

CORRELAÇÕES ENTRE ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS, CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Luehea divaricata* Mart. MALVACEAE (TILIACEAE)¹

CORRELATIONS AMONG SOME PHYSICAL PROPERTIES, CHEMICAL AND ANATOMICAL FEATURES IN THE WOOD OF *Luehea divaricata* Mart. MALVACEAE (TILIACEAE)

Eduardo Luiz LONGUI^{2,5}; Israel Luiz de LIMA²;
Francides Gomes da SILVA JÚNIOR³; Itiberê Moura Sckerratt SUCKOW⁴;
Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM²

RESUMO – Objetivou-se caracterizar a densidade básica, retrações lineares e volumétrica e teores de extrativos, lignina e holocelulose, no sentido medula-casca da madeira de *Luehea divaricata*, bem como investigar as correlações existentes entre as características mencionadas, a densidade aparente e a estrutura anatômica. Em todas as análises empregaram-se as técnicas usuais para a determinação das propriedades físicas, características anatômicas e constituintes químicos da madeira, sendo os resultados determinados por meio de análise de variância, testes de comparações múltiplas e análises de correlação de Pearson. Os resultados revelaram a tendência de diminuição do teor de extrativos da medula para a casca, já o teor de lignina diminuiu da medula para a posição intermediária e aumentou na casca, consequentemente o teor de holocelulose apresentou valores menores na região próxima à casca. Entre as propriedades físicas, a retração tangencial, índice de anisotropia e densidade básica tenderam a aumentar gradativamente da medula para a casca; a retração volumétrica diminuiu na região intermediária e aumentou na casca, apresentando seu maior valor; já a retração radial também diminuiu na região intermediária com relação à medula, mostrando um aumento na casca, no entanto este valor foi menor do que o registrado na medula. O teor de extrativos apresentou correlações positivas com a frequência dos raios e o diâmetro das fibras e correlações negativas com diâmetro dos vasos e a largura dos raios multisseriados. O teor de holocelulose correlacionou-se positivamente com a largura dos raios multisseriados e unisseriados. Ocorreram correlações positivas entre a espessura da parede das fibras e a densidade básica e densidade aparente. O teor de lignina mostrou correlação positiva com a retração radial. O teor de holocelulose apresentou correlações negativas com a retração volumétrica e retração radial.

Palavras chave: composição química; densidade básica; elementos anatômicos; retração volumétrica; variação radial.

ABSTRACT – The aims of this study were to characterize the basic density, linear and volumetric shrinkage and extractives, lignin and holocellulose contents in the pith-bark in the wood of *Luehea divaricata* and to investigate the correlations among the above characteristics, the specific gravity and anatomical structure. Standard techniques in physical properties, anatomical features and chemistry of wood were employed. The data were evaluated by analysis of variance, multiple comparison tests and Pearson Product Moment Correlation. The results showed a decreasing trend in the extractives content from pith to bark, the lignin content decreased from pith to intermediate position and increased in the bark, the opposite result occurred for the holocellulose content, with lower values observed in the bark. Among the physical properties, the tangential shrinkage, anisotropy index and basic density tended to increase gradually from pith to bark. The total shrinkage decreased in the intermediate region and increased in the bark, with its highest value.

¹Recebido para análise em 10.02.2009. Aceito para publicação em 12.04.2010.

²Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

³Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil.

⁴Graduando em Engenharia Ambiental, Faculdades Oswaldo Cruz, São Paulo, SP, Brasil.

⁵Autor para correspondência: Eduardo Luiz Longui – elongui@if.sp.gov.br.

The radial shrinkage also decreased in the region intermediate with respect to the pith, showing an increase in the bark, but this value was lower than that founded in the pith. The extractives content showed positive correlations with the frequency of rays and the fibers diameter and negatively correlated with vessel diameter and width of multiseriate rays. The holocellulose content presented positive correlations with the width of the multiseriate and uniseriate rays. There were positive correlations between the fiber wall thickness and basic density and specific gravity. The lignin content presented positive correlation with the radial shrinkage. The holocellulose content showed negative correlations with the total and radial shrinkage.

Keywords: anatomical elements; chemical composition; basic density; radial variation; volumetric shrinkage.

1 INTRODUÇÃO

Estabelecer correlações entre propriedades físicas e características químicas e anatômicas das madeiras é de fundamental importância para melhor compreensão das possibilidades de uso das diferentes espécies madeireiras.

A densidade aparente, uma propriedade física, é mencionada por muitos autores como uma das mais importantes por indicar variações em outras propriedades das madeiras, sendo que as mesmas são decorrentes das diferenças nas dimensões e frequências das células e características e teores dos constituintes da parede celular, além da presença e teor de extrativos (Kollmann e Côté Jr., 1968; Panshin e De Zeeuw, 1980; Rao et al., 1997; Hoadley, 2000). Essa heterogeneidade estrutural também influencia em outra propriedade física, a retração volumétrica, e ocasiona alterações nas dimensões das peças, resultando em empenamentos, rachaduras e problemas com encaixes. Assim, é de extrema importância entender como tais propriedades influenciam na fabricação e comportamento de um determinado produto em uma espécie de madeira (Miller, 1999).

Quanto às características químicas, destaca-se a celulose, componente estrutural de todas as paredes celulares, contribuindo com cerca de 15 a 30% da massa seca de todas as paredes primárias, estando ainda presente em maior porcentagem nas paredes secundárias (Carpita e McCann, 2000). Já as hemiceluloses são polissacarídeos não celulósicos e relacionam-se com a celulose na parede das células (Fengel e Wegener, 1989 apud Perissotto, 2005). A holocelulose é o conjunto de celulose e hemiceluloses.

A lignina é outro constituinte das paredes celulares e o principal componente de algumas paredes secundárias, tornando a parede mais rígida e resistente à degradação (Jordão e Andrade, 2000; Carpita e McCann, 2000). Os extrativos são substâncias formadas a partir de alterações dos carboidratos produzidos na fotossíntese e podem responder por mais de 20% do peso seco em madeiras tropicais. Estão presentes nas células parenquimáticas e no lume dos vasos e são constituídos por uma série de compostos orgânicos. Os extrativos atuam como material de reserva, ou como parte do mecanismo de defesa das plantas ao ataque de micro-organismos, além de contribuir para a cor e odor das madeiras (Panshin e De Zeeuw, 1980; Pettersen, 1984).

Em estudo anterior com as mesmas amostras de *Luhea divaricata*, Longui et al. (2009) descreveram que o diâmetro dos vasos, a espessura da parede das fibras e a densidade aparente foram significativamente menores na região da medula, já o lume das fibras foi significativamente maior nesta região. Os raios na região da medula apresentaram grandes dimensões devido à fusão entre eles. Com base nesses resultados, sugeriu-se que o maior volume dos raios e a menor espessura da parede das fibras na região da medula contribuíram para a ocorrência dos menores valores de densidade aparente.

Neste estudo, os objetivos foram caracterizar a variação na densidade básica, retrações lineares e volumétrica e teores de extrativos, lignina e holocelulose, no sentido medula-casca da madeira de *Luhea divaricata*, bem como investigar as correlações existentes entre as propriedades mencionadas e a densidade aparente e as características anatômicas reportadas por Longui et al. (2009).

2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de madeira foram coletadas no Parque Estadual Cantareira – PEC, área de Floresta Ombrófila Densa, situada na cidade de São Paulo, entre os municípios de Mairiporã, Caieiras e Guarulhos. Suas coordenadas geográficas são: 23°22'S e 46°36'W, com uma área de aproximadamente 5.600 ha. No PEC, a precipitação média anual é de 1.320 mm com temperatura média anual de 19,9 °C. O clima segundo o sistema de classificação de Köppen é do tipo Cfb, temperado sem estação seca (Negreiros et al., 1974; Alceu Jonas Faria, comunicação pessoal). As amostras em forma de discos foram retiradas de três árvores de *Luhea divaricata* identificadas no campo, com diâmetro à altura do peito – DAP médio de 16,5 cm. Partes de cada amostra foram registradas e depositadas na Xiloteca do Instituto Florestal (SPSFw) com os seguintes números: 3542, 3543 e 3544. A partir do disco de cada árvore, com auxílio de serra de fita retiraram-se corpos-de-prova em três posições no sentido medula-casca para a análise das propriedades físicas (densidade básica e retrações lineares e volumétrica) e análises químicas (teores de extrativos, lignina e holocelulose).

Para a densidade básica empregou-se o método da balança hidrostática, segundo Foelkel et al. (1971). Os corpos-de-prova foram saturados por meio de tratamento em sistema com dessecador e bomba a vacuo por 72 h para a obtenção de suas massas úmidas e imersas. Posteriormente, as mesmas foram secas em estufa para a determinação da massa seca constante a 105 ± 3 °C.

A partir dos valores obtidos foi empregada a expressão:

$$DB = \frac{M_s}{M_u - M_i},$$

em que: DB = densidade básica (g cm^{-3}); M_s = massa da madeira a 0% de umidade (g); M_u = massa da madeira úmida (g); M_i = massa da madeira imersa (g).

A retração volumétrica foi obtida dos mesmos corpos-de-prova empregados para a densidade básica, de acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1997).

A expressão utilizada foi:

$$\varepsilon_v = \frac{V_u - V_s}{V_u} 100$$

em que: ε_v =: retração volumétrica, %; V_u = volume úmido, cm^3 ; V_s = volume seco, cm^3 .

A retração tangencial (RT), retração radial (RR) e o índice de anisotropia (T/R) foram determinados de acordo com metodologia descrita por Galvão e Jankowsky (1985).

As amostras para as análises químicas foram fragmentadas em pedaços menores com martelo e formão e trituradas em micromoinho de facas. O pó resultante foi classificado em peneiras de malha 40 e 60 mesh sendo selecionado o material retido na última peneira. Inicialmente, pesou-se 1 g de cada amostra, em triplicata. Para as análises empregou-se a norma TAPPI T20 e T222 (Technical Association of Pulp and Paper Industry – TAPPI, 1998) teor de extrativos e teor de lignina, respectivamente, o teor de holocelulose foi obtido por diferença a partir da expressão:

$$\text{Holocelulose}(\%) = [100 - (\text{extrativos}(\%) + \text{lignina}(\%))].$$

Na análise estatística empregou-se o programa SigmaStat 3.5 (SPSS Incorporation). Na análise comparativa, os resultados foram avaliados por meio de análise de variância para medidas repetidas. A correlação entre diferentes variáveis foi determinada por meio de correlação de Pearson.

Nas análises de correlação foram empregados os dados de densidade aparente e das características anatômicas reportados em estudo anterior (Longui et al., 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados para os constituintes químicos e propriedades físicas, verifica-se que não ocorreram diferenças significativas entre as posições radiais (Figuras 1 e 2). Entretanto, observou-se a tendência de diminuição do teor de extrativos da medula para a casca, já o teor de lignina diminuiu da medula para a posição intermediária e aumentou na casca, resultado inverso ocorreu para o teor de holocelulose, com os menores valores observados na região próxima à casca (Figura 1). As informações sobre os teores de extrativos, lignina e holocelulose da madeira são escassas para a maioria das espécies nativas; para *L. divaricata* a única informação encontrada foi para o teor de lignina (26,3%), reportada por Carvalho (2003), sendo este valor próximo ao do obtido no presente estudo (25,1%), valor médio entre as três posições. A variação radial no teor de extrativos pode influenciar, entre outras características,

a cor e resistência natural das madeiras, uma vez que as regiões do tronco com maior resistência são aquelas com maiores teores de extrativos (Oliveira et al., 1986). Paes et al. (2004), avaliando a resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em diferentes posições radiais, encontrou correlação positiva entre o teor de extrativos solúveis em água quente e a resistência das madeiras de *Myracrodruon urundeuva* e *Schinopsis brasiliensis*.

Entre as propriedades físicas da madeira de *L. divaricata*, a retração tangencial, o índice de anisotropia e a densidade básica tenderam a aumentar gradativamente da medula para a casca. A retração volumétrica diminuiu na região intermediária e aumentou na casca, onde apresentou seu maior valor. Já a retração radial também diminuiu na região intermediária com relação à medula, mostrando um aumento na casca; no entanto, este valor foi menor do que o registrado na medula (Figura 2).

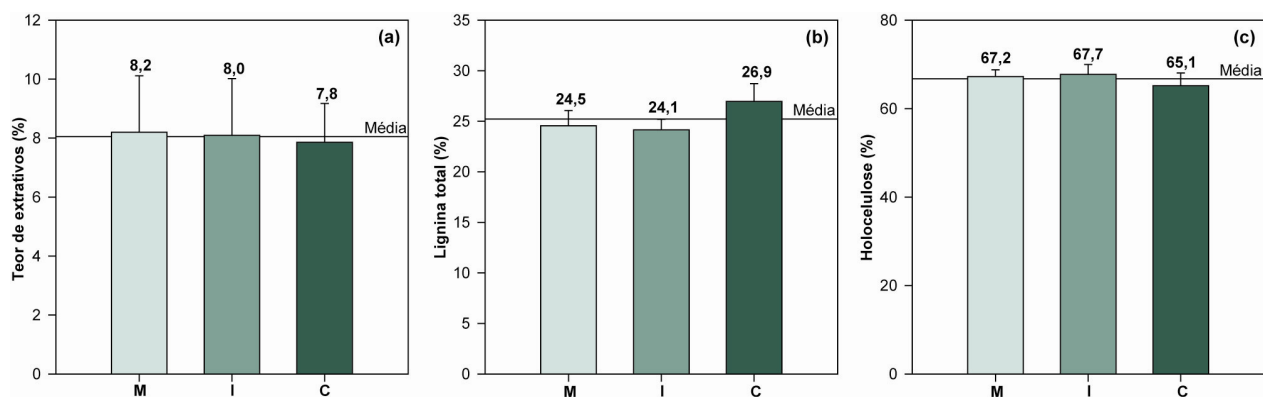


Figura 1. Variação radial no teor dos constituintes químicos na madeira de *Luehea divaricata*: (a) extrativos totais, (b) lignina total e (c) holocelulose entre as diferentes posições radiais.

M = medula; I = intermediária; C = casca.

Figure 1. Radial variation in the content of chemical constituents in wood of *Luehea divaricata*: (a) total extractives, (b) total lignin, and (c) holocellulose among different radial positions.

M = pith; I = intermediate; C = bark.

LONGUI, E.L. et al. Correlações entre algumas propriedades físicas, características químicas e anatômicas da madeira de *Luehea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae).

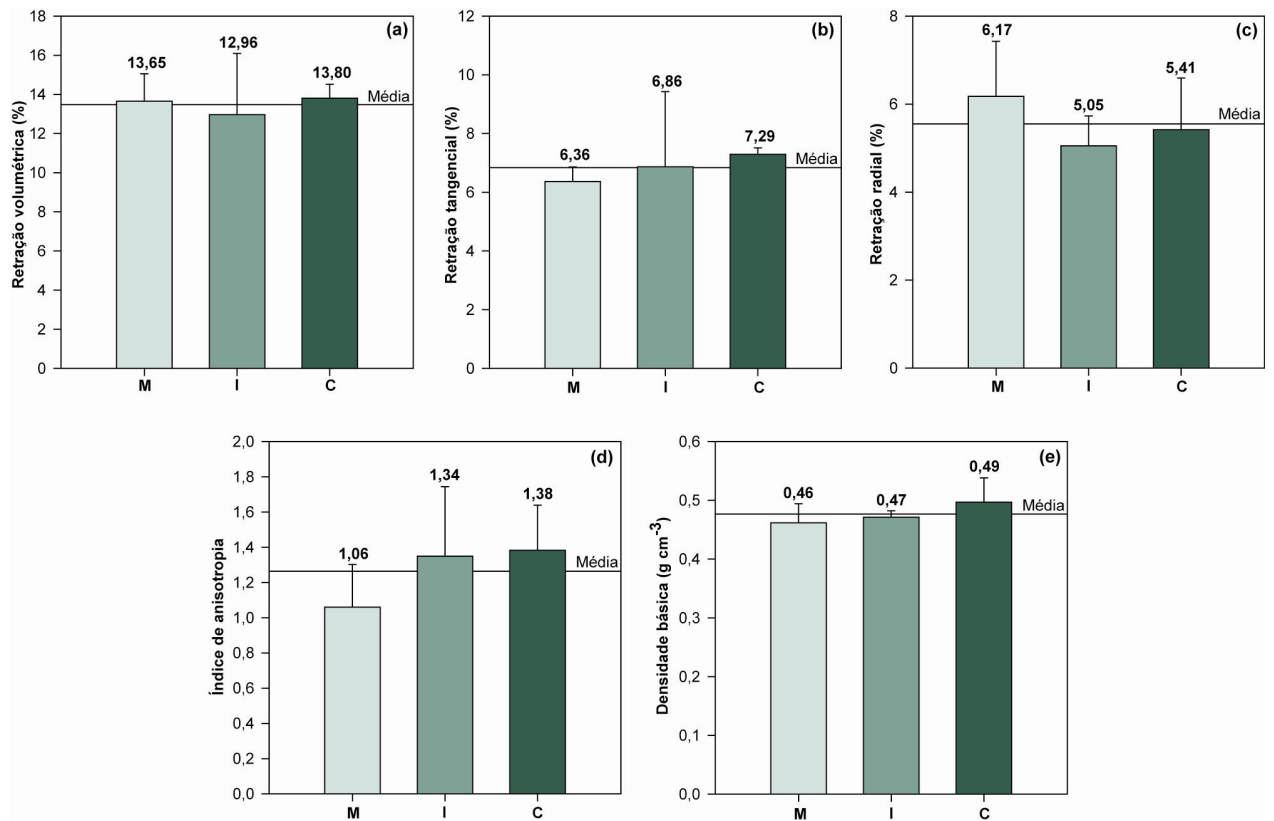


Figura 2. Variação radial de propriedades físicas na madeira de *Luehea divaricata*: (a) retração volumétrica, (b) retração tangencial, (c) retração radial, (d) índice de anisotropia e (e) densidade básica.

M = medula; I = intermediária; C = casca.

Figure 2. Radial variation of physical properties in wood of *Luehea divaricata*: (a) volumetric shrinkage, (b) tangential shrinkage, (c) radial shrinkage, (d) anisotropy index and (e) basic density.

M = pith; I = intermediate; C = bark.

A retração volumétrica apresentou valor médio de 13,47%, considerada média, uma vez que segundo Mainieri e Chimelo (1989), valores entre 12,33 e 19,39% caracterizam retração volumétrica média. Rizzini (1971) e Lorenzi (1998) também classificaram *L. divaricata* na mesma categoria.

O valor médio da retração tangencial, de 6,4% foi menor, enquanto a retração radial, de 5,8%, foi maior do que os valores mencionados por Mainieri e Chimelo (1989), de 8,3 e 3,5%, respectivamente. O índice de anisotropia médio de *L. divaricata* foi de 1,26. Oliveira e Silva (2003) mencionam que o índice de anisotropia em geral varia de 1,5 a 2,5, sendo que em madeiras com valores próximos do valor máximo, a tendência ao fendilhamento e empenamento da madeira será maior. Segundo Nock et al. (1975) apud Logsdon e Penna (2004), o valor encontrado para *L. divaricata* é uma das características que propiciam material de excelente qualidade para a confecção de diversos produtos, tais como móveis finos, esquadrias, barcos, aparelhos musicais e aparelhos de esporte.

A densidade básica encontrada no presente estudo ($0,47 \text{ g cm}^{-3}$) foi inferior do que àquela ($0,53 \text{ g cm}^{-3}$) mencionada por Carvalho (2003), estas diferenças podem ser devidas à idade das árvores, pois as amostras aqui empregadas apresentaram DAP médio de 16,5 cm, enquanto Carvalho (2003) descreveu que árvores adultas de *L. divaricata* podem atingir até 100 cm de DAP. No presente estudo, foi observada a tendência de aumento da densidade básica na direção da casca. Em estudo anterior com os mesmos discos, Longui et al. (2009) notaram aumento significativo da densidade aparente no sentido da casca, de acordo com este resultado, supõe-se que valores significativamente mais altos para densidade e retração volumétrica possam ser observados em amostras obtidas próximas da casca em árvores de *L. divaricata* com maiores diâmetros. Reforçando essa tendência, citam-se Teixeira (2008) estudando *Anadenathera peregrina*, Suckow et al. (2009) em *Anadenathera colubrina*, os quais encontraram maiores densidades próximas da casca e Gonçalves et al. (2009) que estudaram a densidade básica e a retração da madeira em híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*,

encontrando maiores valores para as duas propriedades em regiões mais próximas da casca.

Ao analisar as correlações entre as características estudadas, foram notadas correlações significativas entre as características anatômicas, químicas e as propriedades físicas (Tabela 1) e entre as características químicas e as propriedades físicas (Tabela 2).

O teor de extrativos apresentou correlações significativas com quatro características anatômicas: diâmetro dos vasos (-0,778), largura dos raios multisseriados (-0,826), frequência dos raios (0,910) e diâmetro das fibras (0,746). Trugilho et al. (1996) encontraram correlação negativa entre o teor de extrativos e o diâmetro das fibras. Em estudo anterior com as mesmas amostras, Longui et al. (2009) encontraram vasos de menor diâmetro na região da medula, sem variação da frequência destas células; no entanto, nesta mesma região, havia grande quantidade de raios fusionados que poderiam servir de local de armazenamento de extrativos, o que explicaria o maior teor destas substâncias observado na região da medula (Figura 1a).

O teor de holocelulose correlacionou-se positivamente com a largura dos raios multisseriados (0,882) e raios unisseriados (0,867). Não foram encontrados, na literatura, estudos que avaliaram as correlações entre as dimensões dos raios e as características químicas nessa ou em outra madeira.

Também foram observadas correlações positivas entre a espessura da parede das fibras e a densidade básica (0,667) e densidade aparente (0,817); com base nestes resultados, infere-se que fibras com paredes mais espessas possuem proporcionalmente mais massa, o que influencia positivamente na densidade da madeira. Resultados semelhantes foram encontrados por Denne e Hale (1999) em *Nothofagus nervosa*, Quilhó et al. (2006) em híbridos de *E. grandis* e *E. urophylla*, e Longui (2009) em *Dipteryx* spp. Armstrong (2003), em estudo com diversas espécies de eucalipto, menciona que conforme as árvores ficam adultas há uma tendência de aumento na espessura da parede das fibras associada à diminuição no lume o que corresponde ao aumento na densidade da madeira.

LONGUI, E.L. et al. Correlações entre algumas propriedades físicas, características químicas e anatômicas da madeira de *Luhea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae).

Tabela 1. Coeficiente de Correlação de Pearson entre as características anatômicas, constituintes químicos e propriedades físicas na madeira de *Luhea divaricata*. # = dados de Longui et al. (2009).

Table 1. Pearson's correlation coefficient among the anatomical features, chemical constituents and physical properties in wood of *Luhea divaricata*. # = data from Longui et al. (2009).

Características anatômicas#	Constituintes químicos e propriedades físicas									
	ET	LT	HO	RV	RT	RR	IA	DB	DA#	
CV	0,418	0,255	-0,476	0,463	-0,134	0,561	0,002	-0,172	-0,158	
DV	-0,778**	0,004	0,508	-0,366	-0,215	-0,241	0,167	-0,571	0,028	
FV	0,432	-0,392	0,026	0,200	0,432	-0,107	0,518	0,284	0,085	
ARM	-0,380	0,659	-0,280	0,009	-0,326	0,179	-0,057	0,331	-0,260	
ARU	0,538	0,510	-0,672	0,640	0,198	0,373	0,097	0,273	-0,194	
LRM	-0,826*	-0,581	0,882*	-0,696	-0,132	-0,522	0,123	-0,438	-0,161	
LRU	-0,655	-0,687	0,867*	-0,397	0,231	-0,563	0,503	-0,500	-0,402	
FR	0,910**	0,371	-0,772	0,804	0,298	0,515	0,041	0,292	0,087	
CF	-0,273	-0,013	0,190	0,005	-0,239	0,232	-0,017	-0,412	0,238	
DF	0,746*	-0,043	-0,455	0,466	0,080	0,431	0,096	-0,029	-0,057	
LF	0,528	-0,325	-0,089	0,273	0,145	0,224	0,057	-0,347	-0,456	
PF	0,269	0,482	-0,558	0,217	-0,062	0,192	0,090	0,667*	0,817**	

CV = comprimento dos elementos de vaso; DV = diâmetro dos vasos; FV = frequência de vasos; ARM = altura dos raios multisseriados; ARU = altura dos raios unisseriados; LRM = largura dos raios multisseriados; LRU = largura dos raios unisseriados; FR = frequência dos raios; CF = comprimento das fibras; DF = diâmetro das fibras; LF = lume das fibras; PF = espessura da parede das fibras; ET = extrativos totais; LT = lignina total; HO = holocelulose; RV = retração volumétrica; RT = retração tangencial; RR = retração radial; IA = índice de anisotropia; DB = densidade básica; DA = densidade aparente. # = dados obtidos de Longui et al. (2009).

* e ** significativos a 5% e 1%.

CV = vessel element length; DV = vessel diameter; FV = vessel frequency; ARM = height multiseriate rays; ARU = height uniseriate rays; LRM = width multiseriate rays; LRU = width uniseriate rays; FR = rays frequency; CF = fibers length; DF = fibers diameter; LF = fibers lumen diameter; PF = fibers wall thickness; ET = total extractives; LT = total lignin; HO = holocellulose; RV = volumetric shrinkage; RT = tangential shrinkage; RR = radial shrinkage; IA = anisotropy index; DB = basic density; DA = specific gravity. # = data from Longui et al. (2009).

* and ** significant at 5% and 1%.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson entre as características químicas e propriedades físicas na madeira de *Luhea divaricata*. # = dados de Longui et al. (2009).Table 2. Pearson's correlation coefficient between chemical constituents and physical properties in wood of *Luhea divaricata*. # = data from Longui et al. (2009).

Características químicas	Propriedades físicas					
	RV	RT	RR	IA	DB	DA [#]
ET	0,577	0,491	0,195	0,239	0,492	0,129
LT	0,439	-0,457	0,693*	-0,326	0,416	0,190
HO	-0,726*	0,039	-0,676*	0,100	-0,652	-0,235

Abreviações indicadas na Tabela 1. * = significativo a 5%.

Abbreviations listed in Table 1. * = significant at 5%

Diversos autores reportaram que variações nos teores dos constituintes da parede celular e extrativos presentes nas células parenquimáticas e no lume dos vasos contribuem para diferenças nas propriedades das madeiras (Panshin e De Zeeuw, 1980; Obataya et al., 1998; Sakai et al., 1999; Bergander e Salmén, 2002). Takaaki et al. (2007) e Salmén e Bergström (2009) encontraram correlação positiva entre o teor de celulose e a rigidez e resistência à flexão da madeira.

Conforme apresentado na TABELA 2, não foram observadas correlações entre o teor de extrativos e as propriedades físicas estudadas. Já o teor de lignina mostrou correlação positiva com a retração radial. Resultado similar foi descrito por Trugilho et al. (2003) em estudo com clones de *E. grandis* e *E. saligna*, os autores encontraram correlação positiva do teor de lignina com a retração radial e tangencial.

O teor de holocelulose apresentou correlações negativas com a retração volumétrica (-0,726) e retração radial (-0,676), estes resultados revelam que quanto maior o teor de holocelulose nas paredes das células, menores são as retrações. Resultado diferente foi reportado por Chafe (1986) em estudo com espécies de eucalipto e outras madeiras, o autor encontrou correlação positiva entre a retração volumétrica e o teor de polissacarídeos (celulose e holocelulose) e correlação negativa com os teores de lignina e extrativos.

Santos (2008) obteve correlação positiva entre o teor de holocelulose e a densidade básica em espécies de cerrado. No presente estudo nenhuma correlação foi observada entre os teores dos constituintes químicos e as densidades aparente e básica da madeira de *L. divaricata*.

4 CONCLUSÕES

Embora pareçam existir algumas tendências para as características químicas e propriedades físicas com relação à variação radial na madeira de *L. divaricata*, possivelmente devido à pequena amostragem não foram observadas variações comprovadas estatisticamente.

O teor de extrativos apresentou correlações positivas com a frequência dos raios e o diâmetro das fibras e correlações negativas com diâmetro dos vasos e a largura dos raios multisseriados. O teor de holocelulose correlacionou-se positivamente com a largura dos raios multisseriados e unisseriados.

Existiram correlações positivas entre a espessura da parede das fibras e a densidade básica e densidade aparente.

O teor de lignina mostrou correlação positiva com a retração radial. O teor de holocelulose apresentou correlações negativas com a retração volumétrica e retração radial.

LONGUI, E.L. et al. Correlações entre algumas propriedades físicas, características químicas e anatômicas da madeira de *Luhea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, M. **Wood quality** – a review of wood quality requirements for processing and the development of non-destructive evaluation techniques for wood property traits. Brisbane: Hardwoods Queensland, Queensland Forestry Research Institute, DPI, 2003. n. 6.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Projeto de estruturas de madeira**: projeto NBR 7190/1997. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BERGANDER, A.; SALMÉN, L. Cell wall properties and their effects on the mechanical properties of fibers. **Journal Material Science**, n. 37, p. 151-156, 2002.

CHAFE, S.C. Collapse, volumetric shrinkage, specific gravity and extractives in Eucalyptus and others species: part I – the shrinkage/specific gravity ratio. **Wood Science and Technology**, v. 20, n. 4, p. 293-307, 1986.

CARPITA, N.; McCANN, M. The cell wall. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. (Ed.). **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 52-109.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

DENNE, M.P.; HALE, M.D. Cell wall and lumen percentages in relation to wood density of *Nothofagus nervosa*. **IAWA Journal**, v. 20, n. 1, p. 23-26, 1999.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M; BARRICHELO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, n. 2/3, p. 65-74, 1971.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

GONÇALVES, F.G. et al. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, 2009.

HOADLEY, B. **Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology**. 2. ed. Newtown: Taunton Press, 2000. 280 p.

JORDÃO, B.Q.; ANDRADE, C.G.T.J. Célula vegetal. In: JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. (Ed.). **Biologia celular e molecular**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 399 p.

KOLLMANN, F.; CÔTE Jr., W.A. **Principles of wood science and technology**. New York: Solid Wood, Springer, 1968. v. 1, 492 p.

LOGSDON, N.B.; PENNA, J.E. Análise comparativa entre os coeficientes de anisotropia dimensional da madeira, no inchamento e na retração. **Agricultura Tropical**, v. 8, n. 1, p. 9-20, 2004.

LONGUI, E.L. **Potencial de madeiras nativas na fabricação de arcos para instrumentos de corda**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.

_____. et al. Variação anatômica radial do lenho de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente. **Rev. Inst. Flor.**, v. 21, n. 2, p. 181-190, 2009.

LORENZI, H. **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1989. 420 p.

MILLER, R.B. Characteristics and availability of commercially important woods. In: **Woodhandbook** – wood as an engineering material. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 463 p. (General Technical Report FPL-GTR-113).

LONGUI, E.L. et al. Correlações entre algumas propriedades físicas, características químicas e anatômicas da madeira de *Luhea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae).

NEGREIROS, O.C. et al. **Plano de Manejo para o Parque Estadual da Cantareira**. São Paulo: Instituto Florestal, 1974. 58 p. (Bol. Técn. IF, 10).

OBATAYA, E.; NORIMOTO, M.; GRIL, J. The effects of adsorbed water on dynamic mechanical properties of wood. **Polymer**, v. 39, p. 3059-3064, 1998.

OLIVEIRA, A.M.F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1986. v. 1, p. 99-256.

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

PAES, J.B.; MORAIS, V.M.; LIMA, C.R.R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 275-282, 2004.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology: structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the United States and Canada**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 722 p.

PERISSOTTO, D.O. **Estudo comparativo das propriedades químicas de polpas Kraft convencionais e MCC de eucalipto**. 2005. 113 f. Tese (Doutorado em Química Orgânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PETTERSEN, R.C. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (Ed.). **The chemistry of solid wood**. Washington, DC: American Chemical Society, 1984. p. 57-126. (Advances in chemistry series 207).

QUILHÓ, T.; MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). **IAWA Journal**, n. 27, p. 243-254, 2006.

RAO, R.V.; AEBISCHER, D.P.; DENNE, M.P. Latewood density in relation to wood fibre diameter, wall thickness, and fibre and vessel percentages in *Quercus robur*. **IAWA Journal**, v. 18, n. 2, p. 127-138, 1997.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher: USP, 1971. 294 p.

SAKAI, K. et al. Effects of impregnation of simple phenolic and natural polycyclic compounds on physical properties of wood. **Journal of Wood Science**, n. 45, p. 227-232, 1999.

SALMÉN, L.; BERGSTRÖM, E. Cellulose structural arrangement in relation to spectral changes in tensile loading FTIR. **Cellulose**, v. 16, n. 6, p. 975-982, 2009.

SANTOS, I.D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do Cerrado**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Distrito Federal.

SUCKOW, I.M.S. et al. Anatomia da madeira e densidade básica de angico-branco *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 3., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 2009. (IF Sér. Reg., n. 40. p. 131-135).

TAKAACKI, F.; HIROYUKI, Y.; SATORU, T. Estimation of wood stiffness and strength properties of hybrid larch by near-infrared spectroscopy. **Applied Spectroscopy**, n. 61, p. 150-170, 2007.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY – TAPPI. **Acid-insoluble lignin in wood and pulp: T222 om-98**. Atlanta, 1998. (TAPPI Test Methods).

TEIXEIRA, B.M. **Variabilidade radial e longitudinal de propriedades da madeira de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.)**. 2008. 52 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa–MG.

LONGUI, E.L. et al. Correlações entre algumas propriedades físicas, características químicas e anatômicas da madeira de *Luhea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae).

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 97-111, 1996.

_____.; _____.; MORIL, F.A. Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 9, n. 1, p. 66-80, 2003.