

Recebido: 06-12-2014 Aceito: 15-04-2015

Caracterização anatômica das fibras de oito espécies florestais do Cerrado de Mato Grosso do Sul para a produção de papel

Patrícia Kerlly Ramalho Martins Benites^{1*}, Adriana de Fátima Gomes Gouvêa¹, Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho², Fabiana Cabral da Silva¹

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana - MS, Brasil.

²Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, Brasil.

RESUMO A madeira é um recurso natural renovável que possui vantagens quando comparada a outros materiais. O conhecimento de sua estrutura anatômica é de fundamental importância para seu correto emprego. Os parâmetros considerados nos estudos de fibras compreendem o comprimento, a largura, a espessura da parede e o diâmetro do lume. As relações entre as dimensões são mais importantes do que os valores das dimensões isoladas, resultando em índices que ajudam na classificação da qualidade da madeira para celulose e papel. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar anatomicamente as fibras da madeira de oito espécies florestais do Cerrado, Mato Grosso do Sul - Brasil, e avaliar a possível aplicação das mesmas na produção de celulose e papel. Para isso, foram selecionadas aleatoriamente oito espécies florestais, nas quais foram aplicadas a técnica de maceração e medidas as dimensões de suas fibras. A partir desses valores, calculou-se o índice de enfiamento, fração parede, coeficiente de flexibilidade e índice de Runkel. Com os resultados obtidos, pode-se concluir que somente o cedro (*Cedrela fissilis*) seria indicado para tal finalidade, porém, para que essa espécie seja realmente utilizada, são necessários estudos mais aprofundados de suas propriedades, principalmente as químicas.

Palavras-chave: índice de Runkel, coeficiente de flexibilidade, fração parede, índice de enfiamento, produção de celulose e papel.

Anatomical characterization of fiber of eight forest species from Cerrado of Mato Grosso do Sul for paper production

ABSTRACT Wood is a renewable natural resource that has advantages in comparison to other materials. The knowledge of wood anatomical structure is essential to its correct use. The fibers' parameters usually studied are length, width, wall thickness and lumen diameter. The relationship between the dimensions are more important than the individual values of dimensions, resulting in indexes that help in the classification of wood quality for pulp and paper. Thus, the objective of this study was to characterize the anatomy of wood fibers of trees from Mato Grosso do Sul and to evaluate the application of this material in the pulp and paper production. Eight forest species randomly selected from from the region of Cerrado. The process of maceration was perform and the fibers' dimensions were measure. The felting index, the cell wall fraction, the flexibility coefficient and the Runkel ratio were determined. Only *Cedrela fissilis* wood would be suitable for the pulp and paper production. However, further studies of cedar wood are needed, especially its chemical properties.

Keywords: Runkel ratio, coefficient of flexibility, cell wall fraction, felting index, pulp and paper production.

Introdução

A madeira é um recurso natural renovável que possui vantagens quando comparada a outros materiais utilizados pela indústria. O conhecimento de suas propriedades, asso-

ciado ao domínio de sua trabalhabilidade, contribuem decisivamente para o melhor aproveitamento desse importante recurso natural (SILVA et al., 2005).

As dimensões, proporções e arranjo dos vários tipos de células formam um modelo estrutural característico para cada

espécie. A avaliação e conhecimento dos modelos estruturais da espécie implicam em conhecer a proporção e arranjo dos vários tipos de tecidos e das dimensões das células. A caracterização anatômica da madeira proporciona seu melhor conhecimento e direciona de forma mais segura e adequada sua utilização para os diversos fins (OLIVEIRA et al., 2006).

As fibras são células que ocorrem somente nas angiospermas, são estreitas, sendo suas pontas mais afiladas e apresentam poucas e pequenas pontuações. Constituem geralmente a maior porcentagem do lenho (20 a 80%), no qual normalmente desempenham a função de sustentação (GONÇALVES et al., 2007).

Segundo Miranda; Castelo (2012), as dimensões das fibras sofrem variações no sentido longitudinal (base-topo) e radial (medula-casca) do tronco da árvore. As suas correlações com as propriedades da madeira devem ser cautelosas, pois as características de cada fibra podem ser controladas por diferentes condições climáticas, variando entre espécies e até no mesmo indivíduo.

O conhecimento das características anatômicas dos elementos fibrosos das polpas permite que sejam previstas indicações das propriedades de seus papéis. A qualidade do papel é influenciada pelas características morfológicas das fibras e pela quantidade destas por unidade de massa (GOMIDE et al., 2005).

Em geral, polpas produzidas de fibras com maiores espessuras de paredes tendem a gerar polpas com maiores "coarseness" (aspereza da fibra) e papéis com volumes específicos aparentes mais elevados. Essas características podem contribuir favoravelmente para a maciez dos papéis "tissues" (papéis absorventes) e para opacidade dos papéis de imprimir.

Já as fibras mais curtas contribuem para uma boa formação da folha, enquanto as fibras mais longas favorecem a resis-tência ao rasgo (GOMIDE et al., 2005).

As relações entre as dimensões das fibras são mais importantes do que seus valores isolados, resultando em índices que ajudam na classificação da qualidade da madeira para celulose e papel. Dentre os principais índices estão os de enfiamento, fração parede, coeficiente de flexibilidade e de Runkel (MIRANDA; CASTELO, 2012).

O conhecimento da estrutura anatômica da madeira é de fundamental importância no que tange à sua qualificação para atender a grande variedade de usos, evitando-se emprego inadequado e desperdício. O conhecimento das possíveis aplicações tecnológicas das espécies nativas pode servir de estímulo para sua conservação e, também, para embasamento futuro de plantios florestais, como alternativa a espécies exóticas. Diante disso, o objetivo do trabalho foi caracterizar anatomicamente as fibras da madeira de oito espécies florestais do Cerrado, Mato Grosso do Sul e avaliar a possível aplicação das mesmas na produção de celulose e papel.

Material e Métodos

Matéria prima

Foram coletadas amostras de madeiras de espécies florestais em três serrarias do município de Aquidauana, MS – Brasil. As madeiras foram adquiridas pelas serrarias, de maneira legal, em lotes oriundos de planos de manejo. Dentre aquelas de maior ocorrência, foram selecionadas, aleatoriamente, oito espécies para proceder os estudos, sendo elas: angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan - Fabaceae - Mimosoideae), bálsamo (*Myroxylon balsamum* (L) Harms. - Fabaceae - Papilionoideae), castelo (*Calycophyllum multiflorum* Griseb. - Rubiaceae), cedro (*Cedrela fissilis* Vell. - Meliaceae), fa-

veiro (*Pterodon pubescens* (Benth.) Benth. - Fabaceae - Faboideae), jacarandá (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. - Fabaceae - Papilionoideae), louro branco (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. - Boraginaceae) e peroba (*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg - Apocynaceae).

Caracterização das fibras

Para o estudo das fibras, foi preparado macerado de cada amostra. O preparo do macerado consistiu em retirar lascas da madeira, no sentido longitudinal da mesma. O material ficou em estufa à 60°C por 48 horas, submerso em solução macerante de acordo com o método de Nicholls, descrito por Ramalho (1987). Após esse período, o material foi lavado em água corrente e corado com Azul de Astra.

Para visualização em microscópio, uma porção das fibras individualizadas foi colocada em lâmina. As medições foram feitas a partir de micrografias tiradas com o microscópio-câmera Pixelink, utilizando o programa Axio Vision LE Rel. 4.3, no Laboratório de Propriedades da Madeira, na Universidade Federal de Viçosa. Foram realizadas trinta medidas de comprimento, largura e diâmetro do lume, dados que permitiram inferir a espessura da parede - diferença entre a largura e o diâmetro do lume dividido por dois (MIRANDA; CASTELO, 2012).

Com os dados encontrados foram calculados o índice de enfiletramento (Equação 1), a fração parede (Equação 2), o coeficiente de flexibilidade (Equação 3) e o índice de Runkel (Equação 4). O índice de Runkel foi utilizado para classificação das fibras em cinco classes de acordo com sua indicação para a produção de papel: classe I (até 0,25) - excelente; classe II (0,25 a 0,50) - muito boa; classe III (0,50 a 1,0) - boa; classe IV (1,0 a 2,0) - regular e classe V (acima de 2,0) - não indicada para a produção de papel (PAULA et al., 2000).

$$IE = \frac{C}{L \cdot 1000} \quad \text{Equação 1}$$

$$FP = \frac{(2 \cdot EP)}{L} \cdot 100 \quad \text{Equação 2}$$

$$CF = \frac{DL}{L} \cdot 100 \quad \text{Equação 3}$$

$$IR = \frac{(2 \cdot EP)}{DL} \quad \text{Equação 4}$$

Em que: IE = índice de enfiletramento; C = comprimento das fibras (mm); L = largura das fibras (μm); FP = fração parede (%); CF = coeficiente de flexibilidade (%); IR = índice de Runkel; EP = espessura da parede das fibras (μm); DL = diâmetro do lume das fibras (μm) (MIRANDA; CASTELO, 2012).

Resultados e Discussão

Os valores médios da medição de comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras de cada espécie foram organizados na Tabela 1, em que também estão contidos os índices de classificação da qualidade da madeira para celulose e papel, calculados a partir desses valores.

Os valores de comprimento das fibras variaram de 0,64 mm a 1,35 mm. Esses valores, com exceção do jacarandá, são maiores que o encontrado por González et al. (2014) para o híbrido urograndis (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*): 0,90 mm; indicando que as fibras dessas espécies nativas são mais resistentes ao rasgo que o citado híbrido (GOMIDE et al., 2005). Paes et al. (2013), estudando o lenho de angico vermelho (*Anadenanthera colubrina*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e jurema-vermelha (*Mimosa arenosa*), também encontraram valores menores de comprimento (0,76 mm, 0,72 mm e 0,69 mm) que os apresentados nesse estudo. O comprimento das fibras interfere na resistência do papel ao rasgo, sendo as fibras longas mais resistentes. Fibras longas possibilitam o maior entrelaçamento das mesmas, favorecendo o aumento da resistência do papel.

Para a largura das fibras, as espécies apresentaram grande variação dos valores, fibras largas representam desvantagens na produção do papel, pois diminuem a resistência ao arre-

bentamento (FOELKEL; BARRICHELO, 1975). Castelo, pe-roba e cedro apresentaram fibras largas, quando comparadas ao híbrido urograndis, estudado por Gonzalez et al. (2013), que encontraram valor de 15,13 μm para a espécie. A largura das fibras interfere diretamente no coeficiente de flexibilidade e no índice de enfieltramento, em que valores maiores de largura, reduzem o valor dos índices. Tal redução pode predizer que o papel produzido a partir das mesmas apresentará baixa resistência ao rasgo e ao arrebatamento.

O índice de enfieltramento prediz sobre a resistência das fibras ao rasgo e dobras duplas e almejam-se fibras que apresentem valor acima de 50 para tal parâmetro (FOELKEL; BARRICHELO, 1975). Na análise dos valores encontrados (Tabela 1), somente o jacarandá não se enquadrou em tal parâmetro. O mesmo ocorreu nos estudos de Nisgoski et al.

(2012), com o guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e, de Miranda; Castelo (2012), com *Parkia gigantocarpa*, que encontraram valores de 27,96 e 33,47, respectivamente.

Para a fração parede, os valores desejáveis são os abaixo de 40%, somente o cedro apresentou valor satisfatório para esse parâmetro (Tabela 1), sendo as fibras das demais espécies rígidas, dificultando o processo de produção da polpa. Uma espécie com alto valor de fração parede possui fibras rígidas e não flexíveis, o que indica dificuldades nas interligações das mesmas, produzindo celulose de má qualidade (FOELKEL; BARRICHELO, 1975). Assim como o cedro, o guapuruvu apresentou valor de 22,47% para tal parâmetro (MIRANDA; CASTELO, 2012) e *Parkia gigantocarpa* apresentou valor de 27,96% (NISGOSKI et al., 2012), indicando fibras não rígidas.

O coeficiente de flexibilidade é o atributo que indica a re-

Tabela 1. Parâmetros anatômicos das fibras das espécies estudadas e seus respectivos índices de classificação da qualidade para produção de celulose e papel.

Table 1. Anatomical parameters of the fibers of the study species and their respective classification indexes of the quality for pulp and paper.

Espécies	C (mm) DP*	L (μm) DP*	DL (μm) DP*	EP (μm) DP*	IE	FP (%)	CF (%)	IR
Angico (<i>Anadenanthera macrocarpa</i>)	1,12 (0,17)	13,87 (1,84)	2,89 (0,77)	5,49 (0,75)	80,67	79,19	20,81	3,81
Bálsamo (<i>Myroxylon balsamum</i>)	0,94 (0,23)	15,74 (2,55)	3,93 (1,39)	5,91 (1,14)	59,66	75,05	24,95	3,01
Castelo (<i>Calycophyllum multiflorum</i>)	1,37 (0,18)	25,11 (3,04)	9,71 (2,06)	7,70 (0,98)	54,54	61,35	38,65	1,58
Cedro (<i>Cedrela fissilis</i>)	1,17 (0,16)	22,18 (4,01)	14,44 (3,74)	3,87 (0,75)	52,82	34,91	65,09	0,54
Faveiro (<i>Pterodon pubescens</i>)	1,01 (0,13)	15,80 (3,28)	4,22 (1,64)	5,79 (0,97)	63,67	73,72	26,68	2,75
Jacarandá (<i>Dalbergia nigra</i>)	0,64 (0,10)	14,70 (1,51)	5,83 (1,39)	4,43 (0,84)	43,25	60,34	39,66	1,52
Louro branco (<i>Cordia trichotoma</i>)	1,34 (0,27)	19,27 (3,74)	7,80 (3,74)	5,74 (0,81)	68,68	59,55	40,45	1,47
Peroba (<i>Aspidosperma polyneuron</i>)	1,35 (0,21)	24,75 (3,70)	10,03 (2,76)	7,36 (0,88)	54,38	59,49	40,51	1,47

Em que: C = comprimento; L = largura; DL = diâmetro do lume; EP = espessura da parede; IE = índice de enfieltramento; FP = fração parede; CF = coeficiente de flexibilidade; IR = índice de Runkel; DP* = desvio padrão (valor entre parênteses).

sistência das fibras à ruptura e quanto maior tal valor, maior resistência das fibras ao arrebentamento e maior número de ligações entre as fibras (ROCHA; POTIGUARA, 2007). O cedro e a peroba apresentaram os maiores valores: 65,09 e valor de 40,51 (Tabela 1), resultados que indicam fibras flexíveis, assim como a *Parkia gigantocarpa* e guapuruvu: 77,53 (MIRANDA; CASTELO, 2012) e 79,20 (NISGOSKI et al., 2012).

O último índice avaliado foi o de Runkel, que fornece informações sobre a capacidade de união das fibras e, também está relacionado com a resistência à tração e ao arrebentamento, sendo um indicativo da flexibilidade das fibras (FOELKEL; BARRICHELO, 1975). Os resultados desse parâmetro foram agrupados em cinco classes, de acordo com a indicação da fibra para a polpação celulósica (RUNKEL, 1952). Ao analisarem-se os resultados (Tabela 1), nota-se que o cedro se enquadra na classe III, assim como *Parkia gigantocarpa*, e o cedro australiano (*Toona ciliata*), encontrado por NISGOSKI et al. (2011); o castelo, o jacarandá, o louro branco e a peroba pertencem a classe IV (1,00 – 2,00); as espécies restantes, angico, bálsamo e faveiro não são consideradas aptas para a produção do papel, por possuírem fibras com paredes espessas, enquadrando-se na classe V. Valor alto também foi encontrado por González et al. (2014) para o híbrido *urograndis*.

Conclusões

Apesar de existirem espécies mais rentáveis amplamente cultivadas no Brasil, a partir desse estudo foi possível avaliar que o cedro (*Cedrela fissilis*), espécie nativa do Cerrado brasileiro, atendeu as exigências dos parâmetros relacionados à morfologia das fibras, que qualifica espécies madeiras apropriadas para a produção de celulose, mesmo sem melhoramento genético. Porém, somente o estudo anatômico das fibras não é suficiente para se determinar isso, necessitando-

se de estudos mais aprofundados das demais propriedades da madeira, principalmente as características químicas.

Tal conhecimento pode possibilitar pesquisas mais aprofundadas sobre a utilização de espécies nativas para esse fim e, também, estimular programas de conservação e plantios comerciais das mesmas, pois em grande parte, ainda há o desconhecimento do potencial tecnológico das espécies nativas do Cerrado-Pantanal.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica e à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e à Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio no desenvolvimento da presente pesquisa.

Referências

- DAMÁSIO, R.A.P.; PEREIRA, B.L.C.; OLIVEIRA, A.C.; CARDOSO, M.T.; VITAL, B.R.; CARVALHO, A.M.L.M. Caracterização anatômica e qualidade do carvão vegetal da madeira de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 261-267, 2013.
- FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. **O Papel**, v. 36, n. 9, p. 49-53, 1975.
- 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**, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.
- GONÇALEZ, J.C.; DOS SANTOS, G.L.; DA SILVA JUNIOR, F.G.; MARTINS, I.S.; COSTA, J.D.A. Wood fiber size and density relationship along the stem of *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 81-89, 2014.
- GONÇALVES, M.P.M.; COFFLER, R.; CARVALHO, A.M.; GARCIA, R.A. Variação radial da densidade básica e comprimento das fibras da madeira de *Tectona grandis* L.

Floresta e Ambiente, v. 14, n. 1, p. 70-75, 2007.

MIRANDA, M.C.; CASTELO, P.A.R. Avaliações anatômicas das fibras da madeira de *Parkia gigantocarpa* DUCKE. **Ciência da madeira**, v. 03, n. 02, p. 81-88, 2012.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G.I.B.; TRIANOSKI, R.; MATOS, J.L.M.; VENSON, I. Características anatômicas da madeira e índices de resistência do papel de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake proveniente de plantio experimental. **Scientia forestalis**, v. 40, n. 94, p. 203-211, 2012.

NISGOSKI, S.; TRIANOSKI, R.; MUNIZ, G.I.B.; MATOS, J.L.M.; BATISTA, F.R.R. Anatomia da madeira de *Toona ciliata* características das fibras para produção de papel. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 717-728, 2011.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B.R.; PIMENTA, A.S.; DELLA LUCIA, R.M.; LADEIRA, A.M.M.; CARNEIRO, A.C.O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 311-318, 2006.

PAES J.B.; LIMA C.R.; OLIVEIRA E.; MEDEIROS NETO P.N. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 550-555, 2013.

PAULA, J.E.; SILVA JÚNIOR, F.G.; SILVA, A.P.P. Caracterização anatômica de madeiras nativas de matas ciliares do Centro-Oeste brasileiro. **Scientia Forestalis**, v. 58, p. 73-89, 2000.

RAMALHO, R.S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa: UFV; 1987. 4 p.

ROCHA, C.B.R.; POTIGUARA, R.C.V. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. *murumuru* Mart. (ARECACEAE). **Acta amazônica**, v. 37, p. 511-516, 2007.

RUNKEL, R.O.H. **Pulp from tropical wood**. TAAP, n. 35, v. 4, p. 174-178, 1952

SILVA, J.R.M.; MUÑIZ, G.I.B.; LIMA J.T.; BONDUELLE, A.F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 479-487. 2005.