

ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* PELO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO

CERON FILHO, Hélio Renato¹; PERES, Matheus Lemos de²; PERES, Leandro Lemos de³; GATTO, Darci Alberto⁴

¹Universidade Federal de Pelotas, curso de Engenharia Industrial Madeireira;

²Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais;

³Universidade Federal de Pelotas, curso de Engenharia de Materiais;

⁴Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias.

heliorcf@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A determinação direta das propriedades de um material é a forma mais simples de definir sua utilização e designação perante parâmetros de qualidade pré-estabelecidos. Todavia, na maioria dos casos a determinação dessas propriedades se dá através de métodos destrutivos, em que há certas exigências como tamanho dos corpos-de-prova e adequações às condições de trabalho do laboratório. Para Stangerlin et al. (2008) as avaliações não-destrutivas permitem a obtenção de informações mais precisas e mais amplas, medindo-se um maior número de amostras, em função da rapidez dos testes.

A madeira é um material que desempenha múltiplas funções e muitas vezes é utilizada para fins estruturais, sendo ao mesmo tempo necessária a determinação de suas propriedades e a manutenção em seu estado inicial, ou seja, análise sem destruição da peça. Neste caso são utilizados os métodos não destrutivos de testes (NDT – nondestructive tests). Segundo Esteban (2009), a utilização destes métodos pode ser de boa utilidade para a determinação de propriedades da madeira utilizada em construções antigas.

De acordo com Ballarin e Nogueira (2005), diversos métodos podem ser empregados na avaliação dos parâmetros de qualidade da madeira, e a avaliação não destrutiva tornou-se nos últimos anos uma importante ferramenta na inferência de propriedades físicas e mecânicas da madeira, devido, principalmente, ao baixo custo dos equipamentos, rapidez e praticidade dos testes.

Além da determinação de propriedades mecânicas e físicas da madeira, métodos não destrutivos como o ultrassom são utilizados para a detecção de defeitos em peças estruturais, assim esses métodos são determinantes para estimar a perda de massa ou presença de deterioração nas peças. Ross (1999) discute o uso de métodos ultrassônicos na determinação da qualidade da madeira. Segundo o mesmo autor a velocidade da onda depende da direção da grã ou ângulo da fibra e é facilmente perturbada pela ocorrência de defeitos ou zonas de deterioração na madeira, defeitos esses que alteram o arranjo fibroso da grã.

A determinação de propriedades mecânicas da madeira por NDT apresentou-se aceitável para avaliar de forma rápida as diferenças relativas à qualidade da madeira, uma vez que foram obtidas boas correlações entre dados estimados por esses métodos e dados obtidos por métodos tradicionais destrutivos. (STANGERLIN et al, 2010).

Dessa forma, o presente estudo tem como estimar as propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden por meio da utilização do método não destrutivo de análise ultrassônica.

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

O material utilizado para o estudo foi cedido como parte da matéria-prima utilizada por uma indústria do polo moveleiro de Bento Gonçalves – RS, considerada de alto padrão, livre de defeitos e com predominância de lenho adulto. O material foi recebido em peças de 40 x 100 x 300 mm e desdobrado em corpos-de-prova de 10 x 10 x 200 mm (Fig. 1) para adequação aos testes.

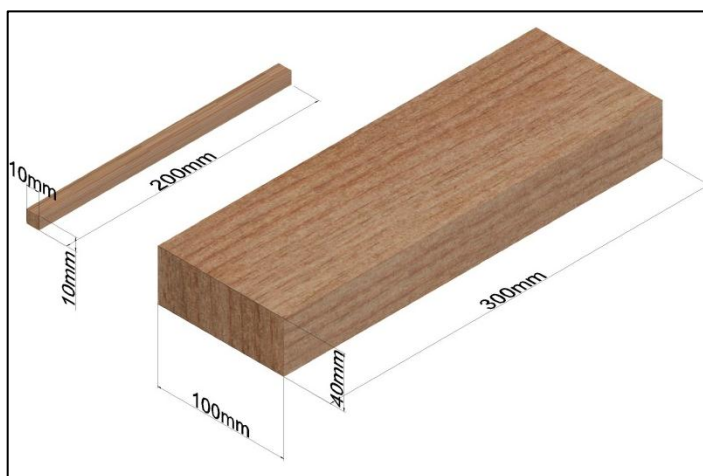


Figura 1 – Representação gráfica dos corpos-de-prova e suas dimensões.

Para as análises foram produzidos 30 corpos-de-prova, sendo estes acondicionados em câmara climatizada (20°C de temperatura e 65% de umidade do ar) até atingir o teor de umidade de equilíbrio de 12%.

Após a aclimatização dos corpos-de-prova determinou-se a massa específica aparente a 12% de umidade. Para tanto, os corpos-de-prova foram pesados em balança eletrônica de precisão e o volume foi determinado pelo método estereométrico, com auxílio de um paquímetro digital. Para a determinação do valor de massa específica utilizou-se a fórmula $ME = m/V$, onde ME é a massa específica (g/cm^3), m é a massa dos corpos-de-prova (g) e V é o volume do corpos-de-prova (cm^3).

Em seguida foi determinado o tempo de propagação de onda ultrassônica (μs) através do ultrassom, com frequência aproximada de 50 kHz. O transdutor utilizado foi o de pontas secas em razão do tamanho da face transversal das amostras.

O posicionamento dos transdutores se fez no centro da seção transversal extrema de cada amostra. A velocidade de onda sonora foi obtida pela razão entre a distância percorrida pela onda (200 mm) e o tempo em microssegundos lido diretamente do aparelho. O módulo de elasticidade dinâmico, parâmetro representativo das propriedades mecânicas determinadas por método não destrutivo, foi obtido, conforme Stangerlin (2010), pela equação $MOE_{din} = V^2 * ME$, em

que MOE_{din} é o módulo de elasticidade dinâmico, V é a velocidade ultrassônica e ME é a massa específica aparente.

Para a comparação de resultados, foram obtidas as propriedades mecânicas de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) provenientes de métodos destrutivos, os quais foram conduzidos em máquina de ensaios mecânicos. Os testes realizados foram de flexão estática de acordo com a norma ASTM D 143 – 94 (1995).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios das propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. O valor médio encontrado para a massa específica se mostra inferior quando comparado com o estudo de Lemenih e Bekele (2004), onde obteve $0,62 \text{ g.cm}^3$ ao conteúdo de umidade médio de 11%.

Tabela 1 – Valores médios das propriedades analisadas por métodos destrutivos e não destrutivos.

ME (g.cm^{-3})	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE _{din} (MPa)	V (m.s^{-1})
0,57	13508	97	4797	2890

Para o valor do MOE, obteve-se um valor aproximado com o de Stangerlin et al. (2008) que obtiveram 13119 MPa para a madeira de *Eucalyptus grandis*. Todavia, os autores analisaram a madeira de *Eucalyptus grandis* próxima da casca e obtiveram um MOE superior, de 16944 MPa.

Müller et al. (2007) estudaram as propriedades mecânicas da espécie em questão e encontraram módulo de ruptura de 42,6 e 53,2 MPa para regiões próximas à medula e próximas à casca respectivamente. Tais valores se mostram inferiores ao valor encontrado no presente trabalho.

Tabela 2 – Equações para estimativa do MOE e MOR em função do MOE_{din}.

Equação	R ² _{aj}	S _{xy}	F
MOE = -594,918 + 2,93999*MOE _{din}	82,16	868,85	129,98
MOR = 17,223 + 0,0165711*MOE _{din}	61,17	8,31	45,11

Em que: R²_{aj}=coeficiente de determinação ajustado; S_{xy}=erro padrão de estimativa; F=valor de F calculado; *=significativo ao nível de 95% de confiança.

Schneid et al. (2009) encontraram boas correlações entre as propriedades mecânicas de MOE e MOR obtidas por métodos destrutivos e propriedade de MOE_{din}, obtida por métodos não destrutivos. Tendo em seu trabalho utilizado o módulo de elasticidade proveniente de testes de compressão paralela às fibras, obtiveram valores de R²_{aj} de 91 e 95 na estimativa do MOE por MOE_{din} para lenho juvenil e adulto de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze respectivamente. Na estimativa do MOR pelo módulo de elasticidade dinâmico obtiveram R²_{aj} de 58 e 14 para madeira juvenil e adulta respectivamente.

4 CONCLUSÃO

As correlações obtidas no presente trabalho equiparam-se às encontradas em outros estudos, mostrando a viabilidade do uso de ultrassom para a determinação de propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* obtidas por flexão estática.

Comparando os resultados obtidos aos encontrados na literatura pode-se concluir que o método não destrutivo de predição das propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* através de ultrassom se mostra satisfatório e eficiente.

5 REFERÊNCIAS

BALLARIN, A.W.; NOGUEIRA, M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* por ultrassom. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.19-28, 2005.

ESTEBAN, L. G. et al. MOE prediction in *Abies pinsapo* Boiss. timber: Application of an artificial neural network using non-destructive testing. **Computers and Structures**, Madrid, v.87, n. 22, p.1360-1365, 2009.

LEMENIH, M.; BEKELE, T. Effect of age on calorific value and some mechanical properties of three *Eucalyptus* species grown in Ethiopia. **Biomass and Bioenergy**, v. 27, n. 03, p. 223-232, 2004.

MÜLLER, M. T. et al. Determinação dos módulos de elasticidade e ruptura para a madeira de *Eucalyptus grandis*. In: **XVI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, Pelotas, 2007. **Anais...** Pelotas: Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, 2007.

ROSS, R.J. Using sound to evaluate standing timber. **International Forestry Review**. v.1, n.1, p.43-44, 1999.

STANGERLIN, D.M. et al. Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por meio de métodos destrutivo e não-destrutivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.3, n.2, p.145-150, 2008.

STANGERLIN, D.M. et al. Uso do ultrassom para a estimativa das propriedades mecânicas da madeira de *Peltophorum dubium*. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v.1, n.2, p.44-35, 2010.

SCHNEID, E. et al. Estimativa dos módulos de elasticidade e de ruptura da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze por meio de método não-destrutivo. In: **XVIII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, Pelotas, 2009. **Anais...** Pelotas: Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, 2009.