

# **Configuração do ultrassom para a avaliação de pedras do patrimônio do Rio de Janeiro: estudo preliminar**

## **Ultrasound configuration to assess heritage stones from Rio de Janeiro: preliminary study**

**Bruno Filgueiras Conde Piacesi**  
Bolsista PCI, Téc. Meio Ambiente.

**Nuria Fernández Castro**  
Supervisora, Enga. Minas, M. Sc.

### **Resumo**

O ultrassom mede a velocidade de ondas que atravessam um material, pelo tempo de transmissão entre o transdutor emissor e o receptor. É muito utilizado na avaliação do estado de alteração das rochas no patrimônio edificado, pois pode ser utilizado *in situ* e é uma técnica não-destrutiva. Esse trabalho propõe comparar os resultados obtidos com dois tipos de transdutores (plano e exponencial) e diferentes ganhos (amplificação do sinal) nas rochas mais utilizadas no patrimônio do Rio de Janeiro, o Leptinito e o Gnaiss Facoidal. Mediante a análise de ao redor de 7.000 medições chegou-se à conclusão de que o transdutor com os resultados mais estáveis é o plano e, por isso recomenda-se sua utilização, sempre que a superfície do monumento o permita, com amplificação de 5 ou 10. Quando o exponencial tiver que ser utilizado, os ganhos de 50-100 para o Leptinito e 100-200 para o Gnaiss Facoidal permitirão correlacionar as velocidades medidas com as obtidas com os planos.

**Palavras-chave:** velocidade ultrassônica, Leptinito, Gnaiss Facoidal, transdutor; ganho.

### **Abstract**

Ultrasound is an equipment capable of measuring sound waves velocity traversing a material, through transmission time between transducers (flat or exponential). This analysis allows us to compare differences in speed of sample materials in different decay states, and is widely used in heritage stones evaluation, as it can be used *in situ* and it is a non-destructive technique. This work proposes to compare the results obtained with two types of transducers and different gains (signal amplification) for the most typical heritage stones of Rio de Janeiro, Leptinito and Facoidal Gneiss. Through the analysis of around 7,000 measurements it was concluded that the transducer with the most stable results is the plane type and, therefore, its use is recommended, whenever the surface of the monument allows it, with amplification of 5 or 10. When the exponential has to be used, the gains of 50-100 for leptinito and 100-200 for Facoidal Gneiss will allow correlating the measured velocities with those of the planes.

**Key words:** ultrasound speed; Leptinito Gneiss; Facoidal Gneiss; transducer; gain.

## **1. Introdução**

Um dos aspectos da conservação de monumentos é o mantimento de sua integridade, ou seja, não é possível extrair amostras para trabalhar no laboratório ou realizar ensaios destrutivos. Uma técnica não destrutiva muito usada para a avaliação da integridade de materiais de construção, como as rochas ornamentais, e que possui a grande vantagem de ser utilizada tanto em laboratório quanto in situ, é a medição da velocidade de ondas ultrassônicas. Também serve para medir a profundidade de descontinuidades superficiais, e a espessura de materiais diferentes. Em consequência é de grande utilidade para o diagnóstico de rochas do patrimônio. Existem três tipos de ondas sonoras que podem se propagar numa massa sólida: ondas de superfície que se propagam de forma elíptica à direção da viagem, sendo as ondas mais lentas; ondas transversais, em que a onda se desloca em um ângulo reto à direção de propagação, sendo mais rápidas; e ondas longitudinais, as quais se propagam na mesma direção da viagem, sendo as mais rápidas e mais utilizadas em análises de ultrassom (MORAIS et al., 2017). O ultrassom é um equipamento capaz de determinar a velocidade de propagação das ondas a partir do tempo de transmissão e a distância entre os transdutores (emissor e receptor). Existem vários tipos de medição (CEN, 2004): transmissão direta (transmissor e receptor em lados opostos da amostra); transmissão semidireta (os transdutores em lados adjacentes da amostra); e transmissão indireta (os transdutores no mesmo lado da amostra). Há diferentes tamanhos e frequências (normalmente para rochas, entre 24 kHz e 200 kHz) de transdutores. Os transdutores mais utilizados, neste tipo de aplicação, apresentam uma área de contato plana, de entre 3 e 5 cm de diâmetro, popularmente chamados de normais ou planos, mas apresentam o inconveniente de não poder serem usados em objetos do patrimônio que têm superfícies rugosas ou formas arredondadas ou desniveladas. Nesse caso, utilizam-se transdutores chamados exponenciais, com área de contato pequena, de 4 mm. O equipamento conta com um amplificador da saída do sinal que facilita a leitura de sinais fracos ou difíceis de receber, caso dos transdutores exponenciais. No entanto, nos trabalhos do LACON observou-se que os resultados obtidos com os transdutores exponenciais são frequentemente inferiores aos dos transdutores normais nas mesmas rochas e condições, inclusive utilizando amplificação (ganho) com os exponenciais.

## **2. Objetivos**

A proposta do presente trabalho é encontrar uma configuração de medição para os transdutores exponenciais que permita correlacionar os resultados com os dos transdutores normais para as duas principais rochas do patrimônio do Rio de Janeiro: o Gnaiss Facoidal e o Leptinito.

## **3. Material e Métodos**

A análise foi feita dentro do Laboratório de Conservação e Alterabilidade de Materiais de Construção (LACON), pelo método de medição direta em três amostras de Leptinito e três de Gnaiss Facoidal, paralelepípedicas, de 7 cm x 7 cm x (14 - 16) cm, em três direções ortogonais entre si. Para o Leptinito, a velocidade das ondas foi medida no sentido quase paralelo à foliação e quase perpendicular, de acordo ao como as amostras se

apresentavam. Já para o Gnaisse Facoidal, as medições foram realizadas no sentido paralelo e perpendicular à foliação. Foi utilizado o ultrassom Pundit PL-200, da marca PROCEQ, e transdutores planos e exponenciais, de 54kHz de frequência. Em cada direção foram feitas 50 medições, com ganhos de 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, e 200, e 10 medições para o ganho 500 (por conta do alto ruído gerado nesse ganho), totalizando mais de 7.000 medições. Os dados obtidos foram tratados estatisticamente e os outliers determinados pelo método do intervalo interquartilico.

#### 4. Resultados e Discussão

Observou-se que a velocidade medida, para ambos os transdutores e materiais aumenta com o ganho, com menor variação à medida que o ganho é maior e que, como esperado, há correlação linear entre os resultados dos normais e os exponenciais. Considerou-se que a medição da velocidade era estável quando a diferença era inferior a 150 m/s. Com o transdutor exponencial, a estabilização da velocidade acontece entre os ganhos 50 e 100 tanto para o Leptinito quanto para o Gnaisse Facoidal. Com o transdutor plano, porém, a estabilidade ocorre entre os ganhos 5 e 10. Pode-se então observar que o transdutor que apresenta os resultados mais confiáveis é o plano, pelo fato de suas medições se estabilizarem em ganhos pequenos conferindo a ele uma maior confiabilidade em seus resultados. A melhor correlação encontrada, para o Leptinito, foi entre o plano com ganho 5-10 e o exponencial com ganho 50-100 ( $R^2 \approx 0,85$ ). Para o Gnaisse Facoidal a melhor correlação foi de ganho 5-10 para o plano e 100-200 para o exponencial ( $R^2 \approx 0,90$ ).

#### 5. Conclusões

O transdutor plano apresenta resultados mais confiáveis que o exponencial, estáveis a partir de ganhos pequenos. Por isso, recomenda-se utilizá-lo sempre que possível com ganho entre 5 e 10. Quando o uso do exponencial for necessário, pela rugosidade ou forma do monumento, ganhos entre 50 e 100 para o Leptinito e entre 100 e 200 para o Gnaisse Facoidal “são os mais recomendáveis por serem correlacionáveis com os dos planos”

#### 6. Agradecimentos

Agradeço à supervisora Nuria Castro pela orientação e auxílio nas análises, e à equipe do LACON e ao CETEM pelo suporte e infraestrutura, ao CNPq pela bolsa.

#### 7. Referências Bibliográficas

MORAIS, Douglas; RODRIGUES, Daniel Lyra; POSSANI, Diego; CORREIA, Fabio Conte. **Ondas Ultrassônicas: teoria e aplicações industriais em ensaios não-destrutivos**. Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 16-33, mai./jun. 2017.

CEN. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. 23 August 2004. **EN 14579**: Natural stone test methods - Determination of sound speed propagation, [S. l.], 1 out. 2004.