



II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015



PARÂMETROS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE DESBASTE DE *Tectona grandis* L.F.

Douglas M. LEITE¹; Tatiana P. M. de ARRUDA² e Alessandra de S. FONSECA³

1 - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Mato Grosso, MT - Brasil, douglasmachado_95@hotmail.com.

2 - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Mato Grosso, MT - Brasil

3 - Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG - Brasil

RESUMO: Os desbastes são práticas comuns para condução dos povoamentos de teca, consistem na retirada de árvores para melhorar o desenvolvimento das árvores remanescentes, favorecendo o desdobro nas indústrias de processamento. As árvores retiradas nos desbastes da teca são pouco utilizadas como madeira comercial. Com isto, o objetivo do trabalho foi avaliar as características das fibras da madeira de desbaste de *Tectona grandis* com oito (segundo desbaste) e dez anos (terceiro desbaste) de idade, por meio da mensuração das fibras para prever a sua potencial utilização como fonte bioenergética e/ou na produção de papel. A amostragem foi realizada pela coleta de toretes com 30 cm de comprimento, retirados a 1,30 m do solo ($D_{1,30m}$) em cinco árvores por idade de desbaste, provenientes do município de Cáceres-MT. O diâmetro dos toretes amostrados variou de acordo com as idades dos desbastes. O estudo das características anatômicas foi realizado com a retirada de uma tábua central de cada torete amostrado. As amostras foram maceradas e determinadas às dimensões das fibras. A madeira de teca, para todas as idades de desbaste, foi constituída de fibras curtas. A madeira de terceiro desbaste apresentou fibras com valores superiores de espessura da parede (3,90 μm) em relação ao segundo desbaste (3,65 μm). A fração parede, o coeficiente de rigidez, Índice de Runkel e a razão de aspecto não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. As fibras da madeira de desbaste de teca apresentam potencialidade na utilização para geração de papel, sendo pouco atrativa para fins energéticos.

Palavras-chave: Anatomia, Madeira juvenil, Resistência das fibras, Qualidade da madeira.

ABSTRACT: The thinning are common practices for the conduct of teak plantations, involving the removal of trees to enhance the development of the remaining trees, the favorencendo unfold in the process industries. The trees removed in thinning of teak are not predominantly used as commercial timber. With this, the objective was to evaluate the characteristics of the fibers of *Tectona grandis* rough wood with eight (second thinning) and ten years (third thinning) of age by measuring the fiber to predict its potential use as a source Bioenergetics and / or paper production. Sampling was done by collecting short logs with 30 cm long, drawn to 1.30 m above the ground ($D_{1,30m}$) on five trees by age thinning, from the city of Cáceres-MT. The diameter of the small logs sampled varied according to the ages of the thinnings. The study of anatomical features was conducted with the removal of a central board of each Torete sampled. The samples were macerated and certain dimensions of the fibers. The teak wood for all thinning ages, consisted of short fibers. The third wood fibers with thinning presented higher values of wall thickness (3.90 μm) against the second thinning (3.65 mM). The wall fraction, the coefficient of stiffness, Runkel index and the aspect ratio did not differ between treatments. The fibers of the buffing teak wood have potential for use in generation of paper being unattractive for energy purposes.

Keywords: Anatomy, juvenile wood, fiber resistance, wood quality.

INTRODUÇÃO

A madeira de *Tectona grandis* L. F. (teca) é amplamente utilizada em mercado de alto nível internacional, na confecção de móveis finos, instrumentos musicais, etc devido à sua durabilidade, beleza, boas propriedades de trabalho e excelentes propriedades físicas e mecânicas (BHAT, 2000). Por esta razão, têm sido amplamente utilizada em programas de reflorestamento em muitos países tropicais da América, Oceania, Ásia e África (MORENO e ROQUE MOYA, 2006).

A teca é preferida em reflorestamentos nas áreas tropicais, devido sua excelente taxa de crescimento e rendimento (ROQUE e LEDEZMA, 2003). A teca foi selecionada para a produção sustentável de madeira de alta qualidade para serraria e usos estruturais nos trópicos e as plantações mundiais atualmente excedem 5,2 milhões de hectares (BHAT e PRIYA, 2004).

De acordo com dados observados em campo, nos plantios de teca no Estado de Mato Grosso, os plantios são conduzidos com quatro ciclos de desbastes. O corte final é realizado nos indivíduos com 25 a 30 anos de idade. Os desbastes consistem na retirada de árvores para aperfeiçoar o desenvolvimento das árvores remanescentes melhorando, assim o desdobro destas, nas indústrias de processamento. As árvores retiradas nos desbastes da teca são pouco utilizadas como madeira comercial. Entretanto, observa-se que a busca por madeira com qualidade, segurança, facilidade de aquisição e boa aceitação no mercado consumidor, são temas atuais para o processamento e utilização de madeira.

As diferentes propriedades de uma madeira estão diretamente relacionadas com sua estrutura, sendo variável na espécie, entre espécie em função da idade, de fatores genéticos e ambientais e nas regiões amostradas (CARDOSO et al., 2009).

Para Zobel e Van Buijtenen (1989), há inúmeras causas de variação na estrutura anatômica do lenho das árvores em plantações florestais para fins industriais, entre elas os fatores sem controle (sítios de crescimento e condições ecológicas etc.) e outros que apresentam determinado grau de controle (manejo florestal, espaçamento, adubação, material genético, idade de corte, etc).

Moya et al. (2009) avaliaram a variação radial anatômica da madeira de teca em relação a qualidade de sítio e regiões climáticas da Costa Rica e observaram que o comprimento e diâmetro de fibra, assim com a espessura da parede celular aumentam com a idade cambial para os tipos climáticos e qualidade de sítio. Quanto ao diâmetro do lume permanece constante com a idade para diferentes tipos de climas e qualidade de sítios, porém, observaram aumento do tamanho da fibra com a idade, com mudança de tendência entre os 2-8 anos de idade em relação ao tipo de clima e qualidade de sítios.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar as características das fibras da madeira de desbaste de *Tectona grandis* com as idades de oito e dez anos, a partir de parâmetros anatômicos, visando sua indicação para fins de aproveitamento na geração de energia e/ou produção de papel.

MATERIAL E MÉTODOS

A madeira de *Tectona grandis* L.F. foi proveniente do município de Cáceres-MT, com altitude de 118 a 126 metros. De acordo com a classificação Köppen o clima da região é do tipo "AW", caracterizado como tropical com estação seca. Possuem duas estações bem definidas: o inverno, de clima seco que se estende de maio a setembro, e o verão onde inicia-se o regime de chuvas, de novembro a março, com temperatura média anual de 25,2°C, precipitação pluviométrica anual de 1.348,3 mm e umidade relativa média anual de 80,4%.

Foram amostradas cinco árvores por idade de desbaste, sendo o segundo desbaste aos oito anos e o terceiro desbaste aos dez anos.

As árvores foram amostradas, a 1,30 metros do solo ($D_{1,30m}$), em forma de toretes com 30 cm de comprimento e diâmetro variando de acordo com as idades dos desbastes. Para a avaliação anatômica foi retirada uma tábua central de cada torete

A maceração dos elementos anatômicos foi realizada conforme metodologia descrita por Franklin (1945). O material macerado permaneceu a 60°C até completa individualização dos elementos anatômicos. Lâminas histológicas semi-permanentes foram preparadas com material

macerado para mensuração do diâmetro da fibra (DF), diâmetro do lume (DL) e comprimento da fibra (CF). As fibras foram anatomicamente classificadas de acordo com Coradin e Muniz (1992) e a Associação Internacional de Anatomistas da Madeira (IAWA Committee, 1989). Para mensuração dos elementos anatômicos referentes à madeira de oito e dez anos, utilizou-se microscópio de luz Ken-A-Vision modelo TT 1010 com software analisador de imagens (WinCeLL Pro, Regent Instruments Inc.). As dimensões das fibras, diâmetro total, do lume e comprimento, foram mensuradas a partir da amostragem de 30 fibras.

A partir dos valores das dimensões das fibras, calculou-se os parâmetros anatômicos: espessura da parede (EP), fração parede (FP), coeficiente de rigidez (CR), índice de Runkel (IR) e Aspecto (RA). A espessura da parede da fibra representa a média da espessura da parede da célula, Eq. 01., enquanto que a fração parede, Eq. 2, indica o volume ocupado pela parede da fibra em relação ao volume total da fibra (PAULA; SILVA JR., 1994). O coeficiente de rigidez, Eq. 3, e índice de Runkel, Eq. 04, são usados na indústria de polpa e papel para verificar a qualidade da fibra, durante a produção de papel (MORESCHI, 1975). Tais parâmetros podem ser úteis na predição da rigidez da fibra e de seu comportamento, A relação do comprimento / diâmetro da fibra, conhecido como razão de aspecto, Eq. 05, consiste de um parâmetro muito utilizado para avaliar, indiretamente, a morfologia da fibra quanto à sua esbeltez. Apesar dos parâmetros anatômicos adotados neste estudo originarem-se de diferentes linhas de pesquisa e qualificarem o material para diferentes formas de uso, tais parâmetros podem classificar as fibras em função de suas características de resistência e dureza.

$$EP = \frac{DT - DL}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$FP = \frac{2 \times EP}{DT} \dots\dots\dots (2)$$

$$CR = \frac{DL}{DT} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$IR = \frac{2 \times EP}{DL} \dots\dots\dots (4)$$

$$RA = \frac{CF}{DT} \dots\dots\dots (5)$$

Onde, DT é o diâmetro total da fibra (µm), DL é o diâmetro do lume da fibra (µm) e CF é o comprimento da fibra (µm).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, contendo trinta repetições e dois tratamentos, referentes às duas idades de desbaste. A análise estatística foi realizada com o auxílio do *software* R 2.11.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008). O teste paramétrico F, da análise de variância, foi utilizado a 5% de significância, e o teste de Tukey a 95% de probabilidade, para comparação múltipla das médias, quando o teste F apresentou significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância resumida está na Tabela 1. A média dos tratamentos apresentou diferença estatística pelo teste F. O comprimento das fibras da madeira de teca de terceiro desbaste (774,95 µm) foi maior que do segundo desbaste (742,00 µm) assim como para o diâmetro da fibra,

(23,05 μm , terceiro desbaste; 21,14 μm , segundo desbaste (e para o diâmetro do lume, (terceiro desbaste =15,26 μm ; segundo desbaste=13,83 μm).

Tabela 1. Análise de variância da morfologia das fibras de teca

FV	Quadrado Médio			
	GL	CF	DF	DL
Tratamentos	1	130342*	439,32*	246,39*
Resíduo	478	19662	16,07	111,92
	CVe	18,49	18,14	23,74

FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; CVe: Coeficiente de variação experimental (%); CF: comprimento da fibra (μm); DF: diâmetro da fibra (μm); DL: diâmetro do lume (μm). * Significativo a 5%, pelo teste F.

O comprimento de fibras vegetais pode ser classificado, segundo a norma de procedimentos em estudos de anatomia de madeira, como muito curtas, curtas e longas (CORADIN; MUNIZ, 1992). A madeira de teca, para todos os desbastes, compõe-se de fibras curtas de 900 a 1600 μm

O resumo da estatística descritiva das dimensões das fibras de teca nas diferentes idades de desbaste é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Estatística descritiva da morfologia das fibras de teca

Tratamentos	CF (μm)			DF (μm)			DL (μm)		
	Intervalo	Média	Desvio padrão	Intervalo	Média	Desvio padrão	Intervalo	Média	Desvio padrão
Segundo desbaste	370,36 – 1305,95	742,00 b	143,38	9,16 – 30,92	21,14 b	3,81	5,27 – 22,31	13,83b	3,29
Terceiro desbaste	499,21 – 1265,26	774,95a	136,99	13,07 – 37,79	23,05a	4,20	4,05 – 27,04	15,26a	3,61

CF: comprimento da fibra; DF: diâmetro da fibra; DL: diâmetro do lume. Letras iguais não diferem, estatisticamente, entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

A madeira de terceiro desbaste apresentou fibras com valores superiores de espessura da parede (3,90 μm) em relação ao segundo desbaste (3,65 μm). A fração parede, o coeficiente de rigidez, Índice de Runkel e a razão de aspecto não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos.

A estatística descritiva dos parâmetros anatômicos encontra-se resumida na Tabela 3. A resistência das fibras vegetais pode estar diretamente relacionada ao teor de celulose presente na parede celular destas matérias-primas. Portanto, fibras com maior espessura de parede tendem a apresentar maior resistência mecânica. A fração parede é o parâmetro anatômico que melhor prediz a quantidade de compostos químicos fundamentais da parede celular, o que auxilia no prognóstico da potencialidade do uso da biomassa vegetal para fins energéticos. Sendo assim, quanto maior a espessura da parede, maior será o espaço ocupado por celulose, hemiceluloses e lignina na parede da fibra (PAULA; SILVA JÚNIOR, 1994). As fibras da madeira de teca, nos desbastes avaliados, apresentam parede delgada, de acordo com a classificação do IAWA Committee (1989). Assim, pode-se supor que as fibras provenientes da madeira de desbaste de teca, apresentem baixa resistência e dureza, pela reduzida proporção de material sólido compondo sua estrutura. Tal fato pode ser interessante para a produção de papel. Em contra partida, essas características dos desbastes de teca, não são atrativas para produção energética, como outra fonte de aproveitamento dessa matéria prima..

Tabela 3. Estatística descritiva dos parâmetros anatômicos da madeira de teca

Parâmetros anatômicos	Segundo desbaste			Terceiro desbaste		
	Intervalo	Média	DP	Intervalo	Média	DP
Espessura da parede (μm)	0,62 - 6,40	3,66 b	0,93	1,03 - 6,30	3,90 a	0,91
Fração parede (%)	8,21 - 59,48	34,91	8,06	7,93 - 69,76	34,18	7,15
Coefficiente de rigidez (%)	40,52 - 91,79	65,09	8,06	30,24 - 92,07	65,82	7,15
Índice de Runkel	0,09 - 1,47	0,56	0,20	0,09 - 2,31	0,54	0,20
Razão de aspecto	17,69 - 94,88	36,21	10,10	18,36 - 62,94	34,60	8,15

DP: Desvio padrão. Letras iguais não diferem, estatisticamente, entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

A relação entre o diâmetro do lume e a espessura da parede também pode interferir sobre a resistência e dureza das fibras. Segundo IAWA (1989), a proporção entre o diâmetro do lume e a espessura da parede, classifica a parede das fibras vegetais em: fina, quando o lume é 3x maior que o dobro da espessura da parede; de fina a espessa, quando o lume é menor que 3x o dobro da espessura da parede; e, espessa, quando o lume está completamente fechado. Portanto, a madeira dos diferentes desbastes avaliados apresentou fibras com paredes finas a espessas, já que o diâmetro do lume foi poucas vezes maior que a espessura da parede. Sendo assim, a quantidade de material sólido presente em cada fibra, resultará em uma menor área da seção transversal das fibras individualizadas, e, em teoria, menores serão suas propriedades de resistência e flexibilidade, corroborando com a hipótese levantada, anteriormente.

Além disso, a baixa resistência/dureza das fibras pode ser confirmada pelo coeficiente de rigidez e índice de Runkel, já que estes parâmetros anatômicos verificam a resistência que a fibra apresentará aos esforços produzidos durante o processo de fabricação do papel. Quanto menor o valor do coeficiente de rigidez, maior a resistência que a fibra exerce ao achatamento, pois maior será a espessura da parede da fibra individualizada.

O índice de Runkel classifica as fibras em grupos distintos, baseado no valor do diâmetro do lume e espessura da parede. Paula e Silva Junior (1994) utilizaram este parâmetro para avaliar as fibras quanto a sua rigidez, para fabricação de papel, onde quanto maior o valor do índice maior a rigidez e consequentemente maior será a resistência/dureza da fibra.

O coeficiente de rigidez das fibras da madeira de teca do segundo e terceiro desbaste foram superiores a 60% demonstrando, assim, que a madeira proveniente de desbaste apresenta fibras flexíveis, que exercem menos resistência às forças aplicadas a elas. Adicionalmente, o índice de Runkel das fibras de terceiro desbaste (0,54) e segundo desbaste (0,56), confirma sua baixa dureza e maior flexibilidade. Portanto, ambos os parâmetros, coeficiente de rigidez e índice de Runkel, demonstram a propriedade de baixa resistência/dureza para as fibras de madeira de teca de diferentes idades de desbaste.

CONCLUSÃO

A madeira de desbaste de *Tectona grandis* com idades de 8 e 10 anos apresentaram mesmas propriedades de resistência e dureza das fibras, com base nos parâmetros anatômicos avaliados, apesar das fibras da madeira de terceiro desbaste (10 anos) apresentarem valores superiores de comprimento, diâmetro da fibra e do lume. As fibras da madeira de desbaste de teca apresentam potencialidade na utilização para geração de papel, sendo pouco atrativa para fins energéticos. O aproveitamento dessa matéria prima, oriundas de desbastes, na forma de produção de papel, é extremamente relevante economicamente, visto que os desbastes são atividades silviculturais necessárias para a condução do plantio de teca, e em sua grande maioria pouco utilizada, para fins mais tecnológicos. Contudo, estudos aprofundados devem ser realizados para confirmação de sua potencialidade como matéria-



prima para a indústria papelreira bem como para averiguação de suas características como biomassa vegetal para uso energético.

REFERÊNCIAS

BHAT, K.M. Timber quality of teak from managed tropical plantations with special reference to Indian plantations. **Bois et Forêts des Tropiques** 263(1), p.5-29. 2000.

BHAT, K.M.; PRIYA, P.B. Influence of provenance variation on wood properties of teak from the western ghat region in India. **IAWA Journal**, Vol 25(3), p. 273-282. 2004.

CARDOSO, S.; SOUSA, V.; QUILHÓ, T.; PEREIRA, H. Variabilidade anatômica da teca (*Tectona grandis*) de Timor-Leste. In: **Congresso Florestal Nacional, 6º, Ponta Delgada**. A floresta num mundo globalizado. p. 536-543. 2009.

CORADIN, V.T.R., MUÑIZ, G.I.D.E. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: Angiospermae II-Gimnospermae**. Brasília: IBAMA, série técnica, 15. 1992.

FRANKLIN, G.L. Preparation of the sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, 155, 1945, p. 51.

IAWA COMMITTEE. Iawa list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Journal** 10, 1989, p. 219-332.

MORENO, J. R., ROQUE, R.M. Propriedades físico-mecánicas de la madera de *Tectona grandis* Linn. F. (teca), proveniente de una plantación de ocho años de edad em Cochabamba, Bolívia. Nota técnica. Kurú: **Revista Florestal** (Costa Rica) v.3, n.9, 2006.

MORECHI, J.C., **Levantamento da qualidade da madeira em plantações artificiais de *Pinus elliotii* nos estados do sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. Paraná, 1975.

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. Investigación Agraria: **Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v.18, n.2, p.119-131, 2009.

PAULA, J. E.; SILVA JÚNIOR, F. G. Anatomia de madeiras indígenas com vistas à produção de energia e papel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 12, p. 1807-1821, dez. 1994.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 2 jan. 2012.

ROQUE, R. M.; LEDZEMA, V.A. Efecto Del espaciamento en plantación sobre dos propiedades físicas de madera de teca a lo largo Del fuste. **Madera y Bosques** 9(2), p 17-25. 2003.

ZOBEL, B.J.; VAN BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer-Verlag, 361p. 1989.