

Ricardo Marques Barreiros¹, Simone Simões Amaral², Carlos Alberto Oliveira de Matos¹, Alex Siqueira Costa¹

ESTUDO QUANTITATIVO DA VARIAÇÃO ESTRUTURAL MORFOLÓGICA NA MADEIRA DE *Calophyllum brasiliense*

Palavras chave:
Guanandi
Anatomia da madeira
Madeira juvenil
Fibras,
Vasos

Histórico:
Recebido 07/01/2014
Aceito 02/03/2016

Keywords:
Guanandi
Wood anatomy
Juvenile wood
Fibers
Vessels

Correspondência:
simonesimoessi@gmail.com

RESUMO: As características silviculturais e tecnológicas favoráveis da espécie *Calophyllum brasiliense* Camb. têm levado ao surgimento de plantios comerciais. De modo geral, a literatura apresenta somente dados médios e gerais sobre algumas variáveis desta espécie, não informando dados específicos a determinadas variáveis antecessoras ao momento do estudo tecnológico, como idade, espaçamento, entre outros, talvez porque se trata de uma espécie de floresta nativa. Dada a lacuna existente quanto à caracterização da madeira de guanandi, o objetivo deste trabalho foi estudar quantitativamente: (i) a variação estrutural morfológica das principais células do lenho, e (ii) a delimitação entre madeira juvenil e adulta, para a espécie proveniente de plantio puro, cujas variáveis antecessoras são conhecidas. Foram amostradas cinco espécimes, dentro de uma população de 135 árvores, com 13 anos de idade e espaçamento 4,0 m x 2,5 m. Os resultados indicaram valores médios de 1134; 21,02; 12,88 e 4,07 μm para o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura média da parede das fibras, respectivamente. A madeira de guanandi com 13 anos de idade foi caracterizada como juvenil.

QUANTITATIVE STUDY OF MORPHOLOGICAL STRUCTURAL VARIATION IN THE *Calophyllum brasiliense* WOOD

ABSTRACT: Favorable silvicultural and technological characteristics of the species *Calophyllum brasiliense* Camb. have led to the emergence of commercial plantations. Scientific literature offers only medium and general data on some variables of this species, not reporting specific variables prior to the time of the study, such as age, spacing, among others, perhaps because the wood is mostly from native forests. Given the knowledge gap regarding the characterization of guanandi wood, the aim of this work was to quantitatively study: (i) the morphological structural variation of the wood cells, and (ii) the distinction between juvenile and mature wood, for the species from a pure plantation, whose growth history are known. Five specimens were sampled, within a population of 135 trees, with 13 years of age and 4.0 x 2.5 m spacing. The results indicated average values of 1134, 21.02, 12.88 and 4.07 μm for the length, width, and diameter of the lumen and mean wall fiber thickness, respectively. 13-years-old guanandi wood was characterized as juvenile.

DOI:

10.1590/01047760201622011838

¹ Universidade Estadual Paulista - Itapeva, São Paulo, Brasil

² Universidade Estadual Paulista - Guaratinguetá, São Paulo, Brasil

INTRODUÇÃO

Segundo Lisboa et al. (2012), a espécie *Calophyllum brasiliense* Camb. (guanandi) é bastante recomendada para fins econômicos. Para Urzedo et al. (2013), o guanandi pode ser uma alternativa à espécie *Tectona grandis* e outras mais, que são também recomendadas comercialmente. Além do mais, o guanandi possui o especial atributo de estar adaptado a vários sítios edafoclimáticos, desde o sul do Brasil até a América Central.

Dentre os usos comerciais da madeira de guanandi, Urzedo et al. (2013) citam a construção naval, a marcenaria, a carpintaria, etc. A casca e a folha desta espécie também têm sido utilizadas no desenvolvimento de fármacos para o combate de doenças degenerativas como a leishmaniose (AYALA et al., 2013; BREZZAN et al., 2012).

Em termos de plasticidade, Oliveira e Joly (2012) e Souza et al. (2007) trataram a espécie *C. brasiliense* como tolerante a inundação, com preferência em colonizar solos com alta saturação hídrica, sendo considerada de grande plasticidade ecológica. Patreze et al. (2012) destacaram que o *C. brasiliense* apresenta ocorrência natural generalizada e padrões geográficos de variação genética adaptativa.

Sob o aspecto de produção de mudas, Lisboa et al. (2012), ao estudarem mudas de guanandi, perceberam baixa produção de massa seca da parte aérea e do sistema radicular, além de crescimento em diâmetro e altura praticamente linear. Segundo os autores, estes acontecimentos podem ter ocorrido devido à capacidade de adaptação da espécie a ambientes adversos.

Do ponto de vista silvicultural, Brenes e Montagnini (2006) percebeu que essa espécie apresenta melhor crescimento em povoamentos puros do que em povoamentos mistos. Ciriello (2009) detalha que aos 6 anos o primeiro desbaste pode ser realizado e aos 12 anos pode ser feito o segundo. Nesta segunda etapa, a madeira apresenta de 25 a 30 cm de DAP e 16 m de altura.

Apesar das excelentes características silviculturais, a madeira de guanandi é ainda pouco estudada, carecendo de novas pesquisas que venham caracterizá-la tecnologicamente. Para Patreze et al. (2012), muito pouco se sabe sobre a madeira dessa espécie. Além do mais, Sette Júnior et al. (2012) apontam que o rápido crescimento e o aumento da produtividade das florestas plantadas podem acarretar alterações na qualidade do lenho, sendo fundamental a sua avaliação. Palermo et al. (2013) reforçaram a importância de se conhecer a multiplicidade das propriedades de um material

heterogêneo como a madeira, para seu uso correto e Oliveira et al. (2012) abordaram a caracterização anatômica, como ferramenta capaz de proporcionar esse conhecimento.

Durante o crescimento, as árvores produzem diferentes tipos de tecido lenhoso, conforme descrito por Palermo et al. (2013). Segundo os autores, o xilema produzido nos primeiros anos até certa idade cambial é denominado lenho juvenil e apresenta propriedades físicas, mecânicas, químicas e anatômicas diferentes do xilema produzido após certa idade cambial, ou seja, do lenho adulto. Gatto et al. (2007) argumentaram que a proporção de madeira juvenil no mercado é crescente, sendo importante definir a idade aproximada em que ocorre a transição da madeira juvenil para madeira adulta.

Salvo as descrições anatômicas gerais realizadas por Mainieri e Chimelo (1989), Muñiz et al. (2012) e Richter e Dallwitz (2000), não foram encontradas informações a respeito da anatomia do lenho da espécie *C. brasiliense*.

Assim, objetivou-se com este trabalho estudar quantitativamente a variação estrutural das principais células do lenho de guanandi, como também a sua delimitação entre a madeira juvenil e adulta.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e preparação do material

Para este estudo, foram utilizadas árvores de *Calophyllum brasiliense* Camb., com 13 anos de idade, conduzidas numa área de 1350 m², em espaçamento 4,0 m x 2,5 m, no município de Adrianópolis, estado do Paraná, Brasil.

De uma população de 135 árvores, com classes diamétricas variando de 4 a 20 cm de Diâmetro à Altura do Peito (DAP), foram sorteadas e amostradas 5 árvores representativas para as classes diamétricas entre 10 e 20 cm. Dessas árvores retiraram-se discos de 2,5 cm de espessura a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. Os discos foram descascados e cortados em 4 cunhas de 90°, passando pela medula. Uma dessas cunhas foi utilizada para a análise anatômica microscópica (maceração e lâminas histológicas). As análises foram realizadas no Laboratório de Anatomia da Madeira, do Câmpus de Itapeva da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". A preparação das cunhas, a partir dos discos, foi nas condições seca ao ar, com aproximadamente 12% de umidade.

Confecção de lâminas histológicas e determinação das dimensões dos vasos

Para o preparo e montagem das lâminas histológicas, optou-se por trabalhar apenas com o disco a 25% da altura comercial, por este pertencer à porção da árvore mais utilizada comercialmente, além do que, foi a altura que ainda continha algum cerne, pois na altura de 50% já não foi detectada sua presença. Foram obtidos corpos de prova padronizados, apresentando cerca de 1,5 cm² de área no plano transversal, em formato piramidal e orientados na transição cerne/alburno, que é a região mais indicada para os estudos anatômicos. As lâminas de madeira para a montagem de lâminas histológicas semipermanentes, conforme Johansen (1940) e Sass (1951), foram seccionadas em micrótomo Leica com 18 µm de espessura nos planos transversal (onde foram medidos os diâmetros dos vasos), longitudinal radial e longitudinal tangencial. Na seção transversal, foi coletada imagem digital do lenho através de microscópio óptico (Leica – DM 2500) acoplado à câmara Leica DFC-295 para a determinação dos diâmetros tangenciais dos vasos e de seus lumes (Figura 1a), bem como da frequência dos vasos (Figura 1b).

Maceração e determinação das dimensões das fibras

A partir das cunhas retiradas a 0%, 25% e 50% da altura comercial, foram obtidas baguetas de 3 mm de espessura a cada 1 cm do raio, no sentido medula-alburno (Figura 2).

As baguetas foram picadas em pequenas lascas e dissociadas através do método de Franklin, conforme Johansen (1940) e Sass (1951). Imagens das dimensões das fibras foram coletadas utilizando microscópio óptico acoplado à câmara digital. Foram feitas medições do comprimento (Figura 3a), largura e diâmetro do lume (Figuras 3b), e calculada a espessura média da parede da fibra, que é a metade da diferença entre a largura da fibra e o diâmetro do lume.

Análises estatísticas

Para todos os elementos medidos, determinaram-se medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão), bem como o intervalo de confiança. O número mínimo necessário de amostras dos elementos anatômicos mensuradas, para garantir um erro amostral máximo de 10%, em relação à média, foi conforme sugerido por Calonego et al. (2005) e descrito nas equações 1 e 2. Em que n: é o número de repetições; t: estatística “t” de Student; s²: variância amostral; E: erro admissível; m: média dos valores amostrados.

$$N = (t^2 \cdot s^2) \cdot E^{-2} \quad [1]$$

$$E^2 = (0,1 \cdot m)^2 \quad [2]$$

Para a identificação do ponto que delimita madeira juvenil e adulta utilizou-se a análise de regressão com nível de significância de 5 % ($\alpha = 0,05$).

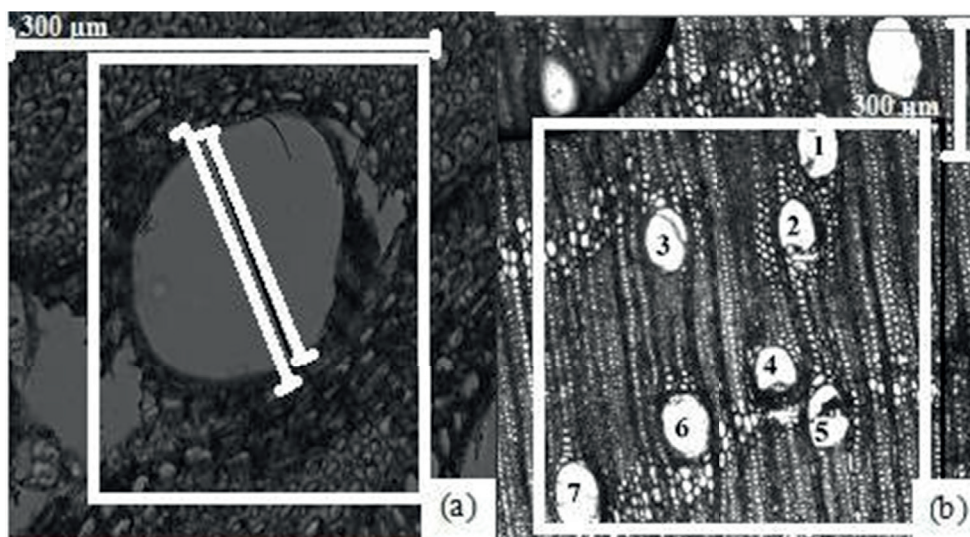


FIGURA 1 Seção transversal do lenho: (a) largura do vaso e diâmetro do lume - 200x; (b) frequência dos vasos por mm² - 20x. Barra de escala: 300 µm.

FIGURE 1 Cross section of wood: (a) vessel width and lumen diameter - 200x; (b) vessels frequency per mm² - 20x. Scale bar: 300 µm.

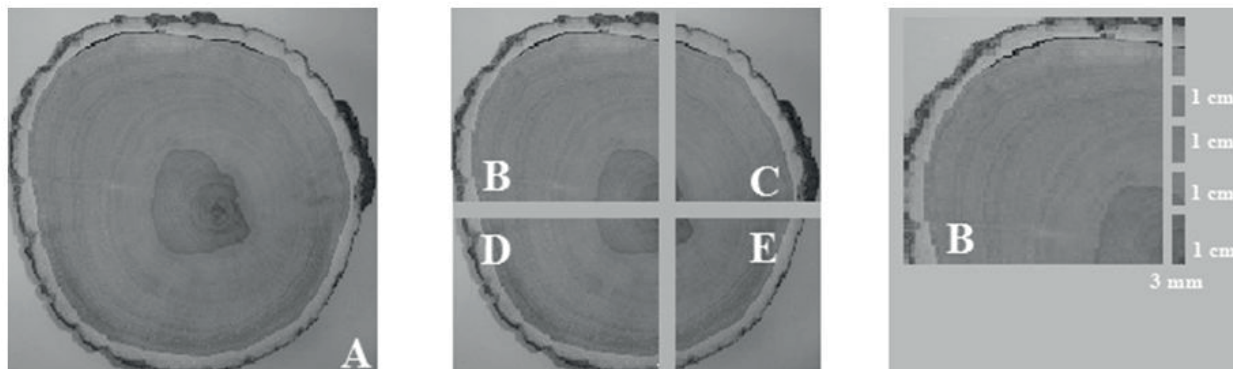


FIGURA 2 Esquema de preparação das amostras para a maceração.

FIGURE 2 Scheme from preparing samples for the maceration.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantificação dos elementos estruturais do lenho

Na Tabela 1, foram dispostos os valores da estatística descritiva para as dimensões das fibras (comprimento, largura total, diâmetro do lume e espessura da parede) e dos elementos de vasos (diâmetro do lume e frequência).

A frequência dos elementos de vaso na madeira de guanandi, coletados nos cinco espécimes, apresentaram um valor médio de 7,42 vasos·mm⁻², com valores variando entre 5 e 10 vasos·mm⁻². O diâmetro médio do lume dos vasos foi de 114,40 μm, mas variou de 81,70 a 151,70 μm. A literatura reporta valores próximos para a mesma espécie de madeira. Muñiz et al. (2012) encontraram a frequência

média de 5,47 vasos·mm⁻² e valor médio do diâmetro dos poros de 155,05 μm. Para esta espécie, Mainieri e Chimelo (1989) obtiveram valores de frequência e diâmetro de vasos entre 2 e 7 vasos·mm⁻² e 120 e 200 μm, respectivamente. Richter e Dallwitz (2000) encontraram uma frequência de 4 a 10 vasos·mm⁻² e comprimento médio dos elementos vasculares de 670 μm, variando de 280 a 1170 μm.

O comprimento médio das fibras foi de 1134,00 μm, com valores variando entre 682,90 μm e 1557,00 μm. A espessura média da parede foi de 4,07 μm e variou de 2,35 a 6,00 μm. O diâmetro do lume variou de 7,03 μm a 21,96 μm, com valor médio de 12,88 μm. A largura média da fibra foi de 21,02 μm, variando de 14,06 μm a 31,04 μm. Richter e Dallwitz (2000) verificaram valores mínimo, médio e máximo de 780, 1280 e 1670 μm, respectivamente, para o comprimento das fibras.

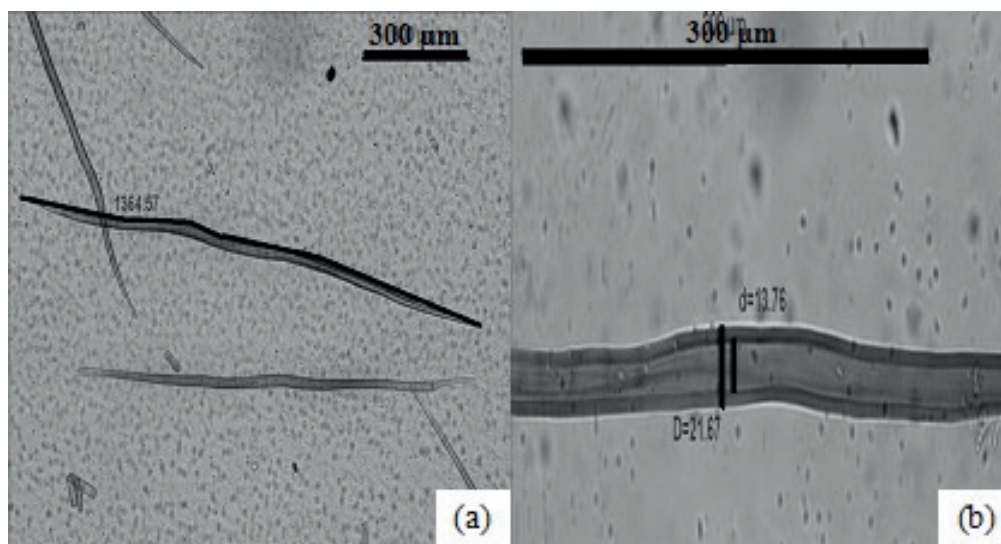


FIGURA 3 Determinação das fibras do lenho: (a) comprimento - 50x; (b) largura da fibra e diâmetro do lume - 200x. Barra de escala: 300 μm.

FIGURE 3 Determination of wood fibers: (a) length - 50x; (b) fiber width and lumen diameter - 200x. Scale bar: 300 μm.

TABELA 1 Estatística descritiva das dimensões dos elementos que compõe o lenho.**TABLE 1** Descriptive statistics of dimensions of the elements that make up the wood.

Estruturas anatômicas		Mín.	Méd.	Máx.	S	C.V.	N	I.C
Vasos	Dp	81,70	114,40	151,70	21,59	18,87	60,00	[108,787: 119,941]
	F	5,00	7,42	10,00	1,06	14,32	60,00	[7.142: 7.691]
	C	682,90	1134,00	1557,00	140,36	12,38	1248,00	[1126,603:1142,193]
Fibras	Lf	14,06	21,02	31,04	2,05	9,76	1248,00	[20,903:21,131]
	Df	7,03	12,88	21,96	1,90	14,76	1248,00	[12,771:12,983]
	E	2,35	4,07	6,00	0,59	14,53	1248,00	[4,037:4,103]

Mín, Méd, Máx: valor mínimo, médio e máximo das variáveis em (μm); S: desvio padrão; n: unidades amostrais; I.C: intervalo de confiança; Dp: diâmetro do lúme do poro (μm); F: frequência (poros/ mm^2); C: comprimento da fibra (μm); Lf: largura total da fibra (μm); Df: diâmetro do lúme da fibra (μm); E: espessura da parede da fibra (μm).

Delimitação entre madeira juvenil e adulta

Gatto et al. (2007) e Palermo et al. (2013) destacaram que o comprimento das fibras é o principal indicador do ponto de transição de madeira juvenil para adulta. Desta forma, para delimitação entre madeira juvenil e adulta, utilizou-se de regressão linear ($\alpha=5\%$), considerando o comprimento das fibras em relação à distância radial medula/casca.

Na Tabela 2, tem-se a equação da reta que descreve a existência da relação linear, além dos valores do coeficiente de determinação (R^2).

Os resultados estatísticos evidenciaram a existência de relação linear positiva, entre o comprimento das fibras e a distância radial medula/casca. A relação linear foi altamente significativa (Valor de $P < 5\%$). No entanto, os valores dos coeficientes de determinação variaram de baixos a moderados, explicando somente 17,72% da variação observada no conjunto dos cinco espécimes.

Na Figura 4 foram plotados os valores do comprimento das fibras ao longo da altura comercial em

TABELA 2 Relação entre o comprimento das fibras e a distância radial medula/casca, para os espécimes representantes das cinco classes diamétricas.**TABLE 2** Relationship between the fibers length and the radial distance medulla/bark, to the representatives of the diametric classes five specimens.

Árvores	Classe	Modelo linear simples ajustado	R^2 (%)	Valor de P
A	10+12	$y=23,64.a + 1126,35$	6,76	0,0004
B	12+14	$y=33,51.a + 957,33$	21,01	$< 0,0001$
C	14+16	$y=29,69.a + 1021,08$	38,44	$< 0,0001$
D	16+18	$y=24,40.a + 957,10$	32,49	$< 0,0001$
E	18+20	$y=39,89.a + 1009,93$	40,96	$< 0,0001$
A-E	10+20	$y=24,41.a + 1038,42$	17,72	$< 0,0001$

função da distância no sentido medula/casca, para cada classe diametral.

Observa-se o aumento praticamente linear no comprimento das fibras no sentido medula/casca, o que, segundo Palermo et al. (2013), é característico de lenho juvenil, cujo comprimento das fibras apresentou dimensões em contínuo desenvolvimento, não havendo um ponto de delimitação entre madeira juvenil e adulta.

Gatto et al. (2007), ao estudarem a madeira de plátano, observaram que até o décimo quarto ano de vida desta espécie ocorreu um aumento no comprimento da fibra, seguida de estabilização e diminuição a partir do vigésimo ano. Os autores perceberam que a idade de segregação encontrada na madeira de plátano, para o comprimento das fibras, foi de 14 anos.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos e apresentados para a madeira de *Calophyllum brasiliense*, concluiu-se que: O comprimento das fibras e outras variáveis relacionadas a este elemento anatômico aumentaram na direção radial do fuste, no sentido medula/casca. As árvores analisadas apresentaram variação radial dos elementos anatômicos do lenho. Com 13 anos de idade, a madeira foi caracterizada como juvenil, não havendo um ponto de delimitação entre madeira juvenil e adulta.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto e concessão de bolsas de Iniciação Científica e Treinamento Técnico.

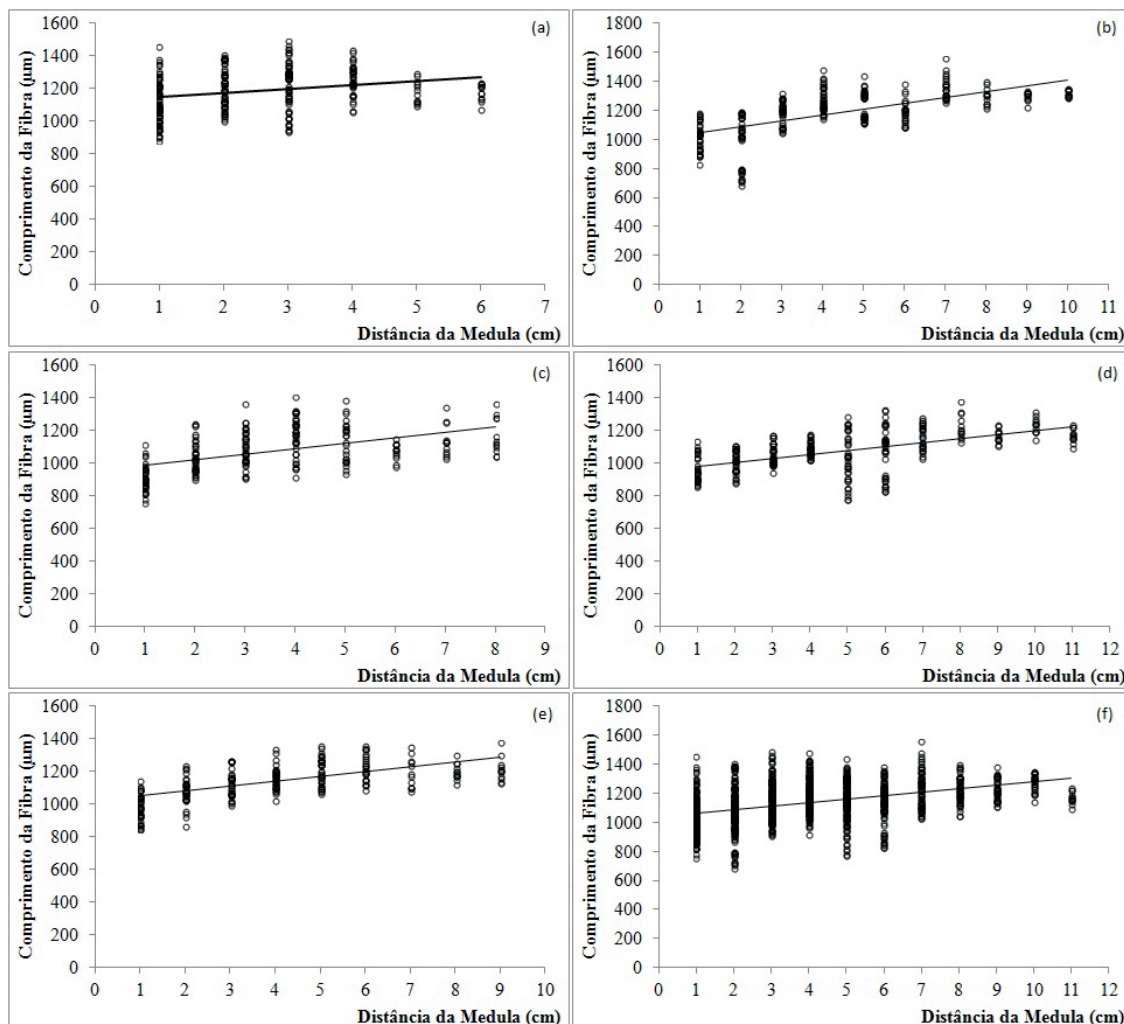


FIGURA 4 Variação do comprimento da fibra (μm) com a distância no sentido medula/casca: (a) árvore A- diâmetro de 10 a 12 cm; (b) árvore B- diâmetro de 12 a 14 cm; (c) árvore C- diâmetro de 14 a 16 cm; (d) árvore D- diâmetro de 16 a 18 cm; (e) árvore E- diâmetro de 18 a 20 cm; (f) todas as árvores analisadas.

FIGURE 4 Variation of length fiber (μm) with the distance in the direction medulla/bark: (a) tree A- diameter of 10 to 12 cm; (b) tree B- diameter of 12 to 14 cm; (c) tree C- diameter of 14 to 16 cm; (d) tree D- diameter of 16 to 18 cm; (e) tree E- diameter of 18 to 20 cm; (f) all trees analyzed.

REFERÊNCIAS

- AYALA, T. B.; HUITRÓN, R. L.; LÓPEZ, E. M. S.; CHILPA, R. R.; LÓPEZ, E. R.; PINEDA, B.; CAMPOS, O. N. M.; CHAPUL, L. S.; PINZÓN, E.; SOLIS, C. T.; ADAYA, D. S.; CHAVERRÍ, J. P.; RÍOS, C.; DE LA CRUZ, V. P.; RAMOS, M. T. Antioxidant properties of xanthenes from *Calophyllum brasiliense*: prevention of oxidative damage induced by FeSO_4 . **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 13, n. 262, p. 1-15 Oct. 2013.
- BRENES, A. R.; MONTAGNINI, F. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 232, n. 1/3, p. 168-178, Aug. 2006.
- BRENZAN, M. A.; SANTOS, A. O.; NAKAMURA, C. V.; DIAS FILHO, B. P.; UEDA-NAKAMURA, T.; YOUNG, M. C. M.; CÔRREA, A. G.; ALVIM JÚNIOR, J.; MORGADO-DÍAZ, J. A.; CORTEZ, D. A. G. Effects of (-) mamea A/BB isolated from *Calophyllum brasiliense* leaves and derivatives on mitochondrial membrane of *Leishmania amazonensis*. **Phytomedicine**, v. 19, n. 3/4, p. 223-230, Feb. 2012.
- CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; ASSI, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 113-121, ago. 2005.
- CIRIELLO, P. Caracterização anatômica macroscópica das madeiras utilizadas para laminação na região de Curitiba-PR. **Referência**, São Paulo, v. 11, n. 94, p. 39-45, ago. 2009.

- GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; BULIGON, E. A.; CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, L. da S. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 393-398, out./dez. 2007.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: MacGraw-Hill, 1940. 533 p.
- LISBOA, A. C.; SANTOS, P. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. de; CASTRO, D. N. de; ABREU, A. H. M. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.
- MUÑIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; SHARDOSIN, F. Z.; FRANÇA, R. F. Anatomia do carvão de espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 471-477, jul./set. 2012.
- OLIVEIRA, J. G. L. de; OLIVEIRA, J. T. da S.; ABAD, J. I. M.; SILVA, A. G. da; FIELDLER, N. C.; VIDAURE, G. B. Parâmetros quantitativos da anatomia da madeira de eucalipto que cresceu em diferentes locais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 559-567, 2012.
- OLIVEIRA, V. C. de; JOLY, C. A. Tolerância ao alagamento de *Calophyllum brasiliense* Camb.: respostas morfológicas, fisiológicas e de crescimento: (Clusiaceae). **Trees**, v. 24, p. 185-193, 2010.
- PALERMO, G. P. de M.; LATORRACA, J. V. de F.; SEVERO, E. T. D.; NASCIMENTO, A. M. do; REZENDE, M. A. Delimitação entre os lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 191-200, 2013.
- PATREZE, C. M.; FELIX, D. B.; SCARANO, F. R.; ALVES-FERREIRA, M. Isolating of a putative glyceraldehyde-3 phosphate dehydrogenase (GAPDH) from *Calophyllum brasiliense*, an important tropical forest tree. **Silvae Genetica**, v. 61, n. 1/2, p. 44-51, 2012.
- RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M. J. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. 2000. Disponível em: <<http://delta-intkey.com/wood/pt/www/gutcabra.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2014.
- SASS, J. E. **Botanical microtechnique**. Iowa: State College Press, 1951. 228 p.
- SETTE JÚNIOR, C. R.; OLIVERA, I. R. de; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012.
- SOUZA, A. M. de; CARVALHO, D. de; VIEIRA, F. de A.; NASCIMENTO, L. H. do; LIMA, D. C. Estrutura genética e espacial de populações naturais de *Calophyllum brasiliense* Camb. em mata de galeria. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 239-247, jul./set. 2007.
- URZEDO, D. I. de; FRANCO, M. P.; PITOMBO, L. M.; CARMO, J. B. do. Effects of organic and inorganic fertilizers on greenhouse gas (GHG) emissions in tropical forestry. **Forest Ecology and Management**, v. 310, n. 15, p. 37-44, Dec. 2013.

