



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

EFEITO DA ESTRUTURA ANATÔMICA SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Sterculia apelata* (Jacq.) H.Karst.

NATALIA MEDEIROS¹

fernanda Ilkiu Borges de Souza²

SELMA LOPES GOULART³

Fábio Akira Mori⁴

Luiz Eduardo de Lima Melo¹

Pâmela da silva ferreira¹

Déborá Santana¹

¹ Universidade do Estado do Pará

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

³ Universidade Federal Rural da Amazônia

⁴ Universidade Federal de Lavras



EFEITO DA ESTRUTURA ANATÔMICA SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Sterculia apelata* (Jacq.) H.Karst.

Resumo: A espécie *Sterculia apelata* (Jacq.) H.Karst. ocorre em quase todos os estados da região amazônica, sua madeira é classificada como moderadamente leve e apresenta fácil operacionalidade. Em geral, a madeira tem estruturas e comportamentos que podem variar de acordo com a posição em que está na árvore, alguns estudos afirmam que há uma forte tendência para a variação anatômica, essa variação ocorre radialmente e pode ser verificada anatomicamente. O principal objetivo desta pesquisa foi determinar a influência da dimensão e quantidade de células no lenho sobre algumas propriedades físicas da madeira de *S. apelata*. Para este estudo, o material foi coletado em uma área rural localizada em Parauapebas, obtido através do método destrutivo. Análises macroscópicas e microscópicas foram realizadas utilizando a metodologia padrão para anatomia da madeira, análise de regressão e correlação entre as amostras que foram obtidas a partir de dois discos, distribuídos em dezoito (disco 1); e vinte e dois (disco 2) posições da medula até a casca na direção radial, totalizando 39 amostras. Os resultados mostraram que as mudanças na variação da densidade da madeira podem ser explicadas pela proporção de parede das fibras e o diâmetro dos vasos. A contração radial foi melhor explicada pela largura dos raios, em que raios mais largos tendem propiciar valores mais baixos de contração radial. O trabalho apresenta uma correlação positiva entre o diâmetro do vaso com a densidade, quanto maior o diâmetro, maior a densidade encontrada contrariando a literatura.

Palavra-chave: madeira nativa; propriedades tecnológicas da madeira; variabilidade das propriedades.

EFFECT OF THE ANATOMICAL STRUCTURE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF WOOD *Sterculia apelata* (Jacq.) H.Karst.

Abstract: The species *Sterculia apelata* (Jacq.) H. Karst. Occurs in almost all the states of the Amazon region, its wood is classified as moderately light and presents easy operability. In general, wood has structures and behaviors that may vary according to the position in which it is in the tree, some studies affirm that there is a strong tendency for anatomical variation, this variation occurs radially and can be verified anatomically. The main objective of this research was to determine the influence of the size and quantity of cells in the wood on some physical properties of *S. apelata* wood.. For this study, the material was collected in a rural area located in Parauapebas, obtained through the destructive method. Macroscopic and microscopic analyzes were performed using the standard methodology for wood anatomy, regression analysis and correlation between the samples that were obtained from two disks, distributed in eighteen (disc 1); And twenty-two (disc 2) positions from the marrow to the shell in the radial direction, totaling 39 samples. The results showed that the changes in the wood density variation can be explained by the fiber wall ratio and the vessel diameter. Radial contraction was best explained by the width of the radii, where wider radii tend to provide lower radial contraction values. The work presents a positive correlation between the diameter of the vessel and the density, the larger the diameter, the higher the density found contrary to the literature.

Keywords: Native wood; technological properties of wood; variability of properties.



1. INTRODUÇÃO

A família Malvaceae possui, no Brasil cerca de 72 gêneros e 773 espécies 3 subespécies e mais de 18 variedades, que podem ser encontradas em todas as regiões do país e em todos os estados, existem em forma de arbusto, árvore, erva, liana/volúvel/trepadeira, subarbusto (Esteves, 2015).

A árvore de chicha pode atingir até 40 metros de altura, de 90 a 250 cm de diâmetro e possui uma copa vasta, sua madeira exibe uma coloração amarelada clara e cheiro imperceptível. É uma madeira moderadamente leve e apresenta fácil trabalhabilidade, considerada de fácil corte manual apresenta baixa resistência natural (BIBLIOTECA CONMEMORATIVA ORTON, 2017). O gênero *Sterculia* possui aplicabilidade para os fins de construção de pisos, forros, pastas celulósicas, paisagismo e recuperação de áreas degradadas, e suas amêndoas são usadas na alimentação, crua cozida, torrada ou na forma de paçoca doce e salgada (SILVA, 2001).

O conhecimento da estrutura anatômica de uma madeira além de permitir a correta identificação da espécie permite melhor compreensão do comportamento deste material nas operações de desdobro, secagem, acabamento e preservação. O comportamento tecnológico da madeira é influenciado pela sua constituição anatômica e apresenta variação considerável entre espécies, entre indivíduos, mas principalmente dentro da mesma árvore, da medula em direção a casca e da base em direção ao topo (PANSWIN & DE ZEEUW, 1980).

A dimensão e quantidade das células que compõem o lenho, afeta diretamente as demais propriedades da madeira, principalmente física e sua resistência e rigidez. Alguns estudos têm estabelecido importantes relações entre as células e algumas propriedades da madeira, esta informação é útil para prever a qualidade da madeira para determinada utilização. Melo et al. (2016) observaram que a fração parede das fibras e a porção parede das fibras foram os parâmetros anatômicos que melhor explicaram a variação radial da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. Rahman et al. (2007) observaram relação positiva da largura e quantidade de raios sobre a densidade e resistência a compressão radial na madeira de teca. Chowdhury et al. (2012) informaram que o diâmetro dos vasos e porção de parede das fibras foram positivamente correlacionados com a densidade e a resistência a compressão na madeira de *Casuaria equisetifolia*.

Além do estudo anatômico, a determinação de propriedades físicas da madeira, principalmente da densidade básica, são parâmetros utilizados para determinar a melhor utilização deste material. Alterações dimensionais devido à perda ou ganho de umidade também são parâmetros importantes que devem ser considerados, principalmente, para o uso da madeira na fabricação de móveis, onde menor alteração volumétrica e baixo coeficiente anisotrópico são mais adequados (DINWOODIE, 2004; TRIANOSKLET al., 2013; TOMASI et al., 2013).

O principal objetivo desta pesquisa foi determinar a influência da dimensão e quantidade de células no lenho sobre algumas propriedades físicas da madeira de *Sterculia apetala* (Jacq.) H.Karst.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi coletado um disco de cada um dos dois espécimes obtido no Município de Parauapebas no Sudeste do estado do Pará (Latitude: 6° 4' 15" Sul e Longitude: 49° 54' 15" Oeste), região que se caracteriza pelo clima tropical úmido, classificado como Aw1, segundo Koppen. A região se divide em dois períodos, no qual o período chuvoso, se dá durante 7 meses, de novembro a maio; e seca, durante 5 meses, de junho a outubro (REYNAL, 1995).



Foram obtidos dois discos, retirados a 1,30 m do solo, com diâmetro médio de 50 cm e 6 cm de espessura, foram então retirados pranchões centrais na direção medula casca, do qual confeccionou-se corpos de prova nas dimensões 1 x 1 x 3 cm (direção radial, tangencial e axial respectivamente) para as propriedades físicas de densidade básica, contrações lineares e volumétricas, e sobrepostas a mesma retirou-se corpos de prova com a dimensão de 1 cm³ para as propriedades anatômicas.

No disco 1 foram confeccionados 18 corpos de prova e o disco 2 apresentou 21 corpos de prova, para cada parâmetro anatômico realizou 25 mensurações. O corte histológico proporcionou as medições de frequência por mm² dos vasos e dos raios, diâmetro tangencial dos vasos em μm , diâmetro e comprimento dos raios em μm . Após a maceração do material procede-se as medições do comprimento dos elementos de vaso (μm), comprimento e largura das fibras e diâmetro do lúmen (μm).

Os processos de análises foram realizados no Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira do curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII-Marabá e no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A caracterização anatômica do lenho se deu de acordo com a International Association of Wood Anatomists - IAWA (1989). As contrações lineares e volumétricas foram determinadas de acordo com a NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, 1997). A densidade básica foi determinada seguindo procedimento de ensaio especificado pela NBR 11941 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT (2003).

A partir dos valores médios obtidos nas posições radiais amostradas nas árvores, realizou-se análise de correlação de Pearson e regressão linear a 5% de significância, para verificar as relações funcionais entre a anatomia quantitativa e as propriedades físicas da madeira.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas correlações significativas entre alguns parâmetros anatômicos avaliados e as propriedades físicas da madeira.

De acordo com análise de correlação de Pearson observou-se que apenas a densidade de básica e a contração radial apresentaram correlações significativas com os parâmetros anatômicos analisados (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson entre as características anatômicas e as propriedades físicas avaliadas da madeira de *Sterculia apetala*

	<i>Db</i>	<i>Ctg</i>	<i>Cra</i>	<i>Cv</i>	<i>TR</i>
CF	0.018	0.169	-0.274	0.057	0.419
DF	0.275	-0.135	-0.451**	0.208	0.309
DLF	-0.380	-0.216	-0.112**	0.152	0.138
EPF	0.650**	0.012	-0.464	0.132	0.268
FPF	0.704**	0.174	-0.252	-0.038	0.096
FV	-0.119	-0.024	0.386	0.171	-0.588
CV	0.227	0.102	-0.240	-0.052	0.349
DV	0.817**	0.132	-0.551**	0.002	0.304
FR	-0.454**	-0.096	0.479**	-0.044	-0.384
LR	0.618**	0.175	-0.545**	-0.147	0.324
AR	-0.005	-0.123	0.063	-0.159	-0.071

CF: comprimento das fibras (μm); DF: diâmetro das fibras (μm); DLF: diâmetro do lúmen das fibras (μm); EPF: espessura da parede das fibras (μm); FPF: fração parede das fibras (μm);



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

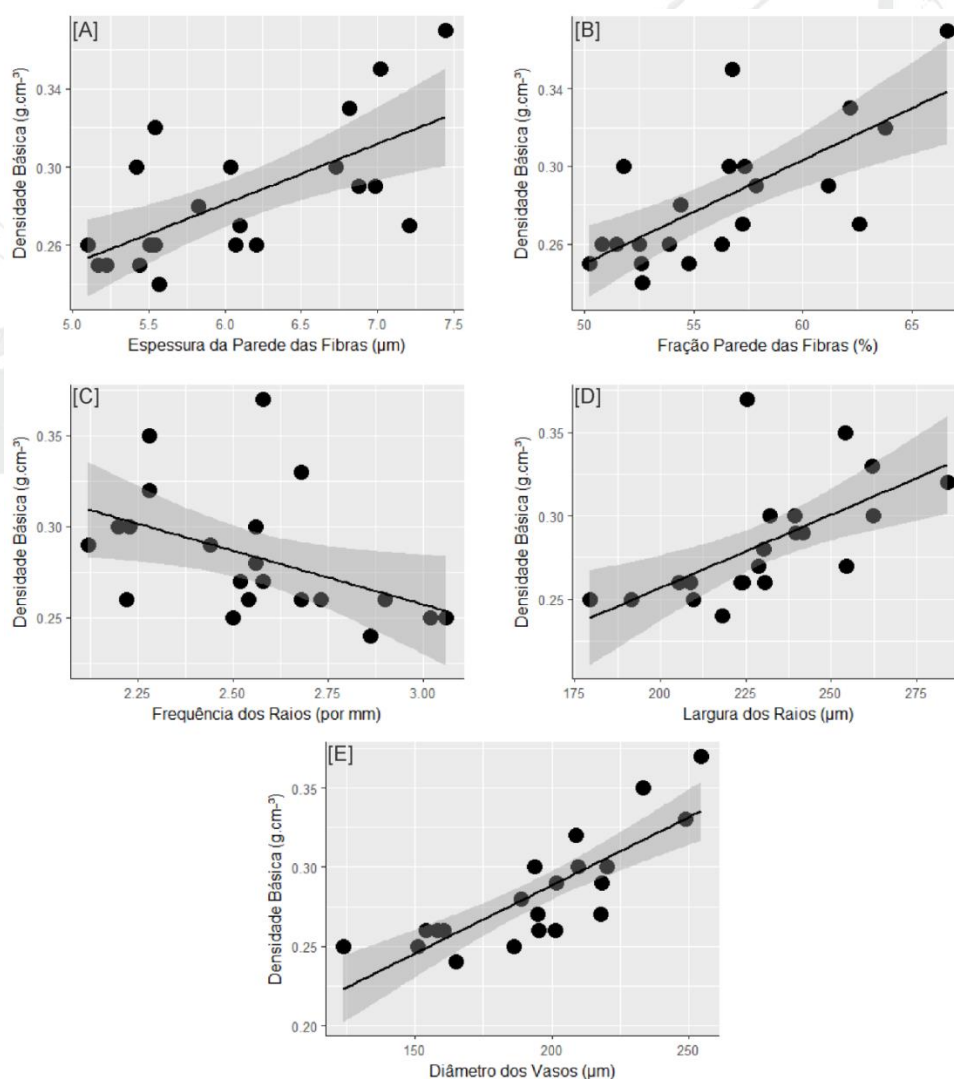
FV: frequência dos vasos(μm); CV: comprimento dos vasos(μm); DV: diâmetro dos vasos (μm); FR: frequência do raio(μm); LR: largura do raio (μm); AR: altura do raio (μm); Db: densidade básica (μm); Ctg: coeficiente contração tangencial (μm); Cra: coeficiente de contração radial (μm); Cv: coeficiente de contração volumétrica (μm); TR: coeficiente de anisotropia (μm). ** significativo a 5% de significância

A espessura da parede das fibras, a fração parede das fibras, o diâmetro dos vasos e a largura dos raios correlacionam-se positivamente com a densidade básica (Tabela 1), destes parametros o diametro dos vasos ($r = 0.81$) e a fração parede das fibras ($r = 0.65$) tiveram forte correlação positiva. Somente a frequência dos raios ($r = -0.45$) foi negativamente correlacionada com a densidade básica.

Para a propriedade física de contração radial, verificou-se correlações negativas significantes para diâmetro dos vasos, largura do raio, diâmetro das fibras, diâmetro do lúmen das fibras (Tabela 1) e o único parâmetro positivamente correlacionada a frequência do raio ($r = 0.47$).

Para as demais propriedades físicas avaliadas não foram observadas correlações significativas (Tabela 1).

O modelo linear simples foi o que melhor descreveu a influência dos parâmetros anatômicos sobre as propriedades físicas avaliadas (Figura 1, 2).



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Figura 1. Relação funcional entre, (A) espessura da parede das fibras $R^2= 0.42$, $F=13.9$, p -valor= 0.001; (B) fração parede das fibras $R^2 = 0.49$, $F= 18.71$, p -valor=0,0003, (C) frequência dos raios $R^2= 0.21$, $F=4.92$, p -valor=0,038, (D) largura dos raios $R^2 = 0.38$, $F= 11.74$, p -valor=0.002, (E) diâmetro dos vasos $R^2 = 0.30$, $F= 8.27$, p -valor= 0.009, com densidade básica.

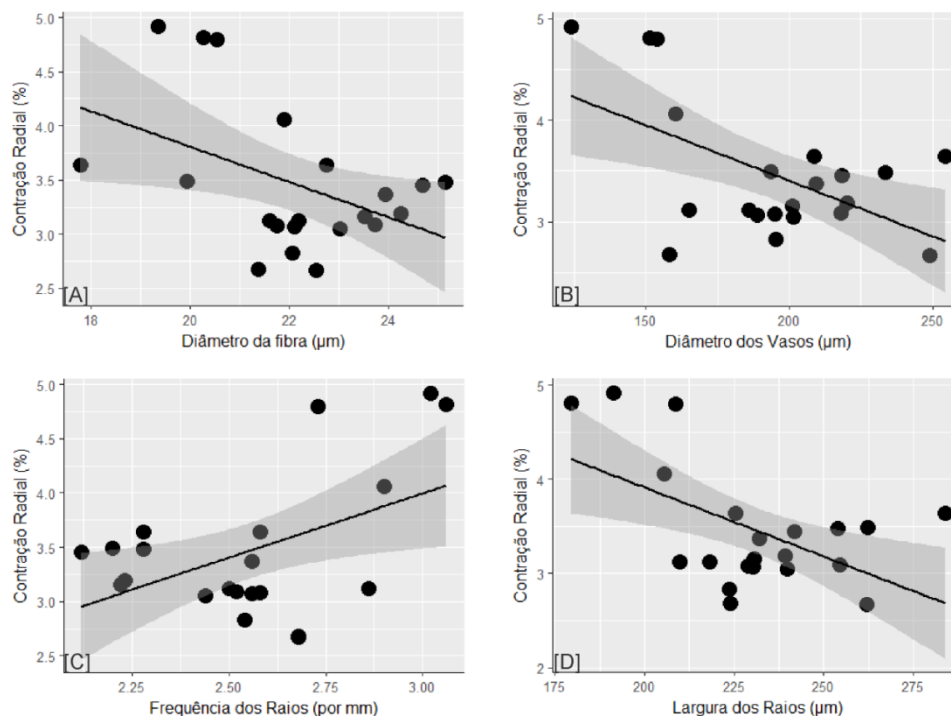


Figura 2. Relação funcional entre (A) diâmetro da fibra $R^2 = 0.20$, $F= 4.85$, p -valor=0.040; (B) diâmetro dos vasos $R^2 = 0.30$, $F=8.27$, p -valor=0.009; (C) frequência dos raios $R^2 = 0.23$, $F=5.65$, p -valor= 0.028; (D) largura dos raios $R^2 = 0.29$, $F= 8.03$, p -valor=0.010 com contração radial.

Observou-se dentro da variação radial avaliada que regiões fuste que apresentaram principalmente vasos de maior diâmetro e maior porção de parede das fibras, tenderam fortemente a apresentar maior densidade, o que indica que estes são importantes parâmetros de predição da densidade da madeira da espécie (Figura 1 A, B, E). Resultado semelhante foi descrito por Chowdhury et al. (2012) para a madeira de *Casuaria equisetifolia*, os autores encontraram que o aumento destes parâmetros anatômicos está intimamente relacionado a valores mais elevados de resistência a compressão da madeira. Segundo Poorter et al. (2010) na maioria das espécies de folhosas as fibras compõem a maior parte do tecido lenhoso (de 26 a 74% da área de secção transversal). Este fato torna compreensiva a influência desse parâmetro anatômico sob a densidade da madeira. Quanto ao diâmetro dos vasos, do ponto de vista fisiológico o aumento do diâmetro de vasos está relacionado com investimento do vegetal na eficiência hídrica, pois elementos de vasos de maior diâmetro são mais efetivos na condução de água, por unidade de área. Em contrapartida à eminente redução da frequência dos vasos ocorre maior ocupação do lenho por fibras de paredes espessas responsáveis pelo suporte mecânico do fuste e que consequentemente leva a produção de madeira mais densa (Chave et al. 2009).

Foi observado que a presença de raios mais largos esta moderadamente associada a maiores valores de densidade, enquanto que raios mais frequentes tem fraca tendência de reduzir a densidade básica da madeira (Figura 1 C, D). Para a espécie estudada o distanciamento da medula, a medida que se dá o crescimento em diâmetro da árvore, leva a menor frequência dos raios, pois estes tendem a ter maior dimensão, principalmente mais largos e esta uma forte correlação negativa ($r = -0,7369$, $p = 0,0001$), assim pode-se supor



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

que o aumento dos raios está relacionado a maior investimento do vegetal na resistência do fuste, pois está associado a madeira de maior densidade. Zheng et al. (2013) sugerem que quantidades maiores de tecido radial evoluíram para o maior resistência mecânica do caule. Rahman et al. (2007) estudando o efeito da variação de dimensão e quantidade dos raios com a densidade e resistência mecânica da madeira de *Tectona grandis*, os autores observaram que a maior proporção de raios altos e largos influenciou positivamente a densidade e a resistência a compressão radial da madeira de Teca, sugerindo que estes parâmetros sejam preditores da produção de árvores que produzem madeira de melhor qualidade.

Para a propriedade contração radial, observou-se que os parâmetros anatômicos de maior efeito foram o diâmetro dos vasos e a largura dos raios, no qual maiores valores destes parâmetros levaram menores contrações radiais na madeira e foram capazes de prever 30 e 29% da variação da contração radial respectivamente (Figura 2 B, D). Houve pequena, porém significativa tendência de aumento da contração radial, a partir do aumento da frequência dos raios (Figura 2 C). Acredita-se que de todos os parâmetros o que de fato tem efeito real sobre a contração radial, sejam a largura e frequência dos raios, sendo a interação observado com diâmetro dos vasos, reflexo da correlação positiva com a largura dos raios ($r = 0,70$, $p = 0,0003$).

4. CONCLUSÃO

Os parâmetros que melhor explicam a variação da densidade da madeira são, a proporção de parede das fibras e o diâmetro dos vasos. Parece haver também uma relação biomecânica nas árvores avaliadas da espécie, entre o aumento da dimensão dos raios seguido da redução da sua frequência, com a resistência mecânica do fuste, dada a correlação positiva estabelecida entre o aumento de largura desta celular com a densidade da madeira.

A contração radial foi melhor explicada pela largura dos raios, em que raios mais largos tendem propiciar valores mais baixos de contração radial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Madeira - Determinação da Densidade Básica. NBR 11941/2002. São Paulo - ABNT - 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Madeira - Projetos De Estrutura De Madeira. NBR 7190/1997. São Paulo - ABNT - 1997.

Biblioteca Conmemorativa Orton. Disponível em: <<http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A0008s/A0008s74.pdf>>.. Acesso em: 09 Mai. 2017

CHAVE, Jerome et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. Ecology letters, v. 12, n. 4, p. 351-366, 2009.

CHOWDHURY, Md Qumruzzaman et al. Variation in anatomical properties and correlations with wood density and compressive strength in *Casuarina equisetifolia* growing in Bangladesh. Australian forestry, v. 75, n. 2, p. 95-99, 2012.

DINWOODIE, J. M. Timber: its nature and behavior. Second edition, BRE, E & FN Spon, New York, 2004.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

ESTEVES, G. 2015. Sterculia in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23607>>. Acesso em: 8 Mai. 2017.

Forest Products Laboratory. Wood Handbook - Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 1999.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscope features for hardwood identification. Iawa Bulletin, Leiden, v. 10, p. 234-332, 1989.

KOLLMAN, F.F.P., CÔTÉ-JUNIOR, W.A. Principles of Wood Science and Technology: I wood solid. Berlin: SpringerVerlag; 1968.

MELO, L. et al. Influence of genetic material and radial position on the anatomical structure and basic density of wood from Eucalyptus spp. and Corymbia citriodora. Scientia Forestalis, n. 111, p. 611-621, 2016.

REYNAL, V.D.; MUCHAGATA, M.G.; TOPALL, O.; HÉBETTE, J. Agriculturas familiares e desenvolvimento em frente pioneira amazônica. Belém: LASAT/U FPA/G RET/UAG, 48 p., 1995.

OLIVEIRA, J. T da. S.; HELLMEISTER, J. C.; FILHO, M.T. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de Eucalipto. Sociedade de Investigações Florestais. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.1, 2005.

OLIVEIRA, J.T.S., SILVA, J.C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de Eucalyptus saligna Sm. Revista Árvore 2003; 27(3):381-385.

REZENDE, M.A., SAGLIELLI, J.R.C., GUERRINI, I.A. Estudo das interrelações entre umidade, densidade e retratibilidade da madeira de Pinus caribaeae var. hondurensis aos 8 anos de idade. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais 1998; 48/49:113-141.

SILVA POUBEL, DALLYENE et al. Estrutura anatômica e propriedades físicas da madeira de Eucalyptus pellita F. Muell. Floresta e Ambiente, v. 18, n. 2, p. 117-126, 2011.

TOMASI, J. C.; TRAMONTINA, J.; TRES, J.; CHECHI, L.; TREVISAN, R. Propriedades físicas da madeira de Ateleia glazioviana Baill. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.9, n.16, p. 1824-1832, 2013.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de pinus tropicais. Floresta e Ambiente, jul./set.; 20 (3): 398-406. 2013.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. New York. Mc. Graw-hill. Company, 705p. 1980.

POORTER, L.; MCDONALD, I.; ALARCÓN, A.; FICHTLER, E.; LICONA, J. C.; PEÑA-CARLOS, M.; STERCK, F.; VILLEGAS, Z.; SASS-KLAASSEN, U. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. New Phytologist, Hoboken, v. 185, n. 2, p. 481-492, 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

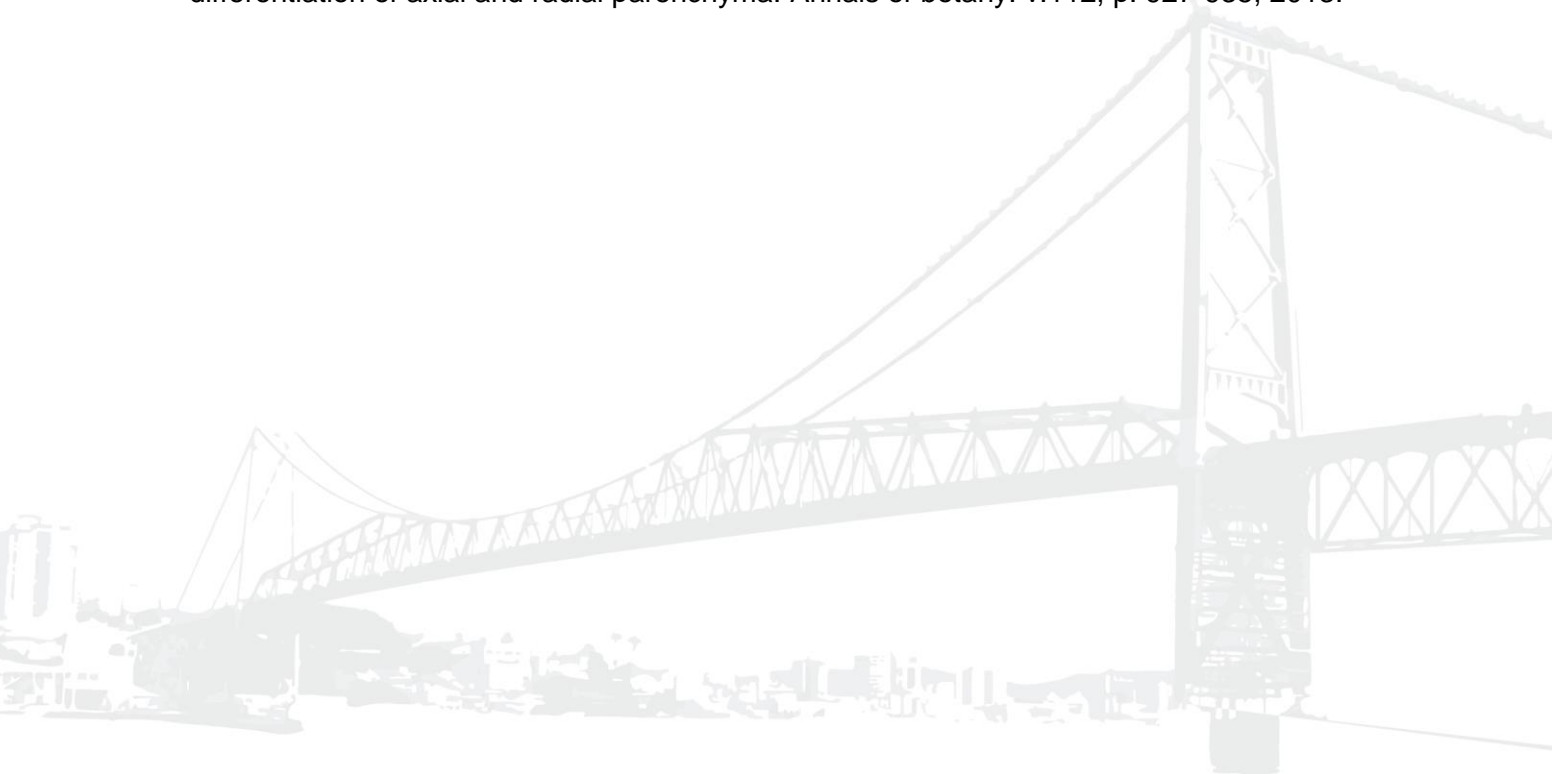
Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

RAHMAN, M. M.; FUJIWARA, S.; KANAGAWA, Y. Variations in volume and dimensions of rays and their effect on wood properties of teak. *Wood Fiber Science*, v.37, p. 497-504, 2007.

SILVA, H. A da.; PEREIRA, K. R. M.; FREIRE, A. P. F.; MELO, K. F de. Variação radial das propriedades físicas em discos de madeira oriundos de resíduos de laminação de três espécies tropicais. *Amazônia: Ci. & Desenv.*, Belém, v. 7, n. 14. 2012. 18p.

SILVA, D.B.; SILVA, J.A.; JUNQUEIRA, N.T.V; ANDRADE, L.R.M. *Frutas do cerrado*. Brasília: Embrapa; 2001.

ZHENG, J. M.; MARTINEZ-CABRERA, H.I. Wood anatomical correlates with theoretical conductivity and wood density across China: evolutionary evidence of the functional differentiation of axial and radial parenchyma. *Annals of botany*. v.112, p. 927-935, 2013.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

