

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA E UMIDADE DA MADEIRA DE *Hymenolobium* sp.

Aliny Rodrigues Marinho, Aretha Giulianna Pereira Reis, Carolane Dias Xavier, João Paulo Monteiro, Vanessa Elisbão da Silva, Ricardo Gomes de Oliveira, Caroline Junqueira Sartori.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Avenida Primeiro de Junho, 1043, Centro - 39705-000 - São João Evangelista - MG, Brasil, alinyrodrigues006@gmail.com, reisaaretha3@gmail.com, carolanediasxavier1819@gmail.com, joaomps13@gmail.com, vaanessael@gmail.com, ricardo.gomes@ifmg.edu.br, caroline.sartori@ifmg.edu.br.

Resumo

A secagem da madeira é essencial para garantir sua qualidade, influenciando propriedades como estabilidade dimensional, resistência biológica e trabalhabilidade. Este estudo teve como objetivo determinar a densidade básica e o teor de umidade de equilíbrio higroscópico da madeira de *Hymenolobium* sp. (Angelim Vermelho). As amostras de madeira de Angelim foram obtidas em empreendimento em São João Evangelista (MG) e foram analisadas no laboratório do IFMG. A umidade foi determinada pelas massas úmida e seca, e a densidade básica por dois métodos: massa seca/volume saturado e Máximo Teor de Umidade (MTU). Os valores médios obtidos foram 11,04% (umidade base úmida), 12,41% (base seca), 0,723 g/cm³ (densidade básica) e 0,853 g/cm³ (MTU), com baixa variação entre amostras. A madeira apresentou estabilidade dimensional e comportamento higroscópico estável, sendo adequada para estruturas leves e uso moveleiro, com bom potencial comercial, especialmente em regiões tropicais.

Palavras-chave: Angelim vermelho. Xilema secundário. Volume. Angelim Vermelho.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias.

Introdução

A secagem da madeira é um processo importante para garantir a qualidade do produto madeireiro. A secagem correta proporciona melhoria das características de trabalhabilidade, redução da movimentação dimensional, do ataque por fungos e insetos e maior controle de defeitos. Em geral, as propriedades físicas e mecânicas dependem do teor de umidade da madeira (Logsdon e Calil Junior, 2002).

O teor de umidade é inversamente proporcional à densidade da madeira, ou seja, quanto maior a quantidade de água, menor a quantidade dos outros elementos químicos da madeira - celulose, hemicelulose e lignina (Foelkel *et al.* (1971)). A variação no teor de umidade pode provocar mudanças dimensionais nas peças de madeira, ocorrendo em diferentes proporções conforme as direções ortogonais (Moreschi, 2014).

A densidade básica da madeira é considerada um dos principais parâmetros na avaliação de sua qualidade, devido à facilidade de sua determinação e à sua relação com diversas outras propriedades da madeira (Shimoyama e Barrichello (1991)). A densidade básica pode ser determinada pela razão entre a massa seca e o volume saturado da madeira ou pelo método de máximo teor de umidade, em pequenas amostras (Smith (1954); Foelkel *et al.* (1971)).

A espécie *Hymenolobium* sp., é uma árvore de grande porte, geralmente alcançando de 25 a 40 metros de altura. Seus ramos são eretos, relativamente robustos e apresentam coloração acinzentada. A espécie ocorre amplamente em matas de terra firme, sendo especialmente frequente nas regiões central e noroeste da Hiléia Amazônica, com distribuição predominante no Brasil e na Venezuela (Lima, 1981). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a densidade e umidade de equilíbrio higroscópico da madeira de *Hymenolobium* sp. em maio de 2025 em São João Evangelista, MG.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Instituto Federal de Minas Gerais campus São João Evangelista. Foram obtidas amostras de madeira de Angelim Vermelho em um empreendimento comercial no município de São João Evangelista - Minas Gerais no Vale do Rio Doce, a leste de Minas Gerais. O clima é o Cwa – Clima subtropical úmido com inverno seco e verão quente, segundo a classificação de Köppen e precipitação média anual é de 1400 mm e a temperatura média anual de 21 °C (Braga *et al.*, 1999).

As amostras foram transformadas em oito corpos de prova de dimensões de aproximadamente 3 x 3 x 3 cm (AxRxT). Estes corpos de prova ficaram armazenados no Laboratório de tecnologia da madeira e as análises de umidade foram realizadas em abril de 2025.

Inicialmente, quatro corpos de prova foram identificados e determinadas as massas iniciais em balança de precisão, correspondendo às massas úmidas (Mu), após a coleta, os corpos de prova foram expostos em estufa a 103 ± 2 °C até atingir massa constante, sendo assim, determinou-se em balança de precisão a massa seca (Ms). Com os dados de massa úmida e massa seca foram calculadas as umidades em base úmida e em base seca conforme equações 1 e 2 a seguir:

$$Ubs = \frac{Mu - Ms}{Ms} * 100 \quad Eq. 1$$

$$Ubu = \frac{Mu - Ms}{Ms} * 100 \quad Eq. 2$$

Onde:

Ubs = umidade na base seca (%);

Ubu = umidade na base úmida (%);

Mu = massa úmida (g);

Ms = massa seca (g).

Para a determinação da densidade básica da madeira, após a retirada e coleta dos dados, outros quatro corpos de prova foram colocados em dessecador com água acoplada a uma bomba de vácuo, tendo sido o mesmo preenchido com água até completa imersão das amostras, até que a madeira atingisse completa saturação.

O método de imersão e deslocamento foi realizado através da determinação do volume saturado (Vsat) dos corpos de prova, por meio da imersão em água e pesagem do volume de líquido deslocado, baseado no princípio de Arquimedes, recomendado pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Após saturação, foi determinada também a massa saturada (Msat) dos corpos de prova em balança analítica de precisão. Posteriormente, os corpos de prova foram expostos em estufa a 103 ± 2 °C até atingir massa constante, sendo assim, determinou-se em balança de precisão a massa seca (Ms).

A densidade básica da madeira foi determinada na relação entre a massa seca e o volume saturado (Equação 3) e pelo método do Máximo Teor de Umidade, conforme Smith (1954) (Equação 4).

$$Db = \frac{Ms}{Vsat} \quad Eq. 3$$

$$Db = \frac{1}{\left(\frac{Msat - Ms}{Ms}\right) + \frac{1}{1,53}} \quad Eq. 4$$

Onde:

Db = Densidade básica (g/cm³);

Ms = Massa seca (g);

Vsat = Volume saturado (cm³);

Msat = Massa saturada (g).

Foi feita análise estatística, com emprego do software SISVAR (Ferreira, 2019), de modo a verificar a existência de diferenças significativas entre os dois métodos empregados neste estudo para a determinação da densidade básica da madeira, a 5% de significância.

Resultados

Os resultados da média das umidades e densidades da madeira de Angelim vermelho estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação de umidade em base úmida, umidade em base seca, densidade básica e densidade básica e MTU da madeira de Angelim vermelho.

	Ubu (%)	Ubs(%)	Db (g/cm ³)	Db MTU (g/cm ³)
Média	11,04	12,41	0,723	0,853
Desvio	0,05	0,06	0,013	0,021
CV (%)	0,41	0,46	1,83	2,42

A umidade em base úmida (Ubu) teve média de 11,04%, com desvio padrão de 0,05 e coeficiente de variação (CV) de 0,41%. A umidade em base seca (Ubs) apresentou média de 12,41%, com desvio padrão de 0,06 e CV de 0,46%. Já a densidade básica (Db) das amostras teve média de 0,723 g/cm³, com desvio padrão de 0,013 e CV de 1,83%. Foi verificada diferença estatística significativa entre os dois métodos utilizados. Enquanto a densidade básica pelo método de MTU foi de 0,853 g/cm³, com desvio padrão de 0,021 e CV de 2,42%.

Discussão

Os resultados obtidos para a madeira de *Hymenolobium sp.* indicam que essa espécie possui características físicas compatíveis com o uso em diversas aplicações tecnológicas. A umidade em base úmida (11,04%) e a umidade em base seca (12,41%) estão dentro de um intervalo considerado estável, conforme relatado por Baraúna e Oliveira (2009), que destacam a importância dessa estabilidade para materiais utilizados em ambientes com variações na umidade do ar. Isso é essencial para a manutenção das propriedades físicas da madeira durante seu uso.

A variação no teor de umidade da madeira pode provocar alterações significativas em suas propriedades físicas, mecânicas e dimensionais. Abaixo do ponto de saturação das fibras (aproximadamente 25–30%), o aumento da umidade compromete as ligações de hidrogênio entre os constituintes da parede celular, reduzindo a resistência mecânica e o módulo de elasticidade da madeira (Logsdon, 1998). Além disso, a madeira está sujeita a variações volumétricas, como retração e inchamento, que podem causar defeitos estruturais indesejados, tais como empenamento, fissuras e trincas. Por essa razão, a norma brasileira NBR 7190 (1997) adota o teor de umidade de 12% como referência para a determinação padronizada das propriedades da madeira.

No presente estudo, os corpos de prova de *Hymenolobium sp.* apresentaram valores médios de umidade situando-se muito próximos do ponto de referência normativo. No presente estudo, a densidade básica obtida pelo método de imersão apresentou média de 0,723 g/cm³. A densidade determinada pelo método MTU foi significativamente maior, com média de 0,853 g/cm³, verificando diferença estatística significativa entre os métodos. Dessa forma, a escolha do método deve considerar o objetivo da caracterização, sendo o método de imersão mais indicado para densidade básica e o método MTU para estudos que envolvem a influência da umidade (Vital (1984)). A densidade da madeira é calculada pela relação entre massa e volume, sendo a determinação do volume o principal diferencial entre métodos. O método de imersão, baseado no princípio de Arquimedes, mede o volume pelo deslocamento de água, sendo preciso e indicado para amostras irregulares. Já o método do máximo teor de umidade (MTU) calcula a densidade considerando a madeira com fibras saturadas, refletindo o comportamento da madeira em condições de alta umidade (Vital, 1984).

A densidade da madeira é calculada pela relação entre massa e volume, sendo a determinação do volume o principal diferencial entre métodos. O método de imersão, baseado no princípio de Arquimedes, mede o volume pelo deslocamento de água, sendo preciso e indicado para amostras irregulares. Já o método do máximo teor de umidade (MTU) calcula a densidade considerando a madeira com fibras saturadas, refletindo o comportamento da madeira em condições de alta umidade (Vital (1984)). A densidade básica média de 0,723 g/cm³ também corrobora com o que é definido na NBR 7190 (ABNT, 1997), indicando que essa madeira pode ser empregada em estruturas submetidas

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

a esforços leves a moderados. Estudos de Reis *et al.* (2019) também apontam que espécies com densidade semelhante podem ser aproveitadas na construção civil e em produtos como móveis ou laminados.

Os resultados obtidos neste estudo para a densidade básica da madeira de *Hymenolobium sp.* (0,723 g/cm³ pelo método de imersão e 0,853 g/cm³ pelo método do máximo teor de umidade) indicam que a espécie apresenta características físicas compatíveis com usos que exigem resistência moderada a elevada, como estruturas leves, móveis e componentes da construção civil. Comparando com outros estudos em madeira de *Hymenolobium petraeum*, realizados por Moura *et al.* (2023) e Azevedo *et al.* (2020), observa-se variação nos valores médios, com registros que vão de 0,627 g/cm³ a 0,929 g/cm³, conforme o método e a origem da amostra. Essa variação pode estar relacionada às diferenças entre espécies do mesmo gênero, condições ambientais de crescimento, técnicas de medição e dimensões dos corpos de prova utilizados. Em todos os casos, no entanto, a madeira foi classificada como de média a alta densidade, reforçando seu potencial tecnológico.

Conclusão

Com base nos resultados que evidenciaram valores médios de umidade de equilíbrio higroscópico de 11,04% (Ubu) e 12,41% (Ubs), com coeficientes de variação inferiores a 0,5%, indicaram elevada homogeneidade das amostras. A densidade básica apresentou média de 0,723 g/cm³ (CV = 1,83%), enquanto a densidade corrigida pelo método MTU foi de 0,853 g/cm³ (CV = 2,42%). Esses parâmetros físicos são fundamentais para caracterização da madeira e fornecem subsídios importantes para seu uso racional e otimização em aplicações industriais e tecnológicas, concluindo-se que a madeira de *Hymenolobium sp.* apresentou propriedades físicas adequadas para aplicações estruturais leves.

Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

AZEVEDO, Carlos Henrique Souto *et al.* **Densidade básica da madeira de angelim-pedra**. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO; ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 2019, São José dos Campos. Anais eletrônicos. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2019.

BARAÚNA, E. E. P.; OLIVEIRA, V. S. de. Umidade de equilíbrio da madeira de angelim vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke), guariúba (*Clarisia racemosa* Ruiz & Pav.) e tauari vermelho (*Cariniana micrantha* Ducke) em diferentes condições de temperatura e umidade relativa. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 91–95, jan./mar. 2009.

BRAGA, F. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; COSTA, L. M. Características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n.2 p.291-298, 1999.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019.

FOELKEL, C.E.B.; Brasil, M.A.M.; Barrichelo, L.E.G. 1971. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2/3:67-74.

LIMA, Haroldo C. **Considerações taxonômicas sobre o gênero *Hymenolobium* Benth (Leguminosae-Faboideae)**. 1981.

LOGSDON, N.B.; Calil Junior, C. 2002. **Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, 18:77-107.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

MARTINS, Cleibiane da Silva *et al.* **Propriedades físicas de três espécies de madeiras comercializadas no sudeste do Pará.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA – CBCTEM, 2017, Belém. Anais eletrônicos. Belém: Galoá, 2017.

MOURA, Maderson Diego Rocha *et al.* **Densidade básica da madeira de *Hymenolobium petraeum* Ducke (angelim-pedra).** In: XI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFMG – SIC, 2023, Bambuí. Anais eletrônicos. Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2023.

OLIVEIRA, Paulo Renato Souza de *et al.* **Densidade da madeira de *Dinizia excelsa* Ducke (Fabaceae), espécie endêmica da região Amazônica.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA – CBCTEM, 2017, Belém. Anais eletrônicos. Belém: Galoá, 2017.

REIS, P. C. M. dos R. *et al.* Agrupamento de espécies madeireiras da Amazônia com base em propriedades físicas e mecânicas. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 336–346, jan./mar. 2019.

SANTOS, Júlio Cezar Hoffmann dos *et al.* **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies da Amazônia.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA – CBCTEM, 2017, Belém. Anais eletrônicos. Belém: Galoá, 2017.

SHIMOYAMA, V. R. S.; BARRICHELLO, L. E. G. **Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus spp.*** In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24, 1991, São Paulo. Anais. São Paulo, ABTCP, 1991. p.178-183. SILVEIRA, L. H. C.;

REZENDE, A. V.; VALE, A. T. **Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas.** *Acta Amazonica*, Manaus, v. 43, n. 2, p. 179–184, abr./jun. 2013.

SMITH, D.M. 1954. **Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples.** USDA Forest Products Laboratory N° 2014 8 pp.

VITAL, Benedito Rocha. **BOLETIM TÉCNICO: Métodos de Determinação da Densidade da Madeira.** SOCIEDADE DE INVESTIGAÇÕES FLORESTAIS. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG: 1984.