



CLEM

2019

18 al 20 de noviembre
Hotel Cottage
Montevideo - Uruguay



4º CONGRESO
LATINOAMERICANO
DE ESTRUCTURAS
DE MADERAS

USO DO ULTRASOM NAS FACES RADIAL E TANGENCIAL DA MADEIRA DE FREIJÓ (*Cordia goeldiana* Huber)

ULTRASOUND ON RADIAL AND TANGENTIAL FACES OF FREIJÓ WOOD (*Cordia goeldiana* Huber)

Adrianna Amorim de Sousa Pinto ^{1*}, Joaquim Carlos Gonçalez², Niliane Pereira Campos², Alexandre Florian da Costa², Mírian de Almeida Costa², Myla Medeiros Fortes².

¹Master en ciencias forestales. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil

²Universidade de Brasília. Brasília, Brasil

* Contacto: adriannamorim@gmail.com

CÓDIGO: [4619892](#)

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estimar los módulos de elasticidad dinámica (MOEd) y módulo de elasticidad estática (MOE) de la madera de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) por medio de pruebas no destructivas y pruebas destructivas. Fueron fabricadas 14 las muestras, con dimensiones de 2 x 2 x 30 cm. Se realizó pruebas convencionales (flexión estática) y no destructivas (ultrasonido). La densidad media obtenida fue de 0,56 g/cm³. El valor promedio obtenido de la MOEd a través de la ecografía para la especie en estudio fue superior a la MOE estática, 16685,38 MP y 9194,30 MPa respectivamente. El coeficiente de variación de la MOEd fue 11,05%, y el coeficiente de variación de la MOE (flexión estática) fue de 15,04%, de esta manera reveló menos variabilidad el método no destructivo comparado con el destructivo. El valor medio obtenido de propagación de la onda fue de 5505,82 m/s, el trabajo mostró una fuerte correlación entre la velocidad de propagación de la onda (VEL) y el módulo dinámico de elasticidad (MOEd) especies con valor de 0,8887. Se encontró que la correlación entre las variables MOEd y de la MOE fue muy baja, ya que el coeficiente obtuvo un valor de 0,3067. El método de ondas de ultrasonoras constituye un importante instrumento no destructivo para determinar el módulo de elasticidad de la madera. El método no destructivo y la comparación con el destructivo mostraron menor variabilidad. El análisis realizado en este trabajo demostró la necesidad de una mayor cantidad de muestras, por lo que el muestreo sería más representativo en la especie de estudio.

Palabras-clave: Ondas, no destructivos, Módulo dinámico.

Abstract

The ultrasonic wave method is an important non-destructive instrument to determine the modulus of elasticity of the wood. The present work aimed to estimate the modulus of elasticity (MOE) of Freijó Wood (*Cordia goeldiana* Huber) obtained by destructive and a non-destructive method. USLab ultrasonic equipment with plane faces transducers of 45 kHz were used in fourteen specimens with dimensions of 2 x 2 x 30 cm. To evaluate the sensitivity of the ultrasonic method, the specimens was submitted to destructive conventional static bending tests according to ASTM D143/09 with determination of modulus of elasticity. The mean apparent density obtained for freijó wood was 0,56 g/cm³. The mean value of dynamic MOE (MOEd) obtained with the ultrasound tests was higher than the static MOE, 16685,38 MPa and 9194,30 MPa respectively. The coefficient of variation of MOEd was 11,05%, lower than the coefficient of variation of the static MOE (15,04%), showing lesser variability of the non-destructive method. The mean value of wave propagation speed (VEL) was 5505,82 m/s, and presented a strong correlation with MOEd with a value of 0,8887. It was found a low correlation between the variables MOEd and MOE, presenting a value of 0,3067. The statistical analysis carried out in this work confirmed the necessity of greater number of specimens, so the sampling would be more representative.

Keywords: Waves propagation, non-destructive method, dynamic modulus of elasticity

1.INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos prometedores y basado en el principio de la onda mecánica de propagación es a través de la emisión de ondas de ultrasonido, siendo una evaluación no destructiva (Stangerlin et al., 2010). Métodos no destructivos, es posible realizar la caracterización de la madera, sin necesidad de realizar la extracción de muestras, el análisis se hace en el juego, o en el árbol de estructura (Ribeiro et al., 2016).

Se clasifican como ondas de ultrasonido, las ondas acústicas con frecuencias superiores a 20.000 Hz (González; Valle; Costa, 2001). Según los autores el método se basa en el análisis de la propagación de una onda y su dependencia entre la respuesta al ultrasonido y la constante elástica de madera.

El presente trabajo pretende estimar los elasticidad dinámica (MOEd) módulos de elasticidad estático (MOE) de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) para ensayos no destructivos y ensayos destructivos.

2. Metodología

2.1 Colección de material

El material utilizado en esta investigación fueron de muestras de madera Freijó (*Cordia goeldiana* Huber). Se hicieron 14 muestras para cada uno, con dimensiones de 2 x 2 x 30 cm. Las pruebas convencionales realizadas fueron flexión y no destructivo prueba (ultrasonido). Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de tecnología de la madera en el Departamento de silvicultura en la Universidad de Brasilia.

2.2 Prueba destructiva

En el ultrasonido fue USLab aparatos con una potencia de 700 V, resolución de la 0,1 μ s y transductores de onda longitudinal y sección plana funcionando en la frecuencia de 45 kHz según la figura 1. El equipo fue calibrado y después de la calibración, cada uno de los transductores recibió un gel para ayudar en la adhesión de las muestras.

Se determinó la densidad aparente al 12% por realizar medidas de los lados de la radial, tangenciales y longitudinales y la obtención de la masa de cada cuerpo, ecuación (1).

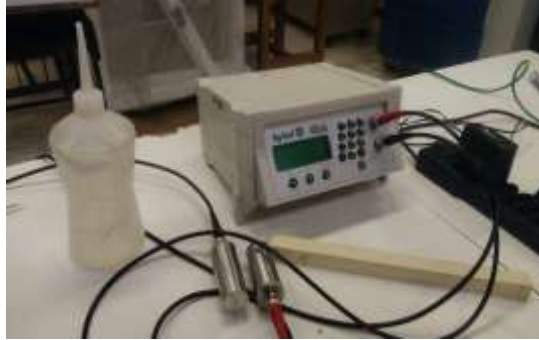


Figura 1. ultrasonido USLab.

$$D12\% = P/Vol \quad (1)$$

$$MOE_d = D12\%/Vel^2 \quad (2)$$

Dónde:

D12%: densidad de la muestra a 12% de humedad

(g/ cm³); P= masa de la muestra a 12% de humedad (g);

V= volumen de muestra (cm³);

MOE_d = Módulo de elasticidad dinámica (MPa);

VEL = velocidad de onda ultrasónica (m/s).

2.3 Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva: máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación. También se realizó correlación para evaluar la correlación entre las variables. El análisis de datos se llevó a cabo en Excel.

3. DESARROLLO

La velocidad obtenida por medio de ultrasonido para la especie freijó tiene valores similares con el citado en la literatura para Del Menezzi et al (2010).

Tabla 1. Valores promedio, densidad, velocidad, módulo elasticidad dinámico, Módulo de elasticidad elástico, obtenidos a través de ultrasonido y flexión para madera estudiado.

	DENS	VEL	MOEd	MOE
	(g/cm ³)	(m/s)	(MPa)	(MPa)
Média	0,56	5505,82	16685,38	9194,30
Mínimo	0,50	5160,00	15060,76	7432,35
Máximo	0,60	6222,22	22056,58	11552,66
DP	0,03	244,09	1844,39	1382,59
CV (%)	4,97	4,43	11,05	15,04

DENS: Densidad, VEL= Velocidad de propagación de la onda, MOEd= Ecografía dinámica constante elástica, MOE= Módulo de elasticidad, DP= Desviación estándar y CV= Coeficiente de variación.

El valor promedio obtenido de la MOEd a través de la ecografía para la especie en estudio fue superior a la MOE estática, como se señala en la tabla 1. El coeficiente de variación de la MOEd fue menor que el coeficiente de variación de la MOE (flexión estática), de esta manera mostrando menos variabilidad del método no destructivo para el destructor.

La correlación entre la prueba de ultrasonido y de flexión se presenta en la tabla 2. El análisis muestra una fuerte correlación entre la velocidad de propagación de la onda (VEL) y el módulo dinámico de elasticidad (MOEd) para las especies estudiadas. Calderon (2012) cuenta con cuatro especies amazónicas con ultrasonido encontró una alta correlación entre VEL e MOEd como se señaló en este trabajo.

Se encontró que la correlación entre las variables MOEd e MOE fue demasiado bajo, porque el coeficiente encontrado fue 0,3067. La obra presenta una correlación de baja densidad con el MOEd, ya MOE la correlación fue negativa. La densidad de la madera, así como otros elementos anatómicos afectan la transmisión de las ondas (BUCUR, 2006).

La correlación entre la MOEd y MOE no fue significativa a pesar de los dos módulos se han determinado en la misma muestra.

Tabla 2. Correlación entre el ultrasonido y la flexión de la madera de freijó (Cordia goeldiana).

	DENS	VEL	MOEd	MOE
	(g/cm ³)	(m/s)	MPa	MPa
DENS (g/cm ³)	1			
VEL (m/s)	0,0728	1		
MOEd MPa	0,5207	0,8887	1	
MOE MPa	-0,0017	0,3638	0,3067ns	1

DENS: Densidad, VEL= Velocidad de propagación de la onda, MOEd= Ecografía dinámica constante elástica, MOE= Módulo de elasticidad.

4. CONCLUSIONES

El método de ondas de ultrasonoras es un importante instrumento no destructivo, para determinar el módulo de elasticidad de la madera.

Los valores de los coeficientes de variación del módulo dinámico MOEd son menor que el módulo estático de elasticidad MOE y son satisfactoria, así que presenta menos variabilidad del método no destructivo y comparación con los destructivos.

El análisis realizado en este trabajo demostró la necesidad de una mayor cantidad de número de muestras, para que el muestreo más representativo de la especie bajo estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDERON, C. M. A. (2012). O segmento moveleiro na região do Alto Juruá – AC: Perfil e uso de tecnologias alternativas para a caracterização das principais espécies madeireiras. 158p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.

Bucur, V. (2006). *Acoustics of Wood*. 2 nd Edition. Springer Series in Wood Science. Printed in Germany. 393p.

Del Menezzi, C. H. S. Del; Silveira, R. R.; Souza, M. R. De. Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas por meio da técnica não-destrutiva de ondas de tensão. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 2, p. 325–332, 2010.

Gonçalez, J. C.; Valle, A. T.; Costa, A. F. (2001). Estimativas das constantes elásticas da madeira por meio de ondas ultra-sonoras (ultra-som). **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 81–92,.

Ribeiro, E. S. et al. (2016). Avaliação de propriedades mecânicas da madeira por meio de métodos destrutivos e não-destrutivos. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 103–106.

Stangerlin, D. M. et al. (2010) Avaliação De Tipos De Ondas Geradas Por Dois Modelos De Transdutores Para Determinação Do Módulo De Elasticidade Dinâmico. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 691–700.