

Avaliação da resistência ao impacto de madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus tereticornis* submersas em água

Roberta Rodrigues Roubuste¹; Guilherme Valcorte¹; Darci Alberto Gatto²; Cristiane Pedrazzi¹; Rodrigo Coldebella¹; Felipe Piccin Hoch¹

¹Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS, Brasil; ²Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal de Pelotas (UFPEl), Pelotas/RS, Brasil – robertaroubuste@gmail.com

Resumo: A resistência à flexão dinâmica de um material caracteriza-se como a sua capacidade em resistir ao impacto. Essa propriedade é importante pois auxilia no uso futuro das peças. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é determinar a resistência ao impacto das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus tereticornis* submersas em água. Foram confeccionadas 20 amostras de cada tratamento com dimensões de 2,0 x 2,0 x 30,0 cm de largura, espessura e comprimento, respectivamente. Para determinar a flexão dinâmica, utilizou-se o Pêndulo de Charpy, obtendo-se o trabalho absorvido (W) em Joule. As médias para as madeiras submersas em água foram menores em comparação com as não tratadas para todas as variáveis. A madeira de *Eucalyptus grandis* (78,63 KJ/m²) e *Eucalyptus tereticornis* (115,97 KJ/m²) apresentaram maior resistência ao impacto quando não submersas em água. A madeira de *Eucalyptus tereticornis* mostrou-se com médias superiores em comparação com *Eucalyptus grandis*.

Palavras-chave: Flexão dinâmica, Propriedades mecânicas, Qualidade da madeira.

Evaluation of the impact resistance of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus tereticornis* wood submerged in water

Abstract: The dynamic flexural strength of a material is characterized as its ability to resist impact. This property is important because it helps in the future use of parts. The aim of this study was to determine the impact resistance of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus tereticornis* wood submerged in water. Twenty samples of each treatment were made, measuring 2.0 x 2.0 x 30.0 cm in width, thickness and length, respectively. The Charpy pendulum was used to determine dynamic bending, obtaining the work absorbed (W) in Joule. The averages for wood submerged in water were lower than for untreated wood for all variables. *Eucalyptus grandis* (78.63 KJ/m²) and *Eucalyptus tereticornis* (115.97 KJ/m²) showed higher impact resistance when not submerged in water. *Eucalyptus tereticornis* wood showed higher averages than *Eucalyptus grandis*.

Keywords: Dynamic bending, Mechanical properties, Wood quality.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material de natureza orgânica e anisotrópica, que apresenta diferentes tipos de esforços e cargas de trabalho quando relacionados ao seu comportamento. Nesse sentido, é fundamental a caracterização tecnológica das propriedades físico-mecânicas da madeira nos seus planos anatômicos distintos (Freitas *et al.*, 2021).

Conforme Silveira *et al.* (2016), o estudo sobre as principais propriedades da madeira possibilita minimizar problemas relacionados à segurança e prejuízos na reposição de peças impróprias de uso. Esse material destaca-se não somente com boa viabilidade em condições que exijam resistência mecânica, como por exemplo a utilização de postes e mourões, como também em relação ao custo-benefício que a madeira apresenta quando comparada ao aço e concreto (Vidal *et al.*, 2015).

A resistência à flexão dinâmica de um material caracteriza-se como a sua capacidade em resistir ao impacto (Talgatti *et al.*, 2017). Essa propriedade é de suma importância em termos práticos, uma vez que auxilia na qualidade e uso futuro das peças (Lima *et al.*, 2019). Ademais, de acordo com Gallio *et al.* (2016), as propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas à massa específica, pois quanto maior a massa específica da madeira, maior será a sua resistência.

A madeira de *Eucalyptus grandis* tornou-se amplamente utilizada na fabricação de celulose e papel, painéis de fibra e aglomerado, combustível industrial e produtos de serraria (Trianoski *et al.*, 2020). Conforme os mesmos autores, a espécie destaca-se dentro do gênero *Eucalyptus* quando relacionada ao setor da movelaria, pois sua madeira é de fácil trabalhabilidade, e, além disso, possibilita boa linha de colagem em painéis.

A madeira de *Eucalyptus tereticornis* é recomendada para serraria, estruturas, construção civil, mourões e postes. De acordo com Amorim *et al.* (2021), embora a madeira apresente teores elevados de extrativo e lignina, a mesma contém alto percentual de holocelulose, que juntamente com suas características anatômicas e sua densidade média, potencializam essa espécie para uso na produção de celulose e papel.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é determinar a resistência ao impacto das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus tereticornis* submersas em água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 *Obtenção e preparo do material*

Para a realização deste estudo foram utilizadas madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus tereticornis*, com 10 anos de idade, provenientes do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), pertencente a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (SEAPDR), localizada no município de Santa Maria, RS. Foram abatidas 10 árvores (cinco de cada espécie), realizando a seleção das duas primeiras toras de cada árvore, totalizando 20 toras, cada uma com 1,3m de comprimento.

Em seguida, 10 dessas toras foram selecionadas aleatoriamente (cinco de cada espécie) e foram colocadas em um reservatório de água, onde permaneceram submersas por 6 meses. O restante das toras foi alocado no depósito do Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (LPF-UFSM). Após o período, as toras que permaneceram na água foram levadas ao LPF, para desdobro e confecção dos corpos de prova, de acordo com a respectiva norma do ensaio.

Após a obtenção dos corpos de prova, esses foram armazenados em câmara climatizada na condição de 20°C de temperatura e 65% de umidade relativa, onde permaneceram até atingirem o equilíbrio higroscópico, a um teor de umidade correspondente a 12%. Por fim, após atingirem essa condição, realizou-se o ensaio de flexão dinâmica das madeiras em estudo.

2.2 *Ensaio de flexão dinâmica*

Para o teste de flexão dinâmica, foram confeccionadas 20 amostras de cada tratamento, de acordo com a norma NF B51-009 da Association Francaise de Normalization (AFN, 1942). As mesmas com dimensões de 2,0 cm x 2,0 cm x 30,0 cm de largura, espessura e comprimento, respectivamente. A fim de determinar o ponto de flexão dinâmica, utilizou-se o Pêndulo de Charpy, conforme demonstrado na Figura 1.

Após a queda do pêndulo, ocorre o impacto com a amostra, obtendo-se o trabalho absorvido (W) em Joule, na escala graduada da máquina. Os dados obtidos

no ensaio de flexão dinâmica foram convertidos de Joule para Kgm utilizando a relação 1 Joule = 0,101972 Kgm.

Figura 1. Pêndulo de Charpy.



Fonte: (Autor)

Em seguida, de acordo com a Association Francaise de Normalization (AFN, 1942), estimou-se o coeficiente de resiliência (K) e a cota dinâmica (CD), utilizando as Equações 1 e 2, respectivamente. Após, aferiu-se a resistência da madeira a flexão dinâmica (F_{bw}) de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997) por meio da Equação 3.

$$K = \frac{W}{(b \cdot h^{10/6})}$$

Equação 1. K = coeficiente de resiliência (Kgm/cm²); W = trabalho absorvido para romper o corpo de prova (Kgm); b e h = dimensões transversais do corpo de prova (cm).

$$CD = \frac{K}{D^2}$$

Equação 2. CD = cota dinâmica; K = coeficiente de resiliência (Kgm/cm²); D = massa específica aparente a 12% (g/cm³).

$$F_{bw} = \frac{1000.W}{b.h}$$

Equação 3. F_{bw} = resistência ao impacto (KJ/m²); W = trabalho absorvido para romper o corpo de prova (J); b e h = dimensões transversais do corpo de prova (mm).

O teste de médias foi utilizado para a comparação dos resultados do presente estudo, os quais foram submetidos à análise estatística descritiva, com o cálculo dos valores médios e considerando as árvores como repetições.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes a resistência ao impacto (F_{bw}), trabalho absorvido (W), coeficiente de resiliência (K) e cota dinâmica (CD) das madeiras em estudo de *E. grandis* e *E. tereticornis* estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Comparação dos valores médios do ensaio mecânico com a madeira de *Eucalyptus grandis* tratado (submerso em água) e sem tratamento.

Característica	Tratado	Não tratado
F _{bw} (KJ/m ²)	60,08	78,63
W (Kgm)	2,40	3,14
K(Kgm/cm ²)	0,78	1,01
CD	1,15	1,51

Tabela 2. Comparação dos valores médios do ensaio mecânico com a madeira de *Eucalyptus tereticornis* tratado (submerso em água) e sem tratamento.

Característica	Tratado	Não tratado
F _{bw} (KJ/m ²)	95,52	115,97
W (Kgm)	3,86	4,64
K(Kgm/cm ²)	1,25	1,50
CD	1,24	1,49

De acordo com os valores obtidos, para as duas espécies em estudo, os valores médios para as madeiras submersas em reservatório de água foram menores em comparação com as não tratadas para as diferentes variáveis. Resultados semelhantes foram encontrados por Pertuzzatti *et al.* (2017), em que para a madeira de *E. grandis* a resistência ao impacto foi menor nas condições de saturada (40,90 KJ/m²) em relação com a madeira seca (43,10 KJ/m²). A diminuição da resistência ao impacto pode estar relacionada a uma fragilização na microestrutura da madeira, pois o longo período de submersão em água ocasiona uma mudança no ângulo da microfibrila, o qual afeta diretamente esta propriedade (Via *et al.*, 2009).

O trabalho absorvido (W) pelas amostras foi muito próximo entre os tratamentos, ainda que o *E. tereticornis* não tratado tenha apresentado uma maior capacidade de absorver e dissipar as cargas de choque, quando comparado ao *E. grandis*. Os maiores valores médios de trabalho absorvido para *E. tereticornis* está relacionado com a sua massa específica, que de acordo com estudo realizado por Marini *et al.* (2022), apresentou massa específica média de 0,90 g/cm³, enquanto que para a madeira de *E. grandis* foi de 0,67 g/cm³.

De acordo com a classificação de Carvalho (1996), a madeira do *E. grandis* é classificada como resistente ao impacto, apresentando coeficiente de resiliência (K) dentro do intervalo de 0,4 a 1,0 Kgm/cm². As amostras avaliadas nesse estudo apresentaram-se resistentes ao impacto.

Ainda, Beltrame *et al.* (2010), afirmam que para uma madeira ser considerada resiliente, o valor de Cota Dinâmica (CD), entendido como capacidade do material em suportar impacto, deve ser superior a 1,2. Considerando os valores desse estudo, é possível afirmar que os tratamentos avaliados podem ser considerados resilientes, ou seja, de alta resistência ao impacto.

4. CONCLUSÃO

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- A madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus tereticornis* apresentaram maior resistência ao impacto quando não submersas em água;
- A madeira de *Eucalyptus tereticornis* mostrou-se com médias superiores em comparação com a madeira de *Eucalyptus grandis*, demonstrando seu potencial

para uso na produção de materiais que necessitem de elevada resistência mecânica.

5. REFERÊNCIAS

AMORIM, E. P.; MENUCELLI, J. R.; SANTOS, C. H. *et al.* Wood evaluation of *Eucalyptus pellita* F. Muell. and *Eucalyptus tereticornis* Smith as potential for pulp and paper production. **Rev. Inst. Flor.** v. 33, n. 2, p. 139-149, 2021.

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

ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALIZATION. AFN. Norme Francaise, bois essai de choc ou flexion dynamique. **NF B51-009**. Paris: p. 3, 1942.

BELTRAME, R.; GATTO, D. A.; MODES, K. S. *et al.* Resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo em diferentes condições de umidade. **Cerne**. v. 16, n. 4, p. 499-504, 2010.

CARVALHO, A. **Madeiras Portuguesas - Estrutura Anatômica, Propriedades, Utilizações**. Vol. I. Instituto Florestal, p.340, 1996.

FREITAS, D. L. de.; CARVALHO, D. E.; HASELEIN, C. R. *et al.* Caracterização físico-mecânica e indicações de uso da madeira de *Maclura tinctoria*. In: VANGELISTA, W. V (ed.). **Madeiras nativas e plantadas do Brasil: qualidade, pesquisas e atualidades**. Guarujá: São Paulo, 2021. p. 81-98.

GALLIO, E.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A. *et al.* Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 15, n. 3, p. 244-250, 2016.

LIMA, P. A. F.; DEMARCHI, J.; SILVA, M. F. da. *et al.* Qualidade da madeira de eucalipto para aplicação como mourão tratado. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 42, n. 2, p. 509-519, 2019.

MARINI, L. J.; CAVALHEIRO, R. S.; ARAUJO, V. A. de. *et al.* Estimativa da resistência à tração nas madeiras de dez espécies de eucalipto em função de parâmetros anatômicos e da densidade aparente. **Revista Matéria**. v. 27, n. 4, p. 1-15, 2022.

PERTUZZATTI, A.; CONTE, B.; MISSIO, A. L. *et al.* Influência da umidade na resistência da madeira de eucalipto a impactos. **Floresta e Ambiente**. v. 24, p. 1-6, 2017.

SILVEIRA, A. G.; TREVISAN, R.; SANTINI, E. J. *et al.* Deterioração da madeira de acácia-negra em dois ambientes de exposição. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 15, n. 3, p. 251-255, 2016.

TALGATTI, M.; SUSIN, F.; CARVALHO, D. E. *et al.* Bulk density density and its implications on dynamic bending of *Hovenia dulcis* Thunb Wood. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 16, n. 1, p. 21-26, 2017.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; BONDUELLE, G. M. Qualidade das juntas coladas de madeira de cinco espécies de *Eucalyptus* com adesivos acetato de polivinila e resorcina-formaldeído. **Madera y Bosques**. v. 26, n. 3, p. 1-13, 2020.

VIA, B.; SHUPE, T. F.; GROOM, L. H. Mechanical response of longleaf pine to variation in microfibril angle, chemistry associated wavelengths, density, and radial position. **Composites Part A Applied Science and Manufacturing**. v. 40, n. 1, p. 60-66, 2009.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. de. C. *et al.* Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**. v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015.