

AVALIAÇÃO DA RIGIDEZ POR RESSONÂNCIA DE PEÇAS ESTRUTURAIS DE MADEIRA DE *Eucalyptus* SECAS AO AR E EM ESTUFA

EVALUATION OF THE STIFFNESS BY RESONANCE OF SEASONED AND UNSEASONED STRUCTURAL TIMBERS OF *Eucalyptus* OF WOOD

Paulo Ricardo Gherardi HEIN¹; José Tarcísio LIMA²; Paulo Fernando TRUGILHO³

RESUMO - O objetivo deste estudo foi estabelecer a correlação entre a rigidez obtida por meio da ressonância sônica de peças estruturais de madeira de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* com a umidade estabilizada e com a umidade em estabilização. As peças secas ao ar durante 90 dias apresentaram teores de umidade variando de 14 a 26% enquanto as mesmas peças após secagem em estufa apresentaram umidade de 14%. As peças foram submetidas aos ensaios dinâmicos nas duas condições. A correlação entre o módulo de elasticidade das peças secas ao ar (E_{ar}) e secas em estufa (E_{14}) foi alta (0,99), mesmo com variação de umidade. Os ensaios de vibração longitudinal resultaram em coeficiente de correlação ligeiramente mais elevado em comparação com os testes de vibração flexural. A análise de regressão linear mostrou que a variação em E_{14} representou 97,7% da variação em E_{ar} a partir da vibração longitudinal. O resultado indicou que para analisar propriedades elásticas da madeira por meio de ressonância sônica, não há necessidade de secar as peças de madeira em estufa, operação que pode ser onerosa, além da necessidade de possuí-la. O teor de umidade das peças estruturais secas ao ar variou de 14 a 26%, mas esta variação não foi alta o suficiente para realçar o efeito do teor de umidade sobre essas propriedades elásticas. Assim, mais estudos são necessários para mostrar a influência do teor de umidade da madeira nos testes dinâmicos para determinação da rigidez da madeira em peças estruturais.

Palavras-chave: elasticidade, madeira, vibração, teor de umidade, estufa.

ABSTRACT - The aim of this study was to establish the relationship between the stiffness of unseasoned and seasoned structural timbers of *Eucalyptus urophylla* x *grandis* wood using resonance technique. Scantling air-dried for 90 days showed moisture content ranging from 14 to 26% while the same pieces kiln-dried had 14% of moisture content. The correlation between the dynamic elastic modulus of air- (E_{ar}) and kiln-dried (E_{14}) scantlings was high (0.99). The longitudinal vibration tests gave slightly higher coefficient of correlation when compared to the flexural tests. Linear regression analyses showed that the E_{14} variation accounted for 97.7% of the variation in E_{ar} from longitudinal vibrations. These findings indicate that when analyzing elastic properties by means of resonance methods, there is no need to dry the wood pieces in a kiln, which can be expensive, apart from the need to own it. The moisture content of the air-dried scantlings ranged from 14 to 26% but this variation was not high enough to highlight the moisture content effect on these elastic properties. Accordingly, further studies are required to show the influence of moisture content of wood on the dynamic tests for determining the wood stiffness in structural pieces.

Keywords: elasticity, wood, vibration, moisture, kiln.

² Professor do Departamento de Ciências Florestais, UFLA, jtlima@dcf.ufla.br

³ Professor do Departamento de Ciências Florestais, UFLA, trugilho@dcf.ufla.br

INTRODUÇÃO

Um objetivo dos programas de melhoramento de *Eucalyptus* é produzir variedades de árvores com resistência mecânica adequada, tanto para mantê-las em pé sob ação de tempestades, como para aplicações estruturais. As propriedades mecânicas da madeira indicam sua aptidão para suportar esforços sendo mensuradas, normalmente, pela sua resistência e rigidez quando submetidas a solicitações (KOLMANN e COTÉ, 1968). Neste contexto, a determinação das propriedades mecânicas da madeira é indispensável para definir adequadamente suas implicações na sobrevivência das árvores e as aplicações estruturais da madeira processada.

A análise das frequências de vibração é uma técnica simples e eficiente de caracterizar as propriedades elásticas de muitos materiais, incluindo a madeira (BRANCHERIAU e BAILLÈRES, 2002). Vários estudos têm mostrado uma forte correlação linear entre o módulo de elasticidade dinâmico (E_d), obtido por ensaio de vibração flexural e o módulo de elasticidade estático (E), obtido por meio da máquina universal de ensaio (ROSS et al., 1991; WANG et al., 2001; GREEN et al., 2004; BIBLIS et al., 2004). Por exemplo, Ilic (2001) obteve uma forte correlação entre o teste estático e o módulo de elasticidade dinâmico por análise de vibração longitudinal ($r = 0,95$) ou flexural ($r = 0,99$) usando amostras de madeira de *Eucalyptus delegatensis* R. Baker com 20 mm x 20 mm x 300 mm de dimensão. Usando corpos-de-prova maiores, Brancheriau e Baillères (2002) relataram forte correlação entre o módulo de elasticidade obtido em ensaio de flexão com quatro cutelos e o módulo de elasticidade por vibração em 76 vigas de *Dicorynia guianensis* com dimensão de 60 mm x 155 mm x 3500 mm.

Os testes dinâmicos com base na frequência de ressonância têm sido aplicados com sucesso a fim de caracterizar, entre outras propriedades elásticas, o módulo de elasticidade em pequenas amostras livres de defeitos em escala de laboratório (HAINES et al., 1996; ILIC 2003; BRANCHERIAU e BAILLÈRES 2003; OHSAKI et al., 2007), bem como em peças estruturais (HAINES et al., 1996; BURDZIAK e NKWERA, 2002) ou toras roliças (OUI, 1999; WANG et al., 2002; GRABIANOWSKI et al., 2006) de várias espécies de madeira.

Alguns estudos têm investigado a influência da umidade nas propriedades acústicas da madeira (CHAN et al., 2011), no entanto, o efeito da umidade nas frequências de vibração natural da madeira de *Eucalyptus* foi pouco investigada. Assim, o objetivo deste estudo foi estabelecer a correlação entre a rigidez obtida por meio da ressonância de peças estruturais de madeira de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* secas ao ar livre, com a umidade em estabilização, e a rigidez das mesmas peças secas em estufa com a umidade estabilizada em 14%.

MATERIAL E MÉTODOS

Origem e preparação de amostras de madeira

Foram utilizadas neste estudo 150 toras de madeira de *Eucalyptus grandis* x *urophylla* com seis anos de idade provenientes de plantios comerciais localizados na região do Vale do Aço em Minas Gerais. As árvores foram plantadas em espaçamento de 3 m x 2 m destinadas à produção de polpa celulósica.

Um total de 410 peças estruturais de madeira com dimensões nominais de 45 mm x 60 mm x 2100 mm foram retirados dos 150 pranchões centrais (Figura 1). Como as peças foram cortadas dos pranchões sistematicamente a cada 45 mm (60 mm de espessura); naturalmente, algumas partes das peças contiveram medula, nós e outras características inerentes à madeira.