

ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus cloeziana* POR MÉTODO NÃO DESTRUTIVO DE ULTRASSOM

ESPINOSA, Arthur de Lima¹; Schneid, Eduardo², GATTO, Darci A.³

¹Acadêmico do curso de Engenharia Industrial Madeireira - UFPel,

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – PPGEF/UFSM

³Eng. Florestal, Dr., Professor do Curso de Engenharia Industrial Madeireira – Orientador FEA/UFPel

1 INTRODUÇÃO

Avaliação das propriedades da madeira pode se dar por meio de ensaios destrutivos e ensaios não destrutivos. Por meio destes são verificados os parâmetros de qualidade do material, definindo o seu uso final. Os ensaios mecânicos (destrutivos) geralmente são os mais utilizados por serem os mais precisos, entretanto os ensaios não destrutivos apresentam uma maior praticidade.

A avaliação não destrutiva da madeira assume um importante papel, pois permite obter e analisar o maior número de informações sobre o material objetivando não apenas maior precisão dos resultados, como também estabelecer critérios práticos de classificação e caracterização do material (CARRASCO 2003).

Conforme Wang et al. (2007), significativos esforços vêm sendo direcionados para o desenvolvimento de uma tecnologia consistente de avaliação não destrutiva, capaz de predizer com eficácia as propriedades intrínsecas da madeira.

Entre os métodos não destrutivos, o ultrassom é caracterizado por frequências acima de 20 KHz. Entre as vantagens de sua utilização, vale destacar o baixo valor de aquisição do equipamento se comparado ao das máquinas de classificação automática, e o treinamento relativamente simples da mão de obra para a utilização do equipamento, possibilitando que o método seja facilmente difundido (OLIVEIRA 2002).

Segundo Bucur e Böhnke (1994), diversos fatores influenciam a propagação de ondas ultrassônicas na madeira, dentre os quais se podem citar: propriedades físicas do substrato, características anatômicas da espécie, condições do meio (temperatura e umidade) e procedimento utilizado para a tomada das medidas.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo estimar os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) da madeira adulta de *Eucalyptus cloeziana* (Bertol) obtidos por ensaios destrutivos de flexão estática e por meio de ensaios não destrutivos de ultrassom.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A madeira de *Eucalyptus cloeziana* utilizada nesse estudo foi coletada em povoamento homogêneo com 20 anos de idade, no município de Capivari do Sul, litoral norte do Rio Grande do Sul. Foram abatidas nove árvores e seccionada a primeira tora com 1,80 m de altura. Dessa tora foi retirada uma prancha central paralela à medula, com cinco cm de espessura. Após, se retiraram duas tabuas com cinco cm de largura.

Posteriormente, as tábuas foram seccionadas, transversalmente, dando origem a corpos-de-prova de dimensões nominais de 2,5 x 2,5 x 41 cm (espessura, largura e comprimento) os quais foram acondicionados em câmara climatizada (20°C de temperatura e 65% de umidade relativa) até que atingir o teor de umidade de equilíbrio de 12%.

Após, determinaram-se as pesos (g) e os volumes (cm³) dos corpos de prova, com auxílio de balança eletrônica e paquímetro digital, e pela relação entre as variáveis obteve-se a massa específica a 12% (g/cm³).

Em seguida a estabilização, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio não destrutivo de ultrassom. Nesse foi utilizado o equipamento de emissão de ondas ultrassônicas da marca TICO e um par de transdutores, estes de ponto seco com frequência de 45 kHz. Antecedendo os ensaios, realizou-se a calibração do aparelho com os transdutores, conforme o manual. Os transdutores foram posicionados no sentido longitudinal, medindo-se o tempo de propagação das ondas emitidas pelo ultrassom.

A velocidade de propagação das ondas ultrassônicas foi determinada pela relação do tempo de propagação e comprimento do corpo de prova. Já a constante elástica (CLL) foi determinada pelo produto da velocidade de propagação e a massa específica.

Os ensaios destrutivos de flexão estática foram realizados seguindo a norma ASTM D-143/95 na máquina universal de ensaios EMIC, modelo: DL30.000 com capacidade de 300 kN.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tab 1, apresentam-se os valores das propriedades mecânicas analisadas para a madeira de *Eucalyptus cloeziana*. O valor médio da massa específica aparente a 12% obtido foi próximo ao relatado Oliveira et al., (2005) ao analisar madeira de *Eucalyptus cloeziana*.

O valor médio da velocidade de propagação da onda ultrassônica foi de 5631,41 m/s. Este valor se mostrou superior quando comparado com os valores médios encontrados por Mattos et al. (2010) ao analisar as madeiras de *Eucalyptus Saligna*, *Eucalyptus tereticornis* e *Corymbia citriodora* os quais apresentaram valores de VLL entre 3337m/s a 3863 m/s.

Já os valores médios de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) da madeira *Eucalyptus cloeziana* obtidos se mostraram superior aos valores encontrado por Lopes et al. (2007) ao estudar a mesma espécie.

Tabela 1. Valores médios das propriedades físico-mecânicos de *Eucalyptus cloeziana*.

	ME 12% (g/cm ³)	VLL (m/s)	CLL (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Mínimo	0,64	5216,92	19762,7	13663,0	87,90
Máximo	0,91	6057,93	34976,8	23020,8	156,0
Média	0,79	5631,41	26730,4	17336,4	124,500
CV (%)	8,91	3,59	13,06	13,79	12,8

Em que: ME 12% = massa específica aparente a 12%; VLL = velocidade de propagação das ondas ultrassônicas; CLL = constante elástica; MOE = módulo de elasticidade; MOR = módulo de ruptura.

Na Fig 2 observa-se os modelos de regressões desenvolvidos para estimar o MOE e MOR em função da CLL. Verifica-se que estes foram significativas em nível de 1% de probabilidade de erro em termos dos parâmetros de regressão.

O valor do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) para estimar módulo de elasticidade (MOE) se mostrou superior ao do módulo de ruptura (MOR). Segundo Oliveira et. al. (2003) e Miná et al. (2004), esse comportamento está relacionado com a pequena tensão induzida na madeira durante os ensaios dinâmicos, ou seja, as medições dinâmicas são baseadas nas propriedades mecânicas apenas no limite elástico.

O R^2_{aj} para estimar o MOE por meio da CLL se mostrou superior quando comparados a valores encontrados por OLIVEIRA (2001) e Magnos et al. (2012), para a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. O valor encontrado para o R^2 para estimar o MOR por meio da CLL mostrou-se superior ao valor obtido por Magnos et al (2012).

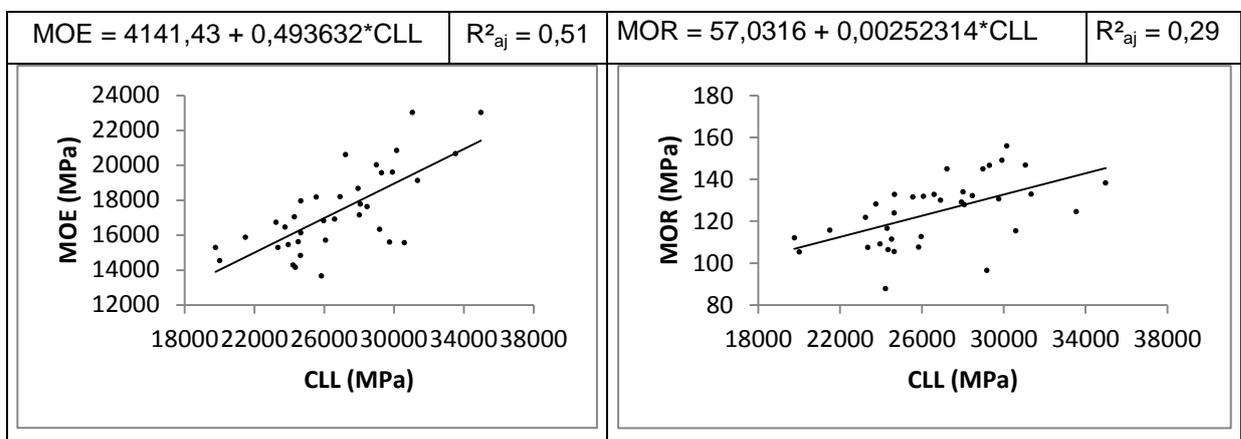


Figura 2. Modelos estatísticos gerados para estimar o MOE e MOR em função da CLL, respectivamente.

4 CONCLUSÃO

O método não destrutivo utilizando ultrassom se mostrou satisfatório e eficiente respectivamente para determinação do módulo de ruptura e módulo de elasticidade da madeira de *Eucalyptus cloeziana*.

5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D 143. Standard methods of testing small clear specimens of timber. Annual Book of ASTM Standards, v.04.10, p.24-65, 1995.

BUCUR, V. **Acoustics of wood**. 2 ed. Basileia, Birkhäuser. 393p. 2006.

BUCUR, V.; BÖHNKE, I. **Factors affecting ultrasonic measurements in solid wood**. *Ultrasonics*, v. 32, n. 5, p. 385-390, 1994.

CARRASCO, E. V. M.; AZEVEDO JÚNIOR, A. P. Avaliação não destrutiva de propriedades mecânicas de madeiras através de ultra-som – fundamentos físicos e resultados experimentais. **Cerne**, Lavras, v.9, n.2, p.178-191, 2003.

OLIVEIRA, F. G. R.et al. Avaliação de propriedades mecânicas de madeira por meio de ultra-som. In: PAN AMERICAN CONFERENCE FOR NONDESTRUCTIVETESTING, 3., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Pan American Conference for Nondestructive Testing, 2003. 5p.

OLIVEIRA, F. G. R.et al..Moisture content effect on ultrasonic velocity in *Goupia glabra*. **Materials Research**, São Carlos, v.8, n.1, p.11-14, 2005.

LOPES, C.S.D , et al. **Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para o uso em indústria moveleira.**2007.Dissertação mestrado em Recursos florestais – Universidade de São Paulo , Piracicaba-SP, 2007.

MAGNOS, A.V, et al. Estimativa da resistência e rigidez da madeira de *Eucalyptus grandis* por meio de onda ultrassonora. **Brazilian Journal of Forest Research** ,colombo,v,32,n 69,p .109-113,jan/mar, 2012.

MATTOS, B.D ,et al. Análise da propagação de ondas de ultrassom na madeira de três espécies de eucaliptos e suas relações com a massa específica. In:**XVIII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, Pelotas, 2010. **Anais...** Pelotas 2010.01-04 .

MINÁ, A.J.S. et al. Avaliação não destrutiva de postes de madeira por meio de ultrasom. **Scientia Forestalis**, v.1, n.65, p.188-189, 2004.

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: 2009 P 01-04