

Desenvolvimento de um Tubo de Impedância para Análise da Perda de Transmissão Acústica em Corpos de Prova de Madeira

Palavras-Chave: MADEIRA LAMINADA CRUZADA, TUBO DE IMPEDÂNCIA, ACÚSTICA

Autores:

VITOR MOTA REZENDE, FEAGRI - UNICAMP

Orientador, Prof. Dr. WILLIAM MARTINS VICENTE, FEAGRI - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A madeira engenheirada (EWP) é um material que ganha destaque no setor da construção civil. Isso se deve à sua produção, feita a partir da colagem e prensagem de fragmentos ou lascas de madeira, o que garante sustentabilidade aliada a uma alta relação resistência–peso (Forest Products Laboratory, 2010). A madeira laminada cruzada (CLT) é um material engenheirado com notório uso na construção civil, produzida pela união de painéis de madeira orientados perpendicularmente à camada adjacente. Este material composto apresenta alta resistência em relação ao seu peso e, desta forma, é muito versátil, podendo ser aplicado a estruturas como pisos, paredes e telhados (BRANDNER et al., 2016; JIANYANG et al., 2021).

No entanto, por se tratar de um material leve e rígido, o CLT tende a apresentar baixo desempenho no isolamento acústico, sendo comum a necessidade de soluções adicionais, como camadas de revestimento acústico nas edificações construídas com este material. Entretanto, há uma má adequação dos modelos de cálculo padronizados e uma incerteza quanto aos parâmetros de entrada. Dessa forma, há uma indeterminação quanto à quantidade de isolamento acústico que deve ser utilizada (BELLA; MITROVIC, 2020). Para aprimorar o desempenho acústico desse material, é fundamental compreender suas propriedades sonoras, em especial a absorção sonora e a perda de transmissão. Para isso, a técnica do tubo de impedância se mostra eficaz, por permitir a determinação precisa desses parâmetros a partir de um procedimento experimental padronizado (ISO, 1998; ASTM, 2017).

Este trabalho apresenta a construção de um tubo de impedância voltado à análise de placas de CLT. O projeto foi desenvolvido conforme as normas ISO 10534-2 e ASTM E2611-09, para que possa abranger tanto as análises de perda de transmissão quanto as de absorção sonora, tendo como objetivo confeccionar um aparato experimental confiável para estudos futuros voltados à otimização do desempenho acústico da madeira engenheirada.

A técnica do tubo de impedância apresenta algumas particularidades ditadas pela norma ASTM E2611-09. O tubo deve conter cinco posições de microfone, com uma posição de referência próxima ao alto-falante e um conjunto de duas posições de microfone em ambos os lados da amostra, esquematizado na Figura 1.

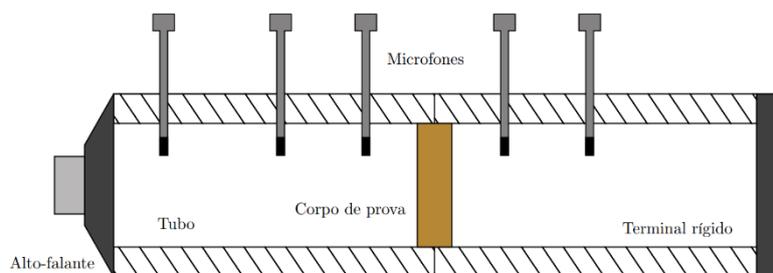


Figura 1 - Esquema do Tubo de Impedância para Medir a Perda de Transmissão Sonora Por Conta da Amostra.

METODOLOGIA:

A metodologia adotada para a construção do tubo de impedância seguiu as diretrizes estabelecidas pelas normas ISO 10534-2 e ASTM E2611-09, que tratam, respectivamente, da determinação do coeficiente de absorção sonora e da perda de transmissão sonora por meio da função de transferência.

O projeto do tubo considerou o uso de materiais com rigidez adequada e espessura suficiente para evitar interferências nas medições. Foram definidas cinco posições de microfones ao longo do tubo, sendo duas antes e duas depois da amostra, além de uma posição de referência próxima à fonte sonora. Os espaçamentos entre os microfones e as distâncias entre eles, a amostra e o alto-falante também devem ser precisos, a fim de se atingir a frequência de interesse.

As dimensões do tubo foram escolhidas de forma a permitir medições em baixas frequências e compatibilidade com as amostras de CLT a serem testadas. Além dos cuidados com as dimensões do tubo, também foram adotadas técnicas construtivas para aumentar a vedação acústica do mesmo.



Figura 4 - Aplicação de Cola nas Emendas do Tubo a Fim de Garantir uma Maior Vedação.



Figura 3 - Aplicação de Silicone nas Emendas Internas do Tubo Para uma Melhor Vedação Acústica.



Figura 2 - Uso de uma Camada de Material EVA nas Junções das Partes Anexas do Tubo, Para Garantir uma Maior Vedação.

Após a finalização da construção do tubo de impedância é necessário submetê-lo a validações antes de ser utilizado. Uma vez que validado, o tubo pode ajudar a determinar a matriz de transferência que exige a medição da pressão sonora complexa (considerando amplitude e fase relativa) em quatro posições distintas ao longo do tubo, sendo duas antes e duas depois da amostra. Para isso, é necessário calcular a função de transferência H entre uma posição de referência e cada uma dessas posições.

Existem diferentes formas de obter essas quatro funções de transferência. O procedimento pode ser realizado com, no mínimo, um analisador de dois canais e um único microfone, embora o uso de mais canais e microfones torne o processo mais ágil. No entanto, essa abordagem demanda atenção quanto à necessidade de correções por possíveis desajustes de amplitude e fase entre os microfones. Caso não se disponha de quatro canais, as medições devem ser feitas de forma sequencial, deslocando-se os microfones entre as posições. Nesse caso, é fundamental que as posições não utilizadas estejam devidamente vedadas, a fim de evitar qualquer comunicação com o ar externo. Quando utilizados quatro ou cinco canais, as medições podem ser feitas simultaneamente, respeitando o arranjo exigido pela norma ASTM E2611-09.



Figura 5 - Tubo de Impedância Concluído Contendo Quatro Partições sendo: a Primeira Parte o Caixa do Amplificador Sonoro, a Segunda e a quarta parte o corpo do tubo onde Serão Inseridos os Microfones e a Terceira Parte se Trata do Suporte de Amostra.

Para aumentar a eficiência das medições e contornar possíveis problemas de vedação nas posições de microfones não utilizadas, optamos pelo uso de 4 microfones simultâneos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Até o momento, foi concluída com sucesso a construção do tubo de impedância. Todos os elementos físicos (corpo do tubo, suportes, isolamento, vedação e fixação das amostras) estão prontos para o uso. A montagem e manufatura do mesmo seguiu integralmente as exigências das normas técnicas adotadas.

As dificuldades enfrentadas envolveram principalmente prazos de entrega de sensores acústicos, o que impediu a execução das medições até o momento. No entanto, o sistema se encontra pronto para validações e testes assim que obtivermos os equipamentos faltantes. Já está determinado como serão realizados os testes e as validações necessárias, bem como a forma, tipo e dimensão dos corpos de prova a serem adotados. Para absorção sonora, será utilizado um par de microfones e uma amostra montada com backing rígido, simulando uma parede real. Também serão testadas variações com absorvedores de Helmholtz, compostos por placas perfuradas e uma coluna de ar (COX; D'ANTONIO, 2006). Para perda de transmissão, a configuração exigirá microfones antes e depois da amostra, permitindo o cálculo da matriz de transferência de dois canais, conforme ASTM E2611-09.

CONCLUSÕES:

A construção do tubo de impedância foi concluída e está pronta para ser utilizada em ensaios experimentais. O projeto servirá como base para análises acústicas de painéis de CLT, buscando contribuir com dados para otimizar o uso desse material na construção civil. O uso de métodos normatizados garante a confiabilidade dos resultados e permitirá a utilização deste tubo de impedância na realização de diversos testes e experimentos envolvendo acústica.

Com a chegada dos sensores acústicos, espera-se iniciar os ensaios o quanto antes, investigando diferentes geometrias e configurações construtivas de CLT voltadas à melhoria do

desempenho acústico em edificações, para que, cada vez mais, essa técnica construtiva sustentável possa ser aplicada na construção civil.

Além disso, a construção do tubo representa uma contribuição significativa para os estudos na área de acústica no ambiente universitário, permitindo a continuidade de pesquisas e validações experimentais em trabalhos futuros. O aparato poderá ser utilizado tanto para a investigação de materiais quanto para o aprimoramento de metodologias de medição, abrindo possibilidades para aplicações acadêmicas e tecnológicas mais amplas.

BIBLIOGRAFIA

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM E2611-17: Standard Test Method for Normal Incidence Determination of Porous Material Acoustical Properties Based on the Transfer Matrix Method**. 1. ed. West Conshohocken, PA: ASTM, 2017

BELLA, A. D.; MITROVIC, M. **Acoustic characteristics of cross-laminated timber systems**. *Sustainability*, v. 12, n. 14, 2020. ISSN 2071-1050.

BRANDNER, R. et al. **Cross laminated timber (clt): overview and development**. *European Journal of Wood and Wood Products*, v. 74, n. 3, p. 331–351, 2016. ISSN 1436-736X.

COX, Trevor J.; D'ANTONIO, Peter. **Acoustic absorbers and diffusers**. USA: Spon Press, Inc., 2006.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. *Wood Handbook: Wood as an Engineering material*. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 10534-2: Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 2: Transfer-function method*. 1. ed. Geneva: ISO, 1998

JIAN YANG, X. et al. **Experimental study on lateral performance of glued-laminated timber frame infilled with cross-laminated timber shear walls**. *Engineering Structures*, v. 239, p. 112354, 2021. ISSN 0141-0296.