

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CAIXA REVERBERANTE EM  
ESCALA REDUZIDA PARA ESTUDOS DE PROPRIEDADES  
ACÚSTICAS EM MATERIAIS COMPÓSITOS**

***DEVELOPMENT OF A REDUCED SCALE REVERBERANTE BOX  
FOR STUDIES OF ACOUSTIC PROPERTIES IN COMPOSITE  
MATERIALS***

**Thiago de Alcântara Braglia, Mestrando UNISUL**

thiagoabraglia@gmail.com

**Heitor De Andrade, UNISUL**

heitorandrade.vet@gmail.com

**Guilherme Henrique Mafra, UNISUL**

Guilhermemafra2015@gmail.com

**Heloisa Regina Turatti Silva, Dr, UNISUL.**

helofloripa2004@yahoo.com.br

**Paola Egert, Dr, UNISUL.**

paola.egert.ortiz@gmail.com

**Rachel Faverzani Magnago, Dr, UNISUL.**

rachelfaverzanimagnago@gmail.com

**Resumo**

Os ruídos e poluições sonoras provenientes dos grandes centros urbanos e industriais estão cada vez mais presentes no cotidiano da sociedade, que vem buscando com o setor da construção civil, materiais e produtos que sejam concebidos com o intuito de bloquear e isolar acusticamente estas construções. Deste modo, tais materiais e produtos precisam ser submetidos a diferentes ensaios que assegurem resultados concisos sobre propriedades como absorção, reflexão, difração e isolamento das ondas sonoras. A caixa Reverberante constitui um instrumento que permitirá a realização de alguns destes ensaios. Esta consiste em um equipamento para testar materiais e produtos quanto ao seu grau de absorção e isolamento sonoro. O resultado do presente estudo está na construção de tal caixa usando uma escala de 1:4, mantendo suas características conceituais e respeitando as orientações técnicas contidas na ABNT NBR 15575/2013.

**Palavras-chave:** Câmara reverberante; Modelo reduzido; Absorção sonora.

## **Abstract**

The growing propagation of noise pollution in large urban centers, due to both population agglomeration and activities of the industrial sector, has led the branch of civil construction to search for satisfactory soundproofing from different types of material. However, the efficiency of such materials is analyzed when they are submitted to tests that ensure robust outcomes with respect to absorption, reflection, diffraction and isolation of the sound waves. In this work, we build a reverberant box under a 1:4 scale in order to specifically perform absorption and isolation sound tests, keeping its conceptual features and respecting the technical orientations from the ABNT NBR 15575/2013.

**Keywords:** Reverberating chamber; Reduced model; Sound absorption.

## **1. Introdução**

O crescimento no setor de engenharia civil em grandes cidades e centros urbanos, normalmente trazem benefícios e conforto a grande maioria da população. No entanto, juntamente com os benefícios e vantagens, podem surgir problemas, principalmente quando este desenvolvimento é desordenado e rápido, como é o caso dos altos níveis de ruído urbano. Estes acabam perturbando a rotina diária da população, podendo gerar prejuízos à saúde e também socioeconômicos.

Em se tratando de saúde pública, a poluição sonora causa problemas que vão além de problemas auditivos irreversíveis (MURGEL, 2007). De forma indireta, e muitas vezes sem a pessoa afetada saber, o ruído causa irritabilidade, estresse, problemas com atenção e baixa na produtividade. Em geral, além de problemas e lesões físicas, os ruídos trazem danos psicológicos aos usuários de imóveis que apresentem um mau desempenho acústico (AMORIM, 2016).

A partir destas considerações apresentadas, percebe-se que no âmbito da construção civil há uma preocupação crescente nos últimos anos em relação ao conforto ambiental, com atenção ao conforto acústico. Para tal, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desenvolveu a Norma ABNT NBR15575/2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho. Essa norma traz requisitos e exigências para desempenho ambiental, passando por desempenho térmico, sustentabilidade, durabilidade e conforto acústico.

Quando se pensa em novos materiais esta preocupação se torna ainda mais real. O grupo de pesquisa em Ciência, Tecnologia e Inovação em Materiais tem concentrado suas pesquisas, nos últimos anos, no desenvolvimento de novos materiais para a construção civil, reaproveitando resíduos de outros setores produtivos. A geração de um novo material exige uma caracterização responsável sobre sua estabilidade química, seu desempenho mecânico e principalmente seu desempenho acústico, visto que os materiais estudados têm o objetivo de compor placas para revestimento em paredes e tetos em alvenaria, aqui denominadas placas acústicas [SILVA et al, 2017; SOUZA JUNIOR et al, 2017; MAGNAGO et al., 2017; SILVA et al,2016].

Estudos que visem o conhecimento sobre comportamento acústico em materiais, bem como o desenvolvimento destes com alto desempenho em isolamento acústico podem trazer melhorias para o bem-estar da sociedade. GUEDES (2007) comenta que, nas últimas décadas, é crescente a demanda por informações sobre as propriedades acústicas dos materiais, como por exemplo a capacidade de absorção da energia sonora nestes. No entanto, estes estudos, muitas vezes, se utilizam de métodos de modelagem que permitam inferir o comportamento acústico aos sistemas reais, os quais demandam uma infraestrutura de porte e exigem um alto investimento.

Mas é possível encontrar na literatura autores que trabalharam com câmaras reduzidas para diagnosticar o comportamento acústicos dos materiais.

Podem ser citados o trabalho de BASTOS et al (2010), estes autores estudaram o desempenho acústico de painéis fabricados a partir de fibras vegetais. Para determinar os coeficientes de absorção sonora deste material estes autores trabalharam em uma câmara reverberante em escala reduzida (1,2x1,0x0,8m). Estes autores mostraram que a minicâmara reverberante apresentou desempenho similar aqueles realizados também em câmaras reverberantes reais. Esta caixa reverberante utilizada por BASTOS et al (2010) foi proposta por GUEDES (2007), em seu estudo sobre a medição de absorção sonora de painéis fabricados a partir de fibras de coco. A construção detalhada da referida caixa pode ser encontrada neste estudo.

Outra contribuição foi ANDRADE E MEDEIROS (2012) que estudaram a viabilidade de utilizar o etileno acetato de vinila (EVA), resíduo gerado pela indústria calçadista, como agregado em micro concreto leve. Para testar o comportamento acústico deste material eles confeccionaram uma caixa produzida a partir das placas do novo material com dimensões estabelecidas por eles (em torno de 40x40x20 cm). Dentro da caixa foi colocado uma fonte de som e a caixa foi fechada. A absorção do som emitido pelo material foi testada com um decibelímetro posicionado no lado de fora da caixa.

No trabalho de SCHVARSTZHAUPT et al (2014) também se encontra o uso de uma câmara reverberante, mas de tamanho normal. Estes autores realizaram seu estudo sobre o desempenho acústico de janelas com persianas, considerando-se como variáveis os mecanismos de fechamento, tipo e espessura de vidro, acionamento de persiana através de ensaios em laboratório. Em seus desenvolvimentos experimentais, os autores utilizaram a orientação da norma ISO 10140-2 em câmara reverberante, através de análises realizadas em laboratórios especializados. Este artigo foi trazido para a discussão pois apresenta uma câmara com dois espaços de análise, uma para emissão e outra para recepção do som, ampliando o uso da câmara reverberante para estudo de paredes, pisos, portas, janelas, persianas, entre outros, permitindo assim caracterizar a eficiência sonora destes materiais e componentes construtivos.

CARVALHO et al (2000) também trabalhou com análises em componentes construtivos. Em sua pesquisa, estes autores avaliaram o desempenho de portas acústicas (portas de aeroportos, consultórios médicos ou psiquiátricos e até residências com moradores mais sensíveis). Neste trabalho, estes autores utilizam o método de laboratório indicado na norma ISO 140-3 (nova 10140) em uma câmara reverberante, através de análises realizadas em laboratórios especializados. MARTINS (2014) teve como foco a análise do Desempenho acústico de vedações verticais a partir da NBR 15575/2013 parte 4 - Sistemas de vedações verticais internas e externas e, utilizando a norma ISO 140 (nova 10140) e suas partes, e

elaborou um procedimento com medição in loco, para realizar o estudo de caso em unidades habitacionais de médio/alto padrão, para a análise do desempenho acústico.

Assim, visando possibilitar o desenvolvimento de pesquisas sobre absorção sonora em materiais compósitos, bem como o desenvolvimento de aulas práticas no âmbito da acústica, nos cursos de graduação em engenharia, o trabalho se propõe a desenvolver todos os estudos teóricos pertinentes ao projeto e a construção de uma câmara reverberante reduzida, na escala de 1:4 de um volume de 200 m<sup>3</sup>. Além disso, é apresentada uma metodologia para qualificação e adequação do campo acústico interno, tendo por base as orientações contidas em normas técnicas.

O objeto desta pesquisa foi a proposta da construção de um equipamento para estudos sobre a perda de transmissão de energia sonora em materiais compósitos, tendo a finalidade o desenvolvimento de estudos de propriedades acústicas de materiais.

## **2. Metodologia**

O desenvolvimento de estudos de propriedades acústicas de materiais foco deste trabalho, trata-se, portanto, de uma etapa de um amplo projeto de caracterização de materiais produzidos a partir de resíduos incorporados a matrizes poliméricas e cerâmicas em andamento, no âmbito do grupo de pesquisa. Neste sentido, o trabalho se concentra na busca por informações que garantam a caracterização de materiais compósitos de forma confiável. O trabalho traz também o planejamento tanto da construção da minicâmara como o desenvolvimento dos ensaios para os novos compósitos.

## **3. Projeto Proposto**

No catálogo Brasileiro de normas, os ensaios de acústica para ambientes construtivos são regidos por duas normas que definem os principais métodos e valores permitidos. São elas:

ABNT NBR 10151:2000 Versão Corrigida: 2003 “EM REVISÃO”: Acústica- Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade- Procedimento

Esta norma traz o procedimento para se executar o ensaio de acústica em um ambiente, sendo este externo ou interno. Ela trata também dos cuidados que se deve ter ao executar o ensaio, como distâncias da parede, condições climáticas e precisão de equipamento, além dos valores exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações.

A ABNT NBR 10152:1987 Versão corrigida 1992: Níveis de ruído para conforto acústico- Procedimento complementa a anterior trazendo as equações e as constantes necessárias para os cálculos dos valores que constarão dos relatórios acústicos. Além disso, é possível se encontrar, também, a análise de frequências de um ruído e suas correções necessárias. Estas duas normas orientam sobre um ruído ambiente num determinado recinto de uma edificação.

A busca por ensaios específicos de acústicas sobre materiais específicos ou componentes construtivos leva a uma série de normas ISO. A série de normas ISO 10140-1 a 5:2016 - Acústica - Medição laboratorial de isolamento acústico de elementos de construção. Esta

série de normas traz os requisitos de teste para elementos e produtos de construção, incluindo requisitos detalhados para preparação, montagem, condições operacionais e de teste, bem como quantidades aplicáveis e informações de teste adicionais para relatórios.

Estas normas orientam para que os estudos dos desempenhos acústicos de materiais sejam realizados em câmaras reverberantes. Mas a construção de uma câmara reverberante exige um grande investimento financeiro, inviável a realidade brasileira atual, logo uma alternativa deve ser buscada. GUEDES (2007) propõe a solução de uma câmara reverberante em escala reduzida para realizar ensaios em materiais absorventes. Então, este trabalho propõe aplicar esta ideia da redução da câmara para uma com dois espaços conforme orientado pela norma ISO.

A partir desta publicação, a câmara reverberante em escala reduzida, será construída em uma escala de 1:4 do tamanho de uma câmara real apresentando aproximadamente 200 m<sup>3</sup>. A Figura 1 mostra um esquema da câmara reverberantes em escala reduzida a ser produzida.

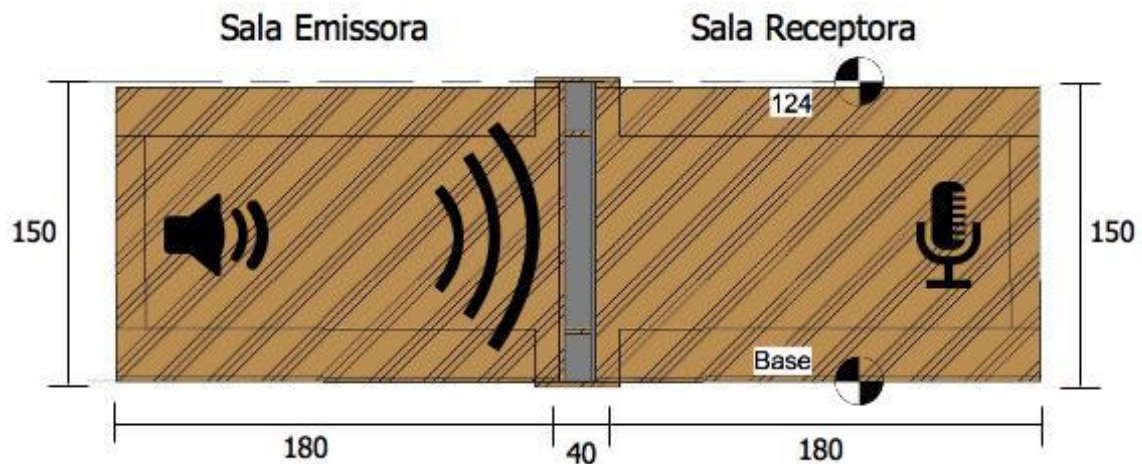


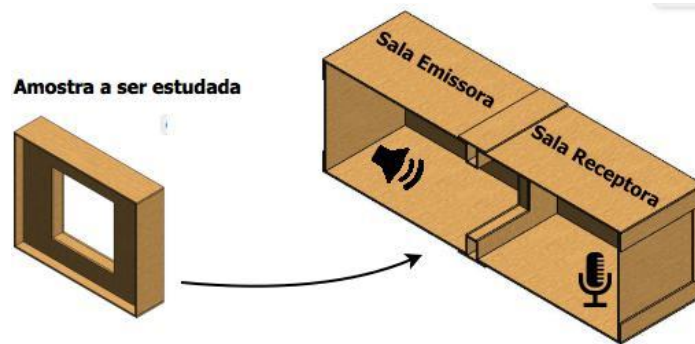
Figura 1 – Esquema da Câmara Reverberante. Fonte: elaborado pelos autores.

A caixa reverberante é constituída de módulos, respectivamente chamados de Sala Emissora e Sala Receptora, onde cada módulo, quando encaixado, compõem o todo de forma concisa. As dimensões internas totais da caixa são de (400X150X120) cm, aproximadamente, formada pelo módulo 1 (Sala Emissora) com as dimensões internas de (180X150X120) cm e pelo módulo 2 (Sala Receptora) com dimensões de (180X150X120) cm. As paredes não se apresentam exatamente paralelas, devido ao princípio da reverberação. Isto garante que o comportamento da reflexão da onda sonora, dentro da sala, não seguirá um padrão, fazendo com que as ondas reflitam numa direção diferente de sua emissão. Em sua concepção, o material utilizado para compor as paredes da caixa reverberante foi o compensado, devido as suas características mecânicas, dimensionais e custo.

Após o desenvolvimento e montagem do sistema da câmara reverberante, os ensaios devem ser feitos através da utilização de uma fonte sonora posicionada na sala emissora e um decibelímetro posicionado na sala receptora buscando encontrar os valores dos coeficientes de absorção em bandas de oitava delimitadas entre 125 Hz e 8 kHz.

A caixa reverberante possui uma parede interna que faz a separação entre a Sala Receptora e a Sala Emissora (figura 2), tal separação consiste em uma parede, também

construída com compensado, com uma abertura no centro, apresentando uma janela entre as salas. Nesta janela, amostras de materiais a serem estudados serão colocados de forma a permitir a avaliação, teste e análises das amostras quanto seu comportamento frente as ondas mecânicas emitidas.



**Figura 2 – Porta Amostras da Câmara Reverberante. Fonte: elaborado pelos autores.**

Com os resultados obtidos nos testes realizados na câmara reduzida, comparações devem ser feitas com aqueles fornecidos pelos fabricantes dos materiais, para que se possa assim, validar o projeto desenvolvido.

### **Considerações Finais**

O projeto consistiu no desenvolvimento e construção de uma câmara reverberante em escala reduzida, seguindo as normativas correlatas, para analisar propriedades acústicas de materiais compósitos. O sistema construído, mesmo numa escala reduzida, possibilitará o estudo de absorção e isolamento sonoro de diferentes materiais buscando enquadrá-los na norma ABNT NBR 15575/2013. Os resultados que serão obtidos a partir da utilização do sistema da caixa reverberante, permitirá o alcance de resultados importantes para estudos de compósitos contemplando o aproveitamento de resíduos e contribuindo para o desenvolvimento de produtos sustentáveis no setor da construção civil.

### **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro. 2003.

AMORIM, L.D.; Ruído Urbano e Efeitos não Auditivos na Saúde da População: Revisão de Literatura; Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências da Saúde. Fonoaudiologia, 2014

ANDRADE, L. A. S.; MEDEIROS, R., Reaproveitamento de rejeitos de E.V.A. para a produção de placas utilizáveis na construção civil, Revista Científica Indexada Linkania Master - ISSN: 2236-6660, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO 10140-1 a 5:2016 : Acoustics -- Laboratory measurement of sound insulation of building elements Rio de Janeiro. 2016.

BASTOS, L.P.; Melo, G. S. V.; Soeiro, N. S.; Avaliação do desempenho acústico de painéis fabricados a partir de fibras vegetais em câmara reverberante em escala reduzida; CONEM/2010 - VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA; Campina Grande – Paraíba – Brasil; 18 a 21 de agosto de 2010

CARVALHO, M.L.U.; MACIEL, C.A; CALIXTO, R.J. Avaliação do isolamento acústico de portas de alta densidade com melhorias na vedação das frestas. Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, Anais, Florianópolis. 2006.

DE ALCANTARA, L.C.G.. Avaliação do conforto acústico em residências populares utilizando análise estatística de energia. Dissertação. Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2010.

GUEDES, R. C.; Projeto e construção de uma câmara reverberante em escala reduzida para a caracterização acústica de materiais absorventes, Belém; Universidade Federal do Pará, Dissertação de Mestrado. 2007

MAGNAGO, R.F.; MÜLLER, N.D.; MARTINS, M.; SILVA, H.R.T.; EGERT, P.; SILVA, L.. Investigating the influence of conduit residues on polyurethane plates. Polimeros-Ciencia e Tecnologia, v. 1, p. 1-1, 2017.

MARTINS, Anália Torres. Elaboração e Aplicação de Procedimento para Análise do Desempenho Acústico nas Vedações Verticais em Unidade Habitacional Multifamiliar com Base na NBR 15.575:2013. Monografia. Graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2014.

MURGEL, Eduardo. Fundamentos de Acústica Ambiental. São Paulo: SENAC, 2007.

SCHVARSTZHAUPT, Cristiane Cassol; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; NUNES, Maria Fernanda de Oliveira. Análise comparativa do desempenho acústico de Sistemas de fachada

com esquadrias de PVC com persiana e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p.135-145, dez. 2014.

SILVA, J; GODINHO, L; PEREIRA, A. Determinação experimental da absorção sonora de materiais utilizando amostras de dimensões reduzidas; ACÚSTICA 2008; Coimbra; Portugal; Universidade de Coimbra. 2008.

SILVA, H. R. T.; CAVALCANTE, B. M. M. ; MARQUES, D. V. ; Egert, P. ; MAGNAGO, R. F. ; CONSONI, D. R. ; ZANCO, J. J. . Placas Ecoeficientes: Aproveitamento de resíduo de EVA em compósitos usados para isolamento acústico.. MIX SUSTENTÁVEL (ONLINE), v. 3, p. 42-49, 2017

SILVA, H. R. T.; MAGNAGO, R. F. ; EGERT, P.; ARAUJO, H. N. ; MARQUES, D. V. . Thermal-acoustic insulation properties and resistance to compression of Polyurethane panels containing PET-aggregate and alumina waste. Mix sustentavel, v. 2, p. 29-36, 2016.

SOUZA JUNIOR, Z.; SILVA, H. R. T. ; EGERT, P.; MAGNAGO, R. F. . Valorização de resíduo industrial: estudo acústico de placas eva/cimento. MIX SUSTENTÁVEL (ONLINE), v. 3, p. 140-141, 2017.

TOUTONGE, J. A.; Projeto e construção de câmaras reverberantes em escala reduzida para o estudo das características de perda de transmissão de divisórias confeccionadas a partir de materiais regionais Belém; Universidade Federal do Pará, Dissertação de Mestrado. 2006.