



## 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

### VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO E DA ATENUAÇÃO DO SINAL EM FUNÇÃO DA PRESSÃO NOS TRANSDUTORES

**Raquel Gonçalves-** ([raquel@agr.unicamp.br](mailto:raquel@agr.unicamp.br))

Professora Doutora da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI UNICAMP

**A.J. Trinca** – ([ajtrinca@aol.com](mailto:ajtrinca@aol.com))

Mestrando da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI UNICAMP

**RESUMO:** A determinação de propriedades mecânicas e elásticas, bem como avaliações do estado de degradação da madeira pode ser realizada utilizando-se métodos de propagação de ondas. Em alguns casos a determinação da velocidade é suficiente para a obtenção de correlações com suas propriedades, mas em outros a determinação da atenuação se apresenta como parâmetro mais adequado ou complementar. A atenuação de ondas de ultra-som na madeira é consequência da interferência de diversos fatores, os quais podem estar relacionados com a frequência do transdutor, com a anatomia, com a geometria dos corpos-de-prova e, ainda, com o acoplamento entre o transdutor e o corpo-de-prova. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da pressão exercida nos transdutores na velocidade de propagação das ondas e na atenuação do sinal. Para isso foram utilizados corpos-de-prova de eucalipto e de pinus, com seção nominal 0,05 x 0,05 x 0,15 m. O eucalipto apresentava umidade de 9% e o pinus 12%. As medições de tempo de propagação e de amplitude do sinal foram realizadas na direção longitudinal, com transdutores de onda de compressão de 100 kHz e 500 kHz submetidos a pressões variando de 0 a 69 kPa. No total foram realizadas 1108 medições de velocidade e de atenuação. Os resultados demonstraram que, para ambas as frequências, as velocidades não variaram significativamente com a pressão no transdutor. A atenuação apresentou tendência a diminuir com a pressão. Observou-se, ainda, que, para pressões muito baixas as atenuações apresentam grande dispersão. A atenuação média obtida para o pinus foi 45% superior a obtida para o eucalipto.

**Palavras-Chaves:** Ultra-som, madeira, eucalipto, pinus.

**ABSTRACT:** The determination of mechanical and elastic properties, as well as evaluations of wood degradation, can be accomplished by methods of waves propagation. In some cases the determination of the speed is enough for determine correlations with its properties, but in other the determination of the wave attenuation comes as parameter more appropriate or complementally. The attenuation of ultrasonic waves in the wood is consequence of the interference of several factors, which can be related with the frequency of the transducer, with the anatomy of the specie, with the geometry of the specimen and, still, with the joining among the transducer and the specimen. The objective of this work was to evaluate the influence of the pressure exercised in the transducer in the speed of wave propagation and in the wave attenuation. For the experimentation were used specimens of eucalyptus and of pinus, with nominal section 0,05 x 0,05 x 0,15 m. The eucalyptus presented 9% moisture content and the pinus 12% moisture content. The measurements of wave time of propagation and amplitude were accomplished in the longitudinal direction, with transducer of 100 kHz and 500 kHz compression wave submitted to pressures varying from 0 to 69 kPa. In total were made 1108 measurements of speed and attenuation. The results demonstrated that, for both frequencies, the speeds didn't vary with the pressure in the transducer. It was observed that the attenuation decrease with the increase pressure. It was still observed that, for lower pressures the attenuations present great dispersion.

**Keys Word:** Ultrasound, wood, eucalyptus, pinus.

## 1.INTRODUÇÃO

A determinação de propriedades mecânicas e elásticas, bem como a avaliação de aspectos qualitativos, tais como a detecção de defeitos, desvio de fibras e deterioração da madeira, podem ser realizadas utilizando-se métodos de propagação de ondas. Para essas avaliações se

pode utilizar tanto a velocidade de propagação das ondas quanto sua atenuação, uma vez que esses dois parâmetros são controlados pelos mesmos mecanismos que determinam o comportamento mecânico dos materiais. Em alguns casos a determinação da velocidade de propagação da onda é suficiente para se obter correlações com suas propriedades, mas em outros a determinação da atenuação da onda se apresenta como parâmetro mais adequado ou complementar. No Brasil os primeiros estudos relativos à determinação de propriedades da madeira utilizando equipamento de ultra-som iniciaram-se por volta de 1997 e estão, atualmente, em processo de crescimento, já sendo alvo de estudos em diferentes Instituições. No entanto, grande parte desses estudos ainda se concentra apenas na determinação da velocidade, sendo os estudos de atenuação em madeiras brasileiras praticamente inexistentes.

A atenuação de ondas de ultra-som na madeira é consequência da interferência de diversos fatores, tais como o transdutor utilizado para as medições, a espécie de madeira, a geometria dos corpos-de-prova, o material de acoplamento entre o transdutor e o corpo-de-prova e ainda fatores mecânicos, como a pressão exercida sobre os transdutores. O monitoramento dos parâmetros – velocidade de propagação e atenuação da onda – é de fundamental importância para a avaliação de propriedades mecânicas e elásticas dos materiais e, muitas vezes, são parâmetros complementares.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi a determinação da influência da pressão exercida no transdutor, na velocidade e na atenuação de ondas de ultra-som na madeira de espécies de reflorestamento (eucalipto e pinus).

## **2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Bucur e Feeney (1992) realizaram trabalho de avaliação da atenuação da propagação de ondas de ultra-som na madeira, com variação de frequências e ângulos de incidência do transdutor nas três direções principais (longitudinal, radial e tangencial) utilizando-se ondas de compressão e de cisalhamento. As frequências utilizadas nesse trabalho foram de 100kHz, 250kHz, 500kHz, 1MHz e 1,5MHz.

Para a determinação da atenuação os autores mediram a amplitude do sinal em duas situações: com os transdutores em contato e quando o pulso já tinha sido transmitido através da amostra. Para isso utilizaram osciloscópio da marca Schlumberger e transdutores de banda larga da marca Panametrics. O equipamento gerador de pulso utilizado foi da marca Schlumberger modelo 4432.

A espécie ensaiada nesse trabalho foi a Horse Chesnut (*Aesculus hypocastanum*), com densidade 510 kg/m<sup>3</sup> com umidade de 12%. Os corpos-de-prova foram confeccionados com diâmetro de 35 mm e 24 faces cortadas em 15 graus, permitindo medições fora e dentro do eixo. A espécie escolhida apresentava grande homogeneidade anatômica e zona de madeira juvenil e adulta com pouca diferenciação de maneira, permitindo a redução da influência da variabilidade da madeira nos resultados.

Durante os ensaios, os transdutores foram presos ao corpo-de-prova por um grampo que assegurava uma pressão constante. Os autores concluíram que, na direção longitudinal houve maior influência da frequência do que na direção transversal (radial e tangencial), mas que a atenuação foi maior na direção transversal, seguida da radial e, por último, da longitudinal. Além disso, os autores concluíram que, fora dos eixos de simetria, a atenuação foi sempre maior do que nos eixos. Os autores concluíram, ainda, que a metodologia utilizada