

## ANÁLISE DA DENSIDADE BÁSICA E PARÂMETROS ANATÔMICOS DE TRÊS ESPÉCIES MADEIREIRAS NATIVAS DA MATA ATLÂNTICA<sup>1</sup>

### ANALYSIS OF BASIC DENSITY AND ANATOMICAL PARAMETERS OF THREE TIMBER SPECIES NATIVE TO THE ATLANTIC FOREST<sup>1</sup>

Murilo Pereira da Silva<sup>2,4</sup>, Mara Lúcia Agostini Valle<sup>3</sup>

**RESUMO** - A Mata Atlântica é um bioma de alta diversidade de espécies. Pesquisas voltadas ao conhecimento sobre espécies madeireiras desse bioma são de grande relevância para subsidiar estratégias de conservação e manejo sustentável florestal. Este estudo objetiva determinar a densidade básica, descrever, analisar e correlacionar as variáveis anatômicas das fibras e dos elementos de vaso, incluindo comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede das madeiras de Pau-brasil, Vinhático e Putumuju. Foram coletados discos à altura do peito de árvores provenientes do arboreto da Estação Experimental Arnaldo Medeiros. A densidade básica foi obtida através de duas cunhas opostas retiradas dos discos. Para a anatomia, realizou-se maceração com método nítrico-acético de partículas retiradas do cerne, através de três repetições, seguindo critérios da IAWA. A densidade básica variou entre 0,65 g/cm<sup>3</sup> (putumuju), 0,67 g/cm<sup>3</sup> (vinhático) e 0,80 g/cm<sup>3</sup> (pau-brasil), classificando-as como madeiras de média (putumuju e vinhático) a alta densidade (pau-brasil), adequadas para construção civil, móveis e instrumentos musicais. As fibras foram curtas e de parede espessa. O putumuju apresentou fibras mais longas (752,42 µm) e paredes mais espessas (4,15 µm), enquanto o pau-brasil teve fibras mais curtas (277,30 µm) e paredes de 1,92 µm. O vinhático por sua vez, apresentou fibras de 407,77 µm de comprimento com paredes de 2,07 µm de espessura. O putumuju destacou-se por vasos mais longos (351,59 µm) e estreitos, e o vinhático por vasos mais largos (50,25 µm). Os índices indicam maior aptidão das espécies estudadas para usos estruturais que para papel.

Palavras-chave: Anatomia da madeira, Madeiras tropicais, Fabaceae, Sustentabilidade.

**ABSTRACT** - The Atlantic Forest is a biome with high species diversity. Research aimed at increasing knowledge about timber species from this biome is highly relevant to support conservation strategies and sustainable forest management. This study aimed to determine basic density and to describe, analyze, and correlate the anatomical variables of fibers and vessel elements, including length, width, lumen diameter, and wall thickness, of the woods of Pau-brasil, Vinhático, and Putumuju. One disk at breast height was collected from trees located in the arboretum of the Arnaldo Medeiros Experimental Station. Basic density was obtained from two opposite wedges removed from the disks. For anatomical analysis, maceration of particles taken from the heartwood was performed using the nitric-acetic method, with three replicates, following IAWA criteria. Basic density ranged from 0.65 g/cm<sup>3</sup> (putumuju), 0.67 g/cm<sup>3</sup> (vinhático), to 0.80 g/cm<sup>3</sup> (pau-brasil), classifying the woods as medium density (putumuju and vinhático) to high density (pau-brasil), suitable for civil construction, furniture, and musical instruments. The fibers were short and had thick walls. Putumuju showed longer fibers (752.42 µm) and thicker walls (4.15 µm), whereas pau-brasil presented shorter fibers (277.30 µm) and wall thickness of 1.92 µm. Vinhático, in turn, showed fibers 407.77 µm in length with walls 2.07 µm thick. Putumuju stood out for having longer (351.59 µm) and narrower vessels, while vinhático showed wider vessels (50.25 µm). The indices indicate that the studied species are more suitable for structural uses than for paper production.

Keywords: Wood anatomy, Tropical woods, Fabaceae, Sustainability.

<sup>1</sup> Recebido em 25.09.2025. Aceito para publicação em 17.12.2025. Publicado em 08.03.2026.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Sul da Bahia, Praça José Bastos, s/n, Centro, 45600-923, Itabuna – BA, Brasil, <https://orcid.org/0009-0000-9857-6240>.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Sul da Bahia, Praça José Bastos, s/n, Centro, 45600-923, Itabuna – BA, Brasil, <https://orcid.org/0000-0003-2121-5281>.

<sup>4</sup> Autor para correspondência: Murilo Pereira da Silva - [mmpsmurilogta@gmail.com](mailto:mmpsmurilogta@gmail.com)

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira é um dos recursos naturais de maior relevância para o ser humano, graças à sua versatilidade e às distintas propriedades tecnológicas que apresenta, sendo amplamente utilizada para fins estruturais, confecções de moveis e artefatos de madeira (Mello Júnior et al. 2025), incluindo instrumentos musicais (Lichtenberg et al. 2022). Essas propriedades estão diretamente relacionadas à estrutura anatômica e à densidade básica do material, parâmetros essenciais para compreender o seu comportamento como matéria-prima e definir seu potencial de uso industrial (Eloy et al. 2024).

A densidade básica, em particular, é uma das variáveis mais utilizadas para a classificação das espécies, pois expressa a relação entre a massa seca da madeira e o seu volume, incluindo os espaços vazios (Moreschi 2014). Essa propriedade permite não apenas a classificação da espécie, mas também oferece uma estimativa preliminar sobre seu potencial de uso e informações sobre resistência mecânica, estabilidade dimensional (Silva et al. 2025), rendimento e até estimativas de estoque de carbono (Petrea et al. 2024).

Do ponto de vista anatômico, as fibras e os elementos de vaso desempenham papel fundamental na caracterização da madeira. As fibras estão relacionadas ao suporte mecânico da árvore (Appezato e Carmello 2022) e os vasos, especializados na condução de seiva (Burger e Richter, 1991), sendo que as suas dimensões influenciam diretamente na qualidade da matéria-prima para a produção de celulose, papel e confecções de painéis e compensados (Bonfatti Júnior et al. 2023), além de influenciar a densidade e as propriedades físicas do lenho (Eloy et al. 2024).

A escolha das espécies florestais a serem utilizadas na produção de madeira deve considerar, além da qualidade tecnológica do lenho, a adaptação às condições ambientais e os impactos sobre os ecossistemas (Krainovic et al. 2023). Nesse contexto, as espécies nativas destacam-se por promoverem sistemas produtivos mais compatíveis com a dinâmica natural das florestas, favorecendo a manutenção da biodiversidade ao oferecerem habitat e recursos para a fauna, contribuírem para a conectividade entre fragmentos florestais e auxiliarem na

recuperação de áreas degradadas (Guillemot et al. 2022)

A Botanic Gardens Conservation International (BGCI 2017) identifica 60.065 espécies de árvores no mundo, das quais 8.715 ocorrem no Brasil, cerca de 14% da diversidade global. Entre as espécies nativas brasileiras, destacam-se a *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis (Pau-Brasil), o *Plathymenia reticulata* Benth. (Vinhático) e o *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth (Putumuju), tradicionalmente reconhecidas pela qualidade de sua madeira e por seu valor histórico, cultural e econômico. O pau-brasil, além de símbolo nacional, é considerado uma madeira de elevada densidade e resistência, utilizada historicamente na fabricação de arcos de instrumentos musicais (Lichtenberg et al. 2022). O vinhático é valorizado pela durabilidade natural e pelo uso na construção civil e no mobiliário de alto padrão, enquanto o putumuju apresenta potencial de utilização tanto no setor madeireiro quanto na produção de painéis e laminados (Rolim e Piotto, 2018).

Apesar do potencial de uso dessas espécies, ainda são escassos os estudos que relacionam de forma sistemática sua densidade básica às características anatômicas do lenho. Pesquisas voltadas a esse tema são fundamentais para ampliar o conhecimento sobre essas madeiras nativas, subsidiar estratégias de conservação e manejo sustentável e incentivar sua inclusão em programas de produção florestal, contribuindo para diversificar a base de matéria-prima e reduzir a dependência sobre espécies exóticas largamente cultivadas.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a densidade básica e analisar as variáveis anatômicas da madeira de *Paubrasilia echinata* (Pau-brasil), *Plathymenia reticulata* (Vinhático) e *Centrolobium robustum* (Putumuju), considerando dimensões de fibras (comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura de parede) e elementos de vaso (comprimento e largura). Além disso, incluem-se as análises de índices qualitativos das fibras, como fator de Runkel, coeficiente de flexibilidade e fração de parede. A partir desses dados, busca-se estabelecer relações entre esses parâmetros e discutir suas possíveis aplicações tecnológicas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Seleção do material

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), no Laboratório Central de Tecnologia de Produtos Florestais (LCTPF). Foram selecionadas três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica, incluindo o Pau-Brasil, Vinhático e Putumuju (Quadro 1). As

árvores são provenientes do arboreto Estação Experimental Arnaldo Medeiros (ESAM), localizado 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 árvores derrubadas por queda natural, sendo um indivíduo por espécie, onde foi retirado um disco à altura do peito para cada exemplar.

Tabela 1. Espécies estudadas, incluindo seus respectivos nomes científicos, nomes populares, família, subfamília e idade de plantio.

Table 1. Studied species, including their respective scientific names, common names, family, subfamily and planting age.

Espécies	Nome popular	Família	Subfamília	Ano de plantio (Barazetti et al. 2011)
<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H. C. Lima & G. P. Lewis	Pau-Brasil	Fabaceae	<i>Caesalpinioideae</i>	1971
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Vinhático	Fabaceae	<i>Mimosoideae</i>	1982
<i>Centrolobium robustum</i> (Vell.) Mart. ex Benth	Putumuju	Fabaceae	<i>Papilionoideae</i>	1972

Fonte: Elaborado pelos autores.

Source: Prepared by the authors.

### 2.2 Densidade básica

A densidade básica da madeira foi determinada conforme a NBR 11941 (ABNT 2003). Foram utilizadas cunhas de lados opostos, por espécie, previamente saturadas em água até apresentarem massa constante. O volume das amostras foi obtido pelo método de imersão (Vital 1984)

utilizando-se balança de precisão, e, em seguida, as amostras foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçada a  $103 \pm 2$  °C, até atingirem massa constante. A densidade básica foi calculada pela razão entre a massa seca (g) e o volume saturado (m<sup>3</sup>) conforme apresentado na Equação 1, considerando duas repetições por espécie.

$$Db (g/cm^3) = \frac{M}{V}$$

Em que: Db = Densidade básica (g/cm<sup>3</sup>); M= massa (g); V = Volume (cm<sup>3</sup>).

Equação (1)

### 2.3 Avaliação Anatômica

Foram avaliados os parâmetros morfológicos das fibras e dos elementos de vasos. Referente as fibras, considerou-se o comprimento, largura, diâmetro de lúmen e espessura de parede. Os elementos de vasos, por sua vez, consideraram-se o comprimento, largura e a ausência ou presença de apêndices em suas extremidades. Para isso foi realizado o processo de maceração de partículas

retiradas do cerne, através de três repetições, aplicando o método nitro-acético apresentado por Evangelista e Stanciola (2005), que se consiste na retirada de pequenos fragmentos de madeiras no sentido axial, sendo imersos em tubo de ensaios com água e depois em uma solução a base de ácido nítrico e ácido acético, com proporção de 1:5 v/v. Os tubos de ensaio com a solução foram colocados em banho-maria por aproximadamente 3 horas, até que o material apresentasse coloração

embranquecida. Posteriormente as amostras foram lavadas com água destilada e em seguida se procedeu com a coloração em Safranina.

Com a maceração concluída, foram montadas lâminas temporárias, para obtenção dos dados dimensionais das fibras e dos vasos. Para captura de imagens e medições dos elementos anatômicos, foi utilizado um microscópio acoplado à câmera modelo LEICA ICC50 W, e o software de imagens Prime Cam Pro, sendo avaliados conforme IAWA (1989). Foram realizadas 50 medições das fibras e 30 para os vasos. Para as dimensões de comprimento das fibras foi utilizada objetiva de 4x com escala de 90 µm para largura

das fibras, objetiva de 40x com escala de 10 µm para as paredes e lúmen. O comprimento dos vasos foi determinado utilizando objetiva de 10x, com escala de 35 µm.

Foram calculados, por meio das Equações 2 a 4, os seguintes índices qualitativos das fibras: fator de Runkel (Equação 2; Runkel 1952), coeficiente de flexibilidade (Equação 3; Milanez e Foelkel 1981) e fração de parede (Equação 4; Foelkel 1978). Esses índices são considerados relevantes para a indústria de papel e celulose, estando associados às propriedades físico-mecânicas do material produzido (Burger e Richter 1991).

$$R = \frac{2 * e}{DI}$$

Em que: R: Fator Runkel; e: Espessura de parede celular (µm); DI: Largura de fibra Equação (2) (µm).

$$CF = \left(\frac{DI}{DT}\right) * 100$$

Em que CF: Coeficiente de flexibilidade; DI: Largura de lúmen (µm); DT Largura de Equação (3) fibra (µm).

$$FP = \left(\frac{2 * e}{DT}\right) * 100$$

Em que: FP: Fração de parede; e: Espessura de parede celular (µm); DT Largura de Equação (4) fibra (µm).

## 2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva com auxílio do Microsoft Excel 2016, além do teste de correlação de Pearson, ANOVA e Tukey a 5% de significância no programa R Studio.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios encontrados para a densidade básica das madeiras *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis (Pau-brasil), *Plathymenia reticulata* Benth. (Vinhático) e *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth (Putumuju) são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores médios para densidade básica das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum*.

Table 2. Mean values for basic wood density of *P. echinata*, *P. reticulata* and *C. robustum*.

Espécies	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	Classificação (Farias e Melo 2020)
<i>Paubrasilia echinata</i>	0,80 (± 0,03) a	Alta densidade
<i>Plathymenia reticulata</i>	0,67 (± 0,05) b	Média densidade
<i>Centrolobium robustum</i>	0,65 (± 0,02) b	Média densidade

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Desvio padrão (±).

Means followed by the same uppercase letters in the columns do not differ statistically according to Tukey test at the 5% probability level. Standard deviation (±).

A densidade básica das madeiras analisadas neste estudo variou de 0,65 a 0,80 g/cm<sup>3</sup>, sendo o Pau-brasil a única espécie que se diferenciou estatisticamente das demais aqui analisadas. A espécie *P. echinata* apresentou o maior valor, 0,80 g/cm<sup>3</sup>. Para as madeiras de *P. reticulata* e *C. robustum* registraram-se densidades de 0,67 g/cm<sup>3</sup> e 0,65 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Conforme Farias e Melo (2020) as madeiras analisadas neste estudo são classificadas como de média densidade para *P. reticulata* e *C. robustum* e alta densidade para *P. echinata*. De forma geral, madeiras mais densas tendem a ser mais resistentes, rígidas, duras e com maior resistência mecânica em comparação às menos densas, contudo, essas vantagens geralmente vêm acompanhadas de maior dificuldade de trabalhabilidade e maior variabilidade em suas propriedades (Moreschi 2014).

Os resultados obtidos neste estudo para a densidade básica estão alinhados com os dados reportados na literatura. Marques et al. (2012) investigaram as propriedades físicas da madeira de *P. echinata* em diferentes idades, encontrando uma densidade básica de 0,86 g/cm<sup>3</sup> para exemplares com 30 anos. Rolim e Piotto (2018) relataram uma densidade básica de 0,60 g/cm<sup>3</sup> para a madeira de *C. robustum*. A diferença dos valores encontrados na literatura com os resultados obtidos neste estudo é justificada por fatores como manejo, idade e região diferentes, sabe-se que o sítio influencia na qualidade e nas propriedades da madeira (Monteiro et al. 2025).

Madeiras de densidade média à alta são indicadas para construções civis internas e

externas, fabricação de folhas faqueadas para revestimentos decorativos, móveis, painéis, portas nobres, artefatos artísticos, marcenaria e dormentes, com duração média de 20 anos (Rolim e Piotto 2018). Conforme os relatos encontrados na literatura, a madeira de *P. echinata* (pau-brasil) é tradicionalmente utilizada na confecção de instrumentos musicais, marcenaria fina e móveis de luxo (Silva et al. 2021). Já a madeira de *P. reticulata* (vinhático) apresenta elevado potencial para uso na construção civil, mobiliário e acabamentos (Marchesan et al. 2020). A madeira de *C. robustum* (putumuju) é empregada na construção civil e naval, bem como em serviços de marcenaria (Programa Arboretum 2024).

De acordo com Burger e Richter (1991), a densidade da madeira é influenciada pela proporção e distribuição dos diferentes tipos de células presentes no lenho, como vasos, fibras e parênquimas, bem como pela espessura das paredes das fibras, frequência e diâmetro dos vasos. Esses atributos anatômicos, além de influenciar diretamente a densidade, desempenham um papel fundamental na identificação das espécies e na compreensão do comportamento físico-mecânico da madeira.

As fibras são células presentes na madeira e suas dimensões são de grande relevância para avaliação tecnológica de espécies florestais madeireiras (Miranda e Castelo 2012). Os valores médios encontrados neste estudo para o comprimento de fibras, largura de fibras, diâmetro do lúmen de fibras e espessura de parede de fibras das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum* estão apresentados na tabela 3.

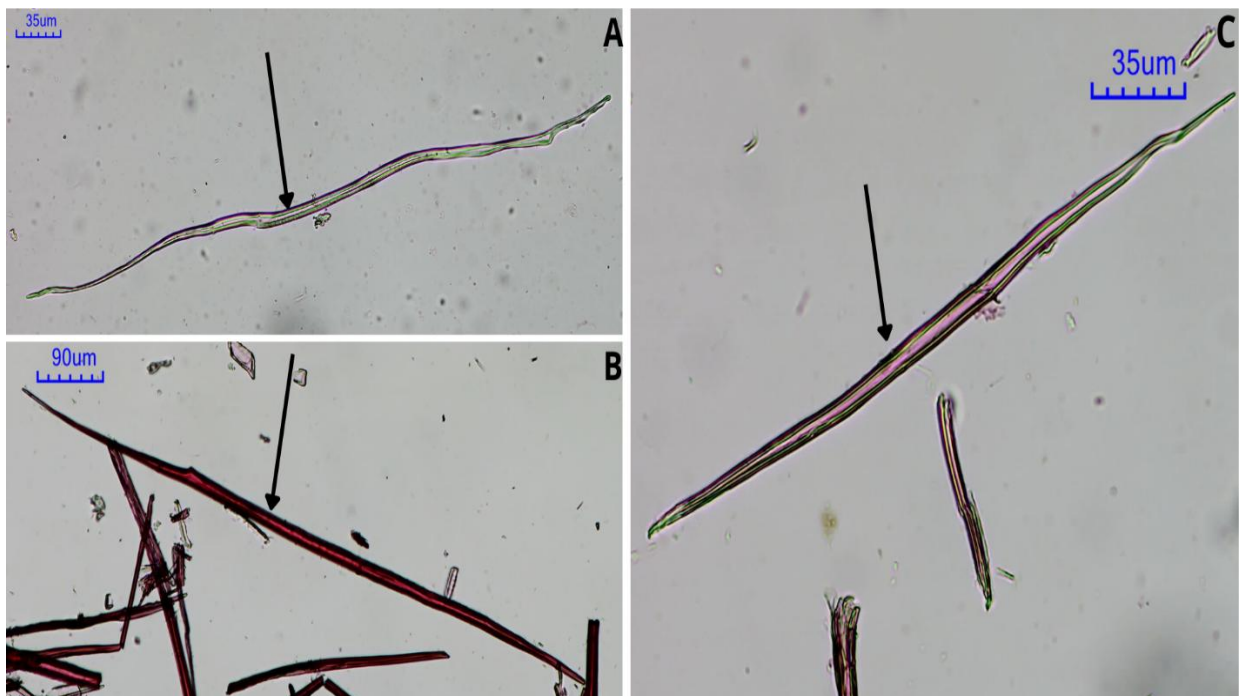
Tabela 3. Valores médios de comprimento de fibras, largura de fibras, largura de lúmen de fibras e espessura de parede de fibras das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum*.

Table 3. Mean values of fiber length, fiber width, fiber lumen width, and fiber wall thickness of the woods of *P. echinata*, *P. reticulata* and *C. robustum*.

Espécies	Comprimento (µm)	Largura (µm)	Diâmetro do Lúmen (µm)	Espessura de Parede (µm)
<i>P. echinata</i>	277,30 (± 40,19) c	6,74 (± 1,10) b	2,90 (± 0,57) b	1,92 (± 0,40) b
<i>P. reticulata</i>	407,77 (± 51,05) b	6,88 (± 0,72) b	2,74 (± 0,41) b	2,07 (± 0,36) b
<i>C. robustum</i>	752,42 (± 76,01) a	12,51 (± 1,63) a	4,21 (± 0,94) a	4,15 (± 0,64) a

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Desvio padrão (±).

Means followed by the same letters in the columns do not differ statistically according to Tukey's test at the 5% probability level. Standard deviation (±).

Figura 1. Micrografia das fibras das madeiras de *P. reticulata* (A), *C. robustum* (B) e *P. echinata* (C).Figure 1. Micrograph of the wood fibers of *P. reticulata* (A), *C. robustum* (B) and *P. echinata* (C).

Fonte: Elaborado pelos autores

Source: Prepared by the authors.

A madeira de *C. robustum* apresentou os maiores valores médios entre as espécies analisadas, com fibras significativamente mais longas e mais larga, lúmen mais largo, com paredes mais espessas, em comparação com *P. echinata* e *P. reticulata* (Tabela 3). Esse resultado justifica a menor densidade básica apresentada em comparação às outras espécies, uma vez que madeiras com menores densidades apresentam proporcionalmente maior diâmetro do lúmen (Tabela 3), podendo classificar as fibras das espécies estudadas como fibras curtas de paredes espessas conforme os padrões estabelecidos pela IAWA Committee (1989).

As espécies *P. echinata* e *P. reticulata* apresentaram valores médios de largura de fibras de 6,74 µm e 6,88 µm, respectivamente, evidenciando proximidade entre os dados, sem diferença estatística significativa. O mesmo padrão foi observado para a largura do lúmen, com médias de 2,90 µm para *P. echinata* e 2,74 µm para *P. reticulata*. Essa semelhança pode ser atribuída à proximidade filogenética entre essas duas espécies, ambas atualmente alocadas na subfamília Caesalpinioideae (Flora do Brasil 2020), além de estarem inseridas no mesmo bioma e terem sido coletadas sob condições

ambientais semelhantes.

Embora *C. robustum* também pertença à família Fabaceae e tenha sido coletada no mesmo bioma e localidade, trata-se de uma espécie pertencente à subfamília Papilionoideae (Flora do Brasil 2020), o que pode justificar as diferenças observadas nos parâmetros anatômicos. Ressalta-se ainda que revisões filogenéticas recentes, baseadas em dados moleculares, promoveram uma reestruturação da família Fabaceae, com a incorporação da antiga subfamília Mimosoideae à Caesalpinioideae, onde *P. reticulata* passou a ser incluída (LPWG 2017, APG IV 2016). Ademais, não há evidências consolidadas de padrões anatômicos rigidamente definidos para toda a família Fabaceae, reforçando que variações anatômicas devem ser interpretadas em um contexto filogenético mais refinado.

Alguns dos valores apresentados neste estudo para as dimensões das fibras divergem dos encontrados na literatura, como no caso das variáveis de comprimento de fibras e espessura de parede para a madeira de *P. echinata*. Macedo et al. (2019), ao investigarem a anatomia do lenho de variedades de pau-brasil em diferentes regiões do Brasil, encontraram valores médios variando de 689,00 a 1.302,00 µm para o comprimento das

fibras, e de 3,00 a 6,00  $\mu\text{m}$  para a espessura da parede. Essa diferença pode ser explicada pela variação na idade das árvores, diversidade genética e pelas distintas condições de manejo e dos sítios onde as árvores estavam plantadas (Burger e Richter 1991). Para as espécies de *P. reticulata* e *C. robustum* não foram encontradas menções sobre as dimensões das fibras na literatura.

A Tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis anatômicas das fibras e dos elementos de vaso das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum*. Foram consideradas as seguintes variáveis: comprimento de fibras (CF), largura de fibras (LF), largura do lúmen (LL), espessura de parede (LP), comprimento de vasos (CV), largura de vasos (LV) e densidade básica (DB).

Tabela 4. Correlação de Pearson sobre as dimensões das fibras e densidade básica das madeiras das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum*.

Table 4. Pearson correlation of fiber dimensions and basic wood density of the woods of *P. echinata*, *P. reticulata*, and *C. robustum*.

Variáveis	CF	LL	LF	EP	CV	LV	DB
CF	1						
LL	0,93	1					
LF	0,96	0,99	1				
EP	0,97	0,98	0,99	1			
CV	0,95	0,99	0,99	0,99	1		
LV	-0,59	-0,84	-0,77	-0,74	-0,80	1	
DB	-0,79	-0,52	-0,61	-0,64	-0,56	-0,02	1

CF: Comprimento de fibras; LF: Largura de fibras; LL: Largura do lúmen; LP: Espessura de parede; CV: Comprimento de vasos; LV: Largura de Vasos; DB: Densidade básica.

CF: Fiber length; LF: Fiber width; LL: Lumen width; LP: Wall thickness; CV: Vessel length; LV: Vessel width; DB: Basic density.

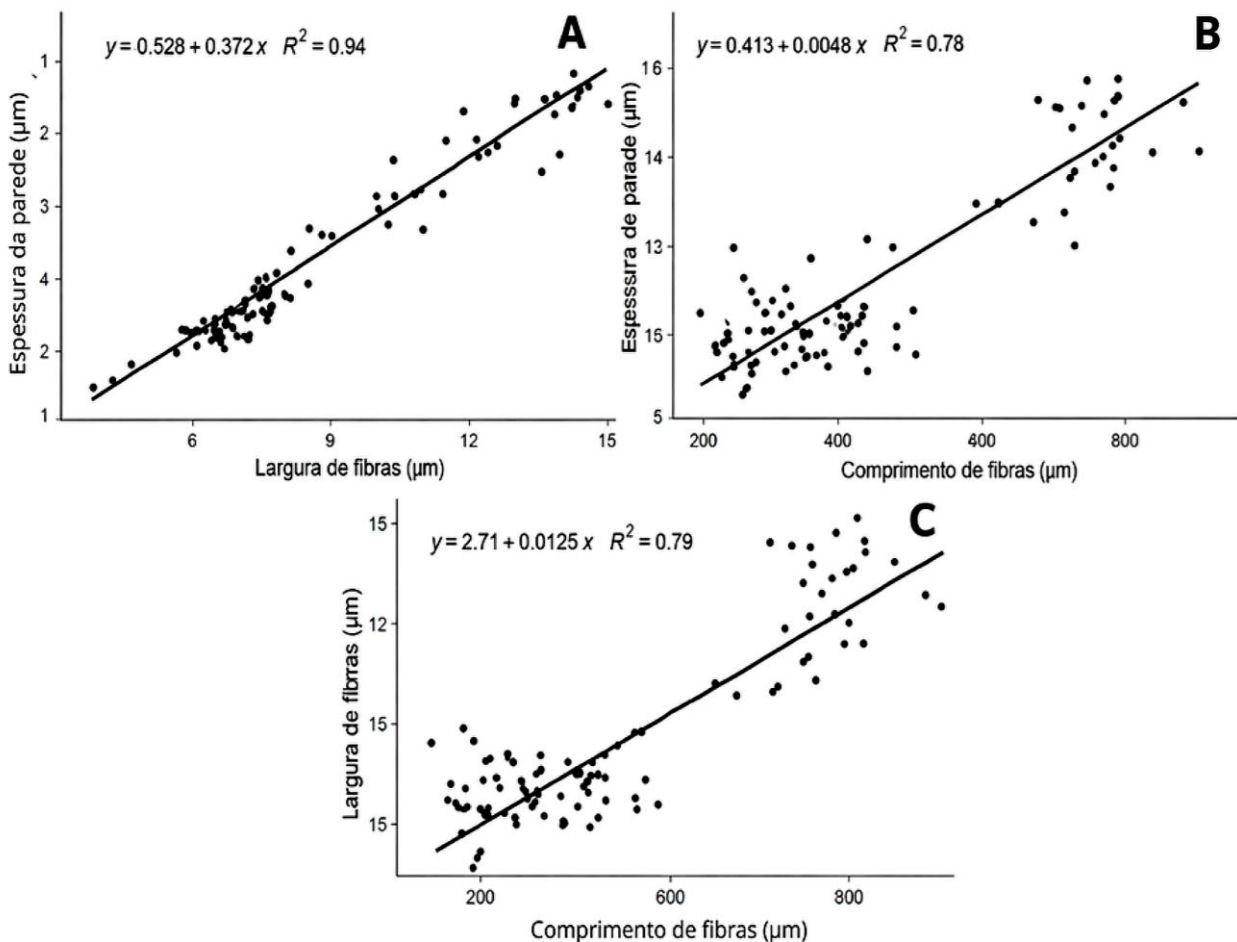
A largura de fibras e a espessura de parede apresentaram correlação muito alta e positiva ( $\rho = 0,99$ ), sugerindo que fibras mais largas tendem a apresentar paredes mais espessas. Na Figura 2A, também é possível observar esse padrão, onde o elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,94$ ) evidencia um ajuste robusto do modelo, indicando que grande parte da variação na espessura da parede está associada à variação na largura das fibras. Observa-se ainda uma correlação alta e positiva entre comprimento de fibras e espessura de parede ( $\rho = 0,97$ ), reforçando a tendência de associação entre o crescimento longitudinal e radial das fibras durante o desenvolvimento do lenho.

Por outro lado, a largura dos vasos apresentou correlações negativas moderadas a altas com a maioria das variáveis anatômicas das fibras, especialmente com a espessura de parede ( $\rho = -0,74$ ), indicando que o aumento na espessura das

paredes celulares está associado à ocorrência de vasos mais estreitos. Resultados semelhantes foram observados em relação ao comprimento de fibras ( $\rho = -0,59$ ) e à largura de fibras ( $\rho = -0,77$ ). A densidade básica apresentou correlação negativa moderada com as dimensões das fibras e dos vasos, destacando-se as associações com comprimento de fibras ( $\rho = -0,79$ ), espessura de parede ( $\rho = -0,64$ ) e largura de vasos ( $\rho = -0,56$ ). Esses resultados indicam que variações na densidade básica não dependem exclusivamente do espessamento das paredes celulares, mas refletem um balanço estrutural entre dimensões celulares e proporção de espaços vazios no lenho. Em conjunto, essas relações sugerem uma estratégia estrutural da madeira, na qual o aumento da robustez mecânica pode ocorrer em detrimento da eficiência hidráulica, refletida na redução da largura dos vasos e no ajuste da densidade básica (Burger e Richter 1991).

Figura 2. Relações de regressão entre (A) espessura de parede e largura das fibras, (B) espessura de parede e comprimento das fibras, e (C) largura e comprimento das fibras das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum*, com os respectivos modelos ajustados e coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Figure 2. Regression relationships between (A) wall thickness and fiber width, (B) wall thickness and fiber length, and (C) fiber width and fiber length of the woods of *P. echinata*, *P. reticulata*, and *C. robustum*, with the respective fitted models and coefficients of determination ( $R^2$ ).



Fonte: elaborado pelos autores

Source: prepared by the authors.

A figura 2B, por sua vez, apresenta uma relação entre o comprimento das fibras e a espessura da parede celular. Assim como na correlação anterior, verifica-se uma tendência positiva, indicando que fibras mais longas tendem a possuir paredes celulares mais espessas, o que é evidenciado pelo coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,78$ ).

A figura 2C relaciona a largura das fibras com o comprimento, apresentando também uma correlação positiva. Esse resultado sugere que o crescimento das fibras ocorre de forma proporcional, com aumento simultâneo de comprimento e largura, o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,79$ ) reforça essa interpretação. Os mesmos fenômenos foram

percebidos nos estudos de Vivian et al. (2021), ao correlacionar as dimensões das fibras da madeira de *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) e de Motta et al. (2017) ao avaliar e correlacionar as características ecológicas da anatomia da madeira de *Casearia sylvestris* Sw (Salicaceae). Tais padrões podem estar associados ao desenvolvimento celular, uma vez que fibras mais longas tendem a apresentar maior espessura radial para garantir funcionalidade e resistência (Burger e Richter 1991).

As correlações positivas entre as variáveis anatômicas, especialmente entre comprimento de fibra e espessura de parede, reforçam a ideia de que o desenvolvimento celular das fibras segue um padrão proporcional, indicando um

comportamento integrado dessas características. O mesmo padrão foi observado entre largura da fibra e espessura de parede, bem como entre largura e comprimento das fibras. A largura dos vasos mostrou correlações negativas com a maioria das variáveis anatômicas das fibras, especialmente com a espessura de parede, indicando que o aumento na espessura das paredes celulares pode estar relacionado à presença de vasos mais estreitos.

Assim como as fibras, os elementos de vasos são células presentes nas angiospermas, e

influenciam as propriedades da madeira. Sua principal função fisiológica é transportar a seiva bruta ao longo do tronco, desde as raízes até a copa. Essas estruturas são descritas como tubos ocos que conduzem a água absorvida do solo (Botosso 2011). Na Tabela 5, são apresentados os valores médios de comprimento e largura dos elementos de vasos das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum*.

Tabela 5. Valores médios do comprimento e largura dos elementos de vasos das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum*.

Table 5. Mean values of vessel element length and width of the woods of *P. echinata*, *P. reticulata*, and *C. robustum*.

<b>Espécies</b>	<b>Comprimento (µm)</b>	<b>Largura (µm)</b>
<i>Paubrasilia echinata</i>	76,72 (± 10,87) b	34,82 (± 8,01) b
<i>Plathymenia reticulata</i>	62,82 (± 6,55) c	50,25 (± 11,87) a
<i>Centrolobium robustum</i>	351,59 (± 32,86) a	25,69 (± 3,26) c

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Desvio padrão (±).

Means followed by the same uppercase letters in the columns do not differ statistically according to Tukey's test at the 5% probability level. Standard deviation (±).

Com base nos valores médios obtidos neste estudo e na interpretação da Tabela 5, a madeira de *C. robustum* apresentou o maior comprimento médio dos elementos de vaso (351,59 µm), o que sugere maior eficiência potencial no transporte axial de água e de sais minerais. (Ribeiro et al. 2022). Em contraste, *P. reticulata* exibiu os menores valores de comprimento (62,82 µm) e baixa variação, enquanto *P. echinata* apresentou comprimento médio intermediário (76,72 µm), indicando diferenças estruturais no sistema condutor entre as espécies. Essas variações nas dimensões dos elementos de vaso estão diretamente relacionadas ao desempenho hidráulico do lenho, influenciando a condutividade e a eficiência do transporte de água. Além disso, elementos de vaso de maiores dimensões, como os observados em *C. robustum*, tendem a favorecer a permeabilidade da madeira, característica relevante para processos tecnológicos como preservação e colagem (Burger e Richter 1991).

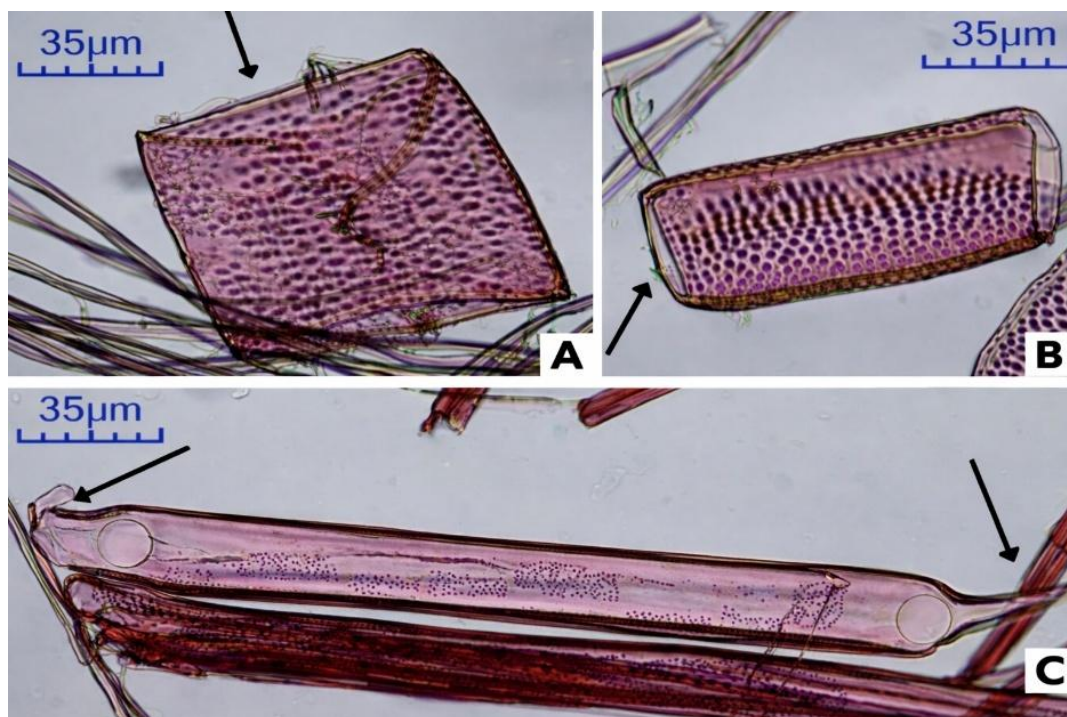
Para a largura dos elementos de vasos (Tabela

5), a madeira de *P. reticulata* possui a maior largura média entre as espécies estudadas, com valor de 50,25 µm, e uma ampla dispersão dos dados, indicando grande variabilidade. Já *C. robustum* exibe o menor valor médio e menor variabilidade, com 25,69 µm. A espécie *P. echinata* apresenta valor intermediário de 34,82 µm, sendo próximo ao encontrado na literatura, onde Macedo et al. (2019), investigando a anatomia do lenho de variedades de pau-brasil encontraram valores médios variando de 32,00 a 174,00 µm para largura dos elementos de vasos.

Outra característica morfológica relevante atrelada aos elementos de vasos é a presença ou ausência de apêndices nas extremidades dos vasos., sendo importante para a identificação de espécies, além de estar relacionado às condições fenotípicas e aos avanços de crescimento da árvore (Burger e Richter 1991). A Figura 3 apresenta os elementos de vasos das espécies estudadas, destacando tanto vasos sem apêndices quanto vasos com apêndices em suas extremidades.

Figura 3. Micrografia dos elementos de vasos das madeiras *C. robustum*, *P. echinata*, *P. reticulata* em objetiva de 10x.

Figure 3. Micrograph of the vessel elements of the woods of *C. robustum*, *P. echinata*, and *P. reticulata* under a 10× objective lens.



Em que: A: Elementos de vaso da madeira de *C. robustum* sem apêndice em suas extremidades; B: Elementos de vaso da madeira de *P. echinata*, sem apêndice em suas extremidades; C: Elementos de vaso da madeira de *P. reticulata*, com apêndice em suas extremidades. Fonte: elaborado pelos autores.

Where: A: Vessel elements of the wood of *C. robustum* without appendages at their ends; B: Vessel elements of the wood of *P. echinata* without appendages at their ends; C: Vessel elements of the wood of *P. reticulata* with appendages at their ends. Source: prepared by the authors.

Segundo Ribeiro et al. (2022), vasos mais curtos, com maior diâmetro e ausência de apêndices em suas extremidades, indicam uma melhor adaptação, sugerindo um estágio evolutivo mais avançado. Essas características são claramente observadas nas espécies *C. robustum* e *P. echinata* (Figura 3). Entretanto, a espécie *P. reticulata* apresenta a presença de apêndices em ambas as extremidades de seus vasos, característica que difere das demais espécies analisadas.

Referente aos índices de qualidade das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C.*

*robustum* para aplicação na indústria de papel e celulose, foram analisados três parâmetros sendo eles, o Fator Runkel, o Coeficiente de Flexibilidade e a Fração de Parede, com os resultados apresentados na tabela 6. Esses índices foram utilizados por permitirem uma avaliação preliminar e comparativa do potencial das fibras para a produção de papel e celulose, ainda que outros parâmetros físicos, químicos e tecnológicos da madeira também sejam determinantes para essa aplicação (Burger e Richter 1991).

Tabela 6. Valores dos índices de qualidade para a indústria de papel e celulose, fator Runkel, coeficiente de flexibilidade e fração de parede das madeiras de *P. echinata*, *P. reticulata* e *C. robustum*.

Table 6. Values of quality indices for the pulp and paper industry, Runkel factor, flexibility coefficient, and wall fraction of the woods of *P. echinata*, *P. reticulata*, and *C. robustum*.

Espécies	Fator Runkel	Coeficiente de flexibilidade (%)	Fração de parede (%)
<i>Paubrasilia echinata</i>	1,31	43,02	56,67
<i>Plathymenia reticulata</i>	1,50	39,82	59,88
<i>Centrolobium robustum</i>	1,97	33,65	66,34

Fonte: Elaborado pelos autores.

Source: prepared by the authors.

Os valores do Fator Runkel obtidos para as madeiras analisadas foram 1,31 (*P. echinata*), 1,50 (*P. reticulata*) e 1,97 (*C. robustum*). Este parâmetro, calculado pela razão entre a espessura da parede celular e o diâmetro do lúmen das fibras, serve como indicador da qualidade mecânica do papel, influenciando propriedades como resistência à tração e ao rompimento. De acordo com a classificação de Runkel (1952), fibras com valores do Fator de Runkel entre 1,1 e 2,0, como as encontradas neste estudo, são consideradas de qualidade regular (Grupo IV) por apresentarem paredes relativamente espessas em relação ao lúmen, o que reduz o colapso das fibras e a área de contato entre elas durante a formação do papel. Na prática, isso significa que essas fibras geram papéis com resistência mecânica intermediária, sendo mais indicadas para produtos de menor exigência ou para uso em misturas com fibras de melhor qualidade (Yadav et al. 2022).

O Coeficiente de Flexibilidade é um dos principais índices anatômicos utilizados para avaliar a capacidade das fibras de colapsarem durante a fabricação da polpa celulósica, refletindo diretamente na resistência mecânica final do papel (Nagarajaganesh et al. 2025). Estudos recentes evidenciam que valores mais elevados deste coeficiente estão associados a fibras com maior potencial de conformação e, conseqüentemente, maior resistência ao rasgo e à tração no papel produzido (Jaramillo et al. 2025). Especificamente, materiais genéticos com coeficiente de flexibilidade acima de 50% tendem a ser mais adequados para papéis que exigem boa resistência mecânica, enquanto valores menores podem indicar fibras menos deformáveis e, portanto, menor potencial de formação de ligações interfibras (Sousa et al. 2025).

Quanto à Fração de Parede, valores inferiores a

40% são geralmente considerados desejáveis, por estarem associados a fibras mais flexíveis e com maior capacidade de colapso durante a formação da folha. Em contraste, madeiras com elevada Fração de Parede, como observado no presente estudo, tendem a apresentar fibras mais rígidas, com menor potencial de conformação e de formação de ligações interfibras, o que pode resultar em polpas com desempenho tecnológico inferior (Benites et al. 2015).

#### 4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, pode-se concluir que a madeira de *P. echinata* apresentou alta densidade, enquanto *P. reticulata* e *C. robustum* apresentaram densidade média. Essas madeiras são indicadas para construções civis internas e externas, indústria moveleira, fabricação de painéis, portas nobres, pisos, forros, artefatos artísticos, marcenaria, dormentes e instrumentos musicais.

A madeira de *C. robustum* destacou-se pelos maiores valores médios de comprimento, largura, espessura de parede e largura do lúmen das fibras. Já as fibras de *P. echinata* foram as mais curtas e com menor espessura de parede. Todas as espécies se enquadram na classificação de fibras curtas com paredes espessas.

Para os elementos de vaso, o *C. robustum* apresentou vasos consideravelmente mais longos e estreitos em comparação às demais espécies estudadas, enquanto *P. reticulata* apresentou os vasos mais largos. Os elementos de vaso da madeira de *C. robustum* e *P. echinata* não apresentaram apêndices em suas extremidades, enquanto a madeira de *P. reticulata* apresentou vasos com apêndices.

As espécies aqui estudadas apresentam baixo potencial para a indústria de papel e celulose.

## 5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Murilo Pereira da Silva: Conceitualização; Metodologia; Curadoria de dados; Análise formal; Investigação; Visualização; Redação – versão original; Redação – revisão e edição.

Mara Lucia Agostini Valle: Redação – revisão e edição; Supervisão.

## 6 CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflitos de interesse relacionados à publicação do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

- Angiosperm Phylogeny Group - APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181(1): 1-20. DOI: 10.1111/boj.12385.
- Appezato GB, Carmello GSM. (org.). 2022. *Anatomia vegetal*. 4. ed. Viçosa, MG: UFV. 422 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 2003. NBR 11941: determinação da densidade básica da madeira. Rio de Janeiro. 6 p.
- Barazetti VM, Scoti MSV, Lima MAC, Souza JPF, Curvelo KB, Lobão DÉD. 2011. Arboreto do Ceplac – espécies arbóreas potenciais ao sistema agrossilvicultural cacauero. *Unoesc & Ciência* 2(1): 31-46.
- Benites PKRM, Gouvea AFG, Carvalho AMML, Silva FC. 2015. 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* 6(2): 88-93. Disponível: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4856> Acesso: 27 maio 2025.
- Bonfatti Júnior EA, Lengowski EC, Cabral BM, Oliveira TMG, Barros JMR, Oliveira RS, Andrade AS, Klock U, Silva DA. 2023. Densidade básica da madeira, dimensões das fibras e composição química da madeira de quatro espécies de *Eucalyptus* plantadas no Sul do Brasil. *Revista Árvore* 47. Disponível: <https://revistaarvore.ufv.br/rarv/article/view/262616>. Acesso: dez. 2025.
- Botanic Gardens Conservation International - BGCI. 2017. GlobalTreeSearch: the first complete global database of tree species and country distributions. Richmond: BGCI. Disponível: <https://www.bgci.org/global-tree-search.php>. Acesso: dez. 2025.
- Botosso PC. 2011. Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento. Colombo: Embrapa Florestas. 65 p.
- Burger LM, Richter HG. 1991. *Anatomia da madeira*. São Paulo: Nobel. 154p.
- Eloy E, Mangini TS, Nardini C, Caron BO, Trevisan R, Santos AD. 2024. Correlação da anatomia com as propriedades físicas da madeira de espécies de um sistema agroflorestal. *Revista Árvore* 48(1). Disponível: <https://www.revistaarvore.ufv.br/rarv/article/view/263657>. Acesso: 3 dez. 2025.
- Evangelista WV, Stanciola J. 2005. *Técnicas em anatomia de madeira: maceração e microtomia*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- Farias DT, Melo RR. 2020. Propriedades físicas da madeira de cinco espécies nativas da caatinga. *Avanços na Ciência Florestal* 7(3): 1147-1152.
- Flora do Brasil. 2020. *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso: 17 dez. 2025.
- Flora do Brasil. 2020. *Paubrasilia echinata* (Lam.) E.Gagnon, H.C.Lima, G.P.Lewis. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso: 17 dez. 2025.
- Foelkel CEB, Zvinakevicius C, Andrade JR, Kato J, Sobrinho JM. 1978. *Eucaliptos tropicais na produção de celulose kraft*. Belo Oriente: Cenibra. 31 p.
- Guillemot J, Brancalion PHS, Le Maire G, Laclau JP, Stape JL, Campoe O, Robin A. 2022. Melhorar a silvicultura de plantações com espécies de árvores nativas para auxiliar a restauração florestal. *Série Técnica IPEF* 47: 41-43. Disponível: [https://agris.fao.org/search/en/providers/122653/records/6878e2d35d9ad5f58d60548a?utm\\_source=chatgpt.com](https://agris.fao.org/search/en/providers/122653/records/6878e2d35d9ad5f58d60548a?utm_source=chatgpt.com). Acesso: dez. 2025.

- International Association of Wood Anatomists - IAWA. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin 10: 220-332.
- Jaramillo N, Osorio MA, Castro CI, Restrepo MC, Betancur M, Rios A, Quintana GC. 2025. Valorization of Figue Lignocellulosic Residues for Pulp and Paper Applications: relationship of fiber quality indices with paper strength properties. Sustainability 17(17): 8032. DOI: 10.3390/su17178032.
- Krainovic PM, Resende AF, Amazonas NT, Almeida CT, Ameidá DRA, Silva CC, Andrade HSF, Rodrigues RR, Brancalion PHS. 2023. Potential native timber production in tropical forest restoration plantations. Perspectives in Ecology and Conservation 21(4): 294-301. DOI: 10.1016/j.pecon.2023.10.002.
- Lichtenberg S, Huber-Sannwald E, Reyes- Agüero JÁ, Anhuf D, Nehren U. 2022. Pau-brasil and string instrument bows: telecouple nature, art, and heritage. Ecology and Society 27(1): 32. DOI: 10.5751/ES-13047-270132.
- Legume Phylogeny Working Group (LPWG). 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. Taxon 66(1): 44-77. DOI: 10.12705/661.3.
- Macedo TM, Lima HC, Souza ND, Gonçalves AC, Costa CG, Barros CF. 2019. Variação intraespecífica da madeira de *Paubrasilia echinata* (Fabaceae) ao longo de um gradiente latitudinal no Brasil. Flora 258: 151437. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151437>. Acesso: 21 maio 2025.
- Marchesan R, Souza LAF, Forte RA, Reinaldo RL, Barros AOR, Santos AF. 2020. physical-mechanical characterization of the wood of *Plathymentia reticulata* Benth (vineyard-of-field) native species of the cerrado of the state of tocantins. Floresta 50(4): 1581-1590. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/viewFile/68591/42749> . Acesso: dez. 2025.
- Marques SS, Oliveira JTS, Paes JB, Alves ES, Silva AG, Fiedler NC. 2012. Estudo comparativo da massa específica aparente e retratibilidade da madeira de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) nativa e de reflorestamento. Revista Árvore 36(4): 641-648.
- Mello Júnior JCF, Vicario M, Macchioni N. 2025. Global trends in wood heritage research: a bibliometric and scientometric analysis. Forests 16(2): 326. DOI: 10.3390/f16020326.
- Milanez AC, Foelkel CEB. 1981. Processos de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto. In: Congresso Anual da ABCP, 14. São Paulo. Anais. São Paulo: ABTCP. p. 37-110.
- Miranda MC, Castelo PAR. 2012. Avaliações anatômicas das fibras da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke. Ciência da Madeira 3(2): 80-88.
- Monteiro FG, Dias NA, Miranda GM, Sampietro JÁ, Okiveira XM, Bonazza M. 2025. Estimativa da densidade verde da madeira de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e sortimentos. Floresta 55(1): e96967. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/96967>. Acesso: dez. 2025.
- Moreschi JC. 2014. Propriedades da madeira. 4 ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR.
- Motta GS, Melo LEL, Ribeiro AO, Selvati AO, Pereira H, Mori FA. 2017. Características ecológicas da anatomia da madeira de *Casearia sylvestris* Sw. (Salicaceae) em três ecossistemas brasileiros. Cerne 23(4): 445-453. DOI: 10.1590/01047760201723042897.
- Nagarajaganesh BN, Rekha B, krishna MG, Ferozdheen SISM. 2025. Ascertaining the anatomical parameters and chemical composition of *Luffa cylindrica* cellulosic fibers for their plausibility in pulp and paper production. Polymers 17(19): 2643. DOI: 10.3390/polym17192643.
- Petrea S, Radu GR, Braga CI, Cucu AB, Serban T, Zaharia A, Pepelea D, Lenasoiu G, Petritan IC. 2024. The role of wood density variation and biomass allocation in accurate forest carbon stock estimation of European beech (*Fagus sylvatica* L.) mountain forests. Forests 15(3): 404. Disponível: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/3/404>. Acesso: dez. 2025.
- Programa Arboretum. 2024. *Centrolobium robustum* (putumuju). Ilhéus: Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível: <https://www.programaarboretum.eco.br/especie/61/putumuju>. Acesso: dez. 2025.

Ribeiro EA, Gouvêa AFG, Ribeiro AO, Filho ARZ, Urbano E, Souza AC. 2022. Avaliação das fibras e elementos de vasos de espécies florestais nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Biológicas* 9(21): 49-66.

Rolim SG, Piotto D. 2018. *Silvicultura e tecnologia de espécies da Mata Atlântica*. Ilhéus: Editus. 154 p.

Runkel ROH. 1952. Pulp from tropical wood. *TAAP* 35(4): 174-178.

Silva MP, Jesus CC, Valle MLA. 2025. Variação longitudinal e radial da densidade básica na madeira de *Tapirira guianensis* Aubl. *Brazilian Journal of Biological Sciences* 12(27): e546. DOI: 10.21472/bjbs.v12n27-034.

Silva CCR, Silva CES, Gomes FJB, Batalha LAR, Martins BC, Carvalho PCL, Junior OFN, Trigueiro JL, Carvalho AM. 2021. Propriedades tecnológicas da madeira de cerne e alborno de pau-brasil (*Paubrasilia echinata*). In: *Madeiras nativas e plantadas do Brasil: qualidade, pesquisas e atualidades*. Guarujá: Editora Científica.

Sousa JWP, Carvalho AMML, Carneiro ACO, Demuner IF, Oliveira RS, Reis LAC, Lopes LA, Moretti SDA. 2025. Índices de qualidade das fibras das madeiras de *Corymbia* spp. e *Eucalyptus* spp. para seleção de materiais genéticos destinados à produção de polpa celulósica. *Revista Árvore* 49: 1-12. DOI: 10.53661/1806-9088202549263840.

Vital BR. 1984. Métodos de determinação de densidade da madeira. Viçosa: SIF. 21 p.

Vivian MA, Scipioni MC, Nascimento T, Neto OR. 2021. Imbuia multissecular: caracterização morfológica das fibras da madeira de *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso no sentido radial. *Ciência Florestal* 31(4): 2002-2022. DOI: 10.5902/1980509847439.

Yadav R, Kumar D, Ansari T. 2022. Wood fiber characteristics of underutilized poplar species and comparison with *P. deltoides* in terms of their pulp and paper quality. *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences* 3(11): 1433-1439. DOI: 10.37871/jbres1617.