoluta no sentido medula-casca (cm)						\bar{X} (σ)		
	1	4	7	10	13	16			
1 (0)	891	1033	1190	1276	1330	1339	1177 (± 220)		
3 (2)	950	1041	1183	1237	1332	1411	1192 (± 219)		
5 (4)	814	1025	1195	1262	1318	1341	1159 (± 242)		
7 (6)	882	1021	1189	1232	1315	1355	1166 (± 237)		
Comprimento das fibras (μm) das árvores centrais									
Tratamento (Desbaste executado)	Posição absoluta no sentido medula-casca (cm)								\bar{X} (σ)
	1	3	4	5	7	10	13	16	
1 (0)	867	976	-	1171	1293	-	-	-	1077 (± 230)
3 (2)	849	-	1008	-	1166	1257	-	-	1070 (± 236)
5 (4)	814	-	966	-	1181	1285	1353	1324	1154 (± 270)
7 (6)	901	-	1061	-	1216	1328	1355	1314	1196 (± 248)

Em que: \bar{X} = comprimento de fibra médio para o tratamento “i” de desbaste (i = 1; 3; 5 e 7), μm ; σ = desvio padrão, μm ; - = posições absolutas não amostradas.

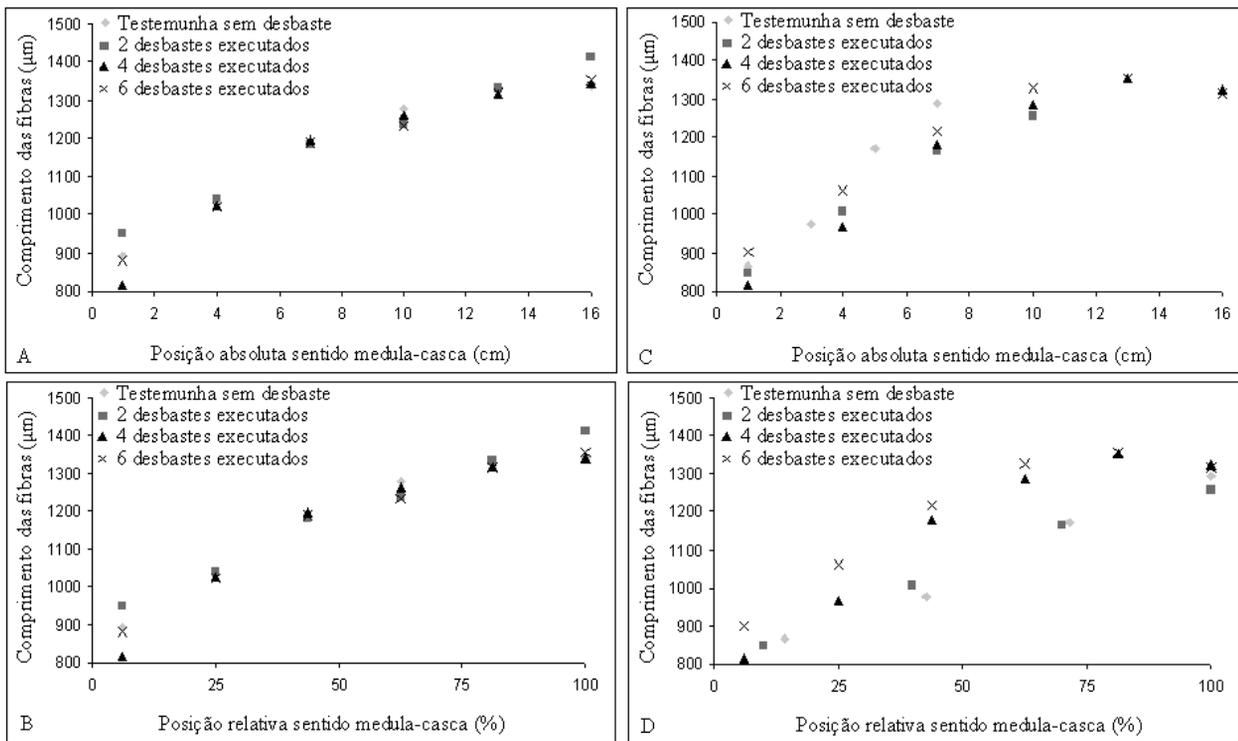


FIGURA 1: Médias do comprimento das fibras em caules de *Eucalyptus grandis* em função do desbaste e das posições absoluta (A) e relativa (B) no sentido medula-casca para o estrato dominante e em função do desbaste e das posições absoluta (C) e relativa (D) no sentido radial para o estrato médio.

FIGURE 1: Average fibers length in stems of *Eucalyptus grandis* in function of the thinning and absolute positions (A) and relative (B) in the pith-to-bark direction for the dominant stratum and in function of the thinning and absolute positions (C) and relative (D) in the radial direction for the average stratum.

Árvores dominantes

A equação de regressão para estimar a variação radial do comprimento das fibras nas árvores dominantes, com coeficiente de variação igual a 14 %, erro padrão da estimativa de 163 µm e coeficiente de determinação igual a 0,50, foi expressa por:

$$Cf = 718,14 + 64,34\sqrt{P}$$

Em que: Cf = comprimento de fibra, µm; P = posição relativa no sentido medula-casca, %.

Com a determinação do padrão de variação radial do comprimento das fibras, os dados dessa característica anatômica foram então relacionados com os respectivos tratamentos de desbaste e submetidos à análise de regressão com variáveis Dummy (Tabela 3).

Os resultados encontrados indicam que a equação selecionada para descrever o comprimento das fibras da madeira não pode ser utilizada para

todos os desbastes, pois as Dummy correspondentes aos tratamentos 1 e 3 (D1 e D3, respectivamente) e a interação entre o tratamento 3 e a posição relativa (D3√P), utilizadas no modelo, foram significativas em nível máximo de α = 5 % de probabilidade de erro.

Dessa forma, para analisar as diferenças de comprimento das fibras entre os desbastes detectadas na análise de variância, os dados foram plotados em função da posição relativa no sentido medula-casca, ajustando-se a equação selecionada pelo procedimento *Stepwise*. Os valores de comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis*, estimados para os quatro tratamentos de desbaste pelo modelo abaixo descrito, podem ser observados na Figura 2.

$$Cf = 700,91 + 66,18\sqrt{P} - 12,41D1 + 76,89D3 - 7,06D3\sqrt{P}$$

Em que: Cf = comprimento das fibras, µm; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D1, D3 e D3√P = variáveis Dummy correspon-

dentes aos tratamentos testemunha (sem desbaste), 3 (2 desbastes) e interação com a posição relativa, respectivamente.

De acordo com a Figura 2, o comprimento das fibras nas árvores dominantes apresentou o mesmo padrão de variação no sentido radial para todos os desbastes analisados, com valores crescentes em direção à casca. Os resultados encontrados já eram esperados e estão em conformidade com Malan e Gerischer (1987), Bhat et al. (1990), Shimoyama (1990), Malan e Hoon (1992), Cruz (2000), Silva (2001), Silva (2002), Rocha et al. (2004) e Sette Junior (2007) que também evidenciaram esse comportamento no sentido medula-casca.

Com relação aos tratamentos dos desbastes, verifica-se, na Figura 2, que o tratamento correspondente à testemunha apresentou os menores valores para o comprimento das fibras, com média estimada igual a 1144 μm , seguido de acréscimo até 2 desbastes executados (1183 μm) e de posterior decréscimo e estabilização para os demais desbastes (4 e 6), com média estimada de 1154 μm .

A diferença dos valores de comprimento das fibras em função dos desbastes aplicados pode ser

observada na região próxima à medula, diminuindo de magnitude ao se aproximar da casca, devido ao efeito da interação significativa entre o tratamento 3 (dois desbastes executados) e a posição radial.

A variabilidade do comprimento das fibras no sentido radial deve-se, provavelmente, à presença de uma zona de madeira juvenil próxima à medula, a qual apresenta, dentre outras características, fibras curtas, com menor diâmetro, paredes mais estreitas e maior ângulo fibrilar na camada S2, o que repercute diretamente na qualidade da madeira.

Plomion et al. (2001) estabeleceram uma explicação para essa variação, relatando que as mudanças nas dimensões dos elementos anatômicos do lenho ocorrem em função do envelhecimento das células do câmbio vascular e resultam em modificações fisiológicas e moleculares. Assim, para Tomazello Filho (1985), no xilema primário da zona cambial, as divisões celulares são menos frequentes com o aumento da idade da árvore, permitindo que os elementos vasculares tenham mais tempo para sua alongação longitudinal e transversal, passando a formar estruturas de maiores dimensões até atingirem a estabilização em idades mais avançadas.

TABELA 3: Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.

TABLE 3: Analysis of variance of regression with Dummy variable (SS1 type) of wood fibers length of the *Eucalyptus grandis* dominant trees in function of the relative position and thinning treatment.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	71135665,7	10162238	385,7	<,0001**
\sqrt{P}	1	70243774,3	70243774,3	2666,0	<,0001**
D1	1	221203,4	221203,4	8,4	0,0037**
D3	1	372034,3	372034,3	14,1	0,0002**
D5	1	11651,5	11651,5	0,44	0,5055 ^{ns}
D7	0	0	0	0	0
D1 \sqrt{P}	1	34461,4	34461,4	1,31	0,2522 ^{ns}
D3 \sqrt{P}	1	237260,4	237260,4	9,01	0,0027**
D5 \sqrt{P}	1	15280,4	15280,4	0,58	0,4466 ^{ns}
D7 \sqrt{P}	0	0	0	0	0
Erro	2646	69715529,1	26347,5	-	-
Total	2653	140851195	-	-	-

Em que: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D_i, = tratamento de desbaste (Dummy), onde i = 1; 3; 5 e 7; D_i \sqrt{P} = interação tratamento "i" de desbaste (Dummy) com a variável \sqrt{P} ; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

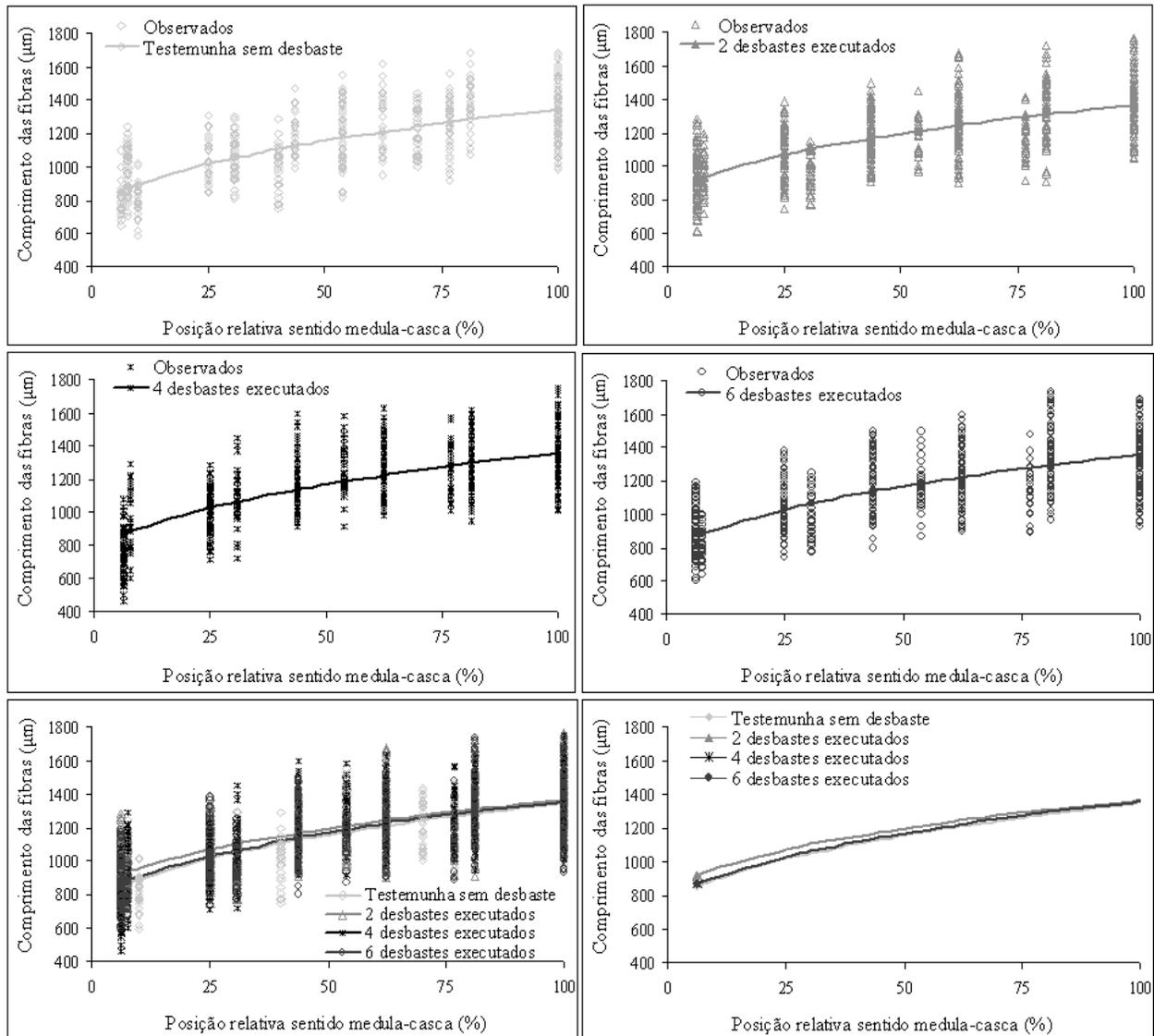


FIGURA 2: Variação do comprimento das fibras das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido medula-casca e dos tratamentos de desbaste.

FIGURE 2: Fibers length variation of *Eucalyptus grandis* dominant trees in function of the relative position in the pith-to-bark direction and the thinning treatments.

Árvores centrais

A equação de regressão selecionada para estimar a variação radial do comprimento das fibras nas árvores centrais, com coeficiente de variação igual a 16 %, erro padrão da estimativa de 191 µm e coeficiente de determinação igual a 0,43, foi expressa por:

$$Cf = 666,91 + 66,58\sqrt{P}$$

Em que: Cf = comprimento de fibra, µm; P = posição relativa no sentido medula-casca, %.

Assim como nas árvores dominantes, a análise estatística da Tabela 4 também evidencia que

a equação selecionada não pode ser utilizada para todas as intensidades de desbaste, pois as Dummy D1, D3 e D5, empregadas no modelo para verificar a influência dos tratamentos 1, 3 e 5, respectivamente, no comprimento das fibras, foram significativas em nível $\alpha = 1\%$ de probabilidade de erro. Na mesma tabela, observa-se, ainda, que houve interação significativa entre o tratamento 3 e a posição relativa (D3√P) e entre o tratamento 5 e a posição relativa (D5√P).

Com vistas a verificar a influência dos desbastes no comprimento das fibras da madeira das árvores centrais, os dados dessa característica anatómica foram plotados em função da posição relati-

va no sentido medula-casca, ajustando-se a equação selecionada pelo procedimento Stepwise, da mesma forma como aplicado no estrato anterior. Os valores de comprimento das fibras de *Eucalyptus grandis*, estimados para os quatro desbastes, pelo modelo abaixo descrito, podem ser observados na Figura 3.

$$Cf = 750,57 + 65,09\sqrt{P} - 126,75D1 - 103,11D3 - 148,41D5 - 4,37D3\sqrt{P} + 11,71D5\sqrt{P}$$

Em que: Cf = comprimento das fibras, μm ; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D1, D3, D5, D3 \sqrt{P} e D5 \sqrt{P} = variáveis Dummy correspondentes aos tratamentos testemunha (sem desbaste), 3 (2 desbastes), 5 (4 desbastes) e interações com a posição relativa, respectivamente.

O comprimento das fibras das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, em função da posição relativa no sentido radial, apresentou a mesma tendência que o das dominantes, ou seja, crescente da medula até a região mais periférica do tronco (Figura 3).

Com relação ao efeito dos desbastes, pode-se observar, na Figura 3, que houve influência das diferentes formas de competição no comprimento

das fibras, porém, sem uma tendência sistemática positiva ou negativa definida em relação ao espaço vital, mas sim, com uma interação entre essas sistemáticas. Isso pode ser evidenciado, primeiramente, pela existência de uma fraca relação, ainda que significativa, de diminuição do comprimento das fibras até dois desbastes executados, resultando nos menores valores dessa característica anatômica com média de 1070 μm . De outra forma, para os tratamentos com quatro e seis desbastes, observa-se uma tendência de aumento do comprimento das fibras, com valores médios estimados de 1130 μm e 1196 μm , respectivamente.

Nota-se que, devido à interação significativa do tratamento com quatro desbastes e da posição radial, a magnitude desses valores aumentou de forma proeminente em direção à casca, quase se igualando aos do tratamento com seis desbastes executados na posição mais periférica do tronco (Figura 2). Os resultados encontrados não foram semelhantes aos descritos por Malan e Hoon (1992) e Minghui e Li (2001), os quais indicam que o comprimento das fibras e sua variação no sentido medula-casca, bem como a proporção e dimensão dos vasos e raios, não são influenciados pelo desbaste.

TABELA 4: Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.

TABLE 4: Analysis of variance of regression with Dummy variable (SS1 type) of wood fibers length of the *Eucalyptus grandis* central trees in function of the relative position and the thinning treatment.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	71647026,1	10235289,4	307,1	<,0001**
\sqrt{P}	1	64016995	64016995	1920,7	<,0001**
D1	1	1876174,7	1876174,7	56,2	<,0001**
D3	1	3666579,0	3666579,0	110,0	<,0001**
D5	1	1543306,6	1543306,6	46,3	<,0001**
D7	0	0	0	0	0
D1 \sqrt{P}	1	11144,7	11144,7	0,33	0,5630 ^{ns}
D3 \sqrt{P}	1	178152,7	178152,7	5,35	0,0208*
D5 \sqrt{P}	1	354673,1	354673,1	10,64	0,0011**
D7 \sqrt{P}	0	0	0	0	0
Erro	2316	77192284,9	33330,0	-	-
Total	2323	148839311	-	-	-

Em que: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D_i, = tratamento de desbaste (Dummy), onde i = 1; 3; 5 e 7; Dⁱ \sqrt{P} = interação tratamento “i” de desbaste (Dummy) com a variável \sqrt{P} ; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

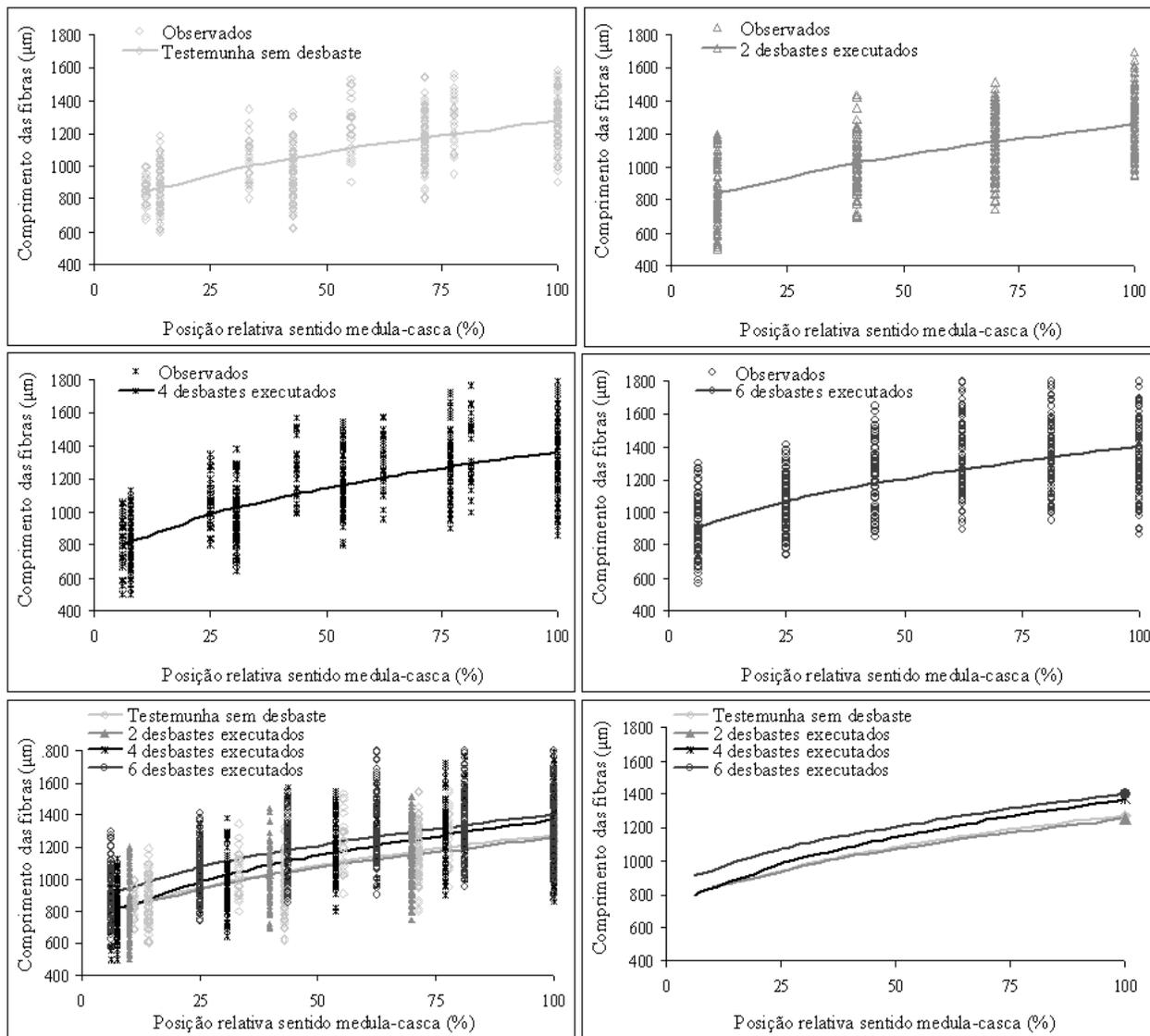


FIGURA 3: Variação do comprimento das fibras das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido medula-casca e dos tratamentos de desbaste.

FIGURE 3: Fibers length variation of *Eucalyptus grandis* central trees in function of the relative position in the pith-to-bark direction and the thinning treatments.

Árvores dominantes e centrais

Os resultados do procedimento com variáveis Dummy utilizado para verificar a semelhança entre os modelos que descrevem a variação radial do comprimento das fibras das árvores dominantes e centrais estão na Tabela 5.

Na Tabela 5, observa-se que a equação selecionada para estimar o comprimento das fibras não pode ser utilizada para todos os estratos amostrados, pois a Dummy D1, utilizada no modelo para verificar a influência das árvores dominantes nessa característica anatômica, foi significativa em nível $\alpha = 1\%$ de probabilidade de erro. Verifica-se, ainda, que não houve interação significativa entre o estrato domi-

nante e a posição relativa ($D1\sqrt{P}$).

Os valores de comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis*, estimados para o estrato dominante e médio pelo modelo abaixo descrito, com coeficiente de variação igual a 15 %, erro padrão da estimativa de 177 µm e coeficiente de determinação igual a 0,47 podem ser observados na Figura 4.

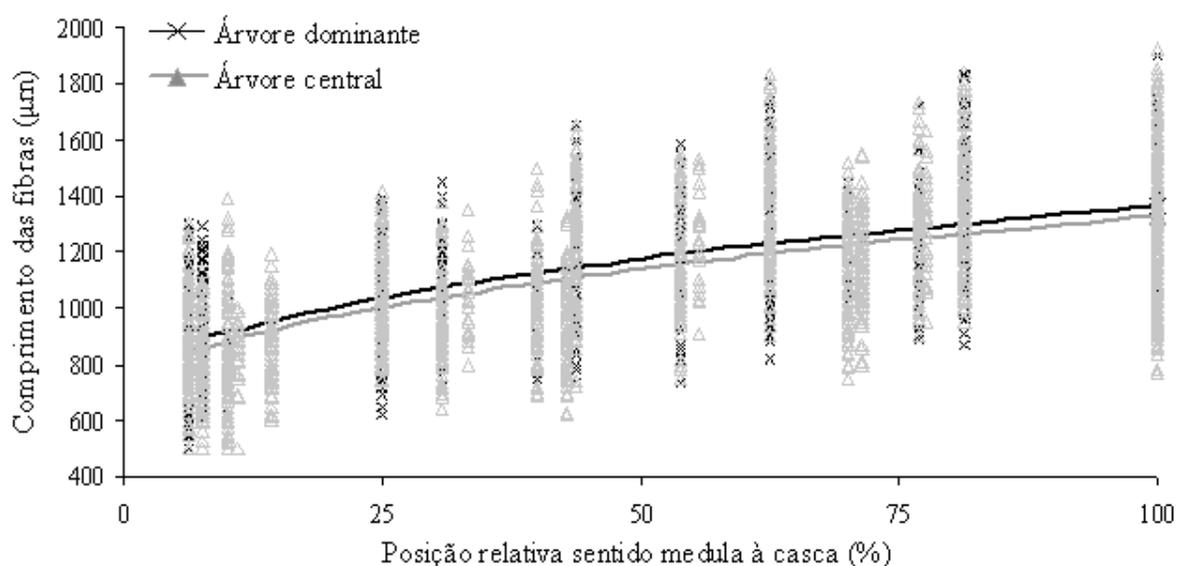
$$Cf = 675,31 + 65,37\sqrt{P} + 35,77D1$$

Em que: Cf = comprimento das fibras, µm; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D1 = variável Dummy correspondente ao estrato dominante.

TABELA 5: Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* em função dos estratos amostrados.TABLE 5: Analysis of variance of regression with Dummy variable (SS1 type) of the wood fibers length of *Eucalyptus grandis* in function of the sampled stratum.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob,>F
Modelo	3	135386855,4	45128951,8	1444,20	<,0001**
\sqrt{P}	1	133762506,3	133762506,3	4280,61	<,0001**
D1	1	1585292,7	1585292,7	50,73	<,0001**
D2	0	0	0	0	0
D1 \sqrt{P}	1	39056,5	39056,5	1,25	0,2636 ^{ns}
D2 \sqrt{P}	0	0	0	0	0
Erro	4974	155429736,3	31248,4	-	-
Total	4977	290816591,8	-	-	-

Em que: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D_i = estratos amostrados (Dummy), onde i = 1 (dominante) e 2 (médio); Dⁱ \sqrt{P} = interação estrato "i" (Dummy) com a variável \sqrt{P} ; ** = significativo ao nível de 1 % de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

FIGURA 4: Variação do comprimento das fibras de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido medula-casca e dos estratos amostrados.FIGURE 4: Fibers length variation of *Eucalyptus grandis* in function of the relative position in the pith-to-bark direction and the sampled stratum.

CONCLUSÕES

Os resultados do efeito do desbaste nas fibras da madeira de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, permitem concluir que:

- o desbaste influenciou o comprimento das fibras das árvores dominantes e centrais, porém, não foi verificada uma tendência sistemática de acréscimo ou decréscimo dessa estrutura, em função do

espaço vital utilizado;

- o comprimento das fibras, nos estratos dominante e médio, apresentou um padrão de variação crescente no sentido medula-casca independentemente da intensidade de desbaste aplicada. Assim, considerando aspectos práticos que envolvem a utilização da madeira, pode-se indicar que os menores valores do comprimento das fibras da madeira foram próximos à medula;

- o valor médio do comprimento das fibras das árvores dominantes foi 4,2 % superior ao das árvores centrais, evidenciando que, na prática, a seleção de um estrato, em detrimento do outro, não é um fator determinante na qualidade da matéria-prima de produtos que envolvem essa característica anatômica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de produtividade em pesquisa, doutorado e mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 87-95, ago. 2005.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. A madeira das espécies de eucalipto como matéria prima para a indústria de celulose e papel. **PRODEPEF – Projeto de desenvolvimento e pesquisa florestal**, Brasília, n. 13, p. 1-145, 1976.
- BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fibre length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 22, n. 1, p. 54-61, Jan. 1990.
- CRUZ, C. R. da. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para a utilização na indústria madeireira**. 2000. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- DEBELL, D. S.; CHRISTOPHER, R. K.; GARTNER, B. L. Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. **Australian Forestry**. v. 64, n. 2, p. 106-110, 2001.
- DENARDI, L. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água**. 2007. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- DOWNES, G. M. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO Publishing. 1997. 132 p.
- FLORSHEIM, S. M. B. et al. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 179-191, dez. 2000.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMY. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 3, p. 226-332, 1989.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. EDUR, 1997.
- MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, IPEF/IPT, 1995. **Anais ...**, São Paulo, IPEF/IPT, 1995. p.1-19.
- _____. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 157, p. 16-23. 1991.
- MALAN, F. S.; GERISCHER, G. F. R. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress levels. **Holzforschung**, Berlin, v. 41, n. 6, p. 331-335. 1987.
- MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 163, p. 13-20. 1992.
- MINGHUI, G.; LI, G. The effects of thinning intensity on wood qualities of *Tilia amurensis*. **Journal of Northeast Forestry University**. Harbin, v. 29, n. 5, p. 26-27. 2001.
- PLOMION, C.; LEPROVOST, G.; STOKES, A. Wood Formation in Trees. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 127, n. 4, p. 1513-1523, Dec. 2001.
- ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, jun. 2004.
- SAS – STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM: **Programa de computador**, ambiente VM. Cary, 1993. Versão 6.08.
- SETTE JUNIOR, C. R. **Efeito da aplicação do lodo de esgoto e de fertilização mineral no crescimento e propriedades da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

- SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1990.
- SILVA, J. C. Influência dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 10, n. 55, p.62-65, 2001.
- SILVA, J. C. et al. Influência da idade e da posição radial na massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, jan./abr. 2004.
- SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 2002. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 29, p. 37-45, abr. 1985.
- TREVISAN, R. **Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** 2010. 174 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- TRUGILHO, P. F. et al. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 55-62, mar. 2007.