

Recebido: 28-02-2014 Aceito: 08-08-2014

Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste

Simone Feitosa Chagas¹, Wescley Viana Evangelista^{2*}, José de Castro Silva³, Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho⁴

¹Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa. Gestora Ambiental, Diretoria de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais (DPIFE). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), Belo Horizonte, MG.

²Professor Adjunto, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), Campus de Alta Floresta, MT.

³Professor Adjunto Aposentado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

⁴Professora Associada, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RESUMO O objetivo do trabalho foi avaliar algumas propriedades da madeira oriunda de árvores de teca (*Tectona grandis* L. f.) de plantios comerciais com quatro, seis e doze anos para uma classe diamétrica entre 9 e 13 cm. Foram avaliadas: massa específica básica e aparente a 12% de umidade, propriedades anatômicas (dimensões de fibras, vasos, altura dos raios e descrição anatômica qualitativa) e propriedades químicas (teores de extrativos, lignina, holocelulose e relação siringil/guaiacil). Os resultados mostraram apenas diferenças estatísticas entre idades para as dimensões das fibras e diâmetro do lume dos vasos. Os valores das propriedades da madeira observadas nesse trabalho foram similares aos valores registrados na literatura para a madeira de teca. Concluiu-se que as propriedades da madeira de teca retiradas em uma mesma classe diamétrica, independentemente da idade, apresentam massa específica, propriedades químicas e algumas propriedades anatômicas similares.

Palavras-chave: *Tectona grandis*, madeira de desbaste, massa específica, anatomia da madeira, propriedades químicas.

Properties of teakwood of different ages coming from thinning

ABSTRACT The objective of this work was the determination of some of the properties of the wood of teak (*Tectona grandis* L. f.) from commercial plantations with four, six and twelve years old considering in the diameter class of 9-13 cm. We evaluated both basic and apparent density at 12% of humidity, anatomical properties (fiber and vessel dimensions, ray height and a qualitative description) and chemical properties (extractives, lignin and cellulose contents and syringyl/guaiacyl ratio). Results showed that only fiber dimensions and lumen diameter of vessels presented statistical difference between ages. Average values found in this study are similar to those reported for teak in the literature. Regardless of age of trees, we concluded wood from the same diameter class presents similar density, chemical properties and some anatomical properties.

Keywords: *Tectona grandis*, wood thinning, density, anatomical properties, chemical properties.

Introdução

No ano de 2012, o Brasil tinha 7.185.943 ha de plantios florestais de diversas espécies, em que cerca de 5.102.030 ha (71,0%) eram de eucalipto, 1.562.782 ha (21,7%) de pinus e 521.131 ha (7,3%) de outras espécies. Nesse período, os plantios de teca (*Tectona grandis*) totalizaram apenas 67.329 ha (0,9%) e localizavam-se principalmente nos estados de Mato Grosso, Pará e Roraima. A madeira oriunda destes plantios de teca pode ser utilizada na construção civil e para a fabricação de assoalhos, decks, móveis, embarcações e lâminas decorativas (ABRAF, 2013).

A *Tectona grandis* é uma espécie arbórea decídua, nativa de florestas tropicais situadas entre 10° e 25° latitude Norte, no subcontinente índico e do sudeste asiático, principalmente na Índia, Burma, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã e Java (VIEIRA et al. 2007). A sua madeira é considerada uma das mais valiosas no mercado internacional em função de suas características desejáveis para a construção naval e civil (CALDEIRA, 2004) e produção de móveis finos (RONDON NETO et al. 1998). Além dos usos supracitados, nos países de ocorrência natural, a madeira de teca com pequenas dimensões também pode ser usada como fonte de energia, caixotaria, escoramento e construção civil (PIMENTEL et al. 2008). Em virtude disso, os plantios comerciais de teca no Brasil têm apresentado excelente oportunidade de investimento devido à sua adaptação a algumas regiões do país, bem como do alto valor agregado da sua madeira.

O rápido crescimento da teca em algumas regiões do Brasil e a formação de fuste retilíneo estimularam o plantio em larga escala para a produção de madeira serrada para o mercado externo. O estado do Mato Grosso foi pioneiro nos plantios de teca no país devido às suas condições edafoclimáticas favoráveis. Nessa região, o incremento médio anual entre 20 e 25 anos é de aproximadamente 15 m³ ha⁻¹

ano⁻¹ em termos de produção líquida para povoamentos desbastados aos 5, 10 e 15 anos (LEITE et al. 2011).

Por outro lado, a existência de material com propriedades não conhecidas, tais como àqueles provenientes de desbastes e das partes superiores do tronco, os quais apresentam diâmetros reduzidos e impróprios para serraria, elevou a necessidade de caracterização deste tipo de madeira para uma destinação mais adequada, de maior valor agregado e melhor aproveitamento do tronco das árvores. Nesse sentido, a realização de estudos sobre as propriedades tecnológicas da madeira é muito importante. Por exemplo, os estudos anatômicos possibilitam, além da identificação das espécies, informações sobre a estrutura e propriedades da madeira, principalmente referentes à massa específica, permeabilidade, resistência natural e trabalhabilidade. Alguns estudos já foram registrados na literatura com a madeira de teca (MELO et al. 2006; PIMENTEL et al. 2008; CARDOSO et al. 2009; MOYA et al. 2009; LOBÃO et al. 2011).

Dessa maneira, a partir de novas pesquisas podem surgir alternativas viáveis para agregar valor às espécies florestais, especialmente a teca. Essas pesquisas são importantes, pois geram informações sobre a qualidade da madeira para usos específicos e também podem direcionar a novas pesquisas sobre essa espécie e a sua madeira. Para o setor industrial, os resultados dessas pesquisas também podem direcionar novos usos da madeira. Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar algumas propriedades tecnológicas (massa específica, propriedades anatômicas e propriedades químicas) da madeira de teca com diferentes idades, proveniente de desbastes e de partes superiores do tronco.

Material e Métodos

Seleção do material e confecção das amostras

O material utilizado foi proveniente de plantios comerciais de teca localizados no município de Santo Antônio do Leverger, estado do Mato Grosso. O clima da região é Aw, clima tropical com estação seca, segundo a classificação de Köppen (1948). Foram selecionadas toras oriundas de árvores de desbastes e das porções superiores do tronco, com diâmetro entre 9 e 13 cm, comprimento de 2,50 m e idades de quatro, seis e doze anos (Tabela 1).

Foram avaliadas 25 toras para cada uma das idades, as quais foram retiradas conforme a Figura 1. Avaliou-se a massa específica (básica e aparente a 12% de umidade), propriedades anatômicas (dimensões de fibras e vasos, altura dos raios e descrição anatômica qualitativa) e propriedades

químicas (teores de extrativos, lignina, holocelulose e relação siringil/guaiacil).

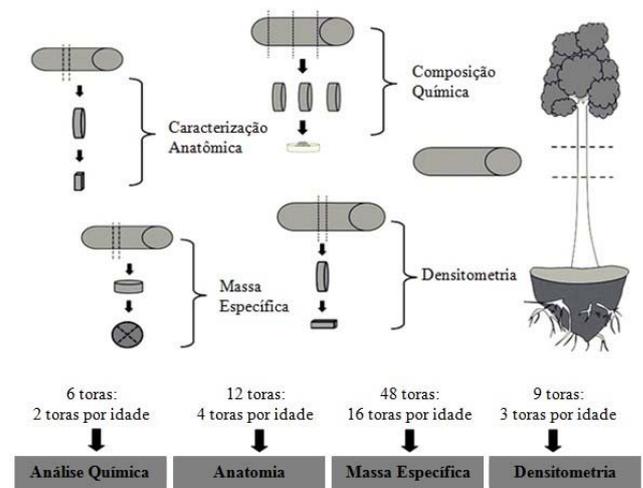


Figura 1. Esquema da retirada das toras ao longo do tronco das árvores de teca nas diferentes idades.

Figure 1. Schematic of cut of logs along of the teak trunks for different ages.

Tabela 1. Dados referentes aos talhões de teca.

Table 1. Data of teak stands.

Talhão ¹	Idade de desbaste (anos)	Espaçamento (m)	Tipo de Solo	Topografia	Coordenadas (datum WGS 1984)
001	12	3,0 x 2,0	Latossolo vermelho	Relevo plano (0 a 2 % de declividade)	Lat. -15,94 Long. -55,66
005	6	3,0 x 2,0	Latossolo vermelho	Relevo plano (0 a 2 % de declividade)	Lat. -15,95 Long. -55,67
007	4	3,0 x 2,0	Latossolo vermelho amarelo	Relevo suavemente ondulado (2 a 4 % de declividade)	Lat. -15,95 Long. -55,68

¹ Dados fornecidos pela Companhia do Vale do Araguaia.

Determinação da massa específica

Para a determinação da massa específica básica e aparente a 12% de umidade, a 30 cm da base de cada tora, retirou-se um disco com três cm de espessura. De cada disco, retiraram-se duas cunhas, diametralmente opostas, correspondentes a 2/6 do disco. Essas cunhas foram imersas em água até saturação completa e a massa específica básica foi determinada conforme a norma NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003). Na determinação da massa específica aparente a 12% de

umidade, retiraram-se de cada disco duas amostras com dimensões de 2 x 2 x 3 cm (tangencial x radial x longitudinal, respectivamente) na região de transição cerne-alburno. Estas amostras foram acondicionadas em câmara climática (20°C de temperatura e 65% de umidade relativa do ar). O volume das amostras foi determinado através de medições estereométricas com um paquímetro digital (0,01 mm de precisão) e a massa foi registrada em uma balança analítica (0,01 g de precisão). A determinação da massa específica aparente foi calculada pela relação entre a massa e volume da madeira, ambos a 12% de umidade.

Foi também determinada a massa específica aparente pela técnica de densitometria de raios-X. Para isso, foram selecionadas aleatoriamente três toras de cada idade, totalizando nove toras. De cada tora, retirou-se um disco de madeira com 3 cm de espessura. A partir desses discos, prepararam-se amostras retangulares com 1 cm de espessura. Tais amostras foram posteriormente processadas em uma serra circular para a obtenção de seções transversais retangulares com 2 mm de espessura e contendo a região diametral. Essas amostras foram acondicionadas à temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% por 24 h, e analisadas em um densitômetro de raios-X (modelo QTRS-01X) com fonte colimada de feixes de raios-X, sendo os perfis radiais de massa específica obtidos pelo software QMS. A determinação da massa específica aparente por densitometria de raios-X foi realizada conforme Amaral; Tomazello Filho (1998).

Determinação das propriedades químicas

Para a determinação da composição química da madeira, avaliaram-se os teores de extrativos, lignina solúvel, lignina insolúvel e holocelulose, bem como a relação siringil/guaiacil (S/G). Utilizaram-se duas toras para cada idade, em que de cada uma das toras, retiraram-se três discos, sendo um oriundo da região basal, um da região central e outro da região apical. As amostras foram preparadas de acordo com a American Society for Testing and Materials - ASTM (1982). Pequenas seções de cada disco foram retiradas e moídas, formando-se uma amostra composta por tora. Obtiveram-se seis amostras provenientes de três idades e duas toras.

O teor de extrativos foi determinado conforme a norma TAPPI 204 um-88 (TAPPI, 1996), com substituição do etanol/benzeno pelo etanol/tolueno. O teor de lignina insolúvel foi determinado pelo método Klason modificado, de acordo com Gomide; Demuner (1986), enquanto o teor de

lignina solúvel foi determinado conforme Goldschimid (1971). O teor de lignina total foi obtido pela soma dos teores de lignina solúvel e insolúvel. O teor de holocelulose foi estimado pela diferença entre a massa da madeira e os teores de extrativos mais lignina total. A relação S/G foi realizada conforme Lin; Dence (1992), em cromatografia líquida de alta eficiência após oxidação com nitrobenzeno. Para a avaliação das propriedades químicas da madeira, utilizaram-se as normas e procedimentos corriqueiramente adotados pelo Laboratório de Celulose e Papel da Universidade Federal de Viçosa, campus de Viçosa, Minas Gerais.

Determinação das propriedades anatômicas

Para a caracterização anatômica, foram avaliadas as dimensões de fibras, vasos e raios, realizando-se também a descrição anatômica qualitativa da madeira de teca. Para isso, selecionaram-se aleatoriamente quatro toras de cada idade. Na seção correspondente à região de transição entre o cerne e o alburno, retirou-se uma amostra de formato retangular, apresentando dimensões de 2 x 2 x 3 cm (tangencial x radial x longitudinal, respectivamente). Para a análise das fibras, realizou-se a maceração da madeira conforme método preconizado por Dadswell (1972) e mediram-se 30 fibras individualmente, determinando-lhes o comprimento, largura e o diâmetro do lume. A espessura da parede foi obtida através da Equação 1.

$$EP = \frac{L - DL}{2} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: EP = espessura da parede da fibra (μm); L = largura da fibra (μm); DL = diâmetro do lume da fibra (μm).

Após a retirada dos fragmentos de madeira para a maceração, as amostras residuais de madeira foram amolecidas em água quente e levadas a um micrótomo de deslize horizontal para a retirada de finas seções nos três

planos de observação, com aproximadamente 16 µm. Os cortes foram desidratados em série alcoólica crescente, corados com solução de safranina aquosa a 1% e as lâminas foram montadas com Entelan.

Além disso, foram avaliados o diâmetro e frequência de vasos e altura dos raios, bem como realizou-se uma descrição anatômica qualitativa. Essas avaliações foram realizadas de acordo com a International Association of Wood Anatomists - IAWA (1989). Para a realização dessas medições, utilizou-se um microscópio óptico com um sistema de aquisição de imagens a partir do software Axio-Vision, em que eram capturadas imagens digitais e realizadas as medições anatômicas. Para cada tora, foram realizadas 30 medições das dimensões das fibras, altura dos raios e diâmetro do lume dos vasos e cinco medições para a frequência de vasos por milímetro quadrado.

Análise estatística dos dados

Para a análise dos dados, avaliou-se o efeito da idade sobre as propriedades da madeira de teca por meio de análise de variância (ANOVA). Em caso de rejeição da hipótese nula, aplicou-se o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. Para a análise das correlações entre as propriedades da madeira, determinou-se o coeficiente de correlação de Pearson em 5% de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

Propriedades e constituição anatômica

Com relação aos parâmetros anatômicos observou-se igualdade estatística apenas na frequência de vasos e na altura dos raios (Tabela 2).

De maneira geral, observou-se diferença estatística entre as três idades para os parâmetros anatômicos estudados. Para

o comprimento e largura das fibras, as idades de quatro e doze anos apresentaram igualdade estatística, diferindo ambas da idade de seis anos. Para o diâmetro do lume das fibras e dos vasos, houve diferença significativa das três idades entre si. Para a espessura da parede das fibras, houve apenas diferença estatística entre as idades de quatro e seis anos. Embora tenha-se observado diferenças estatísticas entre as idades para os parâmetros anatômicos estudados, não existe uma explicação lógica para este comportamento. Esperava-se encontrar propriedades com igualdade estatística entre as três idades, visto que as características e os diâmetros das toras estudadas são muito similares entre si. Os valores médios observados neste estudo para as propriedades anatômicas estão próximos aos observados por Richter; Dallwitz (2009), Cardoso et al. (2009), Moya et al. (2009) e Lobão et al. (2011).

Entre as propriedades avaliadas, apenas o diâmetro do lume dos vasos aumentou com o aumento da idade da árvore. Isso se deve provavelmente à região de amostragem das madeiras estudadas, as quais foram selecionadas em função do diâmetro das toras. Isso pode ter resultado na seleção de amostras com maior porcentagem de madeira juvenil, típica de madeiras oriundas de toras de pequeno diâmetro e espécies de rápido crescimento, contribuindo para a similaridade das propriedades avaliadas.

Bhat et al. (2001), caracterizaram a madeira juvenil de teca oriunda de plantios da Índia, e observaram a ocorrência de madeira juvenil até as idades de 15 a 25 anos, variando em função da propriedade da madeira estudada, taxa de crescimento, índice de sítio e também do indivíduo avaliado. Os autores também observaram que as propriedades anatômicas são as que melhor predizem o limite entre a madeira juvenil e a madeira adulta; e que o comprimento das fibras e diâmetro dos vasos aumentam com o incremento da

Tabela 2. Valores médios das dimensões de fibras e raios e parâmetros relacionados aos vasos da madeira de teca.**Table 2.** Average values of dimensions of fibers and rays and parameters related to the vessels of teakwood.

Idade (anos)	Fibras				Vasos		Raios
	Comprimento (mm)	Largura (μm)	Diâmetro do lume (μm)	Espessura da parede (μm)	Diâmetro do lume (μm)	Frequência (poros $\times \text{mm}^{-2}$)	Altura (μm)
4	0,94 b ¹	24,35 a	15,71 a	4,32 b	104,87c	5,0a	0,51a
	(0,11) ²	(2,74)	(2,66)	(0,62)	(21,19)	(0,72)	(0,27)
6	1,12 a	20,87 b	11,28 c	4,79 a	121,08b	7,0a	0,49a
	(0,12)	(2,15)	(2,23)	(0,63)	(24,12)	(2,0)	(0,22)
12	0,93 b	22,99 a	13,96 b	4,51 ab	168,08 a	5,0a	0,51a
	(0,13)	(3,41)	(3,40)	(0,61)	(29,08)	(1,5)	(0,23)

¹Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em 5% de probabilidade de erro. ² Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão.

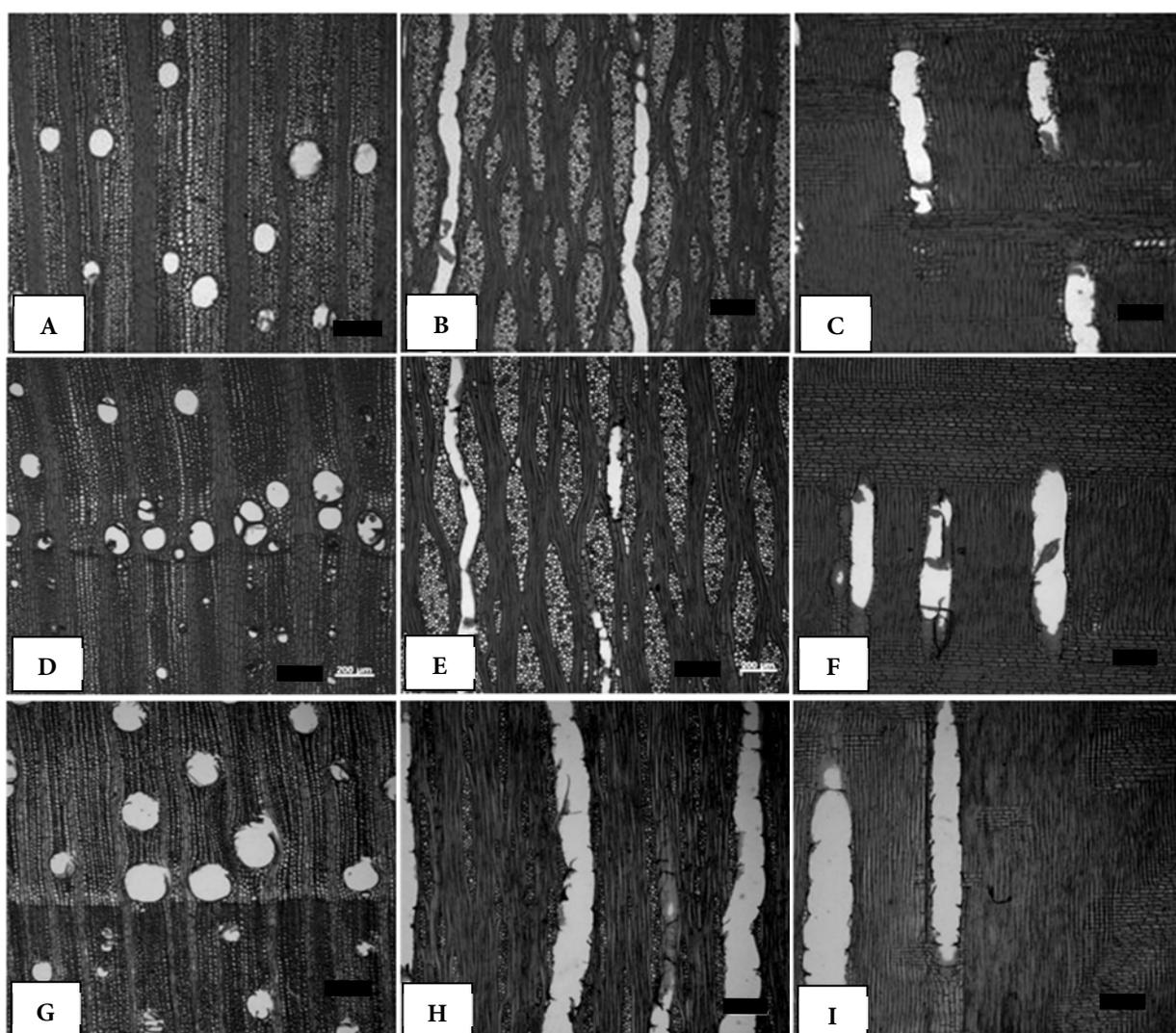


Figura 2. Seção transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de teca aos quatro anos; Seção transversal (C), tangencial (D) e radial (E) da madeira de aos seis anos; Seção transversal (G), tangencial (H) e radial (I) da madeira aos doze anos. Barra = 200 μm .

Figure 2. Transverse (A), tangential (B) and radial (C) sections of teakwood at four years; transverse (C), tangential (D) and radial (E) sections of wood at six years; transverse (G), tangential (H) and radial (I) sections of wood at twelve years. Scale bar = 200 μm .

De maneira geral, a madeira de teca, independentemente da idade, apresentou anéis de crescimento distintos a nível microscópico. Vasos dispostos em anéis semiporosos, sem arranjo definido, predominantemente solitários e com a presença de vasos múltiplos de dois (geminados) e rara ocorrência de vasos múltiplos de três ou mais. Vasos solitários com forma circular, com tendência a oval, sem ocorrência de tilos. Parênquima axial paratraqueal escasso; raios multisseriados, com cinco ou mais células de largura, homogêneos, formados exclusivamente por células procumbentes. Fibras libriformes e curtas; a parede das fibras é de delgada a espessa, possuindo pontoações predominantes na parede radial. A constituição anatômica da madeira de teca descrita nesse trabalho foi similar àquela apresentada por Richter; Dallwitz (2009), exceto que esses autores observaram vasos múltiplos, parênquima axial em faixas e fibras septadas. Essas diferenças se devem, possivelmente, a diferença genética entre indivíduos ou as características do local de crescimento das árvores de teca.

Massa específica

Entre as três idades estudadas, não foram observadas diferenças estatísticas da massa específica básica e aparente a 12% de umidade (Tabela 3). Isso ocorreu, provavelmente, devido às amostras terem sido retiradas de toras com diâmetro semelhante e com maior porcentagem de madeira juvenil.

Os valores observados nesse trabalho estão próximos aos obtidos por Pimentel et al. (2008), Lima et al. (2009), Pereira et al. (2010) e Lobão et al. (2011), e um pouco inferiores aos registrados por Melo et al. (2006) e Blanco Flórez (2012). Segundo Richter; Dallwitz (2009), a massa específica da madeira de teca pode apresentar grande amplitude de variação, entre 0,44 e 0,82 g/cm³, podendo variar em função da idade, do material genético e posição no tronco.

Tabela 3. Valores médios da massa específica da madeira de teca para as três idades analisadas.

Table 3. Average values of density of teakwood for three ages.

Idade (anos)	Massa específica básica (g/cm ³)	Massa específica aparente (g/cm ³)
4	0,512 (0,64) ¹	0,527 (0,21)
6	0,506 (0,77)	0,514 (0,11)
12	0,518 (0,35)	0,522 (0,34)

¹ Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão.

Como a madeira de teca apresentou anéis semiporosos (Figura 2), comumente observaram-se picos ou pequenas regiões de maior massa específica nas regiões do final do lenho tardio em cada anel de crescimento, em que a madeira apresentava vasos de menor diâmetro e possivelmente fibras com maior espessura de parede. Após essas regiões de maior massa específica, houve também um decréscimo mais acentuado da massa específica aparente na madeira no início do lenho inicial. Isso pode ter ocorrido, possivelmente, devido aos vasos de maior diâmetro tangencial do lume e fibras com menor espessura da parede.

Na madeira de quatro anos, verificou-se a maior amplitude de variação da massa específica aparente (Tabela 4), em que os menores valores foram obtidos na região mais próxima da medula. Nessa idade também observou-se uma diminuição da massa específica na região mais próxima da casca. Esse modelo de variação também foi verificado por Tomazello Filho et al. (2008) na madeira de *Eucalyptus* sp. e por Castro (2011) na madeira de teca.

Embora fosse esperada tendência de aumento da massa específica aparente com o aumento da idade das árvores, conforme relatado por Tsoumis (1991), tal fato novamente não foi verificado na avaliação das amostras pela técnica de densitometria de raios-X, semelhante ao observado na Tabela 3. A diferença de altura na coleta das amostras, relacionada ao crescimento apical da árvore, fez com que todo material,

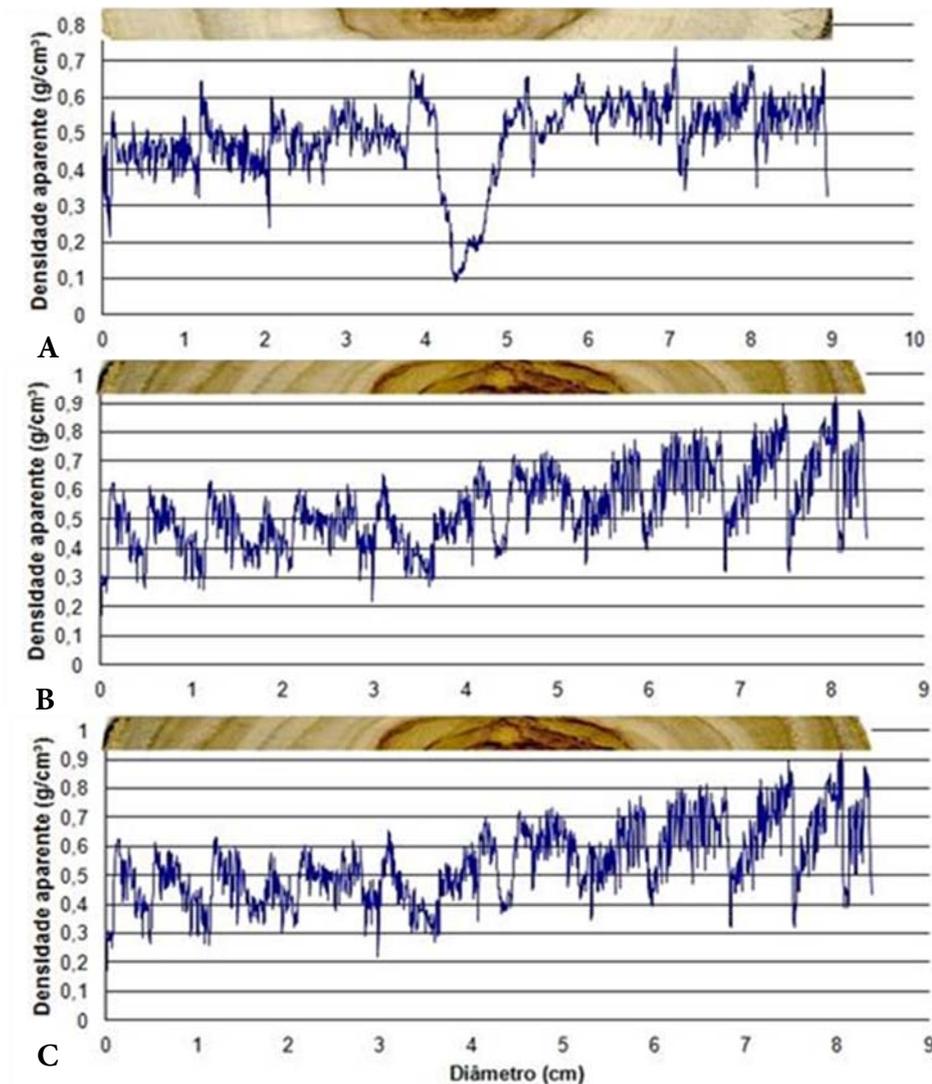


Figura 3. Perfil densitométrico da seção radial da madeira de teca com quatro (A), seis (B) e doze (C) anos de idade.

Figure 3. Densitometric profile of the radial section of teak wood from trees with four (A), six (B) and twelve (C) years.

apesar da diferença cronológica entre amostras, apresentasse características de madeiras com idades similares entre si. Segundo Tomazello Filho et al. (2001), as árvores sofrem influência das variáveis ambientais, que afetam sua fisiologia e refletem na atividade do câmbio vascular e conseqüentemente na anatomia e na massa específica da madeira.

Composição química

Na avaliação da composição química da madeira de teca, não foram observadas diferenças estatísticas entre as três

idades (Tabela 5). Em geral, os valores médios foram próximos entre si para as três idades estudadas.

Os teores de extrativos observados nesse trabalho estão em conformidade com os observados por Marinonio (2011) e inferiores aos observados por Guerra (2010), Lobão et al. (2011) e Miranda et al. (2011). Os teores de extrativos mais baixos verificados nesse trabalho, mesmo nas árvores mais velhas, podem ser também justificados devido ao material analisado ser proveniente de seções mais jovens da árvore e pertencentes a classes de diâmetros menores.

A porcentagem de lignina total observada, cerca de 31%, pode ser considerada alta quando comparada à maioria das

Tabela 4. Valores médios de massa específica aparente (g/cm^3) por amostra de cada idade de teca por densitometria de raios-X.**Table 4.** Average values of teak wood density (g/cm^3) per sample of each age evaluated by X-ray densitometry.

Idade (anos)	Amostra	Densidade aparente				Desvio padrão (g/cm^3)
		Média(g/cm^3)	Máximo (g/cm^3)	Mínimo (g/cm^3)	Amplitude (g/cm^3)	
4	1	0,512	0,854	0,062	0,792	0,152
	2	0,546	0,805	0,252	0,553	0,091
	3	0,492	0,739	0,091	0,648	0,106
	Média	0,517	0,854	0,062	0,664	0,116
6	1	0,538	0,808	0,163	0,645	0,108
	2	0,540	0,923	0,170	0,753	0,130
	3	0,476	0,720	0,207	0,513	0,075
	Média	0,518	0,817	0,180	0,637	0,104
12	1	0,435	0,711	0,059	0,652	0,130
	2	0,538	0,855	0,136	0,719	0,126
	3	0,553	0,818	0,213	0,605	0,097
	Média	0,508	0,795	0,136	0,659	0,118

madeiras tropicais, entretanto está em conformidade com os valores comumente observados para a madeira de teca (LOBÃO et al.2011). Altos teores de lignina são indesejáveis na indústria de celulose, entretanto podem ser vantajosos para outras indústrias, como a de carvão vegetal. Santos; Colodette (2013) afirmaram que ligninas recuperadas de diversos processos de polpação podem possuir diferentes utilizações, tais como aglutinantes em alimentos para animais, ligante de asfalto, dispersantes, fabricação de tijolos e adesivos. Nesse caso, a lignina da madeira de teca pode vir a ser obtida comercialmente para esses propósitos, necessitando para tal, de estudos adicionais que confirmem a viabilidade técnica e econômica do uso dessa madeira.

A relação S/G mostrou uma maior frequência da lignina guaiacil em relação à lignina siringil na madeira de todas as idades. Entretanto esses valores estão abaixo dos valores observados para as madeiras de *Eucalyptus* spp. utilizadas para a produção de celulose Kraft. Para as madeiras de *Eucalyptus* spp. utilizadas na produção de celulose no Brasil, Gomide et al. (2005) e Fantuzzi Neto (2012) observaram valores de relação S/G variando entre 2,0 e 3,2. A relação S/G é muito importante para a indústria de celulose. De acordo

com Fantuzzi Neto (2012), as unidades siringilas facilitam as reações de hidrólise alcalina da fragmentação da lignina. As estruturas de ligninas siringilas, por não possuírem o carbono reativo C5 disponível para reação na etapa de polimerização da biossíntese da lignina, apresentam estrutura química menos condensada e mais favorável à deslignificação pelo licor de cozimento Kraft.

Tabela 5. Composição química da madeira de teca (%) nas três idades avaliadas.**Table 5.** Chemical composition of teakwood (%) for three ages evaluated.

Idade	Extr. ¹	Lig. insol. ²	Lig. sol. ³	Lig. total ⁴	Rel. S/G ⁵	Hol. ⁶
4	4,39	30,28	1,37	31,65	0,86	63,96
	(0,69) ⁷	(0,76)	(0,05)	(0,61)	(0,03)	(1,17)
6	3,59	30,17	1,31	31,99	0,85	64,42
	(0,84)	(0,29)	(0,13)	(0,44)	(0,07)	(1,06)
12	4,76	30,43	1,05	31,23	0,72	64,01
	(1,34)	(0,38)	(0,03)	(0,40)	(0,03)	(0,93)

¹Extrativos; ²Lignina insolúvel; ³Lignina solúvel; ⁴Lignina total; ⁵Relação siringila/guaiacila; ⁶Holocelulose; ⁷Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão.

Os teores de holocelulose estimados foram cerca de 64%, os quais estão um pouco abaixo dos valores encontrados por Lobão et al.(2011) e Blanco Flórez (2012)

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson entre as propriedades da madeira de teca avaliadas.**Table 6.** Coefficients of Pearson correlations between the teak wood properties.

	MEB ¹	CF	LF	DLF	EPF	DLV	FV	AR	Lignina	Extrativos
MEB	-	n.s. ²	0,60*	0,60	-0,59	0,72	n.s.	n.s.	n.s.	0,98
CF		-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
LF			-	1,0	-1,0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DLF				-	-1,0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
EPF					-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0,75
DLV						-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
FV							-	n.s.	n.s.	n.s.
AR								-	n.s.	n.s.
Lignina									-	n.s.
Extrativos										-

* Significativo em 5% de probabilidade de erro. ¹MEB= massa específica básica; CF= comprimento das fibras; LF= largura das fibras; DLF= diâmetro do lume das fibras; EPF= espessura da parede das fibras; DLV= diâmetro do lume dos vasos; FV= frequência dos vasos; AR= altura dos raios. ² Não significativo em 5% de probabilidade de erro.

para a madeira de teca, possivelmente devido à diferença entre os genótipos estudados nesse trabalho e pelos autores. O teor de holocelulose, que corresponde a fração de celulose mais hemiceluloses, constitui os componentes químicos estruturais majoritários das madeiras, sendo observados em maior proporção nas folhosas do que nas coníferas. Esses componentes são de extrema importância comercial, pois constituem matéria-prima para fabricação de diversos produtos, tais como celulose, papel, etanol, tecidos, além de inúmeros outros usos nas indústrias químicas e farmacêuticas.

Correlações

A maioria das propriedades estudadas não apresentou correlações significativas entre si (Tabela 6). Entretanto, correlações importantes foram observadas entre a massa específica básica com o diâmetro do lume dos vasos, com o teor de extrativos e com algumas dimensões das fibras.

Com base nos resultados observados na Tabela 6, pode-se afirmar que os índices de massa específica básica na madeira de teca são mais influenciados pelo teor de extrativos do que pela espessura da parede das fibras.

Algumas correlações significativas e negativas não se mostraram lógicas, tais como entre a espessura da parede das fibras e a massa específica básica e o teor de extrativos. Não se esperava também que a espessura da parede apresentasse ao mesmo tempo correlações positivas com a largura e diâmetro do lume das fibras. Para todas essas correlações encontradas, não se verificou uma explicação lógica. Na literatura, as correlações observadas entre as propriedades da madeira de diversas espécies são, em geral, positivas entre a massa específica básica e a largura e espessura da parede das fibras e negativas entre a massa específica básica e o diâmetro do lume das fibras (TRUGILHO et al., 1996; OLIVEIRA, 1998; SOUSA JÚNIOR, 2004; ROQUE; TOMAZELLO FILHO, 2007; BLANCO FLÓREZ, 2012).

Conclusões

A madeira de teca oriunda de desbastes e de toras das porções superiores do tronco, na classe diamétrica de 9 a 13 cm e nas idades de quatro, seis e doze anos apresentaram massa específica, propriedades químicas e algumas propriedades anatômicas similares. Com isso, a madeira advinda de toras nessa faixa de idade e classe diamétrica irá

proporcionar uma matéria-prima com propriedades mais homogêneas, favorecendo as operações da indústria e comércio florestal.

A técnica de densitometria de raios-X mostrou com maior riqueza de detalhes a variação da massa específica aparente no sentido medula-casca, em que a amplitude média de variação também foi similar entre as três idades avaliadas. O teor de extrativos apresentou forte correlação com a massa específica básica. Quanto maior o teor de extrativos, maior o valor observado de massa específica. A massa específica básica também apresentou correlações significativas com o diâmetro do lume dos vasos e algumas dimensões das fibras.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado da primeira autora. Ao Laboratório de Celulose e Papel da Universidade Federal de Viçosa, campus de Viçosa, Minas Gerais, pela realização das análises químicas da madeira. Ao Laboratório de Densitometria de Raios X em Madeira, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), pela determinação na massa específica aparente pela técnica de densitometria de raios-X.

Referências

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. ABRAF: Brasília, 2013. 148 p.

AMARAL, A. C. B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* pela microdensitometria de raios X. **Revista Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v.6, n.11, p. 17-23, 1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM. **Standard methods of evaluating properties of**

wood-base fiber and particles materials. Philadelphia: 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**. Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BLANCO FLÓREZ, J. **Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L. f.)**. 2012. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

BHAT, K. M.; PRIYA, P. B.; RUGMINI, P. Characterisation of juvenile wood in teak. **Wood Science and Technology**, Springer-Verlag, v. 34, n. 6, p. 517-532, 2001.

CALDEIRA, B. R. P. R. **Caracterização das propriedades físico-mecânicas e determinação da porcentagem de cerne da madeira de *Tectona grandis***. 2004. 71 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais) - Instituto de Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2004.

CARDOSO, S.; SOUSA, V.; QUILHÓ, T.; PEREIRA, H. Variabilidade anatômica da teca (*Tectona grandis*) de Timor-Leste. In: CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL: A FLORESTA NUM MUNDO GLOBALIZADO, 6., 2009, Ponta Delgada. **Anais...** Ponta Delgada: SCPF, 2009. p. 536-543.

CASTRO, V. R. **Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. e *Tectona grandis* (L.f.)**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

DADSWELL, H.E. The anatomy of eucalypt wood. **CSIRO Forest Products Laboratory**, Melbourne, n. 66, p. 1-28, 1972. FANTUZZI NETO, H. **Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose Kraft**. 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWING, C. H. (Eds) **Lignins**. New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-266.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

- GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n.1, p.129-137, 2005.
- GUERRA, S. C. S. **Influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras a cupins xilófagos**. 2010. 27 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2010.
- IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n.3, p.221-332, 1989.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA-NETO, R. R.; MONTE, M. A.; FARDIN, L.; ALCANTARA, A. M.; BINOTI, M. L. M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 39, n. 89, p. 53-59, 2011.
- LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M. B.; LONGUI, E. L. Influência do espaçamento em algumas propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. f. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 15, n. 2, p. 244-250. 2009.
- LIN, S. Y.; DENCE, C. W. **Methods in lignin chemistry**. Berlin: Springer Verlag, 1992. 578 p.
- LOBÃO, M. S.; CASTRO, V. R.; RANGEL, A. SARTO, C.; TOMAZELLO-FILHO, M.; SILVA-JUNIOR, F. G. S.; CAMARGO-NETO, L.; BERMUDEZ, M. A. R. C. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 39, n. 92, p. 469-477. 2011.
- MARINONIO, G. B. **Efeito da densidade e do teor de extrativos na variação da cor da madeira de *Tectona grandis* L. f.** 2011. 20 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- MELO, R. R.; PAES, J. B.; LIMA, C. R.; FERREIRA, A. G. Estudo da variação radial da densidade básica de sete madeiras do semi-árido. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, SP, n. 7, fev. 2006.
- MIRANDA, I.; SOUSA, V.; PEREIRA, H. Wood properties of teak (*Tectona grandis*) from a mature unmanaged stand in East Timor. **Journal of Wood Science**, v. 57, n. 3, p. 171-178, 2011.
- MOYA, R.; BERROCAL, A.; SERRANO, J. R.; TOMAZELLO FILHO, M. Variación radial de la anatomía, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitio y dos regiones climáticas de Costa Rica. **Forest Systems**, Madrid, Espanha, v. 18, n. 2, p. 119-131. 2009.
- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para construção civil**. 1998. 429 f. 2v. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1998.
- PEREIRA, L. C. P.; CARNEIRO, A. C. O.; GORGENS, E. B.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L. Efeito da variação longitudinal e das condições edáficas na massa específica da madeira de teca. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010.
- PIMENTEL, M. M.; SELEGATO, P. A. M.; GARCIA, J. N.; LIMA, I. L. Variações das propriedades da madeira de *Tectona grandis* Linn. F. (teca) em função do espaçamento e da posição radial na tora. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 2., 2008. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, v. 39, 2008. 6p. (Série Registros).
- RICHTER, H. G., DALLWITZ, M. J. 2000 onwards. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 25th June 2009.
- ROQUE, R. M.; TOMAZELLO FILHO, M. Relationships between anatomical features and intra-ring wood density profiles in *Gmelina arborea* applying x-ray densitometry. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 384-392, 2007.
- RONDON NETO, R. M.; MACEDO, R. L. G.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Formação de povoamentos florestais com *Tectona grandis* L.f. (teca). **Boletim técnico - Série Extensão**, Lavras, n.3, p.1-29, 1998.
- SANTOS, V. L. S. COLODETTE, J. Produção de lignina da madeira. In: **Bioenergia & Biorrefinaria: cana-de-açúcar & espécies florestais**. Viçosa, MG: Os Editores, 2013. p. 509-527.
- SOUSA 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. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 204 om-88: solvent extractives of wood and pulp**. 1996. In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N. B; MARTOS, H. L; BARRELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, COMPED, INEP, 2001. p. 117-143.

TOMAZELLO FILHO M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BALLARIN, A.W. Application of technique in nondestructive evaluation of eucalyptus wood. **Maderas: Ciencia y Tecnologia**. Concepcion, v. 10, n. 2, p. 139-150, 2008.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, MG, v. 2, n. 1, p. 1-15, 1996.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: Structure, properties and utilization**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494p.

VIEIRA, A. H.; ROCHA, R. B.; LOCATELLI, M.; GAMA, M. M. B.; TEIXEIRA, C. A. D.; MARCOLAN, A. L.; VIEIRA JUNIOR, J. R. **Sistema produção de teca para o Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. 25p. (Sistemas de Produção/Embrapa Rondônia, 0113-1668; 30).