

## **Variação longitudinal da densidade básica e aparente, teor de umidade e retratibilidade em *Dendrocalamus asper***

William Moreira de Oliveira<sup>1</sup>; Vinícius Resende de Castro<sup>1</sup>; Angélica de Cássia Oliveira Carneiro<sup>1</sup>; William Colatino Martins<sup>1</sup>; Rafael Silveira Gomes Cardoso<sup>1</sup>; Paula Gabriella Surdi de Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa/MG, Brasil – [william.moreira@ufv.br](mailto:william.moreira@ufv.br)

**Resumo:** O estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros físicos ao longo do sentido longitudinal de colmos de bambu de *Dendrocalamus asper*. A amostragem foi dividida em base, meio e topo, em relação ao comprimento total, e avaliada a retração, inchamento, densidade básica e aparente e teor de umidade. Os resultados indicaram variação do teor de umidade ao longo da altura do colmo, apresentando os menores resultados na porção média. Quanto à retração radial, os valores obtidos na base foram significativamente inferiores aos do meio e topo, no entanto, a retração tangencial para todas as posições longitudinais do colmo foram semelhantes. Em relação aos valores de inchamento radial, a base e o topo, apresentaram valores significativamente inferiores aos do meio, enquanto o inchamento tangencial foi estatisticamente menor no topo, se comparadas com as demais posições. As densidades básicas foram semelhantes em todas as posições longitudinais, assim como as densidades aparentes.

**Palavras-chave:** Retração; Inchamento; Densidade básica; Densidade aparente.

## **Longitudinal variation of basic and apparent density, moisture content and retractability in *Dendrocalamus asper***

**Abstract:** The study aimed to evaluate the physical characteristics along the longitudinal direction of *Dendrocalamus asper* bamboo culms. The sampling was divided into base, middle and top, in relation to the total length, and the shrinkage, swelling, basic and apparent density and moisture content were evaluated. The results indicated variation in moisture content along the height of the stalk, with the lowest results in the middle portion. As for radial retraction, the values obtained at the base were significantly lower than those at the middle and top, however, tangential retraction for all longitudinal positions of the culm were similar. Regarding radial swelling values, the base and top presented values significantly lower than those in the middle, while tangential swelling was statistically lower at the top, compared to the other positions. The basic densities were similar in all longitudinal positions, as were the apparent densities.

**Keywords:** Retraction; Swelling; Basic density; Apparent density.



Engenharia  
Industrial  
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA MADEIRA

## 1. INTRODUÇÃO

O bambu é uma gramínea cuja família é dividida em dois grandes grupos: os bambus herbáceos e os bambus lenhosos. Os bambus herbáceos são de pequeno porte, com colmos não lignificados possuindo diâmetro de alguns milímetros e altura máxima aproximada de 2 metros. Já os lenhosos possuem grande porte, colmos lignificados com grandes diâmetros, e comprimentos, que dependendo da espécie, podem ultrapassar os 30 metros de altura como o bambu gigante *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult. F.).

O *D. asper* também tem se destacado em relação ao seu uso energético sustentável por possuir poder calorífico satisfatório ( $4526,2 \text{ kcal.kg}^{-1}$ ) quando comparado a outros combustíveis lignocelulósicos como junco, capim e bagaço-de-cana e outras espécies de bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad. Ex J.C.Wendl.) e (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex. H. de Lehaie) (Zhang, 2008; Sathitsuksanoh et al., 2009), podendo ser utilizada tanto *in natura* quanto transformado em carvão vegetal, briquete, pellets e bio-óleo (Santos et al., 2016).

O *D. asper* também produz mais biomassa do que outras culturas usuais utilizadas para energia, com produtividade de até 100 t/ha/ano, em condições ideais de crescimento (Rusch et al., 2020). Embora a China e o Japão tenham conduzido a maioria das pesquisas científicas sobre o bambu como matéria-prima para biocombustíveis, há poucos estudos sobre as espécies tropicais de bambu (Hakeem et al, 2015). *D. asper* é uma das espécies de bambu mais bem avaliadas por ter boas características de produtividade para ser utilizado como fonte de energia (Sette et al, 2016).

O trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas como densidade, teor de umidade e retração e inchamento ao longo do sentido longitudinal (base, meio e topo) do colmo do bambu *Dendrocalamus asper*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Propriedades físicas

Para o presente estudo, foi utilizada a espécie conhecida como bambu gigante, *Dendrocalamus asper*, devido ao seu rápido crescimento, podendo ser de 2 a 3 anos, assim como sua boa produtividade.

O teor de umidade em base seca, foi determinado de acordo com a norma

ABNT NBR 16.828-2 (2020), utilizando amostras de dimensões 2 cm de largura x 3 cm de comprimento x espessura, retiradas das três posições (base, meio e topo).

A absorção de água em 2 e 24 horas foi determinada de acordo com a norma ABNT NBR 7190-1 (2022) de forma adaptada, utilizando os corpos de prova com dimensões de 2 cm de largura x 3 cm de comprimento x espessura, das posições base, meio e topo.

A retratibilidade foi determinada de acordo com a norma ABNT NBR 7190-1 (2022) de forma adaptada, realizando o ensaio de inchamento e retração, com as amostras de dimensões de 1,5 cm de largura x 2,7 cm de comprimento x espessura, das três posições, base, meio e topo.

A densidade básica foi determinada conforme a norma ABNT NBR 16.828-2 (2020), utilizando-se do método do máximo teor de umidade, com amostras de dimensões de 2 cm de largura x 3 cm de comprimento x espessura, das posições, base, meio e topo.

A densidade aparente foi determinada conforme norma ABNT NBR 16.828-2 (2020), com amostras de dimensões de 2 cm de altura x 3 cm de largura x espessura, das posições base, meio e topo.

O experimento foi feito em delineamento inteiramente casualizado. Quando as pressuposições foram atendidas foi realizada análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de significância.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos referentes à caracterização física do bambu de *Dendrocalamus asper*, apresentando os teores de umidade em base seca, úmida e em equilíbrio higroscópico, absorção de água em 24 horas, assim como a retração e inchamento nos sentidos radial, tangencial e longitudinal, e a densidade básica e aparente, estão na Tabela 1.

**Tabela 1.** Parâmetros físicos do bambu de *Dendrocalamus asper*.

	Base	Meio	Topo
<b>TUbs (%)</b>	206,09 a <sup>8,58</sup>	134,53 c <sup>6,26</sup>	146,70 b <sup>8,85</sup>
<b>TUbu (%)</b>	67,31 a <sup>0,93</sup>	57,34 c <sup>1,15</sup>	59,42 b <sup>1,45</sup>

<b>TUeh (%)</b>	13,82 a <sup>0,23</sup>	13,17 c <sup>0,26</sup>	13,68 b <sup>0,38</sup>
<b>AA<sub>24h</sub> (%)</b>	0,54 a <sup>6,80</sup>	0,63 b <sup>6,33</sup>	0,56 a <sup>4,44</sup>
<b>Rrad.</b>	2,02 a <sup>1,72</sup>	6,02 b <sup>0,29</sup>	7,89 c <sup>1,88</sup>
<b>Rtan.</b>	2,35 a <sup>1,17</sup>	2,49 a <sup>0,45</sup>	1,87 b <sup>0,46</sup>
<b>Rlong.</b>	0,51 a <sup>0,52</sup>	0,22 b <sup>0,88</sup>	0,10 c <sup>0,05</sup>
<b>Irad.</b>	8,68 b <sup>0,73</sup>	9,19 a <sup>0,87</sup>	8,29 b <sup>2,60</sup>
<b>Itan.</b>	5,60 a <sup>0,73</sup>	5,68 a <sup>0,53</sup>	4,44 b <sup>0,80</sup>
<b>Ilong.</b>	0,09 a <sup>0,02</sup>	0,05 b <sup>0,02</sup>	0,02 c <sup>0,01</sup>
<b><math>\rho_{\text{básica}}</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,5375 a <sup>0,06</sup>	0,6270 a <sup>0,18</sup>	0,5645 a <sup>0,20</sup>
<b><math>\rho_{\text{aparente}}</math> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,5780 b <sup>0,02</sup>	0,6877 b <sup>0,01</sup>	0,6635 b <sup>0,02</sup>

Médias seguidas horizontalmente pela mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ), para uma mesma variável, desvio padrão em sobrescrito.

TUbs (%): teor de umidade base seca, TUbu (%): teor de umidade base úmida; TUeh (%): teor de umidade em equilíbrio higroscópico, AA<sub>24h</sub> (%): absorção de água em 24 horas, Rrad.: retração radial, Rtan.: retração tangencial, Rlong.: retração longitudinal, Irad.: inchamento radial, Itan.: inchamento tangencial, Ilong.: inchamento longitudinal,  $\rho_{\text{básica}}$  (g/cm<sup>3</sup>): densidade básica:  $\rho_{\text{aparente}}$  (g/cm<sup>3</sup>): densidade aparente.

Os resultados indicam que os valores de TU obtidos para o bambu *D. asper* foram dependentes da posição longitudinal do colmo, sendo os menores valores obtidos para a seção média.

Os valores de retração radial obtidos na base foram significativamente inferiores aos da posição média e do topo da altura do colmo. De acordo com Srivaro et.al. (2016), esses resultados podem ser explicados pelos diferentes alinhamentos celulares dos feixes vasculares ao redor das áreas dos nós e entrenós. Essas células podem então se opor ao encolhimento radial dos espécimes de nós.

No bambu, como na madeira, a estabilidade dimensional é indicada pela retração que ocorre quando moléculas de água ligadas à parede celular são perdidas durante a secagem e o inchamento, por outro lado, ocorre quando a biomassa é exposta a umidade (Liese & Kohl, 2015).

Os valores de inchamento radial obtidos na base e topo foram significativamente inferiores aos da posição média do colmo. Enquanto o inchamento tangencial foi estatisticamente menor nas células do topo quando comparados a posição média e basal. Observa-se que tanto para a retração como

para o inchamento, alterações no sentido axial foram desprezíveis, e de acordo com estudos anteriores (Yu et al., 2011; Liese & Kohl, 2015). A baixa diferença de retração e inchamento observada entre as diferentes alturas do colmo estão mais relacionados ao incremento dimensional em espessura do colmo do que sua posição relativa em altura. Isto pode ser explicado pela anatomia característica do bambu, pois com a ausência do parênquima radial presente nas madeiras, explica o porquê a anisotropia é maior nos bambus do que na madeira (Liese & Tang, 2015; Aguinatan et al., 2019).

As densidades básicas em todas as posições na altura do colmo foram semelhantes, assim como as densidades aparentes obtidas pelo método gravimétrico não se diferenciaram estatisticamente, apresentando uma densidade aparente média de  $0,643 \text{ g/cm}^3$ , sendo superior a de madeiras de *Pinus taeda* ( $0,4314 \text{ g/cm}^3$ ) e *Eucalyptus grandis* ( $0,5874 \text{ g/cm}^3$ ) para construção civil, com 14 anos de idade. (Acosta et al., 2023; Gonya et al., 2022)

Estudar as características do bambu pode incentivar o seu uso e promover a substituição de matérias-primas como a madeira de Eucalipto e Pinus.

#### 4. CONCLUSÃO

Conclui-se que:

- A maior densidade básica e aparente, foram encontradas na posição média do colmo;
- A base do colmo apresenta maior teor de umidade;
- O meio do colmo apresentou maior inchamento radial e tangencial, enquanto a base apresentou maior inchamento longitudinal, e o topo apresentou o menor inchamento.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, à EMBRAPII, à SIF, CNPq, Capes, à UFV, ao DEF e aos laboratórios LAPEM, LPM e LCP.

#### 6. REFERÊNCIAS



Engenharia  
Industrial  
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA MADEIRA

ACOSTA, A. P.; BARBOSA, K. T.; DA SILVA, A. A. X. et al. Vacuum infusion as a novel method to determine wood permeability. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 81, n. 1, p. 33-44, 2023.

AGUINSATAN, R. G.; RAZAL, R. A.; CARANDANG, M. G. et al. Site influence on the morphological, physical and mechanical properties of giant bamboo (*Dendrocalamus asper*) in Bukidnon Province, Mindanao, Philippines. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 31, n. 1, p. 99-107, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16828**: Estruturas de Bambu – Determinação das Propriedades físicas e mecânicas do bambu. Rio de Janeiro. 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro. 2020

CHANDRASEKAR, M.; KUMAR, T. S. M.; SENTHILKUMAR, K. et al. Performance of natural fiber reinforced recycled thermoplastic polymer composites under aging conditions. In: **Recycling of plastics, metals, and their composites**. CRC Press, 2021. p. 127-139.

DE VOS, Valentijn. **Bamboo for exterior joinery**. 2010. Tese de Doutorado. BSc Thesis, International Timbertrade, Larenstein University, The Netherlands.

GONYA, N. A. S.; NAGHIZADEH, Z.; WESSELS, C. B. An investigation into collapse and shrinkage behaviour of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus grandis-urophylla* wood. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 80, n. 1, p. 139-157, 2022.

HAKHEEM, K. R.; IBRAHIM, S.; IBRAHIM, F. H. et al. Bamboo biomass: various studies and potential applications for value-added products. **Agricultural biomass based potential materials**, p. 231-243, 2015.

HAMDAN, H. U. M. K.; ANWAR, U. M. K.; ZAINDON, A. et al. Mechanical properties and failure behaviour of *Gigantochloa scortechinii*. **Journal of Tropical Forest Science**, p. 336-344, 2009.

LIESE, W.; TANG, T. K. H. Properties of the bamboo culm. **Bamboo: the plant and its uses**, p. 227-256, 2015.

LIESE, W.; KOHL, M. Bamboo. **The plant and its uses**. Switzerland, 2015.

RUSCH, F.; DE MORAES LÚCIO, D.; DE CAMPOS, R. F. Potential of bamboo for energy purposes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e40973537-e40973537, 2020.

SANTOS, D. D. S.; SETTE JUNIOR, C. R.; SILVA, M. D. et al., Bamboo species potential as energy source. (2016)



SATHITSUKSANOH, N.; ZHU, Z.; TEMPLETON, N. et al. Saccharification of a potential bioenergy crop, *Phragmites australis* (common reed), by lignocellulose fractionation followed by enzymatic hydrolysis at decreased cellulase

loadings. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 48, n. 13, p. 6441-6447, 2009.

SRIVARO, S.; JAKRANOD, W. Comparison of physical and mechanical properties of *Dendrocalamus asper* Backer specimens with and without nodes. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 74, p. 893-899, 2016.

TOMAK, E. D.; TOPALOGLU, E.; AY, N. et al. Effect of accelerated aging on some physical and mechanical properties of bamboo. **Wood science and technology**, v. 46, p. 905-918, 2012.

YU, D.; TAN, H.; RUAN, Y. A future bamboo-structure residential building prototype in China: Life cycle assessment of energy use and carbon emission. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 10, p. 2638-2646, 2011.

ZHANG, Y. P. Reviving the carbohydrate economy via multi-product lignocellulose biorefineries. **Journal of industrial microbiology and biotechnology**, v. 35, n. 5, p. 367-375, 2008.