VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
UBERLÂNDIA – JULHO DE 2002

INLUÊNCIA DA UMIDADE NA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE ULTRA-SOM NA MADEIRA DE PINUS SP, NAS DIREÇÕES RADIAL, TANGENCIAL E LONGITUDINAL

Odilon Leme da Costa (halo-elo@uol.com.br), **Raquel Gonçalves** (raquel@agr.unicamp.br)
Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola

Resumo
A madeira, sendo um material higroscópico, tem suas propriedades mecânicas e elásticas afetadas por condições ambientais (temperatura, umidade relativa do ar etc.). Um dos grandes avanços obtidos nos últimos anos na caracterização de materiais, tanto do ponto de vista mecânico quanto de qualidade, é a aplicação de técnicas não destrutivas, destacando-se dentro elas o uso do ultra-som. No entanto, sabe-se que a velocidade de propagação das ondas de ultra-som na madeira é afetada pela umidade. A quantificação desta influência torna-se de fundamental importância para a análise e a projeção de resultados obtidos nas mais diversificadas propostas de estudos que envolvam a aplicação do método do ultra-som. O objetivo desse trabalho foi estudar o comportamento da velocidade de propagação de ondas longitudinais na madeira em função da umidade. Os ensaios foram realizados utilizando-se corpos-de-prova da espécie Pinus sp, com dimensões nominais de 60 mm x 30 mm x 300 mm e equipamento de emissão de ondas de ultra-som marca Steinkamp BP-7 com transdutores de 45 kHz. Os corpos-de-prova, inicialmente na condição saturada, passaram por um programa de secagem controlada, atingindo os teores de umidade: 150%; 25,3%; 14,5%; 13,6%; 9,8%; 3,7%. Para cada condição de umidade, foram calculadas as velocidades de propagação da onda nas direções longitudinal (V_{LL}), radial (V_{RR}) e tangencial (V_{TT}). Os resultados indicam que podem ser obtidas correlações significativas entre a velocidade de propagação da onda na madeira e sua umidade, resultado esse que pode ser muito útil no acompanhamento da secagem.
Palavras-chave: madeira, ensaio não destrutivo; ultra-som, umidade, velocidade.

BEHAVIOR OF THE SPEED OF THE LONGITUDINAL WAVE PROPAGATION IN WOOD AS FUNCTION OF ITS MOISTURE

Abstract
The wood, being a hygroscopic material has its mechanical and elastic properties affected by environmental conditions (temperature, relative humidity of the air etc.). One of the greatest progresses obtained in the last years in the characterization of materials, from the mechanical and quality point of view was the application of non-destructive test techniques. Among those testes the use of the ultrasound technique is increasing. However it is a common knowledge that the speed of the wave propagation in the wood is affected by moisture. Quantification of this influence becomes of fundamental importance in the analysis and projections of results obtained in the more diversified proposed of studies that involve the application of the ultrasound method. The objective of this work was to study the behavior of the speed of the wave longitudinal propagation in wood as function of its moisture. To carry out the tests Pinus sp specimen were used, with nominal dimensions of 60 mm x 30 mm x 300 mm. The ultrasound device utilized was Steinkamp BP-5 (45 kHz). The specimen initially in saturated condition, went trough a dry controlled program, reaching the moisture content of: 150%; 25,3%; 14,5%; 13,6%; 9,8%; 3,7%. For each moisture condition, the speed of wave propagation was calculated in the longitudinal (VLL), radial (VRR) and tangential (VTT) directions. The results indicate that a significant correlation between the speed of wave propagation in the wood and moisture can be obtained. This can be very useful during the dry process of the wood.

Keywords: wood, nondestructive test; ultrasound, moisture content, wave propagation speed.

1. Introdução e Justificativa

As relações de dependência das propriedades da madeira com a variação do teor de umidade têm sido amplamente estudadas por muitos pesquisadores. Em contraste com procedimentos adotados para outros materiais, para os quais a umidade é expressa em termos de peso do material úmido, é usual expressar o teor de umidade da madeira em termos do seu peso seco em estufa (base seca) (USDA Forest Products Laboratory, 1987). A determinação do teor de umidade é realizada, normalmente, em pequenos corpos de prova isentos de defeitos. Diversos métodos para se medir o teor de umidade da madeira roliça, serrada e de compósitos à base de madeira foram descritas por Kollmann e Höckele (1962) e por Siau (1984). No Brasil, a NBR 7190/97 em seu anexo B.5 descreve os procedimentos a serem seguidos na determinação do teor de umidade da madeira. Nesse anexo propõe-se a utilização de corpos de prova de seção transversal retangular, com dimensões nominais 2 cm x 3 cm e comprimento 5 cm .

O teor de umidade de equilíbrio da madeira e de produtos à base de madeira é atingido quando, para uma dada combinação de umidade relativa do ar e de temperatura, nenhuma difusão de água ocorre interna ou externamente.

Para a árvore viva, dependendo da estação do ano, da espécie e da localização da árvore, o teor de umidade da madeira verde varia de 60 a 200% (Zimmermann 1983).

As madeiras verdes normalmente contem água em três diferentes formas: água líquida preenchendo parcialmente ou completamente as cavidades celulares, vapor de água nos espaços vazios das cavidades celulares e água na parede celular. A água existente nas cavidades celulares é chamada de "água livre" e a água contida nas paredes celulares "água de impregnação". O ponto de saturação das fibras corresponde a um teor de umidade da madeira, obtido quando a umidade relativa do ar é próxima de 100%, ou mais exatamente 98% como indicado por Siau (1984). Neste caso, as cavidades celulares não contêm mais água enquanto as paredes estão saturadas. Para espécies de zonas temperadas inúmeras pesquisas já foram realizadas para se determinar com exatidão o ponto de saturação de várias espécies estando este ponto entre 28% e 30%, (Kollmann, 1951).

As condições ambientais afetam a umidade da madeira que, por sua vez, afeta as propriedades mecânicas da madeira (resistência e elasticidade) sendo, portanto, seu estudo, de extrema importância. Importante também é lembrar dos aspectos referentes à secagem de peças de madeira, procedimento este que envolve o conhecimento da relação madeira-água.

Tiemann (1906), também citado por Siau (1984), foi o primeiro a notar que as propriedades mecânicas da madeira eram pouco afetadas pela água livre, porque somente a parede celular contribui na resistência. Gerhards (1982) resumiu diversos trabalhos que mostravam a influência da umidade e da temperatura em várias propriedades mecânicas da madeira. Todos os trabalhos confirmam a redução da resistência e do módulo de elasticidade da madeira com o acréscimo da umidade, até valores de teor de umidade próximos de 30%. Segundo o autor, acréscimos de teores de umidade acima deste ponto não mais influenciavam os parâmetros mecânicos.

Skaar (1988) comparou propriedades mecânicas de diferentes espécies de madeira, sob várias condições ambientais. Os valores obtidos para as propriedades foram sempre ajustados aos valores esperados para teor de umidade de 12%.