

**ANÁLISE DA ADIÇÃO DA LÃ DE VIDRO COMO ISOLANTE ACÚSTICO PARA SISTEMA DE PISO
E FORRO EM LAJE PRÉ-FABRICADA**

**ANALYSIS OF THE ADDITION OF GLASS WOOL AS ACOUSTIC INSULANT FOR FLOORING AND
CEILING SYSTEM IN PREFABRICATED SLAB**

Luize Welter Moesch¹

Givanildo Martins de Quadros²

Mirdes Fabiana Hengen³

Caroline Maiza Dapper⁴

Resumo:

Este trabalho teve como objetivo analisar através de medições o isolamento acústico com ruído de impacto em laje pré-fabricada de bloco de EPS com a adição de lã de vidro em sistema de piso com cerâmica e sistema de forro com gesso acartonado. É apresentada uma referência bibliográfica sobre o assunto abordado, bem como a metodologia dos ensaios aplicados. As medições foram executadas em um protótipo já construído em laboratório, o qual sucedeu quinze medições para cada sistema analisado com um Medidor de Nível de Pressão Sonora, que ficaram localizados, um equipamento na parte interna e outro na parte externa para a captação do ruído. Com ferramentas estatísticas e gráficos foi realizada a análise desses resultados para encontrar a porcentagem de absorção de cada sistema. Os resultados obtidos na laje sem revestimento foram de 3,01% de absorção e, o melhor desempenho acústico foi com o sistema de piso com lã de vidro e cerâmica que obteve 8,82% de absorção do som, enquanto o sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado obteve 6,24% de absorção.

Palavras-chave: Medição, desempenho, ruído de impacto, absorção sonora.

Abstract: The objective of this work was to analyze through measurements the acoustic insulation with impact noise in a prefabricated slab of EPS block with the addition of glass wool in a ceramic flooring system and plasterboard lining system. A bibliographical reference on the subject addressed is presented, as well as the methodology of the applied tests. The measurements were performed on a prototype already built in the laboratory, which followed fifteen measurements for each system analyzed with a Sound Pressure Level Meter, which were located, one equipment in the internal part and another in the external part to capture the noise.

¹ Engenheira Civil pelo Centro Universitário FAI – UCEFF Itapiranga, Campus de Itapiranga – SC;

² Engenheiro Civil pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ, Professor e Coordenador de Curso Superior. Graduado pela, como duas especializações: Estudos Sociais e da Religião pela Universidade do Oeste de Santa Catarina -UNOESC e Espaços Celebrativo/Litúrgico e arte Sacra pela Faculdade Jesuíta de Filosofia e Teologia - FAJE. Mestrado Profissional em Políticas Sociais e Dinâmicas Regionais pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECO;

³ Engenheira Sanitarista e Ambiental Universidade Franciscana (UFN-SM), Mestre em Engenharia Civil na grande área de Construção Civil e Preservação Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria, com ênfase em concreto. Integrou o Grupo de Estudos e Pesquisas no Concreto, (GEPECON/UFSM). Possui Graduação pelo Programa Especial de Graduação (PEG/UFSM): Formação de Professores para a Educação Profissional; Atualmente, Docente no Centro Universitário FAI Faculdades de Itapiranga SC;

⁴ Engenheira Civil pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Professora de Curso Superior e Servidora Pública na Prefeitura Municipal de Vista Gaúcha. Mestrado em Modelagem Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ.

With statistical tools and graphs, the analysis of these results was carried out to find the percentage of absorption of each system. The results obtained in the uncoated slab were 3.01% of absorption, and the best acoustic performance was with the floor system with glass wool and ceramics, which obtained 8.82% of so absorption, while the lining system with glass wool and drywall obtained 6.24% absorption.

Keywords: Measurement, performance, impact noise, sound absorption.

Introdução

Com a evolução da construção civil, constantemente surgem novas técnicas, novos conceitos e novas invenções, em frente deste crescimento e competitividade se vê a necessidade de atender a demanda com novas técnicas construtivas que sejam capazes de suprir de forma eficiente, econômica e sustentável (FERREIRA, 2016; VIEIRA, 2021).

A busca por edificações com eficiência acústica é um dilema que perdura por alguns anos no âmbito da construção, com o intuito de interligar a eficiência com a sustentabilidade muitos recursos são adotados (GUIMARÃES, 2016). Esses recursos utilizados conforme Fernandes (2018) devem ser viáveis a quem for usufruí-los e os métodos adotados devem acompanhar o crescimento do âmbito da construção civil.

Desta forma, sendo visível o crescimento e a necessidade por edificações mais sustentáveis que acompanham este crescimento sempre visando o lucro, a preocupação com o acústico se torna secundária, porém, com a evolução das tecnologias o público busca cada dia mais por conforto em suas construções, dentro de suas limitações financeiras (OGAWA; FILHO; RASSI, 2014).

Com a publicação da ABNT NBR 15575-1:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho, Parte 1, a norma apresentou a preocupação com os usuários e o desempenho das edificações, onde definiu critérios quantitativos e qualitativos, analisando a segurança da estrutura, sua habitabilidade com relação ao desempenho térmico, desempenho acústico, lumínico, acessibilidade dentre outros, bem como a sustentabilidade dos mesmos.

Para tratar de conforto ou desconforto de um indivíduo na edificação, pode-se dizer que ele está relacionado com o seu bem-estar na habitação, é subjetivo para cada percepção, onde o comportamento e o costume influenciam, se tornando desigual o conceito para cada usuário. Já o desempenho pode ser medido por intermédio de análises de projetos, cálculos e até ensaios (FILHO; *et. al.*, 2019).

A construção civil tem como grande propósito de servir ao ser humano melhor condicionamento de vida, saúde e segurança, onde deve ser observado o funcionamento do

organismo, sem promover estresse ou fadiga. Independente das condições externas a arquitetura sempre deve oferecer condições compatíveis de conforto acústico (JUNIOR, 2015).

Mediante o exposto este estudo visa abordar uma análise acústica da adição da lã de vidro como isolante acústico em sistema de piso e forro em laje pré-fabricada com bloco de EPS. Em vista disto, entre os dois sistemas qual possui o melhor desempenho acústico com adição da lã de vidro e qual a influência sobre a laje sem revestimento?

Métodos

Para a efetuação deste estudo foi realizado uma análise do isolamento acústico, comparando os resultados obtidos na laje pré-fabricada com bloco de EPS com a adição de lã de vidro no sistema de piso e sistema de forro com gesso acartonado, analisando a sua influência sobre estes sistemas.

Emprego da lã de vidro sobre as lajes e revestimento cerâmico

O protótipo foi construído por Riva (2021), onde a base foi de alvenaria com bloco cerâmico de seis furos, assentados a chato e sobre eles está executada a laje pré-fabricada com EPS, onde contém a altura de 58 cm, largura de 100 cm e comprimento de 100 cm. A autora deixou um orifício no centro da vedação para realização das medições do ruído.

No primeiro momento para a aplicação da lã de vidro sobre a laje, a qual continha as dimensões de 12,50 x 0,60m e 50mm de espessura, foi realizado os devidos cortes da mesma para adequar ao tamanho do protótipo, com o auxílio de um estilete e também da tesoura os mesmos foram efetuados. Para o seu manuseio foi utilizado a vestimenta adequada, como blusa de manga comprida, máscara de proteção, luva de vaqueta, calçado fechado e óculos de proteção.

Para a colocação da cerâmica foi preparado a argamassa tipo AC II, como prevê a ABNT NBR 14081-1:2012. Conforme indicação do fabricante foi misturado em um saco de 20 kg de argamassa a quantidade de 4,40 litros de água. Com a adição do pó em um recipiente foi acrescentado em seguida a água gradualmente, misturando a todo momento com o auxílio de uma colher de pedreiro, para que seja uma argamassa sem grumos, pastosa e aderente.

Com a argamassa finalizada, foi feita a aplicação das cerâmicas com o auxílio de uma desempenadeira, assim como também foi aplicado a argamassa sobre a lâ de vidro, com isso foi possível posicionar as peças sobre a laje. Na sequência a preparação do rejunte para a finalização do piso, onde conforme indicação do fabricante foi realizada a mistura de 260 ml de água para 1 quilograma de rejunte.

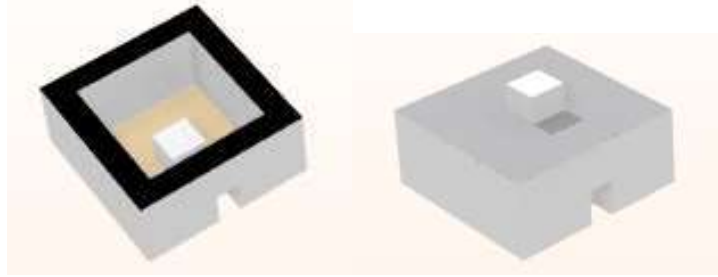
Avaliação do isolamento acústico

Os métodos utilizados nesta pesquisa foram adaptados da ABNT NBR ISO 16283-2:2021 – Acústica – Medição de campo do isolamento acústico das edificações e nos elementos de edificações e ABNT NBR 15575:2021 – Edificações habitacionais – desempenho.

Neste momento foi realizado a coleta de dados por meio de um medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro), onde foi gerado um som mecânico de impacto e que através de uma fonte sonora foi possível a medição de decibéis. A coleta de dados foi realizada 15 vezes para obter o resultado mais exato possível, sempre respeitando o período de um minuto para coleta adequada do medidor.

O primeiro procedimento é zerar os dois Medidores de Nível de Pressão Sonora e inserir na função “Lo” com ponderação “C” e ativar a função “max” do medidor, desta forma após a aplicação da batida o equipamento extraia o número máximo de decibéis ocasionado pela batida. Um deste equipamento foi inserido no interior do protótipo 10 cm abaixo da laje, ficando apoiado em blocos cerâmicos no centro da mesma, assim como na parte externa também a 10 cm da laje conforme mostra a Figura 01, inseridos através de um orifício da porta lateral, que foi vedada com uma almofada a fim de barrar qualquer ruído externo, em seguida foi inserido o outro medidor de nível de pressão sonora a 10 cm acima da laje.

Figura 01: Representação da medição interna e externa no protótipo.



Fonte: Riva (2021).

Com os dois equipamentos posicionados foi gerado um impacto sobre o piso com um martelo de borracha, após esta aplicação foi aguardado o período de um minuto para coleta de dados dos medidores.

A coleta de dados dos medidores ocorreu de forma simultânea, com o mesmo ruído de impacto gerado sobre o piso da laje. O procedimento se repetiu quinze vezes, sempre em sua função máxima para coletar os dados máximos de decibéis ocasionados pelo impacto mecânico gerado.

Foi realizado uma média dos 15 valores para o sistema de piso, sistema de forro e também do protótipo sem revestimentos, com o intuito de obter somente um valor para a medição interna e um valor para a medição externa de cada sistema. Com os resultados obtidos será comparado a fim de encontrar o diferencial entre as medições externas e internas obtidas e, desta forma localizar a porcentagem de som absorvido por cada sistema analisado.

Após a realização das medições no sistema de piso com lã de vidro e cerâmica foi realizado a retirada do mesmo para analisar a laje sem revestimento e repetir as medições. Para a coleta de dados com a laje sem revestimento, seguiu-se a metodologia já mencionada.

Emprego do forro com lã de vidro e gesso acartonado

Neste momento foi realizado a colocação do forro de gesso acartonado com a lã de vidro, onde inicialmente para prender as placas de gesso acartonado na laje foi feita a colocação de duas peças metálicas logo abaixo da mesma, onde com a perfuração da treliça já existente e com o auxílio de bucha de concreto e parafusos a mesma ficou inserida. Em

seguida foi inserido a placa de gesso acartonado e a lã de vidro, que se fixaram nas peças de metal, como pode ser verificado na Figura 02.

Figura 02: 1) Colocação do forro com lã de vidro e gesso acartonado em andamento. 2) Procedimento finalizado.



Fonte: do Autor (2022).

Com a finalização da colocação do forro com lã de vidro e gesso acartonado, foi da início as medições com o aparelho de medição de nível de pressão, seguindo o método já mencionado.

Após realizada as medições e feito as devidas comparações foi desenvolvido em forma de gráficos para melhor visualização, com o intuito de verificar a influência da lã de vidro sobre o sistema de piso e sistema de forro na laje pré-fabricada com EPS. Com o emprego de materiais isolantes nas edificações é notório que melhoram as condições de conforto, trazendo mais comodidade para a vivência dos indivíduos.

Resultados e Discussões

Resultados

Os resultados obtidos das três verificações do sistema de piso, sistema de forro, e laje sem revestimento estão evidenciados conforme o Quadro 01. Os valores obtidos são representados em dB (decibéis).

Quadro 01: Resultados obtidos pelas medições.

| Medição Interna | | | | |
|-----------------|--------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|------|
| Protótipo | Sistema de piso com lã de vidro e cerâmica | Laje sem revestimento | Sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado | |
| diç õe | 1 | 76,9 | 72,0 | 79,8 |

| | | | | |
|------------------------|----|-------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| | 2 | 74,6 | 82,7 | 77,6 |
| | 3 | 78,6 | 83,5 | 78,5 |
| | 4 | 77,6 | 75,0 | 77,4 |
| | 5 | 75,6 | 73,5 | 79,8 |
| | 6 | 79,1 | 73,4 | 78,9 |
| | 7 | 79,9 | 74,1 | 79,5 |
| | 8 | 78,8 | 77,3 | 75,7 |
| | 9 | 79,4 | 86,5 | 80,8 |
| | 10 | 82,4 | 78,7 | 79,1 |
| | 11 | 73,5 | 80,3 | 74,0 |
| | 12 | 76,9 | 81,5 | 74,6 |
| | 13 | 75,4 | 79,2 | 76,6 |
| | 14 | 78,9 | 78,5 | 78,7 |
| | 15 | 79,2 | 78,4 | 72,0 |
| Média | | 77,79 | 78,31 | 77,53 |
| Medição Externa | | | | |
| Protótipo | | Sistema de piso com lã de vidro e cerâmica | Laje sem revestimento | Sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado |
| Medições | 1 | 84,0 | 74,7 | 86,2 |
| | 2 | 83,7 | 85,2 | 83,5 |
| | 3 | 86,2 | 86,0 | 83,1 |
| | 4 | 83,9 | 76,6 | 83,8 |
| | 5 | 82,9 | 75,8 | 83,1 |
| | 6 | 84,6 | 75,9 | 84,1 |
| | 7 | 86,2 | 75,9 | 84,4 |
| | 8 | 86,4 | 78,8 | 84,8 |
| | 9 | 87,1 | 89,2 | 84,5 |
| | 10 | 87,9 | 79,6 | 84,4 |
| | 11 | 80,3 | 83,4 | 80,6 |
| | 12 | 85,2 | 84,0 | 79,6 |
| | 13 | 82,7 | 81,7 | 84,1 |
| | 14 | 86,8 | 80,9 | 83,9 |
| | 15 | 86,7 | 81,0 | 81,1 |
| Média | | 84,97 | 80,58 | 83,41 |

Fonte: do Autor (2022).

Na sequência é possível realizar o cálculo verificando a quantidade de som que cada sistema absorve.

Sistema de piso com lâ de vidro e cerâmica

O Quadro 02 expõe a porcentagem de som absorvida com base nos valores obtidos da medição interna e externa.

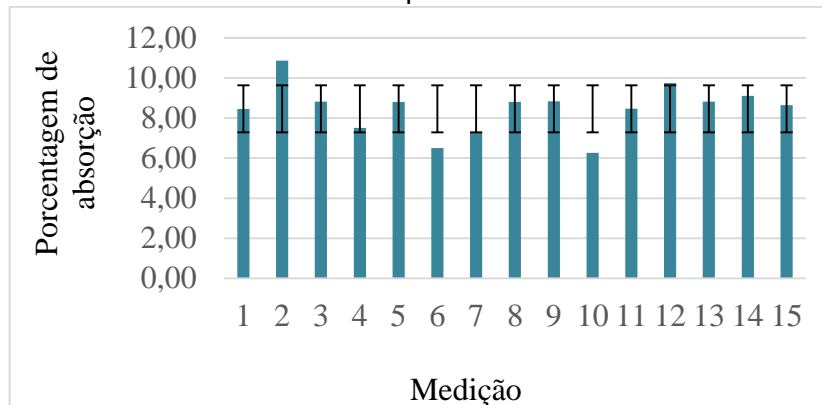
Quadro 02: Porcentagem do som absorvido pelo sistema de piso.

| Medição | Medição externa | Medição interna | Diferença entre medição ext. / int. | Porcentagem do som absorvido pela laje (%) |
|---------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | 84 | 76,9 | 7,1 | 8,45 |
| 2 | 83,7 | 74,6 | 9,1 | 10,87 |
| 3 | 86,2 | 78,6 | 7,6 | 8,82 |
| 4 | 83,9 | 77,6 | 6,3 | 7,51 |
| 5 | 82,9 | 75,6 | 7,3 | 8,81 |
| 6 | 84,6 | 79,1 | 5,5 | 6,50 |
| 7 | 86,2 | 79,9 | 6,3 | 7,31 |
| 8 | 86,4 | 78,8 | 7,6 | 8,80 |
| 9 | 87,1 | 79,4 | 7,7 | 8,84 |
| 10 | 87,9 | 82,4 | 5,5 | 6,26 |
| 11 | 80,3 | 73,5 | 6,8 | 8,47 |
| 12 | 85,2 | 76,9 | 8,3 | 9,74 |
| 13 | 82,7 | 75,4 | 7,3 | 8,83 |
| 14 | 86,8 | 78,9 | 7,9 | 9,10 |
| 15 | 86,7 | 79,2 | 7,5 | 8,65 |

Fonte: do Autor (2022).

É possível verificar a variação das medições com relação da porcentagem de som que a laje absorveu entre a aferição interna e externa, o Gráfico 1 apresenta esta variação juntamente com a barra de erros para ser possível descartar os resultados fora do desvio padrão. O desvio padrão calculado para o Quadro 02 com referência no item Porcentagem do som absorvido pelo sistema de piso é de 1,14 %.

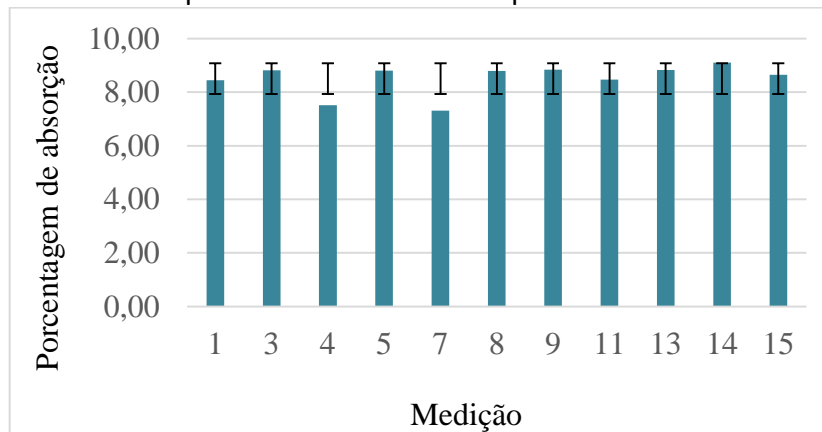
Gráfico 1: Dados: Sistema de piso com lã de vidro e cerâmica.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 1, os valores obtidos na medição 2, 6 e 10 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 15 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 2. Em relação a porcentagem do som absorvido pelo sistema de piso a porcentagem do novo desvio padrão calculado é de 0,55%.

Gráfico 2: Dados reapresentados: Sistema de piso com lã de vidro e cerâmica.

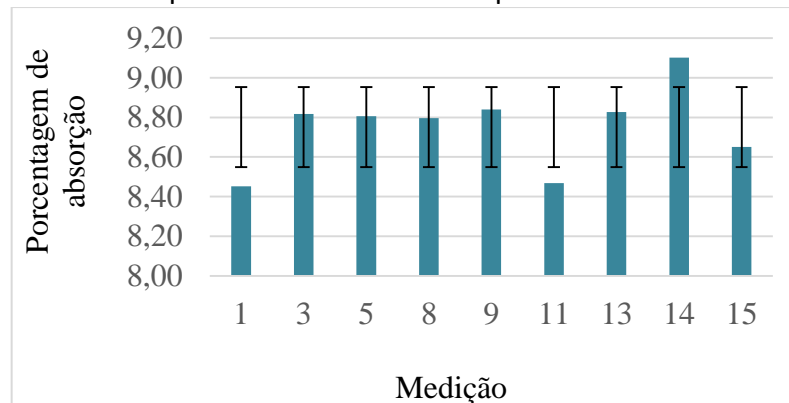


Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 2, os valores obtidos na medição 4 e 7 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 1, 3, 5, 8, 9, 11, 13, 14 e 15 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 3. Em relação a porcentagem do

som absorvido pelo sistema de piso a porcentagem do novo desvio padrão calculado é de 0,19%.

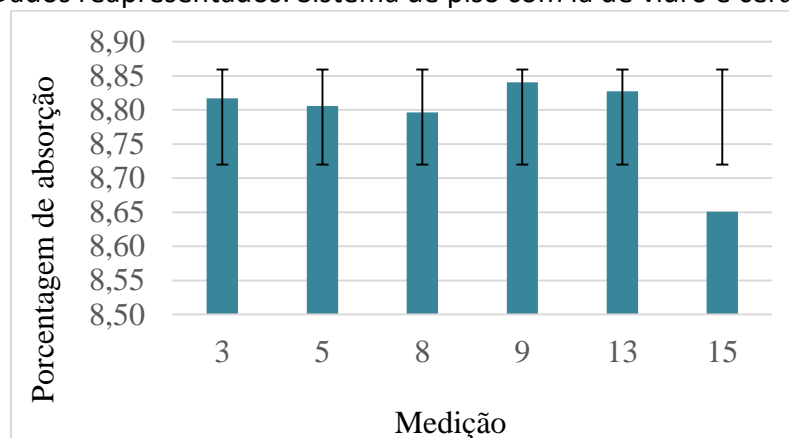
Gráfico 3: Dados rerepresentados: Sistema de piso com lã de vidro e cerâmica.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 3, os valores obtidos na medição 1, 11 e 14 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 3, 5, 8, 9, 13 e 15 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 4. Em relação a porcentagem do som absorvido pelo sistema de piso a porcentagem do novo desvio padrão calculado é de 0,06%.

Gráfico 4: Dados rerepresentados: Sistema de piso com lã de vidro e cerâmica.

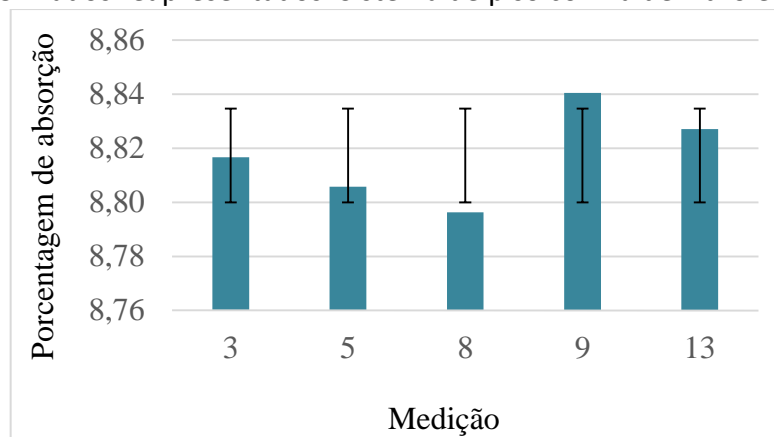


Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 4, o valor obtido na medição 15 foi descartado, pois se encontra fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 3, 5, 8, 9 e 13 que estão dentro do desvio padrão admissível,

representado novamente no Gráfico 5. Em relação a porcentagem do som absorvido pelo sistema de piso a porcentagem do novo desvio padrão calculado é de 0,02%.

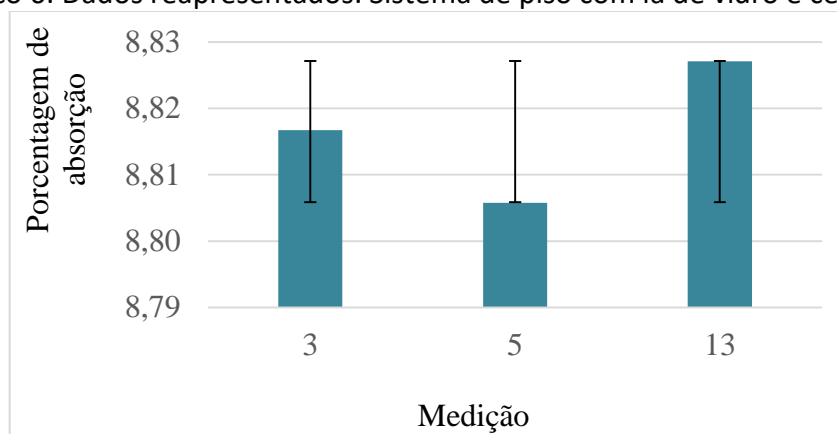
Gráfico 5: Dados reapresentados: Sistema de piso com lã de vidro e cerâmica.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 5, os valores obtidos na medição 8 e 9 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 3, 5 e 13 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 6. Em relação a porcentagem do som absorvido pelo sistema de piso a porcentagem do novo desvio padrão calculado é de 0,01%.

Gráfico 6: Dados reapresentados: Sistema de piso com lã de vidro e cerâmica.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 6, o valor obtido nas medições 3, 5 e 13 se encontram dentro do desvio padrão admissível, portanto no Quadro 03 está representado os valores empregados após feita a barra de erros.

Quadro 03: Medições utilizadas.

| Medição | Medição externa | Medição interna | Diferença entre medição ext. / int. | Porcentagem do som absorvido pela laje (%) |
|--------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| 3 | 86,2 | 78,6 | 7,6 | 8,82 |
| 5 | 82,9 | 75,6 | 7,3 | 8,81 |
| 13 | 82,7 | 75,4 | 7,3 | 8,83 |
| Média | 83,93 | 76,53 | 7,40 | 8,82 |

Fonte: do Autor (2022).

A laje com o sistema de piso com lã de vidro e cerâmica absorveu conforme apresenta o Quadro 03 a média de 8,82% do som causado pelo impacto mecânico gerado, onde 91,18% do som passou para o interior do protótipo.

Laje pré-fabricada com EPS sem revestimento

Para conferência da porcentagem de absorção do som da laje pré-fabricada com EPS sem revestimento é possível verificar conforme o Quadro 04 com os valores obtidos da medição interna e externa.

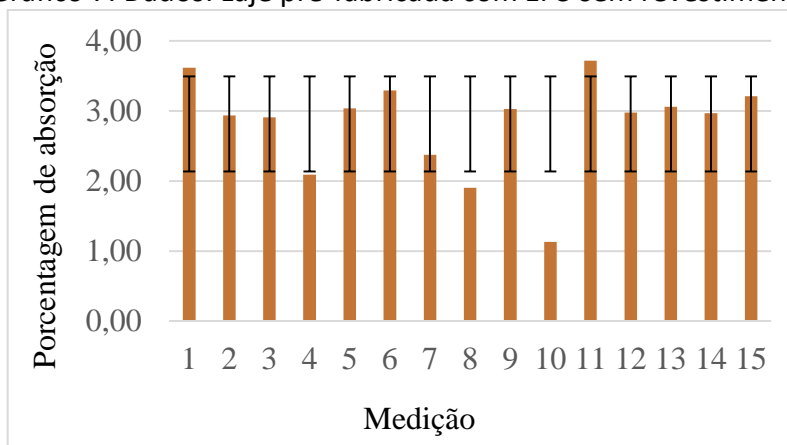
Quadro 04: Porcentagem de som absorvido pela laje.

| Medição | Medição externa | Medição interna | Diferença entre medição ext. / int. | Porcentagem do som absorvido pela laje (%) |
|-----------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | 74,7 | 72 | 2,7 | 3,61 |
| 2 | 85,2 | 82,7 | 2,5 | 2,93 |
| 3 | 86 | 83,5 | 2,5 | 2,91 |
| 4 | 76,6 | 75 | 1,6 | 2,09 |
| 5 | 75,8 | 73,5 | 2,3 | 3,03 |
| 6 | 75,9 | 73,4 | 2,5 | 3,29 |
| 7 | 75,9 | 74,1 | 1,8 | 2,37 |
| 8 | 78,8 | 77,3 | 1,5 | 1,90 |
| 9 | 89,2 | 86,5 | 2,7 | 3,03 |
| 10 | 79,6 | 78,7 | 0,9 | 1,13 |
| 11 | 83,4 | 80,3 | 3,1 | 3,72 |
| 12 | 84 | 81,5 | 2,5 | 2,98 |
| 13 | 81,7 | 79,2 | 2,5 | 3,06 |
| 14 | 80,9 | 78,5 | 2,4 | 2,97 |
| 15 | 81,0 | 78,4 | 2,6 | 3,21 |

Fonte: do Autor (2022).

É possível verificar a variação das medições com relação a porcentagem de som que a laje absorveu entre a aferição interna e externa, o Gráfico 7 apresenta esta variação juntamente com a barra de erros para ser possível descartar os resultados fora do desvio padrão. O desvio padrão calculado para o Quadro 04 com referência no item Porcentagem do som absorvido pela laje é de 0,66 %.

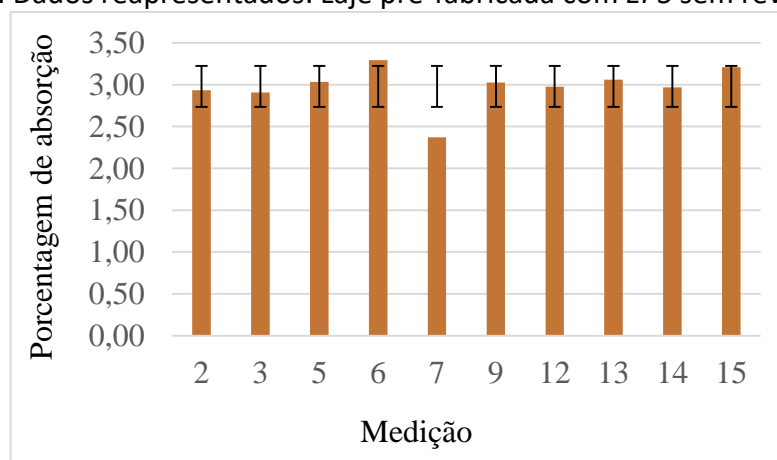
Gráfico 7: Dados: Laje pré-fabricada com EPS sem revestimento.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 7, os valores obtidos na medição 1, 4, 8, 10 e 11 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14 e 15 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 8. Em relação a porcentagem do som absorvido pela laje o desvio padrão calculado é de 0,23%.

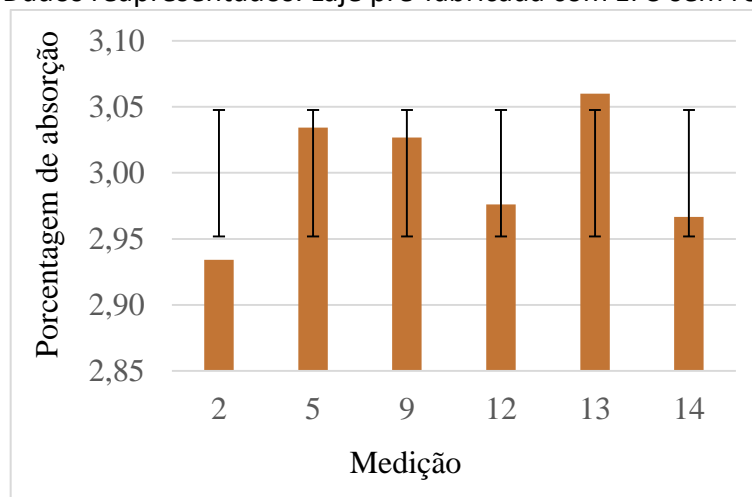
Gráfico 8: Dados reapresentados: Laje pré-fabricada com EPS sem revestimento.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 8, os valores obtidos na medição 6 e 7 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 2, 3, 5, 9, 11, 12, 13, 14 e 15 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 9. Em relação a porcentagem do som absorvido pela laje o desvio padrão calculado é de 0,04%.

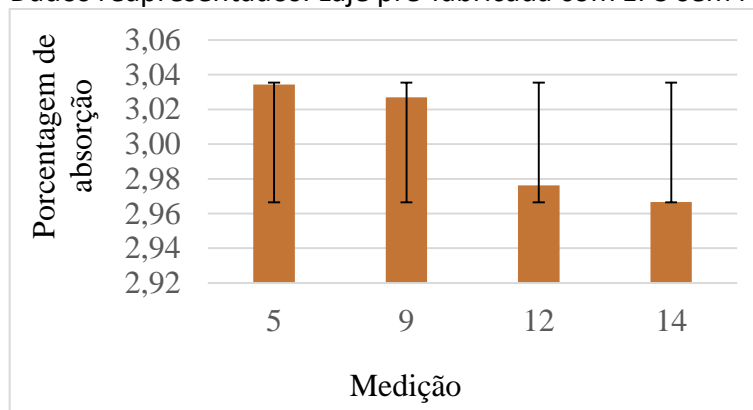
Gráfico 9: Dados reapresentados: Laje pré-fabricada com EPS sem revestimento.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 9, os valores obtidos na medição 2 e 13 foram descartados, pois se encontra fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 3, 5, 9, 11, 12, 14 e 15 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 10. Em relação a porcentagem do som absorvido pela laje o desvio padrão calculado é de 0,03%.

Gráfico 10: Dados reapresentados: Laje pré-fabricada com EPS sem revestimento.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 11, o valor obtido nas medições 5, 9, 12 e 14 se encontram dentro do desvio padrão admissível, portanto no Quadro 05 está representado os valores empregados após feita a barra de erros.

Quadro 05: Medições utilizadas.

| Medição | Medição externa | Medição interna | Diferença entre medição ext. / int. | Porcentagem do som absorvido pela laje (%) |
|--------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| 5 | 75,8 | 73,5 | 2,3 | 3,03 |
| 9 | 89,2 | 86,5 | 2,7 | 3,03 |
| 12 | 84 | 81,5 | 2,5 | 2,98 |
| 14 | 80,9 | 78,5 | 2,4 | 2,97 |
| Média | 82,48 | 80,00 | 2,48 | 3,01 |

Fonte: do Autor (2022).

A laje pré-fabricada com EPS sem revestimento absorveu conforme apresenta o Quadro 05 a média de 3,01% do som causado pelo impacto mecânico gerado, onde 96,99% do som passou para o interior do protótipo.

Sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado

Para conferência da porcentagem de absorção do som na laje com sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado é possível verificar conforme o Quadro 06 com os valores obtidos da medição interna e externa.

Quadro 06: Porcentagem do som absorvido pelo sistema de forro.

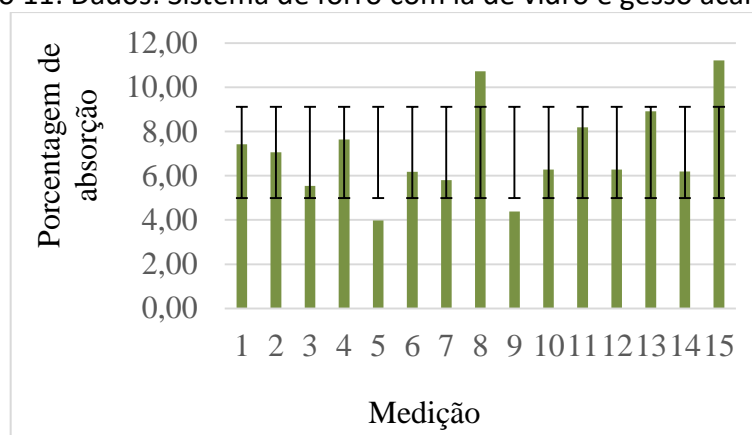
| Medição | Medição externa | Medição interna | Diferença entre medição ext. / int. | Porcentagem do som absorvido pela laje (%) |
|---------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | 86,2 | 79,8 | 6,4 | 7,42 |
| 2 | 83,5 | 77,6 | 5,9 | 7,07 |
| 3 | 83,1 | 78,5 | 4,6 | 5,54 |
| 4 | 83,8 | 77,4 | 6,4 | 7,64 |
| 5 | 83,1 | 79,8 | 3,3 | 3,97 |
| 6 | 84,1 | 78,9 | 5,2 | 6,18 |
| 7 | 84,4 | 79,5 | 4,9 | 5,81 |
| 8 | 84,8 | 75,7 | 9,1 | 10,73 |
| 9 | 84,5 | 80,8 | 3,7 | 4,38 |
| 10 | 84,4 | 79,1 | 5,3 | 6,28 |
| 11 | 80,6 | 74,0 | 6,6 | 8,19 |
| 12 | 79,6 | 74,6 | 5 | 6,28 |

| | | | | |
|-----------|------|------|-----|-------|
| 13 | 84,1 | 76,6 | 7,5 | 8,92 |
| 14 | 83,9 | 78,7 | 5,2 | 6,20 |
| 15 | 81,1 | 72,0 | 9,1 | 11,22 |

Fonte: do Autor (2022).

É possível verificar a variação das medições em relação a porcentagem de som que o sistema de forro absorveu entre a aferição interna e externa, o Gráfico 12 apresenta esta variação juntamente com a barra de erros para ser possível descartar os resultados fora do desvio padrão. O desvio padrão calculado para o Quadro 06 com referência no item Porcentagem do som absorvido pelo sistema de forro é de 1,99 %.

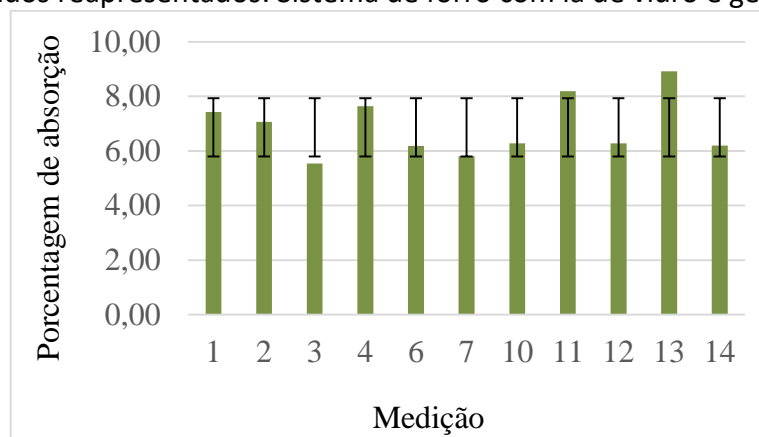
Gráfico 11: Dados: Sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 12, os valores obtidos na medição 5, 8, 9 e 15 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13 e 14 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 13. Em relação a porcentagem do som absorvido pelo sistema de forro o desvio padrão calculado é de 1,02%.

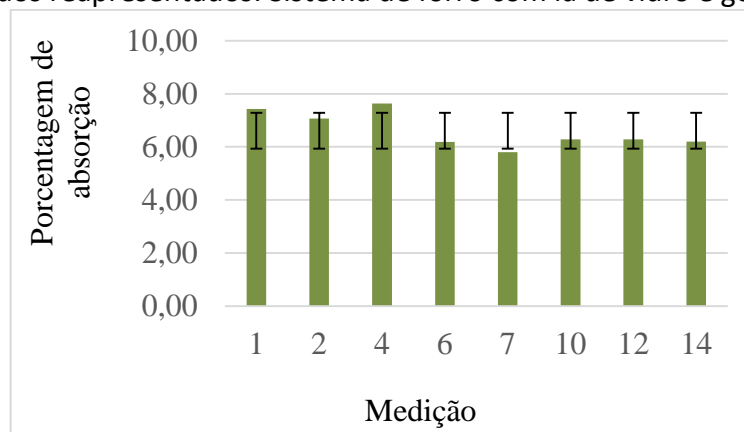
Gráfico 12: Dados reapresentados: Sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 13, os valores obtidos na medição 3, 11 e 13 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 1, 2, 4, 6, 7, 10, 12 e 14 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 14. Em relação a porcentagem do som absorvido pelo sistema de forro o desvio padrão calculado é de 0,63%.

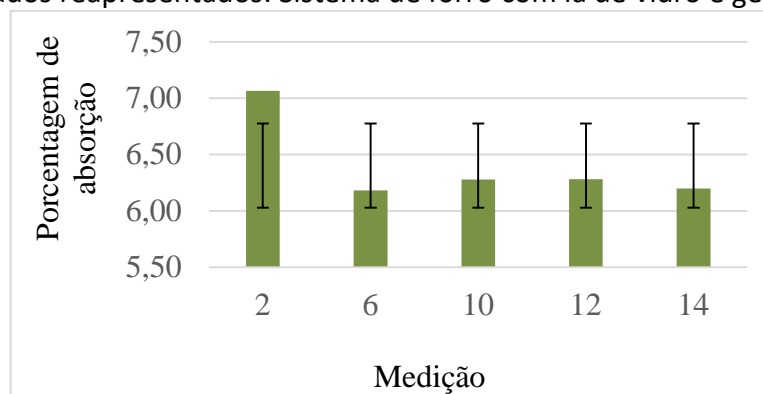
Gráfico 13: Dados reapresentados: Sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 14, os valores obtidos na medição 1, 4 e 7 foram descartados, pois se encontram fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 2, 6, 10, 12 e 14 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 15. Em relação a porcentagem do som absorvido pelo sistema de forro o desvio padrão calculado é de 0,33%.

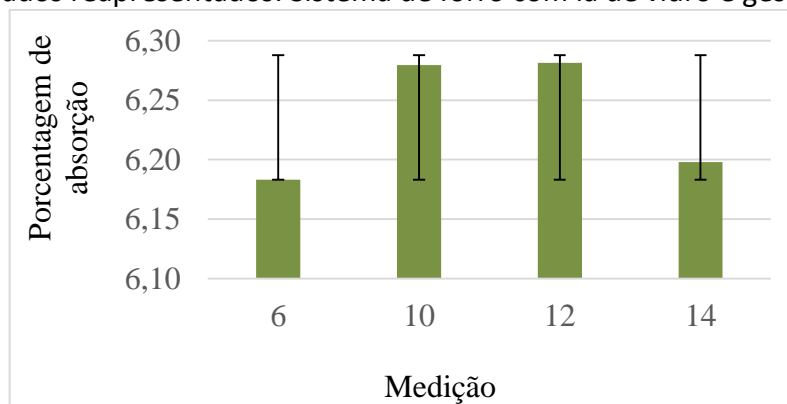
Gráfico 14: Dados reapresentados: Sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 15, o valor obtido na medição 2 foi descartado, pois se encontra fora do desvio padrão estimado, sendo considerado somente os valores da medição 6, 10, 12 e 14 que estão dentro do desvio padrão admissível, representado novamente no Gráfico 15. Em relação a porcentagem do som absorvido pelo sistema de forro o desvio padrão calculado é de 0,05%.

Gráfico 15: Dados reapresentados: Sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado.



Fonte: do Autor (2022).

Com os resultados apresentados no Gráfico 16, os valores obtidos nas medições 6, 10, 12 e 14 se encontram dentro do desvio padrão admissível, portanto no Quadro 07 está representado os valores empregados após feita a barra de erros.

Quadro 07: Medições utilizadas.

| Medição | Medição externa | Medição interna | Diferença entre medição ext. / int. | Porcentagem do som absorvido pela laje (%) |
|---------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| 6 | 84,1 | 78,9 | 5,2 | 6,18 |
| 10 | 84,4 | 79,1 | 5,3 | 6,28 |

| | | | | |
|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 12 | 79,6 | 74,6 | 5 | 6,28 |
| 14 | 83,9 | 78,7 | 5,2 | 6,20 |
| Média | 83,0 | 77,8 | 5,2 | 6,24 |

Fonte: do Autor (2022).

O sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado absorveu conforme apresenta o Quadro 07 a média de 6,24% do som causado pelo impacto mecânico gerado, onde 93,76% do som passou para o interior do protótipo.

Discussão

Os resultados obtidos estão representados no Quadro 08, conforme a média das suas porcentagens, excluindo da consideração os valores fora do desvio padrão de cada sistema analisado.

Quadro 081: Média da porcentagem de som absorvido pelos sistemas analisados.

| Tipologia do estudo | Média de Porcentagem de som absorvida |
|----------------------------|----------------------------------------------|
| Sistema de piso | 8,82 |
| Laje sem revestimento | 3,01 |
| Sistema de forro | 6,24 |

Fonte: do Autor (2022).

Todos os sistemas realizados foram executados com a mesma tipologia de laje, a qual foi laje pré-fabricada com bloco de *EPS*. Conforme demonstrado no Quadro 08 o piso com lã de vidro e cerâmica foi o que possuiu melhor isolamento acústico com o ruído de impacto em relação aos demais sistemas, tendo como média de absorção do som de 8,82%, já o forro com lã de vidro e gesso acartonado possuiu uma absorção de 6,24% do som, enquanto a laje sem revestimento possuiu 3,01%.

Conforme as medições e resultados encontrados, a laje pré-fabricada sem revestimento obteve um ganho de 2,48 dB de absorção do som, enquanto com os sistema de piso e de forro juntamente com a lã de vidro resultou em um ganho de 7,4 dB para o piso e 5,18 dB para o forro, Ribeiro e Lemos (2020) realizaram um estudo em uma linha de tiro para verificar a influência da adição da lã de vidro na cabine, onde ela representou um ganho de 3 dB, desta forma se justifica os resultados encontrados com a adição da lã de vidro na presente pesquisa. É possível verificar este ganho conforme o Quadro 09.

Quadro 092: Comparativo de resultados entre os sistemas analisados com a lã de vidro.

| do Autor (2022) | | | Ribeiro e Lemos (2020) |
|-----------------|---------|---------|---------------------------------------|
| Laje | Piso | Forro | ganho com a utilização da lã de vidro |
| 2,48 dB | 7,40 dB | 5,18 dB | 3,00 dB |

Fonte: do Autor (2022).

Um estudo similar de Queiroga (2020), onde visando a redução de ruído de impacto em sistema de forro com gesso acartonado a autora utilizou a lã de vidro ensacada com polietileno, na sua execução foi utilizado uma máquina de batida com fonte de impacto para geração do ruído, onde possui cinco martelos de 500 g cada caindo a uma altura de 4 cm e opera a uma frequência de 10 Hz, sendo 2 Hz por martelo. Os resultados obtidos pela autora com o sistema convencional de forro obteve um isolamento de 8 dB com o ruído de impacto, já com a adição da lã de vidro de 50 mm obteve um ganho potencial de 2 dB desse isolamento. Enquanto na presente pesquisa, o teste com sistema de forro de gesso acartonado com lã de vidro obteve-se um ganho de 5,18 dB entre a medição externa para a interna, representando 6,24% de absorção do som pelo sistema, é possível visualizar conforme o Quadro 10 os resultados encontrados.

Quadro 30: Comparativo de resultados do sistema de forro.

| do Autor (2022) | Queiroga (2020) | |
|----------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| Forro + lã de vidro + gesso acartonado | Forro + gesso acartonado | Forro + gesso acartonado + lã de vidro ensacada |
| 5,18 dB | 8,00 dB | 10,00 dB |

Fonte: do Autor (2022).

Ao comparar os dados informados as diferenças encontradas podem ser influenciadas pelas múltiplas pluralidades entre as duas análises, podendo ser em decorrência do ambiente analisado, onde realizou o teste em uma câmara acústica adaptada, com pé direito entre 240 e 250 cm, e no presente estudo foi em um protótipo construído, com pé direito final de 40 cm. A lã de vidro que a autora utilizou também foi ensacada com polietileno e já no referido ensaio foi lã de vidro não ensacada, em sua forma natural.

O resultado das medições encontrados para o forro com lã de vidro e gesso acartonado foi de 5,18 dB de absorção, enquanto a laje sem revestimento obteve 2,48 dB, desta forma o sistema de forro representa um ganho de 2,7 dB ao comparado a laje sem revestimento. Um estudo realizado por Santos (2020) obteve um ganho semelhante ao comparar a manta de lã de pet ao instalada no entreforro do gesso acartonado com a laje pré-fabricada, seu ganho foi de 3 dB no isolamento. Conforme o Quadro 11 é possível verificar os valores encontrados.

Quadro 11: Comparativo de resultados do sistema de forro.

| do Autor (2022) | Santos (2020) |
|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Forro + lã de vidro + gesso acartonado | Forro + lã de pet + gesso acartonado |
| 2,7 dB | 3,0 dB |

Fonte: do Autor (2022).

Os resultados encontrados para o sistema de piso com lã de vidro e revestimento cerâmico encontrou 8,82% de absorção, esse resultado é semelhante ao teste realizado por Haas (2019), onde faz uma comparação de laje em osso sem regularização com a adição de contrapiso de 4 cm, obteve uma melhora de 7 dB e, com a adição de 1 cm de revestimento cerâmico obteve mais 1 dB, tendo desta maneira uma porcentagem de absorção de 8,79% para o sistema de piso.

Pereyron (2008) também realizou uma pesquisa com isolamento acústico em lajes, onde a laje pré-moldada convencional sem revestimentos obteve um desempenho de 69 dB, enquanto com a adição de contrapiso de regularização e acabamento de piso com laminado de madeira passou para um desempenho de 61 dB, portanto um ganho correspondente de 8 dB. O que justifica os resultados obtidos na presente pesquisa, onde a média encontrada de absorção do som da laje sem revestimento foi de 2,6 dB, enquanto da laje com o sistema de piso foi de 7,4 dB (Quadro 12), desta forma é possível verificar a absorção do som somente do sistema de piso de 4,8 dB.

Quadro 12: Comparativo de resultados do sistema de piso.

| do Autor (2022) | | Haas (2019) | | Pereyron (2008) | |
|--------------------------------------------|--------|-------------------------------------------|------|-------------------------------------------|------|
| Laje | 2,6 dB | Laje + contrapiso | 7 dB | Laje + contrapiso + revestimento cerâmico | 8 dB |
| Laje + lã de vidro + revestimento cerâmico | 7,4 dB | Laje + contrapiso + revestimento cerâmico | 8 dB | | |

Fonte: do Autor (2022).

Entre as duas pesquisas analisadas, a diferença de valores encontradas pode se dar ao fato de que foi utilizado diferentes formas de regularização do piso, enquanto o autor mencionado fez a utilização de contrapiso e revestimento com piso laminado de madeira e, na presente pesquisa foi utilizado lã de vidro e piso de cerâmica.

Para a laje sem revestimento a média de absorção do som encontrada na presente pesquisa foi de 2,48 dB representando 3,01%, já em um estudo realizado por Riva (2021) obteve resultados semelhantes quanto ao desempenho acústico de lajes com ruído de impacto, a média de absorção encontrada pela autora foi de 2,3 dB, tendo uma porcentagem de absorção de 2,82%. Ela realizou um total de dez ensaios, tendo um desvio padrão inicial de 1,02%, sendo maior que o desvio padrão de 0,66% dos quinze ensaios realizados pela presente pesquisa, dando a diferença final de absorção do som.

Quadro 13: Comparativo de resultados da laje sem revestimento.

| do Autor (2022) | | Riva (2021) | |
|-----------------------|---------|--------------------------|---------|
| Laje com bloco de EPS | 2,48 dB | Laje maciça | 1,05 dB |
| | | Laje com tavela cerâmica | 0,4 dB |
| | | Laje com bloco de EPS | 2,3 dB |

Fonte: do Autor (2022).

Conforme o Quadro 13, a autora também comparou seus resultados com laje maciça e laje pré-fabricada com tavela cerâmica e encontrou, respectivamente, um ganho de 1 dB e 0,4 dB, representando uma porcentagem de absorção do som de 1,5% e 0,50%.

Considerações finais

Esta pesquisa visou encontrar a influência acústica da adição de revestimentos comparando sistema de piso com lã de vidro e cerâmica e sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado com a laje pré-fabricada com bloco de EPS sem revestimento, onde cada sistema foi executado no protótipo da laje já construído. No primeiro momento foi executado o piso com lã de vidro e cerâmica para na sequência ser feita as medições, após isto foi feito a retirada do mesmo para realização dos testes na laje sem revestimento e, então, realizado a colocação do forro para posterior as medições acústicas. Os resultados obtidos foram representados por meio de gráficos e ferramentas estatísticas para analisar o método que melhor desempenho acústico possui.

A adição da lã de vidro influenciou positivamente os dois sistemas analisados, onde com os resultados apresentados é possível verificar que o sistema de piso manifestou a melhor performance com o ruído de impacto, visto que a lã de vidro se trata de um material fibroso e que absorve a vibração gerada. Na sequência o sistema de forro com a lã de vidro e gesso acartonado também possuiu um bom desempenho acústico ao ruído de impacto em relação a laje sem revestimento.

No sistema de piso com lã de vidro e cerâmica o qual possuiu o melhor desempenho acústico, o MNPS captou externamente 83,93 dB, absorvendo 8,82% do som passando apenas 76,53 dB para a parte interna da laje. A laje sem revestimento obteve uma absorção de 3,01% do som, portanto para o piso resta uma porcentagem de 5,81% de ganho em relação a laje analisada. Por ser um ruído de impacto esse resultado se dá a vista da lã de vidro ser um material fibroso que neutraliza a vibração gerada, resultando em um melhor desempenho acústico.

Enquanto a laje de sistema de forro com lã de vidro e gesso acartonado o MNPS registrou externamente 83 dB, absorvendo 6,24% do som passando para a parte interior apenas 77,8 dB. Em relação a laje sem revestimento que obteve uma absorção de 3,01% do som, resulta em uma porcentagem de 3,23% para o forro em relação a laje. Ainda que o resultado obtido seja inferior ao do piso, pode-se considera-lo bom. A lã de vidro e o gesso acartonado absorvem o som gerado pelo impacto, porém como no piso a lã de vidro está diretamente ligada ao impacto gerado sua absorção é mais eficiente do que no forro, onde a lã de vidro se encontra abaixo da laje.

A laje pré-fabricada com bloco de *EPS* sem revestimento obteve um resultado acústico considerável, onde quando o som foi gerado sob a laje o Medidor de Nível de Pressão Sonora captou 82,48 dB externamente e 80 dB internamente, obtendo uma diferença de 2,48 dB do som, sendo representado por 3,01% de absorção. Um estudo realizado por Riva com outras tipologias de lajes, obteve com a laje pré-fabricada com bloco de *EPS* o melhor desempenho acústico, visto que é um material com uma espessura significativa e densidade que absorvem as ondas sonoras.

Este trabalho teve como principal objetivo encontrar resultados quanto a melhor solução acústica entre os sistemas de revestimentos utilizados, que gere um melhor conforto acústico para os indivíduos, visto que há poucos estudos referente os materiais

isolantes para ruídos de impactos em lajes. Os resultados encontrados ocorreram conforme o esperado, podendo ser utilizados conforme a necessidade do projeto.

Com um levantamento de preços da lã de vidro no mercado em dezembro de 2022 encontra-se para unidade de 7,5m² (12,5m x 0,6m) o preço de R\$ 162,00, o qual se utilizado em uma edificação de 150m² estaria investindo um total de R\$ 3.240,00. Assim como unidade de 15m² (12,5m x 1,2m) por um custo de R\$ 278,00 e, se utilizado na mesma edificação de 150m² seria investido um total de R\$ 2.780,00. Essa discrepância de preço se destaca pela variação das peças, que podem ser selecionadas conforme projeto dimensionado.

O Custo Unitário Básico (CUB) de Santa Catarina no mês de dezembro de 2022, tem para um Projeto Padrão Residencial Normal (R-1) o custo de R\$ 2.833,33 por metro quadrado, portanto para uma residência com padrão residencial normal com área total de 150m² teria um custo final de R\$ 424.999,50, representando para a adição da lã de vidro um investimento de menos de 1% do custo total da obra.

Dentro da construção civil há várias formas de melhorar acusticamente o ambiente, dentre todas uma delas é a adição da lã de vidro nos revestimentos, visto que sua utilização representa menos de 1% sobre o valor total da obra. Cabe ao profissional junto ao seu cliente alinhar as necessidades anteriormente ao projeto para encontrar a solução ideal de ambos e atingir os objetivos finais de isolamento.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 13753**: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro. ABNT, 2012.

_____. **NBR NM 15220-3**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.

- _____. **NBR NM 15270-1:** Componentes cerâmicos – Componentes cerâmicos. Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- _____. **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- _____. **NBR NM 15575-3:** Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- _____. **NBR ISO 16283-2:** Acústica - Medição de campo de isolamento acústico das edificações e nos elementos de edificações. Rio de Janeiro. ABNT, 2021.
- BRANDÃO, E. **Acústica de salas: projeto e modelagem.** São Paulo: Blucher, 2016.
- BRASILEIRO, I. G.; OLIVEIRA, L. L. de. **Isolamento acústico em edificações habitacionais de acordo com a NBR 15575/2013.** Centro Universitário CESMAC, Maceió – AL, 2017.
- CARASEK, H.; GIRARDI, A. C. C.; ARAÚJO, R. C.; ANGELIM, R.; CASCUDO, O. **Estudo e avaliação de agregados reciclados de resíduo de construção e demolição para argamassas de assentamento e de revestimento.** Universidade Federal de Goiás - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Goiânia – GO, 2018.
- CARNEIRO, P. C. S.; OLIVEIRA, R. D. **Desempenho termo acústico de sistemas construtivos: estudo de ferramentas aplicáveis a verificação da conformidade de habitação multifamiliar segundo requisitos da NBR 15.575/2013.** Revista Matéria. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET MG. Belo Horizonte, 2020.
- CARTAXO, A. E. **Laje pré-fabricada com armação treliçada: dimensionamento e processo construtivo.** Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Pau dos Ferros – RN, 2019.
- COSTA, A. T. da.; NASCIMENTO, F. B. C. do. **Uso de gesso acartonado em vedações internas.** Ciências Exatas e Tecnológicas. v. 2, n. 3. Maceió, 2015.
- COUTO, F. M. G. **Aplicação de procedimento para análise do desempenho acústico de pisos em unidade habitacional multifamiliar com base na NBR 15.575:2013.** Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.
- CRIVELARO, M.; PINHEIRO, A. C. da F. B. **Materiais de construção.** – 1 ed. – São Paulo – Érica, 2014.
- FERNANDES, D. **Eficiência acústica: Lã de vidro e lã de rocha como isolantes para o sistema drywall.** ANAIS – Engenharia Civil, UCEFF, 2018.

- FERREIRA, L. F. S. **Estudo de diferentes tipos de lajes em um edifício com estrutura em concreto armado**. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2016.
- GREGORIO, G. R. dos S. **Análise comparativa entre lajes lisas maciças e nervuradas**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. Ijuí, 2017.
- GUIMARÃES, F. G. **Conforto acústico das edificações: análise econômica de isolantes e das normas vigentes**. Dissertação. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto – Portugal, 2016.
- HAAS, A. **Isolamento a ruído de impacto de laje pré-fabricada nervurada composta de vigota protendidas e lajotas cerâmicas com revestimento cerâmico**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2019.
- HAAS, A.; LOURENÇO, W. M. de; SANTOS, J. C. P. dos; SANTOS, J. L. P. dos. **Isolamento ao ruído de impacto de laje pré-fabricada nervurada com vigotas protendidas e lajotas cerâmicas**. Porto Alegre – RS, 2022.
- IAZIGI, W. **A Técnica de Edificar**. – 13 ed. – São Paulo: Pini: Sinduscon, 2013.
- JUNIOR, J. A. F. **O uso de estratégias bioclimáticas para benefício do conforto térmico e economia energética das edificações**. Santa Maria - RS, 2015.
- LEMOS, R. C. **Indicadores de sustentabilidade para o setor da construção civil: uma análise a partir da percepção dos engenheiros e arquitetos em João Pessoa - PB**. Campina Grande – PG, 2016.
- LOPES, L. F. H. **Projeto de alvenaria de vedação para edificações: um estudo de caso**. Fundação Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, São Luís – MA, 2018.
- MACHADO, M. R. R.; SOUSA, P. da S.; SANTARÉM, S. dos S. **Processo construtivo de laje pré-fabricada com vigotas treliçadas**. Engenharia Civil: Inovação e tecnologia no contexto da era contemporânea. v. 4, 1 ed. Belo Horizonte: Poisson, 2022.
- MADSEN, R. B. H.; PORTO, T. B. **Estudo comparativo entre lajes nervuradas ATEX x lajes nervuradas treliçadas**. Revista Engenharia em Ação UniToledo. v. 03, n. 02. Araçatuba – SP, 2018.
- MANO, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia**. São Paulo: Blucher, 2019.
- MELO, S. de F. dos S. de. **Gestão de impactos ambientais na construção civil: práticas e desafios entre obras de infraestrutura e edificações**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão

- Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC RIO e Fundação Getúlio Vargas – FGV. Campo Grande – MS, 2017.
- MURARI, A. R. **Avaliação do desempenho termoacústico de painéis de vedação vertical em Wood Frame**. Estudo de caso: Habitação unifamiliar em São Carlos-SP. São Carlos - SP, 2018.
- OGAWA, M. O. A.; FILHO, M. C. A.; RASSI, P. F. **Isolamento acústico ao ruído de impacto em lajes de edifícios habitacionais**. Goiânia, 2014.
- OLIVEIRA, D. H.; SOARES, R. A. B.; SANTOS, V. H. D. **Comparação entre as vantagens da utilização de estrutura metálica e estrutura de concreto armado**. Braz. J. of Develop. v. 6, n.4. Curitiba, 2020.
- OLIVEIRA, F. N. **As vantagens e desvantagens do gesso acartonado na construção civil**. Centro Universitário do Norte – UNINORTE. Manaus, 2019.
- OLIVEIRA, M. F.; HEISLER, R. **Análise comparativa do isolamento acústico em diferentes geometrias: ensaios em campo e simulações computacionais**. Ambiente Construído. Porto Alegre, 2021.
- PEREYRON, D. **Estudo de tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2008.
- QUEIROGA, F. A. V. **Estratégias de redução do ruído de impacto através de intervenções no sistema de forro**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2020.
- RIBEIRO, R. T.; LEMOS, P. **Isolamento acústico em uma linha de tiro**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2020.
- RIVA, K. C. **Acústica das lajes: estudo de caso entre laje maciça e lajes pré-fabricadas**. Unidade Central de Educação FAI Faculdades, Centro Universitário FAI, UCEFF Itapiranga. Curso de Engenharia Civil. Itapiranga – SC, 2021.
- SANTOS, E. H. L. **Influência do forro de gesso acartonado no isolamento ao ruído de impacto de sistemas de pisos de laje com vigota protendidas e lajotas cerâmicas**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2020.
- VIEIRA, V. G. A. **Estudo comparativo entre laje nervurada bidirecional com formas de polipropileno e laje treliçada pré-fabricada**. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, 2021.