

Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. BlakeQuantitative anatomical features of the wood of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake clonesWesley Viana Evangelista¹, José de Castro Silva²,
Mara Lúcia Agostini Valle³ e Bruno Almeida Xavier⁴**Resumo**

Este trabalho teve como objetivo a caracterização anatômica quantitativa da madeira de um clone de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., de dez anos, e de dois clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, um de seis anos e outro de oito anos. Foram estudados: o comprimento, a largura, o diâmetro do lume e espessura da parede das fibras e a frequência e diâmetro dos vasos, avaliando-lhes o efeito dos fatores clone, tora e distância medula-casca, bem como das interações clone x tora e clone x distância medula-casca. As amostras foram retiradas da prancha diametral, das duas primeiras toras da base de cada uma das 12 árvores (quatro por clone), tomadas de quatro posições equidistantes (0, 33, 66 e 100%), no sentido medula-casca. Os resultados mostraram diferenças significativas principalmente para os fatores clone e distância medula-casca, na maioria dos parâmetros avaliados. No sentido medula-casca, observou-se uma tendência de aumento do comprimento e espessura de parede das fibras e diâmetro dos vasos, mas uma tendência de diminuição da frequência de vasos. Concluiu-se que existe maior variação das dimensões nas fibras do que os vasos da madeira dos clones avaliados, sendo que essa variação foi mais observada no sentido medula-casca em relação às duas primeiras toras.

Palavras-Chave: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla*, Anatomia da madeira, Variação medula-casca

Abstract

The objective of this work was the quantitative anatomical characterization of the wood of a clone of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. age ten years, and of two clones of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, one six years and the other eight years old. The following features were studied: the length, width, lumen diameter and wall thickness of the fibers and the frequency and diameter of the vessels, evaluating the following factors: clone, log and the pith-bark distance, as well as the interactions clone x log and clone x pith-bark distance. The samples were taken from the diametric board, of the two first logs from the base of each of the 12 trees (four per clone), taken from four equidistant positions (0, 33, 66 and 100%), in the pith-bark direction. The results showed significant differences mainly for the clones and pith-bark distance factors, for the majority of the parameters evaluated. In the pith-bark direction, a tendency of an increase on the length and wall thickness of the fibers and of the vessel diameter; but a tendency of a decrease of the frequency of the vessels was observed. It was concluded that there is a greater variation of the fiber dimensions than of the vessels of the wood of the clones evaluated, and that this variation was mainly observed in the pith-bark direction in the first two lower logs.

Keywords: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla*, Wood anatomy, Pith-to-bark variation

INTRODUÇÃO

A madeira é um tecido complexo, formado a partir do câmbio vascular, constituído por diferentes tipos de células lenhosas, organizadas em dife-

rentes proporções e arranjos, determinando suas propriedades tecnológicas. Segundo Silva (2002), além da identificação das espécies, os estudos anatômicos possibilitam informações sobre a estrutura do lenho, permitindo a identificação das

¹Doutorando em Ciência Florestal no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – Av. P. H. Rolfs, s/n - Viçosa, MG - 36570-000 – E-mail: wesleyviana@yahoo.com.br

²Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - Av. P. H. Rolfs, s/n - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: jcastro@ufv.br

³Doutoranda em Ciência e Tecnologia da Madeira no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras – Campus Universitário - Caixa Postal 3037 - Lavras, MG - 32700-000 – E-mail: maragostini@yahoo.com.br

⁴Supervisor de Carbonização na Vale S.A. Fazenda Monte Líbano - Rodovia BR 010 - km 1404 - Margem Esquerda - Zona Rural - Açailândia, MA - E-mail: baxavier@gmail.com

relações entre o lenho e as características gerais da madeira, principalmente nos aspectos referentes à massa específica, resistência mecânica, permeabilidade, resistência natural e trabalhabilidade.

Segundo Moreira (1999), as principais células que formam a madeira das angiospermas dicotiledôneas são as fibras e vasos, responsáveis pela resistência mecânica e pelo transporte de água e nutrientes, respectivamente. As dimensões dessas células são, em geral, influenciadas por diferenças de idade, material genético e local de crescimento, conforme relatado por Panshin e De Zeeuw (1980), Zobel e Van Buijtenen (1989), Malan (1995) e Moreira (1999).

A literatura registra uma tendência de aumento das dimensões das fibras, bem como do diâmetro dos vasos da madeira de eucalipto, no sentido medula-casca; no mesmo sentido observa-se uma diminuição na frequência dos vasos. Essa tendência foi observada por Oliveira (1997), Moreira (1999), Silva (2002), Nasir (2004) e Sousa Júnior (2004) para a madeira de *Eucalyptus* spp.

Este trabalho teve como objetivo a caracterização anatômica quantitativa, na direção radial, sentido medula-casca, e entre as duas primeiras toras, da madeira de um clone de *E. camaldulensis* e de dois clones de *E. urophylla*, avaliando-se os fatores clone, tora e distância medula-casca, bem como as interações clone x tora e clone x distância medula-casca.

MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste estudo foi proveniente de árvores de um clone de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., de dez anos, e de dois clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, um de seis anos e o outro de oito anos, pertencente à Votorantim Metais Zinco S/A, localizada no município de Vazante, região noroeste do Estado de Minas Gerais. As árvores de *Eucalyptus* utilizadas neste estudo eram componentes de um consórcio agrossilvipastoril, sob o espaçamento 10 x 4 metros, totalizando 250 árvores por hectare. Para este trabalho, utilizaram-se quatro árvores por clone,

totalizando doze árvores. Os dados dendrométricos das árvores selecionadas para esse estudo, bem como os valores de massa específica básica da madeira, estão sumarizados na Tabela 1.

Após a seleção e derrubada das árvores, retirou-se de cada árvore uma tora de seis metros de comprimento, pertencente à parte basal. Em seguida, as toras foram identificadas e transportadas para o Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), do Departamento de Engenharia Florestal (DEF), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

As toras foram subdivididas em duas toras de três metros de comprimento, para facilitar o seu desdobro na serraria. De cada tora foi retirada uma prancha diametral com cerca de 5 cm de espessura, e do terço superior de cada prancha foram retirados corpos-de-prova de quatro regiões radiais equidistantes (0, 33, 66 e 100% da distância medula-casca). Neste estudo, a caracterização anatômica quantitativa da madeira dos clones de *Eucalyptus* estudados, deu-se através da avaliação de 96 corpos-de-prova, correspondendo a três clones, quatro árvores por clone, duas toras por árvore, e quatro posições radiais equidistantes por tora. As amostras foram confeccionadas com formato retangular, apresentando dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo a última no sentido longitudinal. Um esquema ilustrativo da retirada dos corpos-de-prova pode ser visto na Figura 1.

Primeiramente, das amostras de madeira, foram retirados pequenos fragmentos (palitos muito finos) ao longo do sentido radial, correspondente às partes mais periféricas e superficiais dos corpos-de-prova e, em seguida, colocados num tubo de ensaio, com solução de peróxido de hidrogênio, segundo método preconizado por Dadswell (1972). A mistura foi deixada na estufa, à temperatura de 60°C, por um período médio de setenta e duas horas, até a completa dissociação da madeira. Após a individualização das fibras, utilizou-se o corante azul de astra, na concentração de 1%, e depois este material foi armazenado em água destilada e devidamente identificado. Posteriormente, montaram-se lâ-

Tabela 1. Dados dos clones, espécies, idades, diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (HT) e volume total das árvores (VT) e valores médios da massa específica básica (MEB) da madeira.

Table 1. Data on clones, species, ages, breast height diameter (DAP), total height (HT), total volume of trees (VT) and mean values of basic specific gravity (MEB) of the wood.

Clone*	Espécie	Idade (anos)	DAP (cm)	HT (m)	VT (m ³)	MEB (g/cm ³)**
2	<i>E. urophylla</i>	6	26,63	28,05	0,62	0,45
19	<i>E. urophylla</i>	8	28,23	34,55	0,87	0,52
58	Híbrido natural de <i>E. camaldulensis</i>	10	38,25	34,92	1,62	0,54

* Código do clone Votorantim Metais Zinco S/A.

** Fonte: Evangelista (2007).

minas temporárias e mediram-se trinta fibras, individualmente, medindo-lhes o comprimento, a largura e o diâmetro do lume. A espessura da parede foi obtida através de cálculo matemático, relacionado à metade da diferença entre a largura e o diâmetro do lume.

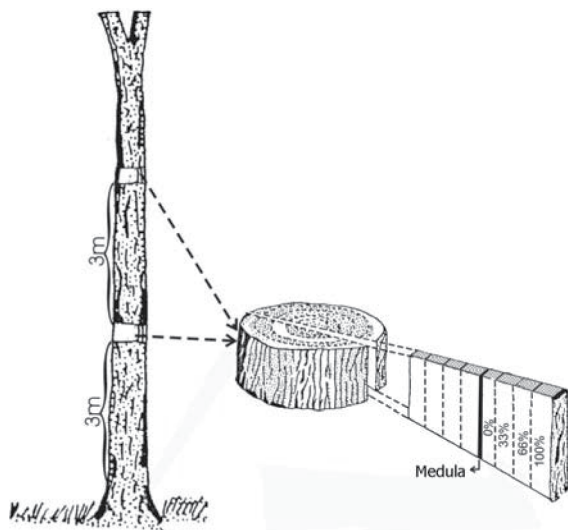


Figura 1. Esquema de retirada dos corpos-de-prova.
Figure 1. Scheme of specimen sampling.

Após a retirada dos fragmentos de madeira usados para a maceração, as amostras foram colocadas em água quente em ebulição, por um período de 48 horas, para amolecimento e, em seguida, levadas ao micrótopo para a retirada de finas seções nos três planos de observação, com cerca de 16 μm de espessura, para a realização da medição do diâmetro e frequência de vasos e também da descrição anatômica qualitativa.

Para a análise da frequência e diâmetro dos vasos foram montadas lâminas semipermanentes, somente com a seção transversal. Os cortes foram corados com safranina, na concentração de 1%, e as lâminas foram montadas com solução de glicerina e água, na proporção de 1:1. Para as medições anatômicas de fibras e vasos, as lâminas foram analisadas em microscópio óptico de luz, dotado de um sistema de captura de imagens, que possibilitou a visualização das fibras diretamente no monitor. Com o auxílio do software Axio-Vision, foram realizadas as medições, bem como o registro fotográfico das lâminas produzidas.

Para a realização da descrição anatômica qualitativa da madeira, montaram-se lâminas permanentes, a partir de uma amostra da madeira da região do cerne periférico de cada clone, proveniente da primeira tora de cada árvore. De cada amostra foram realizados dois cortes de cada seção de observação: transversal,

longitudinal tangencial e longitudinal radial, totalizando seis cortes. Os cortes anatômicos foram desidratados em série alcoólica crescente, corados com solução de safranina, na concentração de 1% e, finalmente, as lâminas foram montadas com Entelan. Cada lâmina permanente constou de seis cortes: três corados e três não corados. Após a secagem da lâmina, por um período médio de vinte e quatro horas, foi levada ao microscópio óptico onde se observou a organização das diferentes células lenhosas. A descrição anatômica qualitativa da madeira dos clones avaliados foi realizada de acordo com as recomendações da IAWA Committee (1989). Amostras representativas da madeira sólida e lâminas histológicas permanentes dos três clones de *Eucalyptus* estudados foram também depositadas na xiloteca do setor de Dendrologia-DEF-UFV.

A análise estatística dos dados foi realizada através do teste t de Student, para amostras independentes, a 5% de significância, considerando-se os fatores clone, tora e distância medula-casca e as interações clone x distância medula-casca e clone x tora. Em função dos objetivos do trabalho, não se avaliaram as interações tora x distância medula-casca, bem como clone x tora x distância medula-casca. As análises estatísticas foram feitas no software Statistica e em planilhas do Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição anatômica

As imagens dos três planos de corte da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* e de *E. urophylla*, de oito anos, podem ser vistos na Figura 2. Por não haver diferenças, em nível qualitativo, entre as madeiras dos dois clones de *E. urophylla*, de seis e oito anos, optou-se por registrar apenas as imagens de uma idade, nesse caso, para a madeira de oito anos.

Com base na Figura 2, pode-se observar que as madeiras de *E. camaldulensis* e *E. urophylla* apresentam constituição anatômica qualitativa muito similar entre si. Oliveira (1997), estudando a constituição anatômica qualitativa da madeira de sete espécies de eucalipto, também observou uma constituição anatômica qualitativa muito similar entre as espécies estudadas.

As madeiras de *E. camaldulensis* e *E. urophylla* apresentam anéis de crescimento indistintos em nível microscópico. Os vasos apresentam

porosidade difusa, arranjo diagonal, predominantemente solitários, com formato oval e com ocorrência de tilos. Na madeira de *Eucalyptus camaldulensis*, o parênquima axial é predominantemente paratraqueal vasicêntrico, com rara ocorrência de paratraqueal unilateral. Na madeira de *E. urophylla*, além dos dois tipos de parênquima axial descritos acima, há também a ocorrência de paratraqueal confluyente. Na madeira das duas espécies, os raios são predominantemente unisseriados, mas com ocorrência

de bisseriados, sendo formados exclusivamente de células de formato procumbentes. As fibras são do tipo libriformes. Em nível quantitativo, entretanto, existem diferenças entre a madeira dos três clones de *Eucalyptus* avaliados, conforme será discutido a seguir.

Descrição anatômica quantitativa

Os valores médios das dimensões de fibras e vasos da madeira para o fator clone podem ser vistos na Tabela 2.

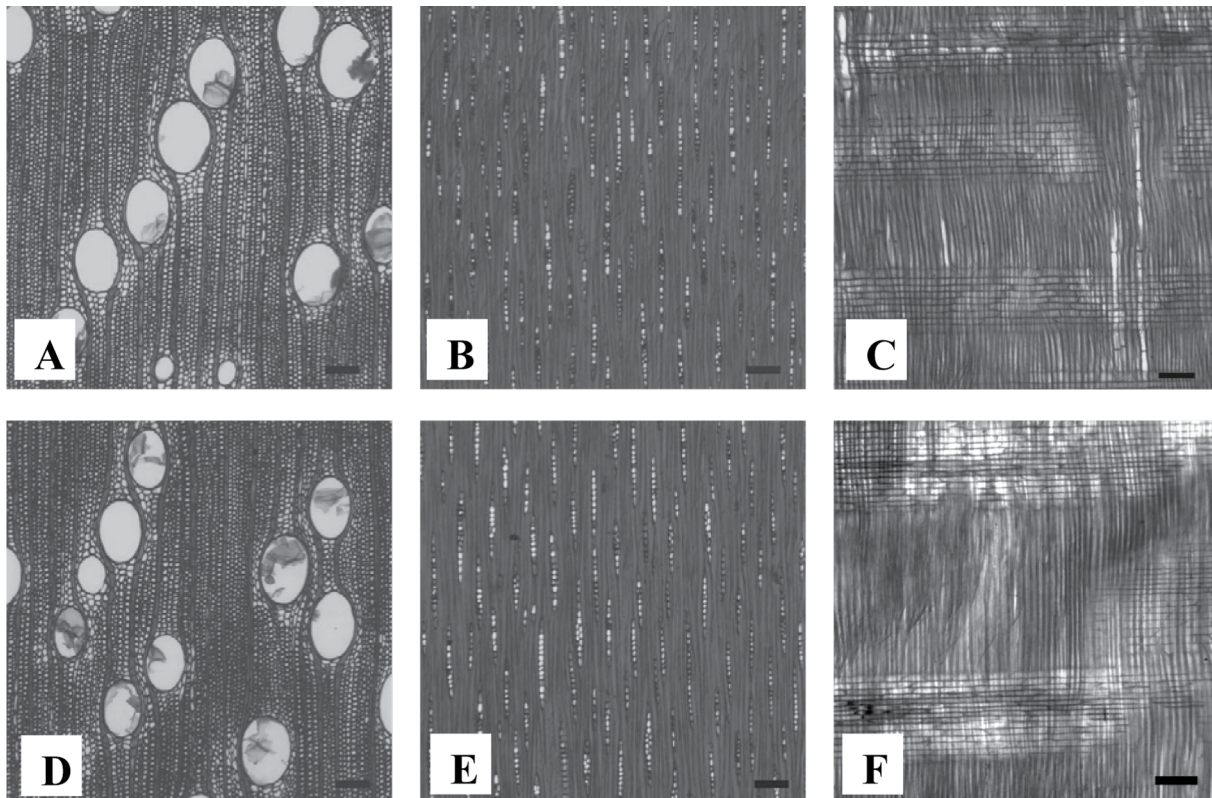


Figura 2. Seção transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* e da seção transversal (D), tangencial (E) e radial (F) de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos. A barra preta corresponde a 100 µm.

Figure 2. Transversal (A), tangential (B) and radial (C) sections of the wood of *Eucalyptus camaldulensis* and transversal (D), tangential (E) and radial (F) sections of eight years old *Eucalyptus urophylla* wood. The black bar corresponds to 100 µm.

Tabela 2. Valores médios do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras e da frequência e diâmetro do lume dos vasos para o fator clone.

Table 2. Mean values of length, width, lumen diameter and wall thickness of fibers and frequency and vessel lumen diameter for clone factor.

Fibras	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
Comprimento (mm)	0,95 (0,10)	0,92 (0,10)	0,97 (0,14)
Largura (µm)	21,3 c ¹ (0,8) ²	19,3 a (0,8)	20,1 b (1,0)
Diâmetro do lume (µm)	12,7 c (1,2)	8,8 a (1,5)	10,8 b (1,9)
Espessura da parede (µm)	4,3 a (0,5)	5,3 b (0,9)	4,6 a (0,7)
Vasos	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
Frequência (mm ⁻²)	9,9 (3,0)	11,0 (3,0)	10,4 (2,0)
Diâmetro do lume (µm)	118,3 (22,9)	115,2 (20,4)	122,9 (20,8)

1. Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma linha, não diferem estatisticamente entre si.

2. Valores entre parêntesis ao lado do valor médio central correspondem ao desvio padrão.

Considerando as dimensões das fibras, o clone de *Eucalyptus urophylla*, de oito anos, apresentou os menores valores médios do comprimento, largura e diâmetro do lume e o maior valor médio da espessura da parede. O clone de *E. urophylla*, de seis anos, apresentou o menor valor médio da espessura da parede e os maiores valores de largura e diâmetro do lume. O clone de *E. camaldulensis*, de dez anos, apresentou maior valor médio do comprimento das fibras. Observaram-se diferenças estatísticas dos três clones entre si somente para a largura e diâmetro do lume. Para a espessura da parede das fibras, os clones de *E. urophylla*, de seis anos, e de *E. camaldulensis*, de dez anos, não apresentaram diferença estatística entre si, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de oito anos. Para o comprimento das fibras não houve diferença estatística entre os clones.

Para os parâmetros relacionados aos vasos, o clone de *E. urophylla*, de oito anos, apresentou o maior valor médio da frequência e o menor diâmetro do lume. O clone de *E. urophylla*, de seis anos, apresentou a menor frequência média e o clone de *E. camaldulensis*, de dez anos, apresentou o maior diâmetro do lume. Para os dois parâmetros dos vasos avaliados, não houve diferença estatística dos três clones entre si. Com isso, verificou-se que os clones de *Eucalyptus* avaliados apresentaram maior variabilidade entre si para as dimensões das fibras em comparação aos parâmetros relacionados aos vasos.

Em geral, o clone de *E. urophylla*, de oito anos, apresentou os menores valores médios das dimensões de fibras e do diâmetro do lume dos vasos, enquanto os clones de *E. urophylla*, de seis anos, e de *E. camaldulensis*, de dez anos, apresentaram os maiores valores médios. Os valores médios de fibras e vasos das madeiras estudadas estão em conformidade com os trabalhos encontrados na literatura para a madeira de *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, conforme pode ser visto na Tabela 3; no entanto, um pouco superiores aos encontrados por Trugilho *et al.* (2007) nas madeiras de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, para a largura e espessura de parede das fibras.

Os valores médios das dimensões das fibras e vasos para os fatores distância medula-casca e tora podem ser vistos nas Tabelas 4 e 5. Considerando o fator distância medula-casca, observou-se nesse sentido uma tendência de aumento do comprimento e espessura de parede das fibras e

diâmetro dos vasos, mas uma tendência de diminuição da frequência de vasos (Tabela 4). A largura e diâmetro do lume das fibras não apresentaram padrão linear de variação nesse sentido igual aos parâmetros anteriores. A largura das fibras apresentou aumento de 0 para 33%, diminuindo de 33% para 66% e aumentou novamente até 100% de distância medula-casca. O diâmetro do lume das fibras aumentou de 0 até 33% e diminuiu, a partir daí até 100% de distância medula-casca.

Considerando as dimensões das fibras e vasos para o fator tora, verificou-se que, em todos os parâmetros estudados, os valores médios observados foram próximos entre si para a primeira e segunda tora, não havendo diferença estatística (Tabela 5). Com isso observou-se uma maior variação das dimensões de fibras e vasos da madeira dos clones estudados no sentido medula-casca, em comparação entre a primeira e segunda tora, considerando o efeito desses fatores isoladamente.

Os valores médios das dimensões das fibras para o fator clone x distância medula-casca podem ser vistos na Tabela 6. Os três clones avaliados apresentaram, na maioria das vezes, padrões distintos de variação entre si das dimensões das fibras no sentido medula-casca. Em alguns casos observaram-se padrões crescentes ou decrescentes de variação ao longo do sentido medula-casca, como por exemplo, para o comprimento das fibras. Para essa dimensão observou-se um aumento dos valores médios no sentido medula-casca, sem uma tendência nítida de estabilização. Essa tendência de aumento foi também observada nos trabalhos de Oliveira (1997) e Sousa Júnior (2004), na madeira de *E. urophylla*, e por Nasir (2004), na madeira de *E. camaldulensis*.

O clone de *E. urophylla*, de oito anos, apresentou também para todas as dimensões das fibras, padrões crescentes e um padrão decrescente de variação. Nesse clone, além do comprimento das fibras, observou-se um aumento da largura e da espessura da parede e uma diminuição do diâmetro do lume das fibras ao longo do sentido medula-casca. É importante destacar a alta espessura da parede encontrada no clone de *E. urophylla*, de oito anos, na posição 100% da distância medula-casca (6,6 μm), em relação aos outros clones o que, possivelmente, pode indicar maior valor de massa específica da madeira nessa região.

Tabela 3. Informações sobre idade e espaçamento das árvores e da massa específica básica (MEB); comprimento (CF), largura (LF), diâmetro do lume (DL) e espessura da parede das fibras (EP) e da frequência (FV) e diâmetro do lume dos vasos (DV) da madeira de *Eucalyptus urophylla* e *E. camaldulensis*, descritos na literatura.
Table 3. Data on age and tree spacing and basic specific gravity, length, width, lumen diameter and wall thickness of fibers and frequency and lumen diameter of vessels of *Eucalyptus urophylla* and *E. camaldulensis* Wood, as described in the literature.

Referência	Espécie	Idade (anos)	Espaçamento (m x m)	MEB (g/cm ³)	Fibras			Vasos		
					CF (mm)	LF (µm)	DL (µm)	EP (µm)	FV (mm ⁻²)	DV (µm)
Oliveira (1997)	<i>E. urophylla</i>	16	3 x 2	0,54	1,05	19,2	11,2	4,1	17,00	116,7
Sousa Júnior (2004)	<i>E. urophylla</i>	15	6 x 6	0,669	0,9	16,3	4,9	5,7	10,89	105,84
	Procedência: Paraopeba - Minas Gerais									
Nasir (2004)	<i>E. urophylla</i>	25	3 x 2	0,628	0,9	19,4	8,9	5,3	11,37	96,09
	Procedência: Turmalina - Minas Gerais									
Trugilho et al. (2007)	<i>E. camaldulensis</i>	8	NI*	NI	0,748	16,10	NI	3,29	9,20	160,30
	<i>E. camaldulensis</i> (clone n.º 06)	5,8	10 x 4	-	0,82	14,56	9,93	2,31	-	-
	<i>E. camaldulensis</i> (clone n.º 10)	5,8	10 x 4	-	1,02	15,25	10,98	2,14	-	-
	<i>E. camaldulensis</i> (clone n.º 314/74)	5,8	10 x 4	-	0,80	14,68	9,42	2,63	-	-
	<i>E. camaldulensis</i> (clone n.º 181/74)	5,8	10 x 4	-	0,93	14,42	9,76	2,33	-	-
	<i>E. camaldulensis</i> (clone n.º 319/74)	5,8	10 x 4	-	0,96	15,22	11,01	2,11	-	-
	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. tereticornis</i> (clone 62/JC)	5,8	10 x 4	-	0,86	15,48	11,21	2,13	-	-
	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. tereticornis</i> (clone 58)	5,8	10 x 4	-	1,02	17,90	13,26	2,32	-	-
	<i>E. urophylla</i> (clone n.º 13)	5,8	10 x 4	-	0,93	15,02	10,19	2,42	-	-
	<i>E. urophylla</i> (clone n.º 44/88)	5,8	10 x 4	-	0,98	16,68	12,12	2,28	-	-
<i>E. urophylla</i> (clone n.º 38/JC)	5,8	10 x 4	-	0,79	16,06	11,12	2,47	-	-	
<i>E. urophylla</i> (clone n.º 026/JC)	5,8	10 x 4	-	0,98	17,12	12,36	2,38	-	-	
<i>E. urophylla</i> (clone n.º 016/JC)	5,8	10 x 4	-	0,91	15,94	11,61	2,17	-	-	

* NI = Não informado pelos autores.

Tabela 4. Valores médios do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras e da frequência e diâmetro do lume dos vasos para o fator distância medula-casca.

Table 4. Mean values of length, width, lumen diameter and wall thickness of fibers and frequency and vessel lumen diameter for the bark-to-pith factor.

Fibras	Distância medula-casca (%)			
	0	33	66	100
Comprimento (mm)	0,80 a ¹ (0,06)	0,93 b (0,05)	1,01 c (0,06)	1,05 c (0,07)
Largura (µm)	19,8 (1,2)	20,6 (1,3)	20,1 (1,1)	20,5 (1,2)
Diâmetro do lume (µm)	11,7 b (1,5)	11,8 b (1,8)	9,8 a (1,9)	9,6 a (2,6)
Espessura da parede (µm)	4,0 a (0,4)	4,4 b (0,4)	5,1 c (0,6)	5,5 c (0,9)

Vasos	Distância medula-casca (%)			
	0	33	66	100
Frequência (mm ⁻²)	13,9 c (2,2)	10,5 b (1,9)	8,9 a (1,0)	8,6 a (1,1)
Diâmetro do lume (µm)	90,8 a (9,4)	118,4 b (14,5)	131,4 c (9,4)	134,5 c (16,2)

1. Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma linha, não diferem estatisticamente entre si.

2. Valores entre parêntesis ao lado do valor médio central correspondem ao desvio padrão.

Tabela 5. Valores médios do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras e da frequência e diâmetro do lume dos vasos para o fator tora.

Table 5. Mean values of length, width, lumen diameter and fiber wall thickness and frequency and vessel lumen diameter for log factor.

Fibras	Primeira tora	Segunda tora
Comprimento (mm)	0,95 (0,11)	0,94 (0,12)
Largura (µm)	20,1 (1,3)	20,4 (1,2)
Diâmetro do lume (µm)	10,7 (2,3)	10,8 (2,1)
Espessura da parede (µm)	4,7 (0,9)	4,8 (0,8)

Vasos	Primeira tora	Segunda tora
Frequência (mm ⁻²)	10,1 (2,6)	10,9 (2,7)
Diâmetro do lume (µm)	118,1 (20,2)	119,5 (22,7)

1. Médias seguidas da mesma letra, dentro da mesma linha, não diferem estatisticamente entre si.

2. Valores entre parêntesis ao lado do valor médio central correspondem ao desvio padrão.

Tabela 6. Valores médios do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras para a interação clone x distância medula-casca (%).

Table 6. Mean values of length, width, lumen diameter and fiber wall thickness for the interaction clone x bark-to-pith (percentage).

Comprimento (mm)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
0	0,82 Aa ¹ (0,07) ²	0,79 Aa (0,06)	0,79 Aa (0,05)
33	0,92 ABb (0,05)	0,90 Ab (0,03)	0,96 Bb (0,05)
66	1,01 Abc (0,04)	0,97 Ac (0,03)	1,05 Bc (0,07)
100	1,04 Ac (0,04)	1,02 Ad (0,03)	1,09 Ac (0,10)

Largura (µm)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
0	20,8 Ba (1,0)	18,6 Aa (0,7)	20,0 Ba (0,8)
33	21,6 Ba (0,8)	19,2 Aa (0,6)	21,0 Bb (0,9)
66	21,2 Ba (0,6)	19,4 Ab (0,7)	19,8 Aa (1,1)
100	21,8 Ba (0,7)	20,0 Ab (0,8)	19,6 Aa (0,7)

Diâmetro do lume (µm)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
0	12,9 Bab (1,1)	10,0 Ac (0,5)	12,3 Bb (0,6)
33	13,3 Bb (1,0)	9,7 Ac (0,9)	12,4 Bb (0,9)
66	12,0 Ba (1,2)	8,7 Ab (0,9)	8,8 Aa (1,1)
100	12,5 Cab (1,2)	6,8 Aa (0,7)	9,5 Ba (1,2)

Espessura da parede (µm)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
0	3,9 Aa (0,4)	4,3 Ba (0,2)	3,8 Aa (0,3)
33	4,1 Aa (0,3)	4,7 Ba (0,4)	4,3 Aba (0,4)
66	4,6 Ab (0,5)	5,4 Bb (0,4)	5,2 ABb (0,7)
100	4,6 Ab (0,4)	6,6 Cc (0,3)	5,2 Bb (0,5)

1. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, para um mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente entre si.

2. Valores entre parêntesis ao lado do valor médio central correspondem ao desvio padrão.

Os clones de *E. urophylla*, de seis anos, e de *E. camaldulensis*, de dez anos, apresentaram diferentes tendências de variação ao longo do sentido medula-casca. No clone de *E. urophylla*, de seis anos, observaram-se para a largura e diâmetro do lume um aumento dessas dimensões de 0 até 33%, diminuindo de 33 para 66% e aumentando novamente de 66 até 100% de distância medula-casca. Para a espessura da parede, observou-se um aumento de 0 até 66%, mantendo-se constante até próximo à casca, ou seja, até 100% de distância medula-casca. O clone de *E. camaldulensis*, de dez anos, apresentou um aumento da largura das fibras de 0 até 33% e a partir daí uma diminuição até a posição mais próximo à casca, ou seja, até 100% de distância medula-casca. Para o diâmetro do lume, observou-se um aumento de 0 até 33%, diminuindo de 33 até 66% e aumentando novamente de 66 até 100% de distância medula-casca. Para a espessura da parede, o clone de *E. camaldulensis*, de dez anos, apresentou o mesmo padrão de variação do clone de *E. urophylla*, de seis anos, ou seja, aumento dessa dimensão de 0 até 66%, mantendo-se constante até a região de 100% de distância medula-casca. Na maioria das vezes houve diferença estatística dos três clones entre si para as dimensões das fibras, tanto na primeira quanto na segunda tora.

Muitos trabalhos na literatura registraram o aumento das dimensões das fibras ao longo do sentido medula-casca para a madeira de diversas espécies de eucalipto, conforme observado por Oliveira (1997), Moreira (1999), Silva (2002), Nasir (2004) e Sousa Júnior (2004), tendência essa também observada no clone de *E. urophylla*, de oito anos, e em alguns casos nos demais clones, embora outras tendências de variação tam-

bém possam ser observadas. Tendências similares de variação das dimensões das fibras no sentido medula-casca observada neste trabalho também foram registradas por Nasir (2004) na madeira de *E. camaldulensis* e por Oliveira (1997) e Sousa Júnior (2004), na madeira de *E. urophylla*.

Os valores médios dos parâmetros relacionados aos vasos para a interação clone x distância medula-casca podem ser vistos na Tabela 7.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, observou-se nos clones de *E. urophylla*, de seis e oito anos, uma diminuição da frequência e um aumento do diâmetro do lume dos vasos ao longo do sentido medula-casca. Tendências distintas daquelas observadas nos clones de *E. urophylla* foram observadas no clone de *E. camaldulensis*, de dez anos. Nesse clone observou-se uma diminuição da frequência de vasos de 0 até 66% de distância medula-casca, seguido de um pequeno aumento de 66 até 100% de distância. Para o diâmetro do lume observou-se um aumento de 0 até 66%, seguido de uma pequena diminuição de 66 até 100% de distância medula-casca. A variação das dimensões das fibras e dos parâmetros relacionados aos vasos ao longo do sentido medula-casca pode ser visto na Figura 3. A diminuição da frequência e o aumento do diâmetro do lume dos vasos no sentido medula-casca também foram registrados por Oliveira (1997) e Sousa Júnior (2004) na madeira de *E. urophylla*. Tendências similares de variação medula-casca dos parâmetros relacionados aos vasos verificados nesse trabalho foram também observadas por Nasir (2004) na madeira de *E. camaldulensis*.

Os valores médios das dimensões de fibras e vasos observadas para a interação clone x tora podem ser vistos na Tabela 8.

Tabela 7. Valores médios da frequência e diâmetro do lume dos vasos para a interação clone x distância medula-casca (%).

Table 7. Mean values of frequency and vessel lumen diameter for the interaction clone x bark-to-pith (percentage).

Distância medula-casca (%)	Frequência (mm ⁻²)			
	Clone			
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	
0	14,6 Ac ¹ (3,1) ²	14,8 Ac (1,5)	13,1 Ab (1,8)	
33	10,0 Ab (1,5)	11,9 Ab (2,0)	9,5 Aa (1,3)	
66	8,2 Aa (0,6)	9,0 Aba (1,2)	9,4 Ba (0,8)	
100	7,7 Aa (0,5)	8,3 Aa (0,9)	9,6 Ba (0,7)	
Distância medula-casca (%)	Diâmetro do lume (µm)			
	0	89,0 Aba (11,4)	86,3 Aa (6,9)	95,2 Ba (8,3)
	33	109,3 Ab (6,9)	112,6 Ab (10,8)	133,4 Bb (11,9)
	66	130,3 Ac (8,1)	129,7 Ac (8,3)	134,1 Ab (11,9)
	100	142,4 Ad (17,2)	132,1 Ac (8,4)	128,9 Ab(19,5)

1. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, para um mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente entre si.

2. Valores entre parêntesis ao lado do valor médio central correspondem ao desvio padrão.

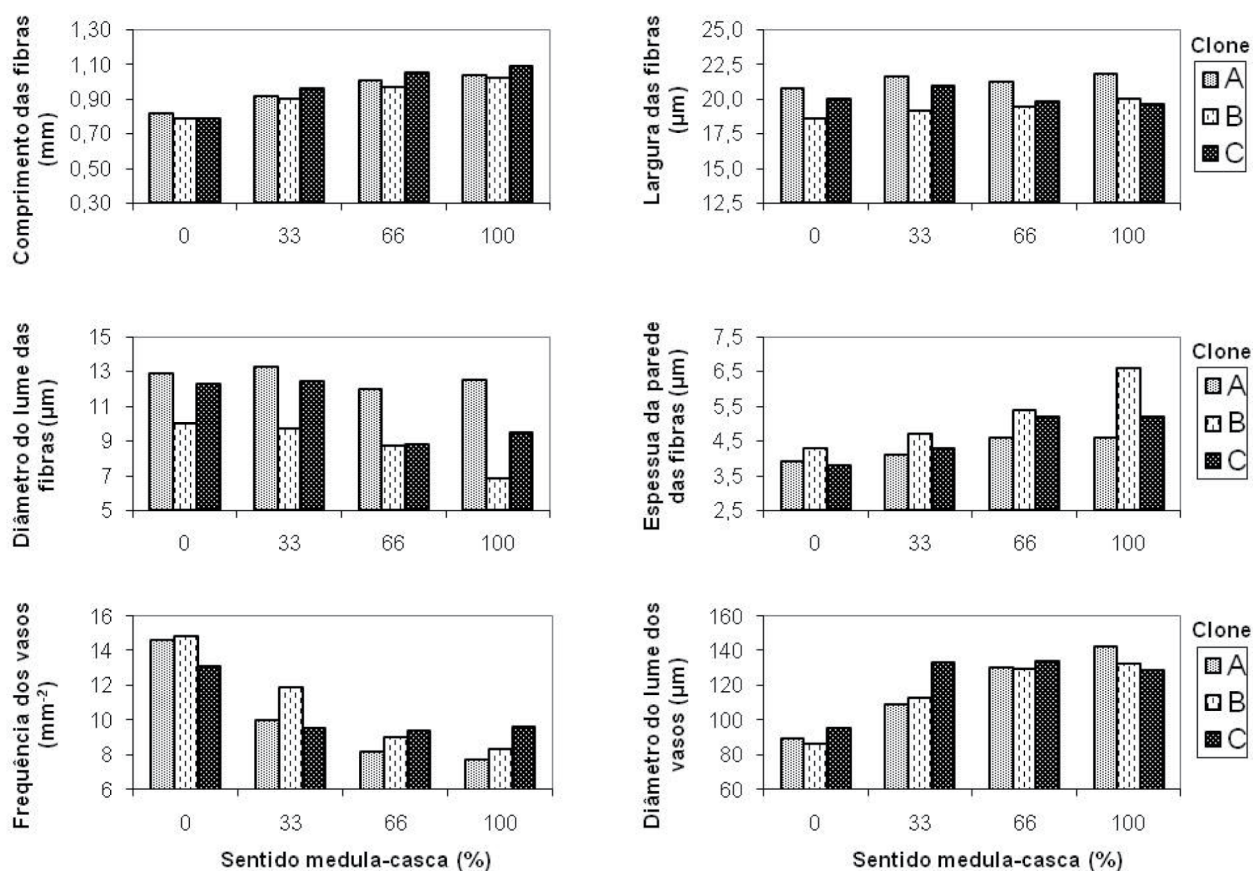
Tabela 8. Valores médios do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras e da frequência e diâmetro do lume dos vasos para a interação clone x tora.

Table 8. Mean values of length, width, lumen diameter and fiber wall thickness and lumen frequency and vessel diameter for clone x log interaction.

Tora	Comprimento das fibras (mm)		
	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
Primeira tora	0,95 Aa ¹ (0,09) ²	0,93 Ab (0,08)	0,97 Aa (0,16)
Segunda tora	0,94 Ba (0,11)	0,91 Aa (0,12)	0,98 Ba (0,12)
Tora	Largura das fibras (µm)		
	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
Primeira tora	21,3 Ba (0,6)	19,2 Aa (0,8)	20,0 Aa (1,2)
Segunda tora	21,5 Ca (0,8)	19,4 Aa (0,8)	20,2 Ba (0,8)
Tora	Diâmetro do lume das fibras (µm)		
	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
Primeira tora	12,7 Ca (1,4)	8,8 Aa (1,6)	10,6 Ba (2,1)
Segunda tora	12,7 Ca (0,9)	8,8 Aa (1,4)	10,9 Ba (1,7)
Tora	Espessura da parede das fibras (µm)		
	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
Primeira tora	4,2 Aa (0,5)	5,2 Ba (1,0)	4,6 Aa (0,9)
Segunda tora	4,4 Aa (0,4)	5,3 Ba (0,9)	4,7 Aa (0,6)
Tora	Frequência dos vasos (mm ⁻²)		
	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
Primeira tora	8,9 Aa ¹ (1,6) ²	10,9 Ba (3,3)	10,7 Ba (2,2)
Segunda tora	11,0 Ab (3,7)	11,2 Aa (2,7)	10,4 Aa (1,6)
Tora	Diâmetro do lume dos vasos (µm)		
	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
Primeira tora	116,9 (17,2)	114,3 (19,3)	123,0 (23,7)
Segunda tora	119,6 (27,9)	116,0 (21,9)	122,8 (18,2)

1. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, para um mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente entre si.

2. Valores entre parêntesis ao lado do valor médio central correspondem ao desvio padrão.



Clones – A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 3. Variação medula-casca das dimensões de fibras e vasos.

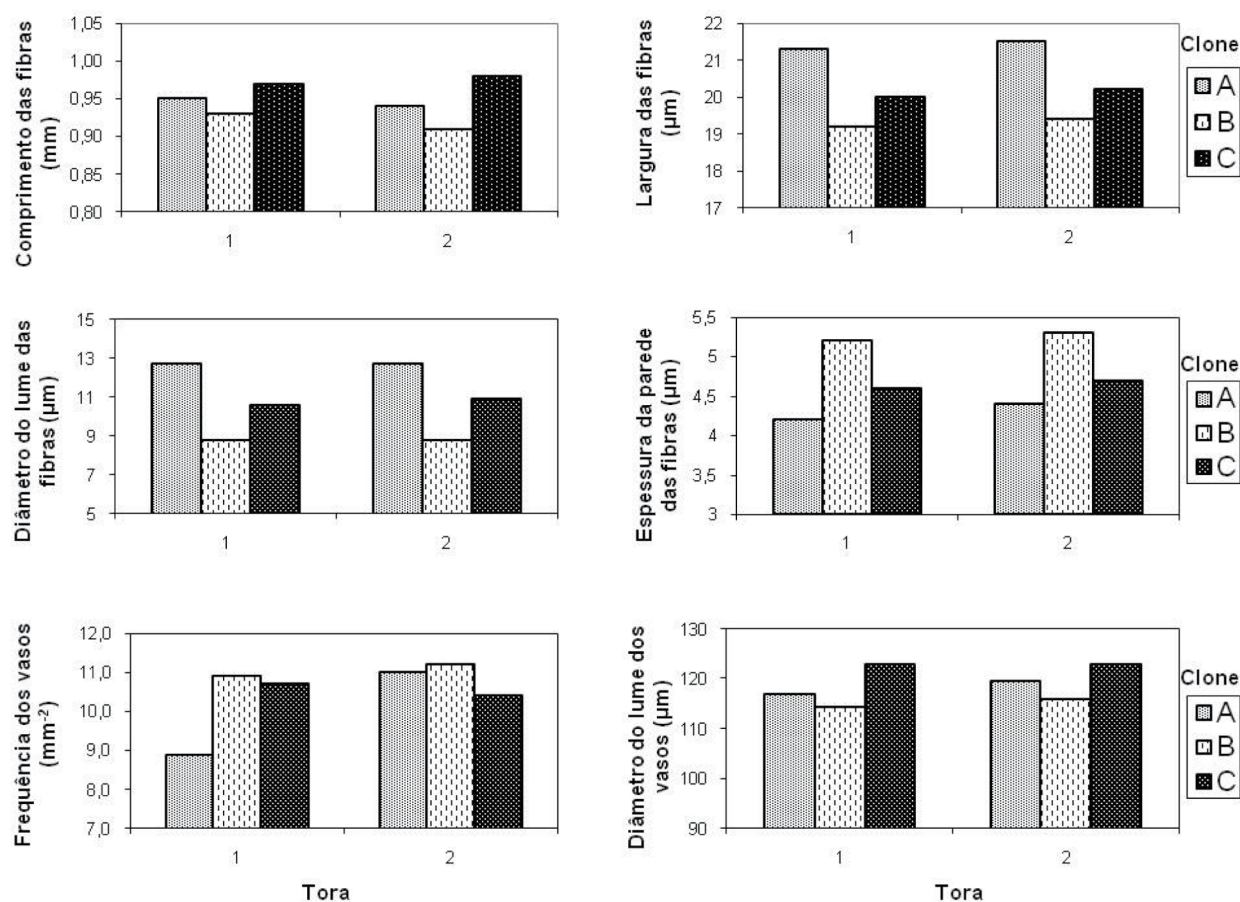
Figure 3. Bark-to-pith variation of fiber and vessel dimensions.

Considerando a interação clone x tora, dentro de um mesmo clone, não foi observada diferença estatística entre a primeira e a segunda tora, para todas as dimensões estudadas, com exceção do clone de *E. urophylla*, de seis anos, para a frequência de vasos e para o clone de *E. urophylla*, de oito anos, para o comprimento das fibras, onde houve diferença estatística entre a primeira e a segunda tora. A variação das dimensões das fibras e dos parâmetros relacionados aos vasos entre a primeira e segunda tora pode ser vista na Figura 4. Considerando a variação de todos os parâmetros estudados dentro do mesmo clone, verificou-se maior variação das propriedades para a interação clone x distância medula-casca em relação à interação clone x tora, conforme pode ser visto nas Tabelas 6, 7 e 8.

Considerações sobre o efeito da idade nas propriedades anatômicas da madeira de *Eucalyptus* spp.

Nos estudos de caracterização anatômica quantitativa da madeira, a idade da árvore é um fator de importância e exerce influência sobre as dimensões das células lenhosas. Segundo Tsoumis (1991) a idade do cambium vascular

é um dos fatores que ocasionam a variação das dimensões das células lenhosas da madeira no sentido medula-casca e base-topo dentro de uma mesma árvore. O autor, entretanto, alerta que a idade da árvore não coincide com a idade da madeira existente em todas as regiões do tronco e que numa mesma árvore existem madeiras de diferentes idades. Ao se considerar uma árvore com cem anos de idade, verifica-se que o câmbio vascular, na região mais próxima da casca e na base da árvore, junto ao solo, possui idade próxima a cem anos e produzirá madeira com características peculiares dessa idade; no topo da árvore, no entanto, o câmbio vascular foi formado recentemente e estará produzindo madeira juvenil. Segundo Zobel e Van Buijtenen (1989), a idade fisiológica é mais determinante e decisiva sobre as propriedades da madeira do que a idade cronológica. Tal situação é relevante quando se consideram as diferenças nas propriedades da madeira, de mesma idade cronológica, mas submetidas a diferentes tratamentos silviculturais e sob a influência de diferentes condições de clima e solo. Assim, o efeito do fator clone pode ser maior do que efeito do fator idade.



Clones - A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 4. Variação entre a primeira e segunda tora das dimensões de fibras e vasos.

Figure 4. Variability of fiber and vessel dimensions between first and second logs.

Na literatura são registrados alguns trabalhos onde a idade da árvore pode ou não exercer influência sobre as dimensões de fibras, vasos e traqueóides da madeira de diversas espécies florestais, entretanto a idade de comparação dessas espécies apresenta grande amplitude de variação, o que geralmente pode ocasionar efeito significativo desse fator. Alencar *et al.* (2002) avaliaram o efeito da idade sobre as dimensões das fibras da madeira de um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, considerando-se os sete primeiros anos de crescimento da árvore. Os autores observaram que a partir dos quatro anos de idade houve uma tendência de estabilização dos valores médios do comprimento e espessura da parede das fibras, tendência essa não observada para a largura e diâmetro do lume. Silva *et al.* (2007), avaliando o efeito dos fatores idade e posição radial nas dimensões de fibras e vasos da madeira de *E. grandis*, com idades de 10, 14, 20 e 25 anos, verificaram que tanto a idade quanto a posição radial influenciaram as dimensões destas células, entretanto o efeito do fator posição radial foi mais acentuado que o efeito do fator idade, exceto para o diâmetro do lume das fibras. Sousa *et al.* (2007), avaliando o efeito da idade sobre as dimensões dos traqueóides de *Pinus taeda*, com idades de 9, 13 e 20 anos, observaram que o fator idade afetou significativamente o comprimento e a espessura da parede, mas tal efeito não foi significativo para o diâmetro dos traqueóides. Andrade (2006) observou efeito significativo do fator idade sobre o comprimento e largura dos traqueóides e sobre a porcentagem de lenho tardio da madeira de *Pinus taeda*, com idades de 8, 14 e 20 anos; as dimensões analisadas dos traqueóides e a porcentagem de lenho tardio da madeira apresentaram também diferença estatística significativa entre as três idades avaliadas.

Este estudo foi feito a partir de clones de diferentes de *Eucalyptus* e também com idades diferentes, entretanto a diferença de idade entre eles é relativamente pequena (Tabela 1), apresentando uma amplitude de quatro anos entre o clone de menor idade (*E. urophylla*, de seis anos) e o de maior idade (*E. camaldulensis*, de dez anos). Assim, o fator idade, apesar de não poder ser analisado no presente estudo, pode ser menor que o efeito do fator clone, que foi o objetivo principal de avaliação desse trabalho.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no estudo de caracterização anatômica quantitativa da madeira dos clones de *Eucalyptus*, pode-se concluir que:

As madeiras de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla* têm constituição anatômica qualitativa similar;

As dimensões de fibras e vasos são variáveis, em magnitude, principalmente entre clones e no sentido medula-casca;

As dimensões das fibras dos três clones foram mais variáveis do que as dimensões dos vasos;

As dimensões das fibras e a frequência e diâmetro dos vasos não apresentaram diferenças significativas entre as duas primeiras toras dos clones de *Eucalyptus* avaliados, com exceção do clone de *E. urophylla*, de seis anos, para a frequência de vasos e para o clone de *E. urophylla*, de oito anos, para o comprimento das fibras;

A variação das dimensões das fibras e da frequência e diâmetro dos vasos foi maior no sentido medula-casca do que entre as duas primeiras toras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, G.S.B.; BARRICHELO, L.E.G.; SILVA JÚNIOR, F.G. Qualidade da madeira de híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* e seleção precoce. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 35., São Paulo, 2002. Anais... São Paulo: ABTCP, 2002.
- ANDRADE, A.S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: influência da idade e classe de produtividade.** 2006. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2006.
- DADSWELL, H.E. The anatomy of eucalypt wood. **CSIRO Forest Products Laboratory**, Melbourne, n.66, p.1-28, 1972.
- EVANGELISTA, W.V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril.** 2007. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n.3, p.221-332, 1989.

- MALAN, F.S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ ESALQ/ USP, 1995. p.1-19.
- MOREIRA, W.S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira.** 1999. 107p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- NASIR, G.M. Anatomical variations from pith to bark in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. wood. **Pakistan Journal of Forestry**, Peshawar, v54, n1, p45-56, 2004. Disponível on-line em: <<http://www.sfprd.com/avfb.html>>. Acesso em: 16 janeiro 2008.
- OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** 1997. 2v. 429p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** 4.ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722p.
- SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 179p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- SILVA, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M.; OLIVEIRA, J.T.S.; CASTRO, V.R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6, p.1081-1090, 2007.
- SOUZA, R.C.; GIOVANINI, É.P.; LIMA, I.L.; FLORSHEIM, S.M.B.; GARCIA, J.N. Efeito da idade e da posição radial na densidade básica e dimensões dos traqueídeos da madeira de *Pinus taeda* L. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.2, p.119-127, 2007.
- SOUZA JÚNIOR, W.P. **Propriedades físicas, mecânicas e anatômicas das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e de *Eucalyptus urophylla* oriundas dos municípios de Turmalina e de Paraopeba (MG).** 2004. 64p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- TRUGILHO, P.F.; BIANCHI, M.L.; ROSADO, S.C.S.; LIMA, J.T. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.73, p.55-62, 2007.
- TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization.** New York: Van Nostrand Reinold, 1991. 494p.
- ZOBEL, J.B.; VAN BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control.** New York: Springer-Verlag, 1989. 363p.

Recebido em 10/03/2008
Aceito para publicação em 03/05/2010