ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Avaliação do desempenho acústico de impacto de sistemas de vedações horizontais em laboratório

Evaluation of the impact acoustic performance of horizontal barrier systems in laboratory

Luiza Paim da Palma
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | luizapalma97@gmail.com
Viviane Suzey Gomes de Melo
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | viviane.melo@ufsm.br
Marco Antônio Pauletto Rosso
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | marcorpauletto@gmail.com
Arthur Brunno Dias e Silva
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | arthur.silva@eac.ufsm.br
Raiane Pires Tolio
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | arq.raianeptolio@gmail.com

Resumo

Ao tratarmos do conforto acústico, o desempenho acústico de edificações será eficiente se tivermos a garantia de um bom isolamento aos ruídos aéreo e de impacto. Para o isolamento de impacto, um fator decisivo está na definição dos elementos construtivos. Este artigo apresenta um estudo do isolamento acústico de impacto para três configurações de sistemas de vedações horizontais em laboratório. Foram realizadas medições de ruído residual, tempo de reverberação e ruído de impacto dos sistemas de vedação horizontais internos. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Acústica da UFSM e se baseiam nas normas ABNT NBR ISO: 16283-2:2021; 717-2:2021; e 3382-2:2017 para determinar o nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ($L'_{nT,w}$) de cada sistema. O primeiro sistema, composto por laje concretada com espessura de 100 mm (S1), o segundo a laje com contrapiso de 40 mm de espessura (S2) e o terceiro laje, contrapiso e manta de 5 mm (S3). Os resultados indicaram que o sistema S1 apresentou resultados para $L'_{nT,w}$ de 80 dB, sendo 6 dB a mais que o encontrado para o sistema S2 e 16 dB para S3, favorecendo o uso de mantas para o desempenho acústico de sistemas de pisos.

Palavras-chave: Desempenho acústico de edificações. Ruído de impacto. Medições acústicas. Ensaios de laboratório.

Abstract

When dealing with acoustic comfort, the acoustic performance of buildings will be efficient if we guarantee good isolation from airborne and impact noises. For impact isolation, a decisive

Como citar:
PALMA, et.al. Avaliação do desempenho acústico de impacto de sistemas de vedações horizontais em laboratório. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

factor is the definition construction elements. This article presents a study of impact acoustic isolation with the use of three configurations of horizontal screening systems in laboratories. Measurements of residual noise, reverberation time and impact noise were carried out in three internal horizontal blocking systems. The tests were carried out at the UFSM Acoustics Laboratory and are based on the ABNT NBR ISO: 16283-2:2021; 717-1:2021; and 3382-2:2017 standards to determine the level of weighted standard impact sound pressure ($L'_{nT,w}$) of each system. The first system, composed of a concrete slab with a thickness of 100 mm (S1), the second, including a slab with a 40 mm thick subfloor (S2) and the third, the slab, a subfloor, and a 5 mm blanket (S3). The results indicate that system S1 presents results for $L'_{nT,w}$ of 80 dB, being 6 dB more than that found for system S2 and 16 dB for S3, promoting the use of blankets for the acoustic performance of floor systems.

Keywords: Acoustic performance of buildings. Impact noise. Acoustic measurements. Laboratory tests.

INTRODUÇÃO

A qualidade acústica em ambientes construídos tem experimentado uma crescente importância para os empreendimentos. Sendo assim, é de conhecimento geral que a finalidade atribuída a cada espaço demanda especificidades no que diz respeito às suas características acústicas. O ruído de impacto, o desempenho dos materiais construtivos e o isolamento das edificações têm sido alvo constante de muitos estudos. Sabe-se que, aliada às novas tecnologias, a construção civil avança para a utilização crescente de materiais cada vez mais leves, fato este que se torna um agravante aos problemas de ruído, ampliando a gama de sons indesejáveis e dificultando o bom isolamento acústico entre ambientes. Ao se tratar do ruído de impacto, sabe-se que ao ser transmitido por meio sólido, acaba por provocar vibrações nos elementos construtivos do edifício. A transmissão sonora entre dois ambientes envolve algumas variáveis, como as propriedades dos elementos de separação dos compartimentos, a heterogeneidade das partes, os tipos de ligações e os campos sonoros estabelecidos entre ambiente emissor e receptor [1]. Ademais, para se obter um isolamento acústico eficiente, é necessário que a escolha do sistema construtivo seja a mais adequada possível, dependendo, inclusive, da instalação correta de esquadrias, pois estas costumam ser um ponto fraco dos sistemas construtivos e afetam diretamente a qualidade do isolamento acústico [2].

O conforto dos espaços vem se tornando uma preocupação cada vez mais significativa, pois o tempo em que as pessoas ficam nesses ambientes tem sido cada vez maior. Dessa forma, a inquietação não é apenas pelos elementos construtivos que vêm sendo utilizados nos edifícios, mas principalmente pela saúde dos usuários destes lugares.

O ambiente construído deve ser aquele em que os ocupantes possam manter uma audição saudável, atuar conforme o esperado e participar confortavelmente do objetivo principal da instalação. Quanto maiores forem os estudos aplicados nessa área, mais rapidamente as tecnologias poderão ser aplicadas para sanar os principais problemas envolvendo a má acústica.

Sendo assim, este trabalho tem como finalidade investigar o comportamento das combinações de elementos construtivos de pisos, em laboratório, quando excitados por uma fonte padronizada de ruído de impacto. São apresentadas três diferentes

configurações de sistemas: o primeiro composto somente pela laje (S1), já o segundo contendo a laje e contrapiso de 4 mm (S2) e, por fim, a laje contendo contrapiso aliada a uma manta emborrachada de 5 mm (S3).

MÉTODO

O método utilizado nesta pesquisa, para determinar o nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ($L'_{nT,W}$) de sistemas de vedação horizontais, é a descrita nas normas ABNT: NBR ISO 16283-2 [3]; NBR ISO 717-2 [4]; e NBR ISO 3382-2 [5].

As normas ISO 10140-3 [6] e ISO 10140-4 [7], determinam que as dimensões mínimas das placas de contrapiso para ensaios em laboratório devem ultrapassar 0,35 × 0,35 m, diante disso, utilizou-se placas de 1 × 1 m. As placas de contrapiso foram produzidas com argamassa e as proporções volumétricas (traço) de cimento e areia foram de 1:4, atingindo resistência média à compressão de 20 MPa.

Foram realizadas medições de ruído residual de acordo com a norma NBR 10151 [8], tempo de reverberação e ruído de impacto. As medições referentes aos níveis de pressão sonora de impacto foram realizadas em bandas de terço de oitava, nas frequências centrais de 100 Hz a 3150 Hz.

Para obtenção do tempo de reverberação (T_{20}), utilizou-se o método de ruído interrompido (ruído rosa), com três decaimentos por posição, para cada posição de fonte, conforme recomendações da norma ABNT NBR ISO 3382-2 [5].

INSTRUMENTAÇÃO

Nas medições foram utilizados majoritariamente equipamentos da marca Bruel & Kjaer compostos por: um sonômetro; um microfone de campo difuso; um calibrador para ajuste do microfone; fonte sonora omnidirecional e máquina de impacto padrão (*Tapping Machine*), além de um termo-higrômetro da Instrutherm. Os equipamentos utilizados na pesquisa possuem certificados de calibração atualizados. A Tabela 1 apresenta as especificações dos equipamentos e a Figura 1 ilustra os instrumentos utilizados.

Tabela 1: Equipamentos utilizados nos ensaios

Equipamentos	Fabricante	Modelo	Número de série	Certificado de calibração	Data de calibração
Máquina de impacto *(Tapping Machine)*	Bruel & Kjaer	2850	02675439		
Fonte Omnidirecional		4292	28023		
Calibrador de nível sonoro		4231	2699079	CBR2200368	10/05/2022
Microfone capacitivo		4189	2689369	CBR2200379	12/05/2022
Pré-amplificador de microfone		ZC-0032	12383	CBR2200391	13/05/2022
Medidor de NPS (sonômetro)		2270	2679330	CBR2200380	12/05/2022
Termo-higrômetro digital	Instrutherm	THB 100	150807030		
Cabos, tripés, trenas etc.					

Fonte: os autores.

Figura 1: Equipamentos utilizados nas medições



Fonte: os autores.

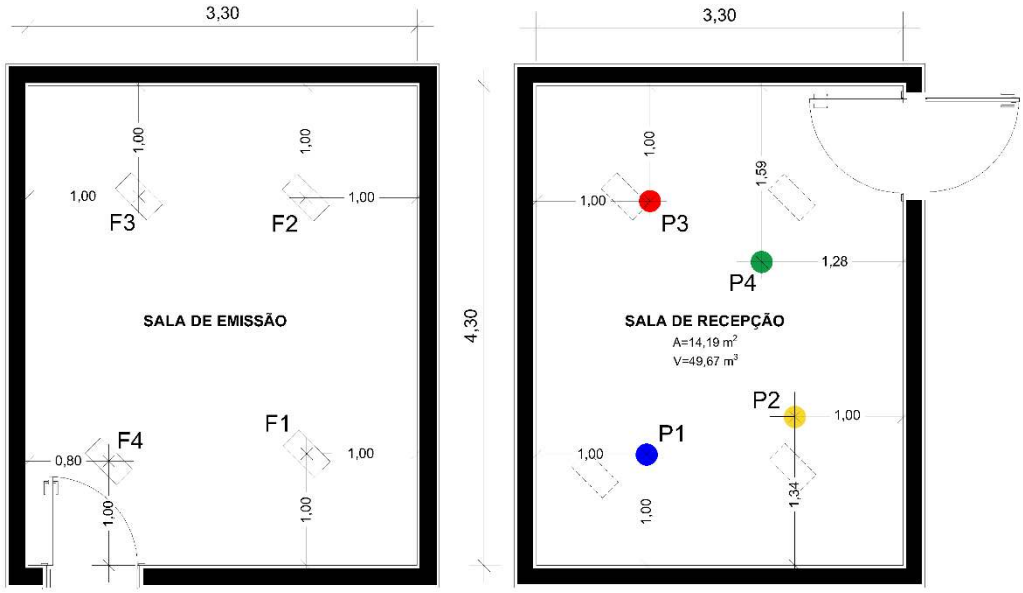
OBJETO DE ESTUDO

As medições foram realizadas nas câmaras para medição do ruído de impacto, do Laboratório de Acústica do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As instalações possuem duas câmaras reverberantes separadas por uma laje desacoplada de concreto armado com espessura de 100 mm. Suas paredes são construídas em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos com espessura de 140 mm, sem reboco em ambos os lados. As portas são em madeira maciça, dupla, tendo seus batentes vedados com borracha, proporcionando um bom isolamento aos ruídos externos ao ambiente.

A sala de recepção, possui dimensões internas de 3,30 m por 4,30 m, com área de 14,19 m², pé direito de 3,5 m, resultando em um ambiente com volume de 49,67 m³. Nessa sala, o sonômetro é posicionado em quatro posições distintas para medição do nível de pressão sonora. Na sala de emissão, localizada no andar superior à sala de recepção, é gerado o ruído por uma máquina de impacto padrão (*tapping machine*). A Figura 2(a) ilustra as posições de fonte na sala emissora (F1, F2, F3 e F4), já na Figura 2(b) são apresentados os pontos de microfones (P1, P2, P3 e P4), na sala receptora, adotadas nos ensaios.

O primeiro sistema (S1) é composto por laje concretada com espessura de 100 mm. O segundo sistema (S2) possui a laje concretada e um contrapiso com 40 mm de espessura. O terceiro sistema (S3) é formado por laje concretada, contrapiso e manta pré-fabricada de grânulos de pneus reciclados aglomerados com poliuretano e espessura de 5 mm, tendo uma densidade de 600 kg/m³. Os elementos construtivos analisados estão descritos no Quadro 1 e suas configurações de ensaio ilustradas na Figura 3.

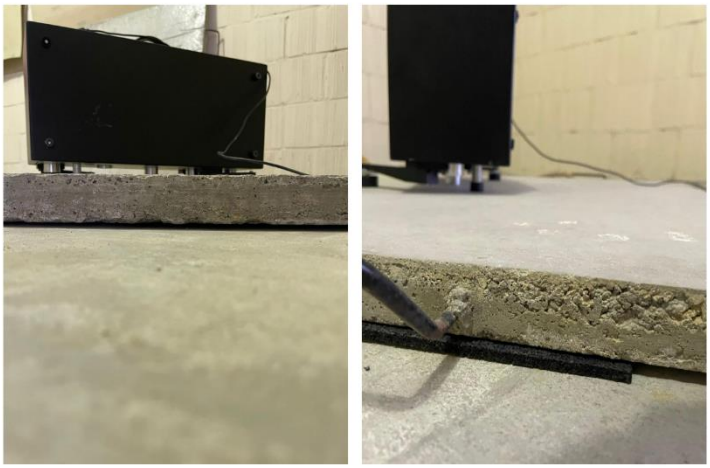
Figura 2: Planta-baixa das salas de emissão e recepção com pontos de fontes e receptores



(a) **(b)**

Fonte: os autores.

Figura 3: Sistema S2 – Laje + contrapiso e Sistema S3 – Laje + contrapiso + manta



(a) **(b)**

Fonte: os autores.

Quadro 1: Descrição dos elementos construtivos analisados

Sistemas	Características	Materiais
S1	Laje 100 mm	Concreto
S1	Contrapiso 40 mm	Argamassa (traço 1:4)
S3	Manta 5 mm	Pneus reciclados aglomerados com poliuretano

Fonte: os autores.

Figura 4: Desenho representativo dos Sistemas S1, S2 e S3



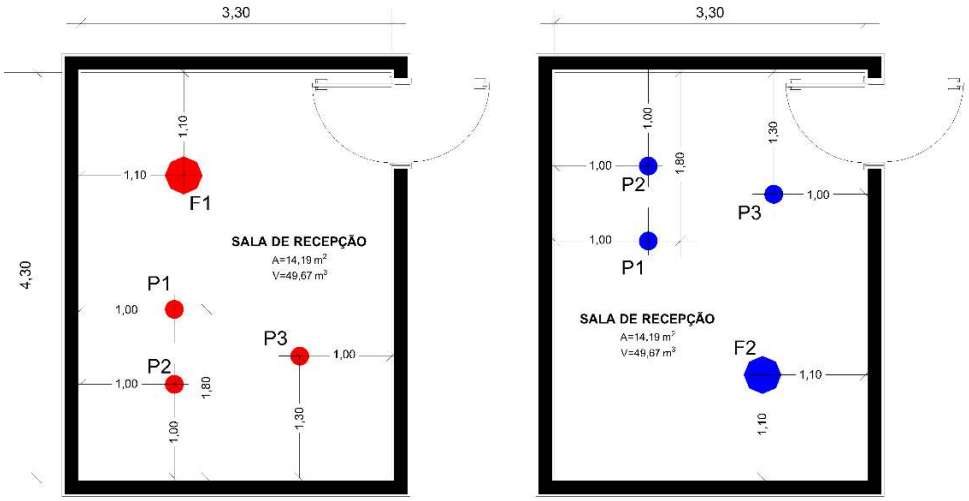
Fonte: os autores.

MEDIÇÕES DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

A norma ABNT NBR ISO 16283-2 [3] define que são necessárias medições do tempo de reverberação, ruído residual e o nível de pressão sonora de impacto padronizado. Desse modo, o tempo de reverberação foi medido pelo método do ruído interrompido, descrito na norma ABNT NBR ISO 3382-2 [5].

Nas medições foram determinadas duas posições de fonte sonora, sendo três posições de microfone para cada posição de fonte (Figura 5). Para a análise dos dados extraídos dos ensaios, os cálculos foram realizados em uma planilha eletrônica.

Figura 5: Distribuição dos pontos de medição, para cada posição de fonte na sala receptora



Fonte: os autores.

A medição do tempo de reverberação (T_{20}) da câmara receptora, que possui um volume de 49,67 m³, ocorreu com a sala vazia. Para medir o TR foi utilizado um sonômetro, que gerou um sinal de ruído interrompido enviado para um amplificador de potência conectado a uma fonte sonora omnidirecional. O som gerado foi captado, para cada posição, por um microfone de campo difuso conectado ao analisador, que automaticamente calcula o T_{20} para cada frequência do espectro de interesse. A Figura 6 ilustra a cadeia de medição adotada.

Figura 6: Cadeia de medição adotada de medição de tempo de reverberação



Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 indica as condições de temperatura, umidade e pressão atmosférica no interior da câmara receptora, durante a realização dos ensaios, realizados no dia 30/11/2023.

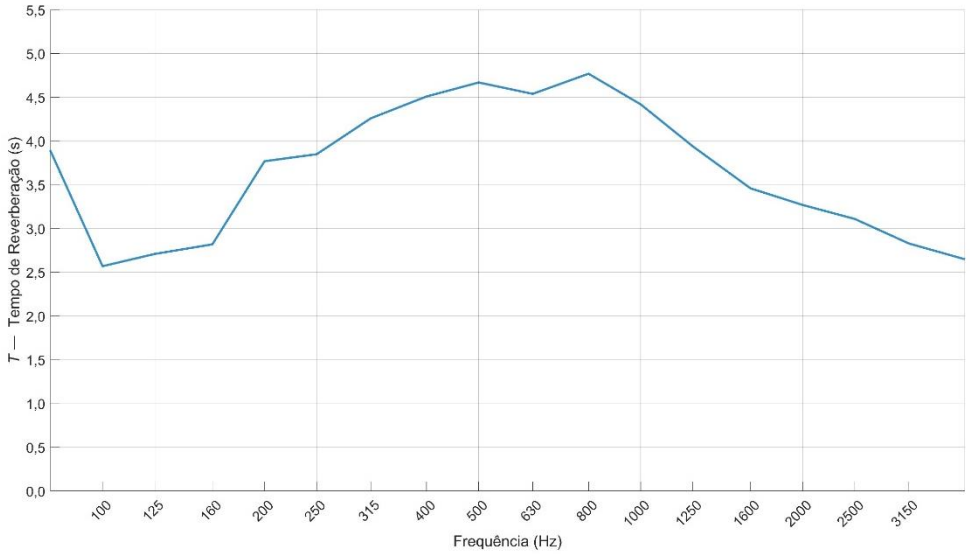
Tabela 2: Valores de temperatura, umidade e pressão atmosférica

Ensaio	Temperatura ambiente (°C)	Umidade relativa (%)	Pressão atmosférica (hPa)
Sala receptora	24.4	88	1011,2

Fonte: os autores.

O tempo de reverberação (T_{20}) é um parâmetro necessário para o cálculo do isolamento acústico dos elementos construtivos. Os valores de T_{20} foram obtidos na câmara receptora para as bandas de frequência de 1/3 oitava de 50 Hz a 5 kHz. A Figura 7 apresenta um gráfico da média espacial do tempo de reverberação.

Figura 7: Média espacial do tempo de reverberação (T_{20}) obtidos na sala receptora



Fonte: os autores.

A Tabela 3 apresenta os valores dos níveis de pressão sonora de impacto-padrão $L'_{nT,w}$ (dB), por banda de frequência de 1/3 oitava, para as três configurações de sistemas ensaiados. Na Figura 8 é possível visualizar de forma gráfica os valores medidos para S1, S2 e S3, conforme as configurações especificadas no Quadro 1 e ilustradas na Figura 4, além de visualizar um comparativo com o comportamento das curvas de L_{nT} para os três sistemas ensaiados neste trabalho.

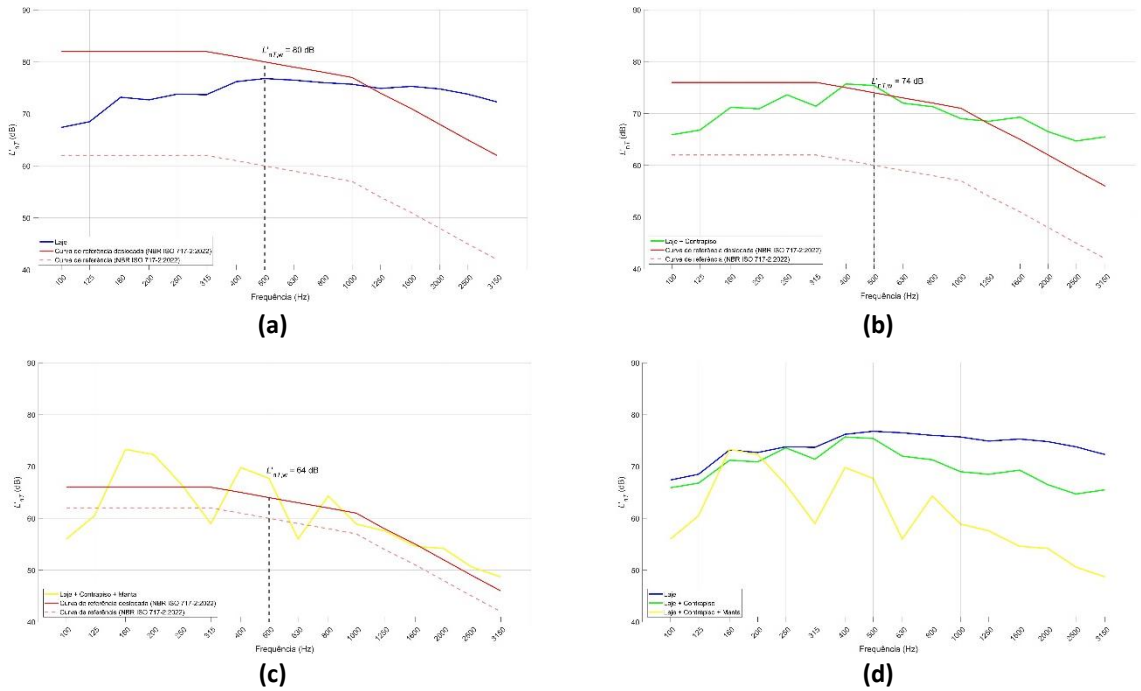
Tabela 3: Resultados dos ensaios de $L'_{nT,w}$ para S1, S2 e S3

Frequência (Hz)	T_{20} (s)	S1 L_{nT} (dB)	S2 L_{nT} (dB)	S3 L_{nT} (dB)
100	2,57	67,4	65,9	56,0
125	2,71	68,5	66,8	60,5
160	2,82	73,2	71,2	73,3
200	3,77	72,7	70,9	72,3
250	3,85	73,8	73,6	66,5
315	4,26	73,7	71,4	59,0
400	4,51	76,2	75,7	69,8
500	4,67	76,8	75,4	67,7
630	4,54	76,5	72,0	56,0
800	4,77	76,0	71,3	64,3
1000	4,42	75,7	79,0	58,9
1250	3,94	74,9	68,5	57,6
1600	3,46	75,3	69,3	54,6
2000	3,27	74,8	66,5	54,2
2500	3,11	73,8	64,7	50,6
3150	2,83	72,3	65,5	48,7
$L'_{nT,w}$		**80**	**74**	**64**

Fonte: os autores.

O ensaio de referência avaliado para a configuração de laje zero (S1), apresentou nível de pressão sonora de impacto-padrão ponderado $L'_{nT,w}$ = 80 dB, de acordo com a norma NBR ISO 717-2:2022 [2], determinado pelo método de engenharia. No ensaio do Sistema 2 (S2), para a configuração laje + contrapiso, observa-se um valor de L'_{nTw} = 74 dB, portanto S2 apresenta uma atenuação de 6 dB em relação ao sistema de referência S1. O ensaio do Sistema 3 (S3), com a adição da manta de borracha ao S2, apresenta o resultado de desempenho do ruído de impacto ponderado $L'_{nT,w}$ = 64 dB, proporcionando uma atenuação de ruído de impacto de 10 dB, um valor considerável em relação a S2.

Figura 8: Resultados dos ensaios de $L'_{nT,w}$ para S1, S2 e S3, além do comparativo de L_{nT} para os três sistemas



Fonte: os autores.

CONCLUSÕES

Os ensaios demonstraram que a laje de concreto armado com espessura de 100 mm apresentou um $L'_{nT,w}$ = 80 dB, sendo 6 dB maior que o valor constatado no sistema de laje mais contrapiso, totalizando 140 mm de espessura e $L'_{nT,w}$ = 74 dB. Para o último sistema ensaiado, composto por laje, contrapiso e manta emborrachada de 5 mm, o nível encontrado foi de 64 dB, apresentando uma diferença de 10 dB se comparado ao Sistema 2, mas uma diferença de 16 dB se comparado ao sistema de laje zero.

Dessa forma, este estudo evidencia que o uso de contrapiso flutuante em edificações utilizando a manta pré-fabricada de grânulos de pneus reciclados aglomerados, com poliuretano de 5 mm e densidade de 600 kg/m^3, pode ser uma alternativa interessante e sustentável para resultados positivos de desempenho do ruído de impacto.

REFERÊNCIAS

[1] MATEUS, D. M. R.; PEREIRA, A. S. C. **Influência de Pequenos Erros de Execução em Obra no Desempenho Acústico de edifícios: exemplos típicos**. In: TECNIACUSTICA, Cáceres, 2011.

[2] MAK, C. M.; WANG, Z. **Recent Advances in Building Acoustics: an overview of prediction methods and their applications**. Building and Environment, v. 91, p. 118–126, 2015.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR ISO 16283-2**: Acústica – Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações – Parte 2: Isolamento a ruído de impacto. Rio de Janeiro, 2021.

[4] ABNT. **NBR ISO 717-2**: Acústica – Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações – Parte 2: Isolamento a ruído de impacto. Rio de Janeiro, 2022.

[5] ABNT. **NBR ISO 3382-2**: Acústica – Medição de parâmetros de acústica de salas Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns. Rio de Janeiro, 2017.

[6] ISO. **ISO 10140-3**: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 3: Measurement of impact sound insulation. Geneva, 2021.

[7] ISO. **ISO 10140-4**: Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 4: Measurement procedures and requirements. Geneva, 2021.

[8] ABNT. **NBR 10151**: Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de janeiro, 2019 (2020R).