



VIII CONEFLO R

27 a 29 de agosto | Maceió, AL



MADEIRAS NATIVAS: AVALIAÇÃO ANATÔMICA E ÍNDICES DE QUALIDADE DA MADEIRA DE JEQUITIBÁ

Wallace Plácido dos Santos^{1*}, Murilo Pereira da Silva¹, Calline Chaves De Jesus¹, Mara Lúcia Agostini Valle¹, Douglas Edson Carvalho¹, Ricardo Gabriel de Almeida Mesquita¹

Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Universidade Federal do Sul da Bahia, Itabuna-BA, Brasil¹.

* Wallace.placido@hotmail.com.

RESUMO

O estudo das propriedades tecnológicas da madeira de espécies nativas é escasso na literatura. Conhecer essas propriedades, incluindo a anatomia, é de extrema importância para garantir a aplicação adequada desse material, além de possuir relevância nas práticas de silvicultura. Portanto, este estudo investiga a madeira de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze quanto às suas propriedades anatômicas e índices de qualidade para aplicação na indústria de papel e celulose. O estudo, realizado no Laboratório Central de Tecnologia e Produtos Florestais da UFSB, analisou fibras e vasos mediante maceração nitro-acética, seguindo protocolos da IAWA (1989). Os resultados revelaram fibras curtas, com 598,61 µm de comprimento e paredes finas de 2,46 µm, além de vasos com dimensões moderadas: 192,40 µm de comprimento e 71,38 µm de largura. Os índices de qualidade, como o Fator de Runkel (0,80 – Grupo III) e o Coeficiente de Flexibilidade (55,43%, aceitável), indicam potencial para produção de papel, equilibrando resistência e maleabilidade. No entanto, a fração de parede foi classificada como parcialmente imprópria.

Palavras-chave: (Anatomia da madeira; Papel e celulose; Mata atlântica).

INTRODUÇÃO

A madeira é um corpo vegetal de grande destaque como matéria-prima, é valorizada por suas propriedades e versatilidade. Seu uso remonta ao período pré-histórico, quando era empregada na confecção de instrumentos de caça, habitações e pequenos objetos multifuncionais. Essa relevância se mantém até os dias atuais, sendo ampliada com a evolução industrial do setor madeireiro (PAIVA *et al.*, 2018).

Atender ao mercado exige conhecer as propriedades da madeira, em especial as anatômicas, que se associam com as demais (Moreschi, 2014). Nas angiospermas, destacam-se fibras, que garantem sustentação e compõem até 80% do lenho, e vasos, que guiam líquidos no fuste, suas dimensões e quantidade afetam a qualidade da madeira, sendo vitais para o setor de papel e celulose (Burger e Richter, 1991).

Com a expansão do setor madeireiro, cresce a demanda por madeira. Além de ampliar os plantios de espécies já consolidadas, como *Pinus* e *Eucalyptus*, que lideram o mercado de madeiras no Brasil (IBÁ, 2017), é essencial avaliar o potencial de espécies alternativas, em especial as nativas. Isso amplia o suprimento de madeiras no mercado, mas também contribui para o aumento e valorização de florestas plantadas de espécies nativas.

O jequitibá *Cariniana estrellensis*, da família *Lecythidaceae*, é uma espécie brasileira promissora. Com altura entre 10 e 18 metros e tronco cilíndrico, sua madeira de densidade média é usada na construção civil e na fabricação de caixotarias. Além disso, pode ser utilizada como fonte de energia (Lorenzi, 2000).

Apesar do potencial do jequitibá, há pouca informação científica disponível sobre suas propriedades. Estudos que investiguem espécies poucas conhecidas são essenciais para definir seu uso, diversificar fontes de matéria-prima e reduzir a pressão sobre espécies já exploradas (Farias e Melo, 2020). Assim, o objetivo deste estudo é avaliar as fibras e os elementos de vasos da madeira de jequitibá (*Cariniana estrellensis*), bem como analisar os índices de qualidade que determinam sua adequação à indústria de celulose e papel.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório Central de Tecnologia e Produtos Florestais-LCTPF, localizado no Centro de Formação em Ciências Agroflorestais-CFCAF da Universidade Federal do Sul da Bahia-UFSB. A espécie selecionada foi o Jequitibá (*Cariniana estrellensis*). As árvores utilizadas provêm do arboreto da Estação Experimental Arnaldo Medeiros-ESAM, de idade desconhecida, mas estima-se que o plantio tenha cerca de 40 anos. O arboreto está situado na Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira-CEPLAC, nas coordenadas

14° 45' S e 39° 13' O, no km 22 da BR 415, Ilhéus-BA, Brasil. As amostras foram coletadas de dois exemplares derrubados por queda natural (vento), com um disco retirado a altura do peito de cada árvore.

Foram avaliados os parâmetros morfológicos e dimensionais das fibras e dos elementos de vasos, incluindo os índices de qualidade para produção de papel e celulose. Para as fibras, foram analisados o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede. Para os vasos considerou-se o comprimento e a largura. Foi realizado o processo de maceração das amostras aplicando o método nitro-acético apresentado por Silva (2005). O método consiste na retirada de pequenos fragmentos de madeiras da sessão radial, sendo imersos em tubos de ensaios com solução a base de ácido nítrico e ácido acético, na proporção de 1:5, posteriormente levados a banho-maria por aproximadamente 3 horas, até que o material estivesse com coloração embranquecida. Concluindo o processo com a lavagem das amostragens com água destilada e coloração com Safranina.

Com o processo de maceração finalizado, foram montadas lâminas semipermanentes para as obtenções das imagens e avaliações anatômicas. Para isso, foi utilizado um microscópio acoplado à câmera, modelo LEICA ICC50 W. Foram coletadas 50 medições das fibras e 50 para os vasos. Para as dimensões de comprimento das fibras foi utilizada objetiva de 4x com escala de 90 µm para largura das fibras, lúmen e parede celular, objetiva de 40x com escala de 10 µm. E o comprimento dos vasos objetiva de 10x com escala de 35 µm. A espessura da parede das fibras foi obtida indiretamente, através da diferença entre sua largura e o diâmetro do lume dividido por 2. Para as capturas das imagens e medições dos elementos anatômicos, utilizou-se o software de imagens Prime Cam Pro, sendo avaliados conforme IAWA (1989). Com base nos valores obtidos, foram determinados os seguintes índices qualitativos de fibras: Fator Runkel, coeficiente de flexibilidade e fração de parede, para isso aplicaram-se respectivamente as Equações 1 a 3.

$$R = \frac{2 * e}{DI} \quad (1)$$

Em que: R o Fator Runkel, e a Espessura da parede celular (µm), DI o Diâmetro interno da célula(µm).

$$Cf = \left(\frac{DI}{DT}\right) * 100 \quad (2)$$

Em que: CF a coeficiente de flexibilidade (%), DI a Diâmetro do lúmen (µm), DT a Diâmetro externo da célula (µm).

$$Fp = \left(\frac{2*e}{DT}\right) * 100 \quad (3)$$

Em que: Fp a Fração de parede (%), e a Espessura da parede celular (µm), DT a Diâmetro externo da célula (µm).

A análise dos dados foi realizada por meio de estatística descritiva, com a obtenção de valores médios, desvios padrão, coeficientes de variação, além dos valores mínimos e máximos observados para cada variável anatômica medida

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao comprimento de fibras, largura de fibras, largura do lúmen de fibras, espessura de parede das fibras, comprimento de vasos e largura dos vasos da madeira de *Cariniana estrellensis* estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de comprimento de fibras, largura de fibras, largura do lúmen de fibras e espessura de parede das fibras, comprimento de vasos e largura dos vasos das madeiras de jequitibá (*Cariniana estrellensis*), acompanhados do desvio padrão, coeficiente de variação, valores mínimos e máximo.

Variáveis	Média (µm)	Desvio padrão (%)	Coeficiente de variação (%)	Mínimo (µm)	Máximo (µm)
Comprimento de fibras	598,615	75,92	12,68	428,659	740,722
Largura de fibras	11,074	1,79	16,18	7,410	15,334
Largura do lúmen	6,139	1,31	21,34	3,880	9,524
Espessura da parede	2,468	0,66	26,83	1,099	4,691
Comprimento de vasos	192,402	32,55	16,92	133,301	254,896
Largura de vasos	71,387	11,314	15,84	48,925	94,341

Elaborado pelos autores.

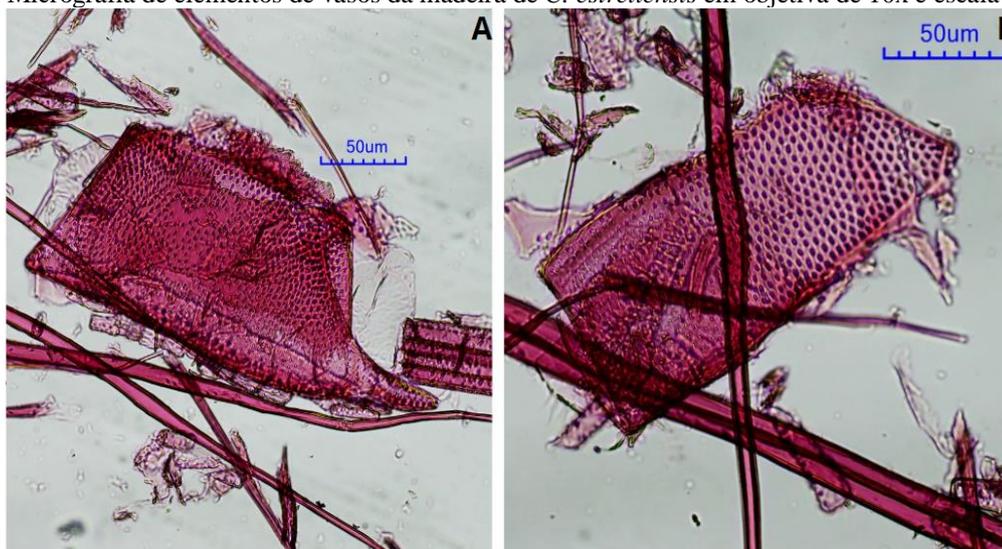
Os resultados obtidos neste estudo para os valores de comprimento das fibras, largura das fibras, largura do lúmen e espessura da parede das fibras da madeira de *C. estrellensis* foram de 598,615 µm, 11,074 µm, 6,139 µm e 2,468 µm, respectivamente, sendo possíveis classificá-las como fibras curtas e de paredes muito finas (IAWA, 1989). No geral, madeiras do grupo das angiospermas são consideradas espécies de fibra curta.

A proporção de fibras por volume total e a espessura de suas paredes influenciam diretamente a massa específica e o grau de alteração volumétrica, interferindo indiretamente nas propriedades mecânicas da madeira (Burger e Richter, 1991). Além disso, o comprimento das fibras pode influenciar algumas propriedades do papel, especialmente a resistência ao rasgo e às dobras. Fibras mais curtas apresentam desempenho inferior nessas características em comparação às fibras mais longas, como as de coníferas, que promovem um maior entrelaçamento, aumentando a resistência do papel, madeiras com fibras curtas possuem maior capacidade de absorção (FERREIRA *et al.*, 2025).

Para as variáveis comprimento e largura de vasos, os valores encontrados para a madeira de *C. estrellensis* neste estudo foram de 192,402 μm para o comprimento e 71,387 μm para a largura. Os elementos de vasos estão diretamente relacionados à massa específica da madeira, sendo que sua quantidade, distribuição e dimensões influenciam diretamente a densidade. Conforme Moreschi (2014), quanto maior a frequência e as dimensões dos elementos de vasos, menor será a densidade da madeira; por outro lado, menor frequência e menores dimensões resultam em maior densidade. De acordo com Dias e Simonelli (2013), madeiras que apresentam densidade básica entre 0,40 e 0,55 g/cm^3 são as mais adequadas para a polpação. Valores inferiores a esse intervalo tendem a resultar em menor rendimento e maior exigência de insumos químicos, enquanto densidades superiores dificultam a trituração da madeira e a penetração do licor de cozimento, comprometendo a qualidade da polpa e originando papéis mais frágeis e porosos.

A presença de apêndices nas extremidades dos elementos de vasos é uma característica morfológica relevante para a identificação de espécies, além de estar relacionada às condições fenotípicas e aos avanços de crescimento da árvore (Burger e Richter, 1991). A Figura 1 apresenta os elementos de vasos da espécie estudada, destacando tanto vasos sem apêndices quanto vasos com apêndices em uma de suas extremidades.

Figura 1. Micrografia de elementos de vasos da madeira de *C. estrellensis* em objetiva de 10x e escala de 50 μm .



Elemento de vaso da madeira de *Cariniana estrellensis* com a presença de apêndices em uma das extremidades (A); elemento de vaso da madeira de *Cariniana estrellensis* sem a presença de apêndices (B). Elaborado pelos autores.

Os resultados referentes aos índices de qualidade da madeira de *Cariniana estrellensis*, estão apresentados na Tabela 2, contemplando o Fator Runkel, coeficiente de flexibilidade e fração de parede.

Tabela 2. Valores referentes aos índices de qualidade para a indústria de papel e celulose, entre eles, Fator Runkel, Coeficiente de Flexibilidade e fração de parede da madeira de jequitibá (*Cariniana estrellensis*).

Espécies	Fator Runkel	Coeficiente de flexibilidade	Fração de parede
<i>Cariniana estrellensis</i>	0,80	55,43	44,45

O Fator de Runkel está relacionado com a resistência à tração e ao arrebentamento, sendo um indicativo da flexibilidade das fibras. Conforme classificação do índice de Runkel (1952), as fibras da espécie estudada integram o grupo III (0,5-1,0) consideradas boas para papel.

O coeficiente de flexibilidade é o atributo que indica a resistência das fibras à ruptura e quanto maior tal valor, maior resistência das fibras ao arrebentamento e maior número de ligações entre as fibras, já para a fração parede, os valores desejáveis são os abaixo de 40%, uma espécie com alto valor de fração parede possui fibras

rígidas e não flexíveis, indicando dificuldades nas interligações das mesmas, produzindo celulose de má qualidade (Benites *et al.*, 2015). Conforme o resultado obtido neste estudo, para o coeficiente de flexibilidade as fibras situam-se na classe aceitável, indicando fibras flexíveis, para a fração parede são classificadas como parcialmente imprópria (Runkel 1952; Benites *et al.*, 2015).

CONCLUSÕES

O estudo mostrou que a madeira de *C. estrellensis*, conhecida como jequitibá, possui fibras curtas e paredes finas, além de vasos com dimensões moderadas. Os índices de qualidade, como o Fator de Runkel e o Coeficiente de Flexibilidade, indicam um bom equilíbrio entre resistência e maleabilidade. No entanto, a fração da parede revela algumas limitações, classificando a madeira como parcialmente imprópria. Para melhorar sua aplicação, pesquisas futuras podem investigar tratamentos ou combinações com outras madeiras para superar essas limitações.

REFERÊNCIAS

- BENITES, P. K. R. M *et al.* Caracterização anatômica das fibras de oito espécies florestais do Cerrado de Mato Grosso do Sul para a produção de papel. *Ciência da Madeira, Brazilian Journal of Wood Science*, v. 6, n. 2, p. 88-93, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4856>.
- BURGER, M. L.; RITCHER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991
- DIAS, O. A.; SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 17, dez. 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- FARIAS, DT DE; MELO, RR Propriedades físicas da madeira de cinco espécies nativas da caatinga. *Avanços na Ciência Florestal*, v. 7, n. 3, pág. 1147–1152, 2020.
- FERREIRA, Mayara de Lima; SILVA, Washington Duarte Silva da; REIS, Pamella Caroline Marques dos Reis; *et al.* MORFOLOGIA DAS ESTRUTURAS ANATÔMICAS DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES AMAZÔNICAS COM VISTAS À PRODUÇÃO DE CELULOSE E PAPEL. **Madeiras Nativas e Plantadas do Brasil: Qualidade, Pesquisas e Atualidades** - Volume 2, p. 50–66, 2021. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/211106849.pdf>
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES-IBÁ**. Relatório anual 2017. Brasília, DF, 2017. 100 p.
- IAWA. International Association Of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwoods identification. **IAWA Bulletin**, v.10, p.220-332, 1989.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2000.
- MORESCHI, J. C. **PROPRIEDADES DA MADEIRA**. 4. ed. Curitiba-PR: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2014.
- PAIVA FILHO, J. C. DE *et al.* **Diagnóstico do uso da madeira como material de construção no município de Mossoró-RN/Brasil**. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 23, n. 3, 2018
- RUNKEL, R.O.H. **Pulp from tropical wood**. *TAAP*, n. 35, v.4, p. 174-178, 1952.
- SILVA, J.C. *Anatomia da Madeira e Suas Implicações Tecnológicas*. **Apostila da disciplina ENF 351 – Estrutura anatômica e identificação da madeira**. Viçosa: UFV, 2005. 138p.