

# AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO ACÚSTICA DE CAMADAS POROELÁSTICA UTILIZANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Orion Lima Duarte Junior, [orionduarte@hotmail.com](mailto:orionduarte@hotmail.com); Francisco Ilson da Silva Júnior, [Ilson@ufc.br](mailto:Ilson@ufc.br); Pierre Lamary, [pierre.lamary@free.fr](mailto:pierre.lamary@free.fr)

Universidade Federal do Ceará – Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção  
Campus do Pici Av. Humberto Monte s/n Fortaleza-Ceará

**RESUMO:** O presente trabalho visa obter a absorção acústica utilizando a aplicação de uma variação do método de Biot para o cálculo do deslocamento e da pressão de camadas onde há uma interação sólido-fluido e resolvendo com a utilização do método de elementos finitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** acústica, FEM, materiais poroelásticos

**ABSTRACT:** *This work aims to obtain sound absorption using the application of a variation of the Biot method for calculating the displacement and pressure in layers where there is a solid-fluid interaction and solving using the finite element method.*

**KEYWORDS:** *acoustic, FEM, poroelastic materials (italic format)*

## INTRODUÇÃO

A absorção acústica serve para atenuar o som que é refletido em uma superfície deste modo absorvendo uma parte das ondas sonoras que chegam à superfície desse material.

Atualmente a preocupação com absorção acústica tem aumentado e sua aplicação se faz necessária em muitas áreas, como: redução de ruído em ambientes industriais, isolamento acústico em aviões e automóveis, revestimento acústico em teatros cinemas restaurante dentre outros.

Desse modo, no presente trabalho é feita uma análise de um problema estrutural e fluido com ajuda da ferramenta computacional para isso foi usada uma formulação desenvolvida por Biot (Biot, 1956) e modificada por Atalla (Atalla et al. 1998) para o cálculo da pressão fluida e deslocamento estrutural.

As equações são resolvidas pelo método de elementos finitos com ajuda do software Matlab, conseguindo deste modo uma solução numérica do problema.

## METODOLOGIA

A modelagem é feita com as relações de Biot para materiais poroelásticos (Biot, 1956). Uma formulação numérica desta forma pode ser encontrada em Atalla (Atalla et al. 1998) na forma:

$$\begin{bmatrix} [\tilde{K}] - \omega^2 [\tilde{M}] & -[\tilde{C}] \\ -\omega^2 [\tilde{C}]^T & [\tilde{H}] - \omega^2 [\tilde{Q}] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_n \\ p_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_s \\ F_p \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Onde o til sobre as matrizes mostra que essas são complexas e variam com a frequência e sobrescrito na matriz  $[\tilde{C}]^T$  representa a inversa da mesma. O vetor de F representa a força aplicada nas partes sólidas e fluidas identificadas pelos subscritos s e p.

Na formulação de Biot, as relações são feitas em função dos deslocamentos das fases fluida e sólida, já no presente trabalho usou-se uma formulação que envolve o deslocamento da fase sólida e a pressão da fase fluida que está representada no vetor de  $u$  e  $p$ .

As matrizes  $[M]$  e  $[K]$  representam as matrizes de massa e rigidez da fase sólida. As matrizes  $[H]$  e  $[Q]$  representam as matrizes de rigidez e massa da fase fluida e a matriz  $[C]$  representa a matriz de acoplamento do sistema. A montagem dessas matrizes é apresentada em “Silva Jr. (2003)”.

Para o cálculo da absorção acústica primeiro é necessário o cálculo da impedância acústica, como apresentado por Atalla (Atalla et al. 1998) na forma:

$$Z = \frac{1}{j\omega(hU_n + (1-h)u_n)} \quad (2)$$

Onde  $j$  representa a unidade imaginária,  $h$  é a porosidade, uma característica física do material poroelástico, e  $U_n$  representa o deslocamento da fase sólida, o qual pode ser calculado com o valor da pressão.

Com isso a absorção pode ser calculada como:

$$A = 1 - \left| \frac{Z - \rho_f c}{Z + \rho_f c} \right|^2 \quad (3)$$

Os termos  $\rho_f$  e  $c$  são a densidade do fluido e a velocidade do som no ar (Silva Jr. 2003).

## Procedimento experimental

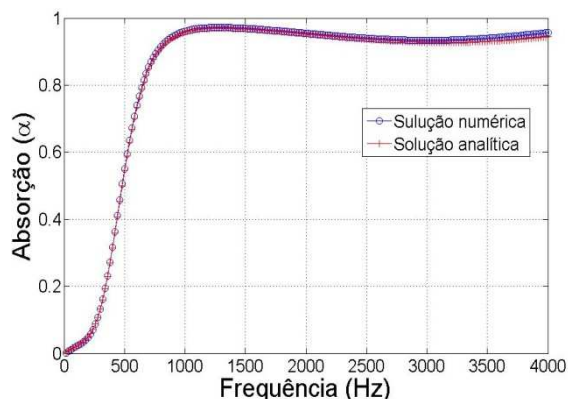
O sistema matricial apresentado anteriormente é resolvido através da modelagem numérica, a parede poroelástica foi dividida em 10 elementos lineares e para cada um desses foi montada uma matriz elementar da forma apresentada

anteriormente. Uma matriz global formada pelo acoplamento de todas as matrizes elementares foi utilizada para a resolução do sistema, bem como uma matriz de força nodal formada pela aplicação das condições de contorno de rigidez em uma das faces e uma pressão na outra. Com os resultados obtidos para pressão e deslocamento a impedância e posteriormente a absorção acústica foi calculada apenas para a superfície livre (pressão = 0) da parede poroelástica.

O material utilizado foi lã de vidro com uma espessura de 40 mm. As frequências utilizadas são da faixa de 10 à 4000 Hz.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados gerados pelo cálculo foram comparados com a solução analítica proposta por Biot (Biot, 1956). Os resultados são praticamente idênticos para um número pequeno de elementos, como foi utilizado e podem ser vistos na figura abaixo.



**Figura 1.** Comparação da absorção acústica calculada numericamente e analiticamente

Devido ao fato de os equipamentos de medição ainda não estarem disponíveis não foi possível realizar testes em condições reais, mas o resultado analítico, neste caso, permite uma boa aproximação da realidade.

## CONCLUSÃO

Os resultados adquiridos numericamente possuem proximidade muito boa dos resultados analíticos, principalmente em baixas frequências de excitação. A malha utilizada permite um processamento rápido dos cálculos.

## AGRADECIMENTOS

À Deus e a FUNCAP pelo apoio fornecido ao projeto.

## REFERÊNCIAS

Biot, M. A., 1956, "The theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid" Journal of Acoustical Society of America 28, 168-191.

Atalla, N., Panneton, R. and Debergue, P., 1998, "A mixed displacement formulation for poroelastic materials", Journal of Acoustical Society of America 104, pp. 1444-1452.

Silva Jr., F. I., 2003, "Modelagem e implementação computacional da poroelasticidade acoplada", Dissertação de Mestrado, Unicamp.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.