



Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - EBRAMEM 2006

30 de Julho a 02 de Agosto, São Pedro – SP

CEVEMAD/UNESP - IBRAMEM

CORRELAÇÕES ENTRE O MÓDULO DE ELASTICIDADE INFERIDO PELA PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE TENSÃO EM TORAS E OBTIDO DESTRUTIVAMENTE EM CORPOS-DE-PROVA DE *Pinus. taeda* L.

Luiz Antonio Vasques Hellmeister (hellmeister@fca.unesp.br); **Adriano Wagner Ballarin** (awballarin@fca.unesp.br), **Hernando Alfonso Lara Palma** (larapalma@fca.unesp.br)
Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP – Botucatu - SP

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo analisar a correlação entre os valores do módulo de elasticidade obtidos através da análise de velocidade de propagação das ondas de tensão (Stress wave method), na condição de madeira verde, tora íntegra (ensaios não-destrutivos) e nos ensaios convencionais de flexão estática e de compressão paralela às fibras madeira serrada (ensaios destrutivos) nos corpos-de-prova obtidos do desdobro das toras. Utilizou-se madeira de *P. taeda* L., originária de árvores de plantio do Horto Florestal de Manduri - SP., com idade aproximada de 43 anos. Foram amostradas 6 árvores distintas, escolhidas ao acaso do talhão selecionado. De cada árvore foram retiradas 4 toras com comprimento de 2,5 m cada. Foram demarcadas nas toras a prancha central (8 cm de espessura) e 4 tábuas laterais (espessura comercial de 2,5 cm), sendo duas à esquerda e duas à direita da prancha central, as pranchas e tábuas foram desdobradas em corpos-de-prova de flexão estática e de compressão paralela às fibras. Foram avaliadas as relações existentes entre os módulos de elasticidade dinâmicos obtidos a partir das velocidades de propagação das ondas de tensão nas toras íntegras e os módulos de elasticidade obtidos nos ensaios convencionais em corpos-de-prova. A análise comparativa dos resultados revelou que existe correlação entre as variáveis dos ensaios não-destrutivos com as variáveis dos ensaios destrutivos. As melhores correlações foram obtidas entre o módulo de elasticidade dinâmico medido na tora e o módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras (medido nos corpos-de-prova), obtendo-se coeficientes de determinação das regressões próximos de 0,60.

Palavras-chave: ensaios não-destrutivos, método das ondas de tensão, *Pinus taeda* L.

CORRELATIONS BETWEEN THE ELASTICITY MODULUS INFERRED BY STRESS WAVE PROPAGATION ON LOGS (NON-DESTRUCTIVE TEST) AND SPECIMEN (DESTRUCTIVE TEST) OF *Pinus taeda* L

ABSTRACT: The aim of this paper was to analyze correlation between the modulus of elasticity obtained in logs (green condition) by the stress wave velocity (non-destructive tests) and the modulus of elasticity obtained by destructive tests (static bending and compression parallel to grain) in specimen (12% MC) obtained from the logs lumber. It was used *P. taeda* L wood (43 years old trees) from Horto Florestal of Manduri (latitude 23°00' south, longitude 40°19' west and altitude de 700 m) São Paulo State, Brazil. Six trees were randomly chosen in the plantation. Trees were sawed into 4 logs, 2,5 m long each. In each log it was delimited the central board (80mm tick) region and the lateral boards (25mm tick) regions, considering 2 boards on the left and 2 on the right hand. Non-destructive tests were made Logs and boards were sawed into static bending and compression - parallel to grain specimens. It were evaluated relations between the dynamic modulus of elasticity, obtained from the velocity of stress waves in the logs and the conventional modulus of elasticity from specimens submitted to bending and compression parallel to grain. With results of the experimental program became evident a correlation between non-destructive tests variables and the destructive tests ones. The best correlations were obtained between the dynamic modulus of elasticity measured in the logs and the elasticity modulus measured in the compression parallel to grain specimen, with a determination coefficient (R^2) around 0,60.

Keywords: stress wave method, propagation velocity.

1. INTRODUÇÃO

Diversos métodos que utilizam a propagação das ondas de tensão têm sido pesquisados para uso como ferramentas de testes não-destrutivos. A velocidade de propagação de uma onda de tensão induzida e sua atenuação no material são os principais parâmetros analisados nesses casos.

Para embasamento desse método pode-se fazer uso da teoria de propagação de ondas unidirecionais em uma barra homogênea e elástica, conforme descrito em GABRIEL (2000).

Simplificadamente, pode-se expressar o módulo de elasticidade (dinâmico), obtido pela técnica da propagação de ondas unidirecionais em meio homogêneo e elástico como:

$$E_{d1} = v^2 \cdot \rho, \quad \text{onde:} \quad (1)$$

E_{d1} - módulo de elasticidade dinâmico;

v - velocidade de propagação da onda;

ρ - densidade aparente ou densidade de massa do material.

Grande maioria dos pesquisadores também tem trabalhado com a relação (2) considerando a densidade básica (ρ_{bas}) como multiplicador, ficando:

$$E_{d2} = v^2 \cdot \rho_{bas} \quad \text{onde:} \quad (2)$$

ρ_{bas} - densidade básica do material. Sendo ρ_{bas} definida como:

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad \text{onde:}$$

m_s - massa seca;

V_{sat} - Volume saturado

ROSS & PELLERIN (1994) usaram o método de ondas de tensão para determinar a velocidade da transmissão da onda, detectando indiretamente a presença de organismos xilófagos na madeira. Para alguns tipos de madeira, obtiveram resultados de até 93% de detecção de bactérias presentes na madeira.

ROSS *et al.* (1999) apresentaram a possibilidade de inspeção de pontes de madeira por meio da medição do tempo de propagação da onda de tensão.

BRASHAW *et al.* (1996) desenvolveram trabalho para a medição das velocidades de propagação das ondas em tábuas na condição verde e na umidade de equilíbrio, observando forte correlação entre as duas situações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A madeira utilizada neste trabalho foi obtida de árvores de *Pinus taeda* L., provenientes de plantios de 43 anos de idade, localizados no Horto Florestal de Manduri, S.P. (latitude 23°00' sul, longitude 40°19' oeste e altitude de 700 m).