



# 11ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS & 8º Simpósio de Pós-Graduação

## AVALIAÇÃO NÃO DESTRUTIVA DE BLOCOS DE GOUPIA GLABRA UTILIZANDO ULTRASSONOGRRAFIA

**Lucas R. FAGUNDES<sup>1</sup>; David da S. FONSECA<sup>2</sup>; Vinicius ESTAFOCHER<sup>3</sup>; Régis M. de Souza<sup>4</sup>**

### RESUMO

O presente trabalho visa analisar uma viga da madeira Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl., *Goupiaceae*) utilizando a ultrassonografia. Esta abordagem se faz necessária, devido a utilização da madeira como material estrutural e possuir origem natural. Em razão disso, podem ocorrer problemas de má formação que irão comprometer suas características físicas, acarretando em um risco à segurança quando empregada sob tais circunstâncias. Portanto, a finalidade deste estudo é avaliar a utilização da ultrassonografia como forma de atestar a qualidade estrutural e a homogeneidade de algumas propriedades estruturais da madeira proposta. Conclui-se, então, que os resultados atingidos por meio da avaliação comprovaram que os blocos apresentavam homogeneidade quanto aos valores de velocidade de pulso ultrassônicos, contudo, o valor do coeficiente da matriz de rigidez obtido não apresentou compatibilidade com outros estudos.

**Palavras-chave:** Cupiúba, Ultrassom, Homogeneidade.

### 1. INTRODUÇÃO

A madeira, por ter sua origem natural, está suscetível à problemas relacionados a má formação. Sendo, a heterogeneidade do material, uma das responsáveis por trechos com menores resistências. Tais perdas de resistências podem comprometer tanto a sua utilização como material estrutural, como acarretar em riscos à segurança quando utilizada sem a devida precaução.

Este trabalho analisa a qualidade de uma viga de Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl., *Goupiaceae*), obtida na cidade de Pouso Alegre - MG, pelo ensaio de ultrassonografia. Estes pontos se fazem necessários devido a utilização da madeira, em algumas construções, como material estrutural.

Ainda, busca-se verificar a aplicabilidade do ensaio não destrutivo de ultrassonografia como forma de obter dados compatíveis com o apresentado pela literatura, bem como, gerar um conjunto de informações que servirão para comparações futuras em estudos acadêmicos e práticos de engenharia. Este objetivo será alcançado mediante o estudo dos dados coletados pelo ensaio de ultrassonografia, avaliando, ainda, de maneira quantitativa e qualitativa a madeira *Goupia glabra* Aubl, assim como a aplicabilidade do ensaio para obtenção desses dados compatíveis com os apresentados em norma.

1 Aluno, IFSULDEMINAS – *Campus* Pouso Alegre. E-mail: lucas.rodrigues.fagundes@gmail.com.

2 Aluno, IFSULDEMINAS – *Campus* Pouso Alegre. E-mail: david\_sf07@hotmail.com.

3 Aluno, IFSULDEMINAS – *Campus* Pouso Alegre. E-mail: viniusestf@gmail.com.

4 Orientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Pouso Alegre. E-mail: regis.souza@ifsuldeminas.edu.br.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que a utilização da madeira seja feita de maneira correta é necessário conhecer suas propriedades físicas, mecânicas e organolépticas. Logo, com a identificação de tais propriedades da madeira, torna-se possível realizar um melhor aproveitamento do material, evitando risco de segurança ou superdimensionamentos (TSOUMIS, 1991).

O ensaio de ultrassonografia, utilizado como método de avaliação da madeira, consiste na emissão de ondas elásticas que viajam por um meio material até encontrar um receptor, sendo possível determinar o tempo de propagação da onda e juntamente com a distância percorrida, definir a sua velocidade de propagação. (ANDREUCCI, 2014).

Segundo Santos (2011), a ultrassonografia tem sido utilizada com maior frequência para inspeção e avaliação de estruturas de concreto, além da obtenção de resistência física e mecânicas. O aumento desse uso, permite que tal recurso seja utilizado também em outros materiais, como na madeira. Nesse sentido, Castro et al. (2009), recomenda a utilização da ultrassonografia por métodos de transmissão, em razão da natureza heterogênea da madeira. Esse método possui maior alcance e capacidade de tornar defeitos, sendo assim, um dos principais métodos para o estudo de madeiras.

Utilizando-se da ultrassonografia e de meios estatísticos, é possível estabelecer um intervalo de velocidade onde a ocorrência de deformidades na madeira pode ser maior ou menor, tornando a avaliação de sua qualidade por tal método, possível (PUCCINI; GONÇALVES; MONTEIRO, 2007).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Adquirida na cidade de Pouso Alegre – Minas Gerais, a viga de *Goupia glabra* Aubl., era armazenada em um galpão coberto e sem fechamento lateral, sem contato com o solo e empilhada com demais vigas - uma sobre as outras. A *Goupia glabra* Aubl., *Goupiaceae* adquirida é de reflorestamento, contudo, não foi possível identificar a idade da madeira. Na fase preparatória para avaliação, a peça foi previamente serrada, com 2,05 metros de comprimento e seção transversal de 205x205 milímetros. Posteriormente, foi dividida em 10 blocos de aproximadamente 19 cm de lado, conforme as dimensões mínimas sugeridas por Oliveira *et al.* (2006).

O ensaio de ultrassonografia foi realizado com o equipamento Pundit Lab+, desenvolvido pela PROCEQ, a frequência utilizada para as medições foi de 82Hz atendendo os critérios estabelecidos pela NBR 15521 (ABNT, 2007) e respeitando o limite sugerido por Bucur (2017). Para a realização dos ensaios de ultrassonografia, foi traçada uma malha contendo 13 pontos em cada uma das faces do cubo, conforme a Figura 1. Sendo esse processo, semelhante ao utilizado por Soriano *et al.* (2010) e as recomendações de Trinca (2009) para terminação de velocidade de pulso ultrassônico em madeiras.

Após a demarcação dos pontos, o aparelho foi calibrado utilizando o bloco de calibração de 25,4  $\mu$ s no início da medição de cada corpo de prova, sendo este procedimento feito no início das medições de cada bloco. Foram realizadas medições diretas, da velocidade de pulso ultrassônico, nas direções: radial ( $V_{RR}$ ), longitudinal ( $V_{LL}$ ) e tangente às fibras ( $V_{TT}$ ). Utilizando a Equação 1 sugerido por Oliveira e Sales (2005), a velocidade longitudinal encontrada foi corrigida para umidade de 12% e para obtenção do módulo de elasticidade dinâmico foi utilizada a Equação 2, conforme Menezzi (2010).

$$V_{LL\ 12\%} = V_{LL,U\%} - \rho_{ap, 12\%} + 21 U + 650 \quad \text{Eq. (1)}$$

$$E_d = V_{LL,12\%}^2 \cdot \rho_{ap, 12\%} \quad \text{Eq. (2)}$$

onde:  $V_{LL}$  é a velocidade de pulso ultrassônico na direção longitudinal,  $\rho$  é a densidade aparente do material,  $U$  a umidade e  $E_d$  o módulo de elasticidade dinâmico.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Obteve-se como resultados os valores de velocidade de propagação de ondas os valores apresentados na Tabela 1, para a umidade média de 18% encontrada nas amostras e densidade média de 898,45  $\text{kg/m}^3$  ao definido pela NBR 7190 (ABNT, 1997). Além disso, também são apresentados os valores do módulo de elasticidade dinâmico para umidade de 12%, como sugerido pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

Tabela 1 - Dados característicos do ensaio de ultrassonografia na madeira Cupiúba.

	$V_{TT}$ (m/s)	$V_{RR}$ (m/s)	$V_{LL}$ (m/s)	$V_{LL12\%}$ (m/s)	$C_{LL}$ MPa
Máximo	1945,00	2422,00	5828,00	5354	23995,14
Mínimo	1756,00	2188,00	5103,00	5182	22472,62
Média	1863,72	2276,55	5476,21	5293	23452,11
Desvio	42,85	40,48	105,15	62,40	550,64
CV (%)	2,30	1,78	2,10	1,18	2,35
Erro relativo máximo (%)	5,78	6,39	6,82	0,96	4,18

Fonte: Autores

Os resultados obtidos para a velocidade de propagação de ondas em todas as direções apresentam-se relativamente próximos com o desvio padrão na direção longitudinal de 105,15  $\text{m/s}^2$ , indicando assim a uniformidade dos dados de velocidade de pulso ultrassônico, conforme o estudo realizado por Puccini, Gonçalves e Monteiro (2002), ao qual demonstrou que pontos com existência de nó ou desvio apresentavam velocidades menores do que regiões sem essas imperfeições.

Essa situação apresenta coeficiente de variação máximo de 2,3% para a direção tangencial, o que pode indicar a homogeneidade do material, sendo dessa forma um material com baixo número de deformações causadas devido ao seu crescimento. O valor do coeficiente da matriz de rigidez

(CLL) para a madeira Cupiúba como demonstrado no estudo realizado por Oliveira e Sales (2005) é relativamente próximo ao valor do módulo de elasticidade longitudinal à compressão paralela às fibras, entretanto o valor encontrado no presente estudo demonstra um valor muito superior aos 13627 MPa da norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

## 5. CONCLUSÕES

Com o estudo realizado, concluiu-se que o módulo de elasticidade obtido a partir dos dados de ultrassonografia apresentou um valor superior ao fornecido pela norma NBR 7190/1997. Sendo assim, é necessário cautela na utilização desse procedimento, em razão dele fornecer um valor médio maior do qual é fornecido pela norma, podendo indicar algum tipo de anomalia. Além disso, com os dados da ultrassonografia, foi possível verificar uma uniformidade da velocidade de propagação de ondas sugerindo uma maior homogeneidade da peça. Indicando que, sua utilização como peça estrutural pode ser realizada de maneira satisfatória em termos da qualidade do material.

## REFERÊNCIAS

- ANDREUCCI, R. Ensaio por ultrassom: Aspectos básicos. São Paulo, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15521**: Ensaio não destrutivo - ultra-som - classificação mecânica de madeira serrada de dicotiledôneas. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- BUCUR, Voichita. **The Acoustics of Wood**. CRC press, 2017.
- CASTRO, A. L. et al. Métodos de ensaios não destrutivos para estruturas de concreto. **Techne: Revista de Tecnologia da Construção**, v. 17, p. 56–60, 2009.
- MENEZZI, C. H. S.; SILVEIRA, Rafael Rocha; SOUZA, M. R. Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas por meio da técnica não-destrutiva de ondas de tensão. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 2, p. 325-332, 2010.
- OLIVEIRA, F. G. R. DE et al. Efeito do comprimento do corpo-de-prova na velocidade ultra-sônica em madeiras. **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 141–145, 2006.
- PUCCINI, C. T.; GONÇALVES, R.; MONTEIRO, M. E. A. Avaliação estatística da variação da velocidade de propagação de ondas de ultra-som na madeira em presença de defeitos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 499–503, 2007.
- SANTOS, C. E. DE O. **Análise de blocos estruturais de concreto utilizando a técnica da ultrassonografia**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- SORIANO, Julio et al. Método de ensaio por impacto esclerométrico aplicado à madeira. **Madeira: arquitetura e engenharia**, v. 11, n. 27, p. 7-14, 2010.
- OLIVEIRA, Fabiana Goia Rosa de; SALES, Almir. Efeito da densidade e do teor de umidade na velocidade ultra-sônica da madeira. **Minerva**, v. 2, n. 1, p. 25-31, 2005.
- TRINCA, A. J.; GONÇALVES, R. Efeito das dimensões da seção transversal e da frequência do transdutor na velocidade de propagação de ondas de ultra-som na madeira. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 177–184, 2009.
- TSOUMIS, George et al. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.