



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

RELAÇÕES ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS, MECÂNICAS E DE ENSAIOS DE ULTRA-SOM NA MADEIRA COM SUA RESISTÊNCIA À FLEXÃO E À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Takashi Yojo (yojos@ipt.br)

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - Centro de Tecnologia de Recursos Florestais

Evelyn Kumayama Abe (ekabe@fca.unesp.br), **Adriano Wagner Ballarin** (awballarin@fca.unesp.br)

Unesp - Departamento de Engenharia Rural – F.C.A. – Câmpus de Botucatu

André Bartholomeu (bartholomeu@netwave.com.br)

Universidade São Francisco – Itatiba (SP)

RESUMO: Este trabalho apresenta diversas relações obtidas entre propriedades físicas, mecânicas e de ensaios não-destrutivos de ultra-som na madeira com suas resistências à flexão e à compressão paralela às fibras, na busca do melhor estimador para esses dois parâmetros mecânicos do material. As peças de madeira utilizadas no programa experimental apresentam defeitos como nós, apodrecimento e rachas. Nos ensaios destrutivos convencionais foram avaliadas as resistências e rigidezes à flexão estática e à compressão paralela às fibras, além da densidade de massa e dureza Janka. Nos ensaios não-destrutivos (ultra-som) foram avaliadas as grandezas velocidade de propagação das ondas ultra-sônicas e o módulo dinâmico. Foram utilizadas madeiras com três diferentes densidades e com teor de umidade da ordem de 14%.

Observou-se que, tanto nos ensaios de compressão paralela quanto nos de flexão, a melhor correlação ocorreu entre a resistência mecânica e a rigidez, avaliada pelo módulo de elasticidade. A segunda melhor correlação foi obtida entre a resistência mecânica e o módulo dinâmico, calculado a partir do ensaio de ultra-som. Em todas análises constatou-se que as correlações obtidas nos ensaios de flexão foram menores que as de compressão. Isto sugere uma menor influência dos defeitos no ensaio de compressão, em comparação com o ensaio de flexão.

Conclui-se que o módulo dinâmico é um bom estimador de resistência, sendo melhor que a velocidade, dureza Janka ou densidade. Pode-se concluir, também, que para estimar as propriedades de flexão de peças com defeitos outras variáveis além da velocidade de propagação e módulo dinâmico devem ser consideradas.

Palavras-chaves: ultra-som, madeira, compressão, flexão, módulo dinâmico.

RELATIONSHIP BETWEEN ULTRASONIC WAVES BEHAVIOR OF WOOD AND ITS PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

ABSTRACT: This paper presents several relationship obtained between physical, mechanical and ultrasonic properties of wood and its strength on bending (MOR) and compression parallel to grain (f_{c0}) on the analysis of the best estimation for these two mechanical parameters. The specimens were not clear specimens, presenting defects like knots, decay and splits. On destructive tests were evaluated strength and rigidity on bending and compression parallel to grain, as well as density and Janka hardness. On non-destructive tests (ultrasonics) were evaluated the velocity of waves and the dynamic modulus. Three different densities were used and all specimens were tested with about 14% moisture content.

It was observed that in compression parallel to grain as well as in flexure tests the better relationship of strength was obtained between strength and modulus of elasticity followed by correlations of strength to dynamic modulus. In all correlations the best results was reported in compression tests rather than flexure one.. It was observed that the effect of defects in compression had less influence than flexure.

It was concluded that dynamic modulus is a good estimator of strength of wood, mainly, in compression. But other parameters different of dynamic modulus must be included in order to get better correlation with flexure test including defects.

Keywords: ultrasonics, wood, compression, flexure, dynamic modulus

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho as propriedades físicas e mecânicas das madeiras de pinus (*Pinus* sp) e eucalipto (*Eucalyptus* sp) foram avaliadas, utilizando-se dois métodos: destrutivo e o não-destrutivo. O método destrutivo é aquele tradicionalmente utilizado, cuja metodologia é especificada em normas técnicas. O método não-destrutivo está em fase de aprimoramento e existem poucas metodologias especificadas em normas técnicas. Neste trabalho foi utilizado método não-destrutivo por ultra-som, onde as grandezas consideradas limitaram-se à velocidade de propagação das ondas e avaliação do módulo de elasticidade dinâmico.

A caracterização das propriedades elásticas e de resistência de um dado material é fundamental para a realização da análise estrutural. Embora o método por ultra-som forneça apenas o módulo de elasticidade e em situações mais gerais todas as propriedades elásticas, pode-se obter as resistências mecânicas por correlação com as propriedades elásticas da madeira.

Este trabalho apresenta a relação entre as propriedades físicas e mecânicas da madeira com os parâmetros obtidos no ensaio de ultra-som. A resistência e rigidez à flexão estática e compressão paralela às fibras das peças de madeira incluindo defeitos como nós, apodrecimento e rachas foram estudados. Os ensaios mecânicos destrutivos foram realizados após a medição do tempo de propagação das ondas ultra-sônicas e registro do espectro das amplitudes no domínio do tempo.

2. ATIVIDADES REALIZADAS

Os corpos-de-prova foram retirados de madeira seca ao ar de *pinus* e eucalipto para compor dois grupos aqui denominados de:

- compressão com dimensões nominais de 50 mm x 50 mm x 200 mm;
- flexão com dimensões nominais de 40 mm x 40 mm x 550 mm.

Para cada um dos grupos de corpos-de-prova foram realizados os seguintes ensaios físicos e mecânicos:

- Avaliação dos defeitos;
- Teor de umidade;
- Densidade de massa;
- Velocidade de propagação das ondas ultra-sônicas longitudinais na direção paralela às fibras e o cálculo do módulo dinâmico;
- Resistência e rigidez à compressão paralela às fibras (só para o grupo de compressão);
- Resistência e rigidez à flexão estática (só para o grupo de flexão);
- Dureza Janka.

Avaliação dos defeitos

Os principais defeitos considerados foram os nós, rachaduras, bolsas de resina e apodrecimento. Os defeitos foram avaliados em todas as faces dos corpos-de-prova.

Teor de umidade

O teor de umidade utilizado foi baseado em base seca, ou seja, a massa de água expressa em relação à massa de madeira seca em estufa. O ensaio foi realizado utilizando-se o método da