XXXI ENCONTRO SOBRAC
SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA
Ouro Preto - MG 2026

Projeto e construção de um laboratório para medições de isolamento a ruído de impacto com base nos requisitos da ISO 10140

Scherer, C. T.[1]; Arthur Brunno, D. S.[1]; Marangoni, B. S.[1]; Veiga, W. B.[1]; Viera, L. H.[1]

[1] MMC Lab Controle Tecnológico, Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil,{arthur, claudio, bruno, tomveiga, leonardo}@mmclab.com.br

Resumo

Os ensaios laboratoriais de isolamento acústico são fundamentais para a caracterização do desempenho de elementos e sistemas construtivos em condições controladas, possibilitando a obtenção de resultados confiáveis e comparáveis para o desenvolvimento, a avaliação e a especificação de soluções acústicas. Nesse contexto, este artigo apresenta o projeto e a construção de uma infraestrutura laboratorial para ensaios de isolamento a ruído de impacto, desenvolvida para cumprir os requisitos da ISO 10140 — *Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements*. A iniciativa integra um programa de expansão da capacidade de ensaios do laboratório, com o objetivo de atender às exigências normativas para a caracterização de sistemas de piso e materiais resilientes, permitindo a obtenção de resultados rastreáveis, repetíveis e confiáveis após a qualificação da instalação. A infraestrutura é composta por uma câmara receptora com volume de 77,7 m^3 e um piso de referência em concreto armado com espessura de 14 cm, ambas estruturalmente desacopladas, além de soluções construtivas destinadas a minimizar transmissões laterais e interferências estruturais.

Palavras-chave: laboratório acústico, isolamento a ruído de impacto, ISO 10140, medições laboratoriais, desempenho acústico.

Design and construction of a laboratory for impact sound insulation measurements based on ISO 10140 requirements

Abstract

Laboratory tests of acoustic insulation are fundamental for characterizing the performance of building elements and systems under controlled conditions, enabling the obtaining of reliable and comparable results for the development, evaluation, and specification of acoustics solutions. In this context, this article presents the design and construction of a laboratory facility for impact sound insulation testing, developed to meet ISO requirements ISO 10140 – Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements. The initiative is part of a program to expand the laboratory's testing capacity, aiming to meet regulatory requirements for the characterization of flooring systems and resilient materials, thereby enabling the generation of traceable, repeatable, and reliable results following facility qualification. The facility comprises a receiving chamber with a volume of 77.7 m^3 and a 14 cm thick reinforced concrete reference floor—both structurally decoupled—along with construction solutions designed to minimize flanking transmission and structural interference.

Keywords: *acoustic laboratory, impact noise insulation, ISO 10140, laboratory measurements, acoustic performance*.

1. Introdução

A crescente demanda por conforto acústico nas edificações tem impulsionado o desenvolvimento de soluções construtivas que visam à melhoria da habitabilidade e da qualidade dos espaços internos residenciais. No cenário brasileiro, a promulgação da série ABNT NBR 15575 – Edificações Habitacionais — Desempenho[1] estabeleceu critérios mínimos de desempenho para edificações habitacionais, contemplando requisitos de isolamento a ruído aéreo e a ruído de impacto entre ambientes adjacentes, incluindo dormitórios, áreas comuns e de uso coletivo.

Entre os parâmetros normativos, o ruído de impacto apresenta particular importância, uma vez que se caracteriza pela transmissão estrutural de vibrações geradas por ações mecânicas sobre os sistemas de piso, propagando-se pela edificação e irradiando-se ondas sonoras nos ambientes. Esse fenômeno é frequentemente apontado como uma das principais causas de desconforto e reclamações em edifícios residenciais multifamiliares.

A caracterização do isolamento a ruído de impacto em laboratório constitui etapa fundamental para a avaliação do desempenho de revestimentos de pisos, mantas resilientes, contrapisos flutuantes e outras soluções destinadas à mitigação da transmissão do ruído de impacto pela estrutura da edificação. Os ensaios devem ser conduzidos em instalações projetadas especificamente para essa finalidade, em conformidade com os procedimentos estabelecidos pela série ISO 10140 – *Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements*[2], que padroniza as medições do nível de pressão sonora de impacto e as condições de ensaio para garantir repetibilidade e comparabilidade entre laboratórios.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o projeto e a construção da infraestrutura de câmaras acústicas destinadas à realização de ensaios laboratoriais de isolamento a ruído de impacto, em conformidade com a ISO 10140-5:2021[3]. O projeto insere-se em uma iniciativa mais ampla de expansão da capacidade nacional de ensaios experimentais, visando atender à crescente demanda por avaliações de desempenho acústico de elementos construtivos.

Ademais, a disponibilidade de infraestrutura laboratorial adequada constitui um fator estratégico para a cadeia produtiva da construção civil, beneficiando fabricantes, projetistas, especificadores, construtoras, instituições de pesquisa e organismos de certificação. Essa estrutura possibilita o desenvolvimento e avaliação de soluções baseadas em resultados experimentais confiáveis, contribuindo para a inovação e para o atendimento dos requisitos de desempenho acústico.

2. Fundamentação teórica

A compreensão dos mecanismos físicos envolvidos na transmissão do ruído de impacto em sistemas de pisos, bem como dos procedimentos padronizados para sua avaliação, são essenciais na justificativa das soluções construtivas adotadas na expansão da infraestrutura do laboratório e na interpretar adequada dos resultados obtidos nos ensaios. Nesse contexto, esta seção aborda inicialmente os princípios do isolamento a ruído de impacto, apresenta as características dos pisos de referência pesados utilizados em ensaios laboratoriais e, por fim, discute os principais requisitos estabelecidos pela série ISO 10140 para o projeto e a construção de laboratórios destinados à determinação do desempenho de isolamento a ruído de impacto de sistemas de pisos. Esses fundamentos constituem a base técnica que orienta as decisões de projeto descritas nas seções seguintes e asseguram que a infraestrutura desenvolvida esteja em conformidade com as diretrizes da ISO 10140.

2.1 Isolamento acústico a ruído de impacto

O isolamento acústico a ruído de impacto constitui um dos principais parâmetros de desempenho acústico de sistemas de pisos em edificações, especialmente em ambientes residenciais e multifamiliares. Diferentemente do ruído aéreo, cuja transmissão ocorre predominantemente por ondas sonoras propagadas no ar, o ruído de impacto é gerado pela aplicação de forças mecânicas diretamente sobre a estrutura do piso, produzindo vibrações que se propagam pelo elemento construtivo e irradiam ondas sonoras para os

ambientes adjacentes.

Segundo Hopkins[4], a avaliação desse fenômeno é normalmente realizada por meio do nível de pressão sonora de impacto normalizado (L_n), obtido com a utilização de uma máquina de impacto padronizada. O parâmetro representa o nível sonoro medido na câmara receptora, corrigido em função da absorção acústica do ambiente, permitindo a comparação entre diferentes sistemas construtivos em condições padronizadas de ensaio.

Do ponto de vista analítico-matemático, a modelagem mais simples para descrever o método de medição empregado pela ISO 10140-3:2021 considera uma potência de entrada no sistema (máquina de impacto ISO) que excita uma placa isotrópica, sólida e homogênea, a qual irradia ondas sonoras para uma câmara receptora. Esse fenômeno é descrito pelo modelo SEA (*Statistical Energy Analysis*) de dois subsistemas, no qual o subsistema 1 é a placa (piso de referência) e o subsistema 2 é a câmara receptora (Figura 1). Para simplificar o modelo, assume-se que o fluxo de potência que retorna da sala para a placa (W_{21}) é desprezível.

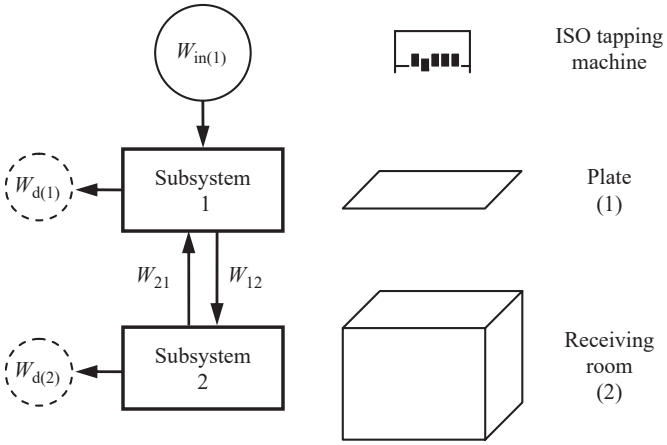


Figura 1: Modelo SEA de dois subsistemas para isolamento acústico de impacto de um piso isotrópico e homogêneo. O termo W_{in} representa a potência introduzida no sistema placa–câmara receptora, enquanto W_d é representa a potência dissipada em cada subsistema por perdas internas e por acoplamento com outros subsistemas (retirado de Hopkins[4]).

2.2 Pisos pesados de referência

Os pisos pesados de referência (*heavyweight base floors*) são caracterizados por elevada densidade, sendo geralmente constituídos por lajes homogêneas de concreto maciço, concreto armado ou sistemas equivalentes de alta densidade. Quando uma máquina de impacto atua sobre o piso de referência, a força aplicada excita principalmente ondas de flexão. A velocidade de vibração resultante depende da impedância mecânica do piso, a qual é influenciada pela rigidez dinâmica, pela massa superficial e pelo amortecimento estrutural. Em frequências acima da região modal, a resposta média pode ser relacionada à mobilidade do piso e à potência vibratória introduzida pela máquina de impacto.[4]

Outro aspecto importante é que o desempenho de pisos pesados apresenta menor sensibilidade às ressonâncias locais observadas em sistemas leves, resultando em curvas de nível de impacto mais regulares ao longo da faixa de frequências de interesse em acústica de edificações (100 Hz a 5000 Hz). Essa característica torna as lajes de concreto uma referência amplamente empregada em ensaios laboratoriais padronizados.

A energia introduzida pela máquina de impacto não excita apenas o elemento construtivo ou o piso pesado de referência. Parte significativa das vibrações se propaga para os elementos adjacentes, podendo ocorrer transmissão indireta ou lateral (*flanking transmission*). Assim, nas câmaras de ensaio destinadas à determinação do desempenho intrínseco do elemento ensaiado, busca-se minimizar esses caminhos

secundários por meio do desacoplamento estrutural entre o piso pesado de referência e as demais partes da construção.

Nos ensaios laboratoriais de isolamento a ruído de impacto, a utilização de um piso pesado de referência é fundamental para garantir repetibilidade e comparabilidade dos resultados. A elevada massa do piso reduz a influência de variações locais de rigidez dinâmica e favorece uma resposta vibratória mais estável, permitindo que as diferenças observadas entre amostras estejam associadas predominantemente ao sistema de revestimento de piso ou material resiliente.

2.3 Requisitos do ambiente de medição

A série ISO 10140 (partes de 1 a 5)[2] estabelece os requisitos técnicos para a realização de ensaios laboratoriais de isolamento acústico de elementos construtivos, contemplando desde as características das instalações de ensaio, os procedimentos de medição e as condições específicas de preparação e montagem das amostras. Em conjunto, todas as partes dessa norma buscam padronizar as condições de ensaio, reduzindo a variabilidade entre laboratórios e assegurando a confiabilidade, a repetibilidade e a comparabilidade dos resultados obtidos. A seguir são apresentados os principais requisitos relacionados ao projeto e à construção de laboratórios destinados à medição do isolamento a ruído de impacto, abrangendo os aspectos construtivos das instalações.

Os requisitos construtivos do laboratório são definidos pela ISO 10140-5[3], que especifica todas as informações necessárias para projetar, construir e qualificar as instalações do laboratório. O documento estabelece que os ensaios sejam realizadas em uma instalação composta por duas câmaras verticais adjacentes, sendo a superior denominada "câmara emissora"[1] e a inferior, "câmara receptora", separadas por uma abertura de ensaio na qual o elemento construtivo é instalado. Essa configuração deve minimizar as transmissões indireta e laterais entre as salas, garantindo que a energia sonora medida seja predominantemente aquela transmitida pelo elemento ensaiado.

A norma ISO 10140-5:2021 especifica parâmetros construtivos e requisitos operacionais para a câmara receptora, a qual deve possuir volume mínimo de 50 m^3. Além disso, as proporções geométricas da câmara devem ser escolhidas de forma que as frequências naturais do ambiente sejam distribuídas o mais uniformemente possível, reduzindo concentrações de modos em determinadas bandas de frequência.

Um dos aspectos mais importantes no projeto estrutural do laboratório é a supressão da transmissão secundárias. A norma recomenda que a transmissão sonora por caminhos indiretos seja desprezível em relação àquela que atravessa o elemento ensaiado. Para isso, podem ser adotadas estratégias como isolamento estrutural entre as câmaras ou revestimentos que reduzam a transmissão pelas estruturas adjacentes, desde que os demais requisitos acústicos do laboratório sejam mantidos.

Para ensaios de pisos, a ISO 10140-5 recomenda aberturas de ensaio com área entre 10 m^2 e 20 m^2, sendo o comprimento do menor lado igual ou superior a 2,3 m. O sistema de fixação da amostra deve apresentar elevada rigidez e massa suficiente para evitar interferências vibroacústicas na medição.

3. Desenvolvimento

O projeto de expansão do laboratório foi idealizado e executado pela MMC Lab Controle Tecnológico[5], com o suporte técnico de sua equipe de engenharia e fornecedores. O desenvolvimento foi estruturado em etapas sucessivas, contemplando a adequação da infraestrutura existente, a construção dos elementos de referência exigidos pela ISO 10140, o condicionamento da câmara receptora e a construção da câmara emissora, conforme descrito nas subseções seguintes.

[1] Neste trabalho, a expressão “câmara emissora” é utilizada para designar o recinto superior, no qual é posicionada a máquina de impacto, embora a excitação do elemento seja mecânica e não decorrente de um campo sonoro aéreo.

3.1 Infraestrutura existente

Antes de iniciar as modificações, foi realizada uma avaliação das condições da infraestrutura disponível, com o objetivo de verificar sua adequação aos requisitos estabelecidos para laboratórios de medição do isolamento a ruído de impacto. Nessa etapa, foram analisadas as características construtivas da estrutura existente, incluindo sua geometria e condições estruturais.

A infraestrutura original do laboratório consistia em duas câmaras acústicas projetadas para a realização de ensaios de isolamento a ruído aéreo para elementos de vedação vertical, segundo ISO 10140-2:2021[6], conforme ilustra a Figura 2. O projeto de ampliação compreendeu, portanto, a modificação da câmara com o volume de 74,19 m^3 (câmara da direita na Figura 2a), por meio da construção de uma abertura de ensaio em seu teto para a instalação do piso de referência.



(a) Foto das duas câmaras acústicas originalmente construídas para ensaios de isolamento a ruído aéreo de elementos de vedação vertical segundo ISO 10140-2:2021.



(b) Foto da parte interna da ambiente selecionada, com as condições construtivas iniciais, escolhida para ser o câmara receptora e implantação da abertura de ensaio.

Figura 2: Infraestrutura laboratorial existente da MMC Lab Controle Tecnológico, utilizada como base para a expansão das instalações para ensaio de isolamento a ruído de impacto, conforme ISO 10140.

3.2 Modificação da câmara

Após a avaliação da infraestrutura existente, foram executadas as modificações necessárias para transformar o ambiente em uma câmara receptora apta à realização dos ensaios laboratoriais de isolamento a ruído de impacto. A Figura 3a mostra a construção da abertura de ensaio, com área de 10 m^2, contendo em seu perímetro uma estrutura periférica de apoio para a acomodação do piso pesado de referência.

Com a finalidade de reduzir as transmissões indiretas e laterais do piso pesado de referência para a estrutura da câmara, foram instaladas tiras de material resiliente Sylomer SR42-25 (120 mm x 1150 mm, com 25 mm de espessura), com capacidade de carga linear de 460 kg/m, frequência natural em 15 Hz e módulo dinâmico de deformação de 0,21 N/mm^2. A escolha desse material baseou-se em sua baixa frequência natural, significativamente inferior à menor frequência de medição (100 Hz), garantindo que o sistema de desacoplamento não introduza ressonâncias na faixa de frequências de interesse. A Figura 3b apresenta o material instalado sobre a estrutura de apoio da laje de referência.



(a) Foto da execução da abertura de ensaio com área de 10 m² no teto da câmara, evidenciando a estrutura periférica de apoio para o piso de referência.

(b) Foto do material resiliente Sylomer SR42-25 instalado sobre a estrutura da abertura, compondo o sistema de desacoplamento estrutural.

Figura 3: Modificação da câmara receptora: abertura de ensaio e sistema de desacoplamento.

As modificações buscaram garantir condições compatíveis com os requisitos normativos referentes à geometria da câmara, à estabilidade estrutural e à redução das transmissões sonoras por caminhos indiretos.

3.3 Piso pesado de referência

A construção do piso pesado de referência constituiu uma das etapas fundamentais da execução do projeto de ampliação do laboratório, uma vez que esse elemento representa a base estrutural sobre a qual são instalados os diferentes sistemas de piso avaliados experimentalmente, Sendo o elemento de referência do método.

Sua execução foi realizada de acordo com os critérios estabelecidos pela ISO 10140, buscando reproduzir as condições estruturais previstas para os ensaios laboratoriais. Sua estrutura foi construída em concreto armado, com área total de 12 m^2 (dos quais aproximadamente 10 m^2 correspondem à área livre da abertura de ensaio e a área restante constitui a faixa periférica de apoio), 14 cm de espessura e densidade de 2500 kg/m^3, atendendo aos requisitos de um piso pesado de referência conforme discutido na Seção 2.2. A Figura 4 ilustra as etapas construtivas do piso de referência.



(a) Montagem das formas e preparação da armadura estrutural.

(b) Concretagem do piso pesado de referência.

(c) Instalação do piso pesado de referência sobre a estrutura de apoio.

Figura 4: Etapas construtivas do piso pesado de referência para ensaios laboratoriais de isolamento a ruído de impacto.

Após a finalização do processo de concretagem, foram respeitados os procedimentos e tempo de cura e estabilização estrutural, para posteriormente prosseguir com etapas do projeto. A Figura 5 apresenta o piso de referência após sua finalização e acomodação sobre a abertura de ensaio, evidenciando o desacoplamento estrutural em relação à câmara receptora.



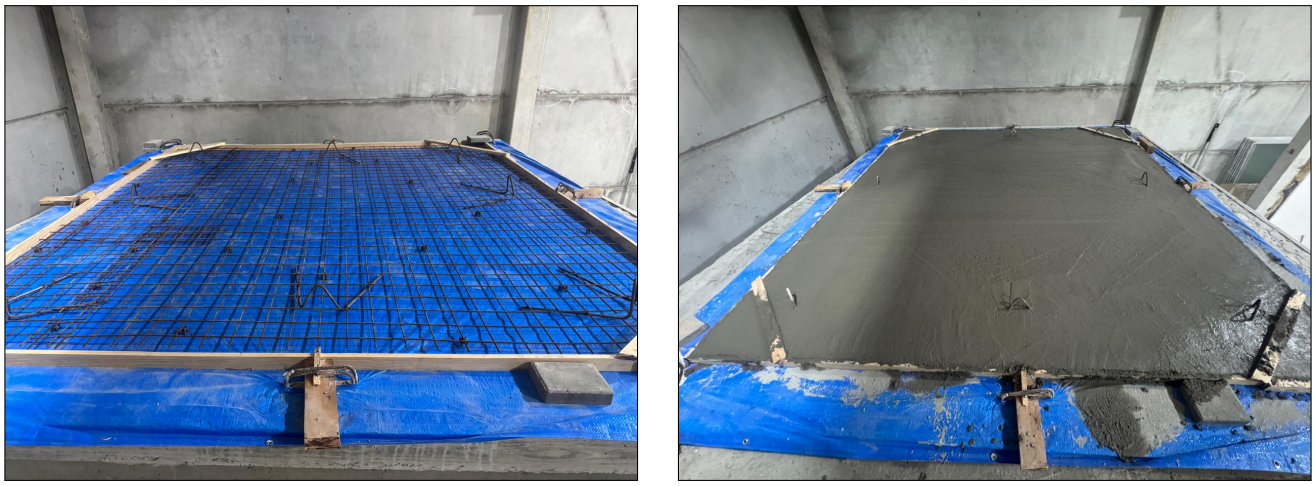
(a) Foto do desacoplamento estrutural entre o piso pesado de referência e a câmara receptora.

(b) Foto do piso pesado de referência visto pelo interior da câmara receptora.

Figura 5: Piso pesado de referência após a concretagem, cura, estabilização estrutural e acomodação, evidenciando o sistema de desacoplamento.

3.4 Sistema de fixação da amostra

Com o piso pesado de referência concluído e devidamente estabilizado, foi executado o sistema de fixação da amostra, denominado como “contrapiso”. Sua construção foi realizada seguindo procedimentos controlados de execução, garantindo uniformidade de espessura, acabamento superficial e estabilidade geométrica. O contrapiso foi construído com a mesma composição do piso de referência, apresentando espessura de 5 cm, e densidade de 2500 kg/m^3 e área de 10 m^2. A Figura 6 exemplifica suas etapas de construção.



(a) Montagem da forma e preparação da armadura estrutural sobre o piso de referência.

(b) Concretagem do contrapiso de referência.

Figura 6: Execução do contrapiso de referência sobre a laje estrutural de ensaio.

3.5 Câmaras receptora e emissora

Para atender aos requisitos geométricos estabelecidos para a câmara receptora, foi necessária realizar a vedação da abertura correspondente à estrutura de instalação e montagem das amostras dos ensaios de isolamento a ruído aéreo de sistemas de vedação vertical (Figura 7a). Para isso, foram desenvolvidos módulos removíveis constituídos por painéis de madeira compensada, apoiadas a uma estrutura de suporte especificamente fabricadas para esse fim. A instalação desses módulos permitiu o fechamento completo da abertura, restabelecendo as condições geométricas da câmara receptora e reduzindo possíveis caminhos de transmissão sonora.

Adicionalmente, foram instalados elementos difusores e absorvedores, distribuídos no interior da câmara receptora, com o objetivo de controlar as características do campo acústico (Figura 7b).[2] O posicionamento desses elementos foi definido de modo a minimizar a influência dos modos acústicos próprios da câmara, controlando os efeitos de ressonâncias e aproximar o campo acústico de uma distribuição uniforme da energia sonora. Os difusores contribuem para aumentar a difusividade do campo, enquanto os absorvedores atuam no controle do tempo de reverberação, evitando excessos de energia em determinadas bandas de frequência. Em conjunto, esses elementos acústicos favorecem a obtenção de um campo acústico suficientemente difuso e das condições de medição requeridas para os ensaios laboratoriais de isolamento a ruído de impacto.

[2] A eficácia desse tratamento foi verificada na etapa de qualificação da instalação, por meio das medições previstas na ISO 10140, que serão apresentadas em um futuro artigo.



(a) Foto do interior da câmara receptora, mostrando o fechamento removível da abertura.



(b) Foto do interior da câmara receptora após a instalação dos elementos difusores e absorvedores.

Figura 7: Configuração final da câmara receptora após a instalação do piso de referência e modificações internas.

A etapa final do desenvolvimento do laboratório correspondeu à construção da câmara emissora, posicionada acima da câmara receptora e separada desta pelo piso Pesado e referência mais o sistema a ser ensaiado. Durante a construção foram adotadas soluções destinadas a garantir estabilidade estrutural, segurança operacional e redução da transmissão sonora por caminhos não desejados.



(a) Foto da câmara emissora finalizada.



(b) Foto do interior da câmara emissora.

Figura 8: Construção finalizada da câmara emissora, instalada acima da câmara receptora.

Com a conclusão dessa etapa, o laboratório passou a apresentar a infraestrutura requerida e padronizada para a realização dos ensaios laboratoriais de isolamento ao ruído de impacto, possibilitando a instalação dos sistemas de pisos e de materiais resilientes.

4. Conclusão

Este trabalho apresentou o projeto e construção da infraestrutura laboratorial destinada à realização de ensaios de isolamento a ruído de impacto, concebida segundo os requisitos aplicáveis da ISO 10140. A expansão foi realizada por meio da modificação da instalação anteriormente utilizada para ensaios de

isolamento a ruído aéreo, permitindo o aproveitamento da infraestrutura existente e a implantação de soluções construtivas específicas para medições laboratoriais de sistemas de pisos e materiais resilientes.

As modificações compreenderam a execução de uma abertura de ensaio com área aproximada de 10 m^2, a construção de um piso de referência de concreto armado com 14 cm de espessura e densidade de 2500 kg/m^3, a instalação de elementos resilientes de desacoplamento estrutural e e a construção de uma câmara superior destinada ao posicionamento e à operação da máquina de impactos padronizada.

A câmara receptora apresenta o volume interno de 77,7 m^3, superior ao volume mínimo indicado para esse tipo de instalação. As soluções construtivas foram projetadas com o objetivo de reduzir as transmissões estruturais por caminhos indiretos e mitigar a influência dos elementos adjacentes nos resultados dos ensaios. Esta condição é essencial para assegurar que a energia sonora medida na câmara receptora seja representativa, predominantemente, da transmissão direta do Sistema ensaiado. A utilização de um piso pesado de referência contribui para a estabilidade da resposta vibroacústica, na repetibilidade das e comparabilidade dos resultados entre diferentes sistemas construtivos.

A infraestrutura desenvolvida amplia a capacidade nacional de realização de ensaios laboratoriais de isolamento a ruído de impacto, oferecendo suporte ao desenvolvimento de revestimentos, mantas resilientes, sistemas de contrapiso flutuante e demais soluções voltadas ao atendimento dos requisitos de desempenho do isolamento a ruído de impacto, estabelecidos pela ABNT NBR 15575. Além disso, o laboratório poderá ser utilizado como plataforma experimental para caracterização de materiais resilientes e validação de modelos computacionais de projetos acústicos de edificações. Os resultados obtidos poderão fornecer dados de entrada para modelos computacionais destinados à estimativa do desempenho *in situ*, desde que consideradas as condições de contorno e as transmissões indiretas da edificação.

Como continuidade deste trabalho, a etapa de qualificação metrológica da instalação será apresentada em um artigo futuro, contemplando a determinação da transmissão residual entre as câmaras, a caracterização dos tempos de reverberação da câmara receptora, a verificação da conformidade do campo sonoro e a execução de ensaios de validação com sistemas de piso de desempenho conhecido.

Referências

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho (Série)*. Rio de Janeiro. Composta pelas Partes 1 a 6.

2. International Organization for Standardization. *ISO 10140: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements (Series)*. Geneva. Composed of the parts 1 to 5.

3. International Organization for Standardization. *ISO 10140: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements*: Part 5: Requirements for test facilities and equipment. 2. ed. Geneva, 2021. 39 p.

4. HOPKINS, Carl. *Sound Insulation*. 1. ed. Oxford: Taylor & Francis, 2007. 648 p. ISBN 978-0750665261.

5. MMC Lab Controle Tecnológico Ltda. *MMC Lab: Projetos Acústicos, Ensaios e Simulações para Construtoras e Indústrias*. Disponível em: https://www.mmclab.com.br/.

6. International Organization for Standardization. *ISO 10140: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements*: Part 2: Measurement of airborne sound insulation. 2. ed. Geneva, 2021. 14 p.