

ISOLAMENTO DO RUÍDO DE IMPACTO EM DIFERENTES TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS DE SISTEMAS DE PISO

Octavio A. R. Moreno (1); Léa Cristina Lucas de Souza (2); Lucas Dellosso Penteado (3)

(1) Engenheiro Civil, Pesquisador de Iniciação Científica, octavio-moreno@uol.com.br,

(2) Arquiteta, Professor Adjunto, leacrist@ufscar.br

(3) Engenheiro Civil, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, penteado.lucas@gmail.com

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Conforto e Eficiência Energética no Ambiente Construído, Rodovia Washington Luiz, km 235 - São Carlos, 13565-905, Tel.: (16)3351-9692

RESUMO

Diversas são as opções para a escolha de uma tipologia construtiva de laje. As mais comuns em edifícios residenciais e comerciais são a laje maciça, pré-moldada, nervurada e alveolar. Porém, com a norma de desempenho NBR 15.575-3:2015, questiona-se qual tipologia tem melhor desempenho em relação ao isolamento acústico. Este trabalho teve como objetivo a análise do isolamento acústico de lajes ao ruído de impacto e, posteriormente, a avaliação do nível de desempenho de cada sistema de piso. As medições realizadas *in situ* foram conduzidas de acordo com a normatização internacional ISO 16.283-2:2015 em um total de 28 ambientes. Os resultados indicaram que a laje alveolar possuiu desempenho 25%, 21% e 19% mais eficiente que a pré-moldada, nervurada e maciça, respectivamente. A melhor eficiência da laje alveolar pode ser atribuída a sua espessura, que chega a ser o dobro de algumas das anteriores. Além disso, de acordo com os critérios de desempenho da NBR 15.575-3:2015, 53,5% dos sistemas de pisos obtiveram desempenho superior, 42,8% desempenho intermediário, 3,6% desempenho mínimo exigido pela norma. Comparando os resultados entre as mesmas tipologias, é observada uma significativa influência do revestimento aplicado no sistema de piso.

Palavras-chave: Isolamento Sonoro, Ruído de Impacto, Norma de Desempenho.

ABSTRACT

There are several ways for choosing a constructive type of slab. The most common slabs used on residential and commercial buildings are solid flat, ribbed, waffle and hollow-core slab. However, with the new performance standardization NBR 15.575-3:2015, it is questioned which typology performs better in relation to the acoustic insulation. This paper had as goal to analyze the slabs' acoustic insulation in relation to the impact noise and then the level of performance of each floor system was evaluated. The non-destructive testing was applied in accordance to the international standardization ISO 16.283-2:2015 for a total of 28 rooms. The results of the different typologies were compared and the alveolar slab had a 25%, 21% and 19% performance more efficient than the ribbed, waffle and solid flat slab respectively. The best performance of the hollow-core slab can be attributed to its thickness that is around twice the thickness of the previous ones. In addition, according to NBR 15.575-3:2015 requirements, 53,5% of the floors systems reached a superior performance, 42,8% intermediate performance, 3,6% minimum performance required by the standard. Comparing the results among the same typology families, a significant influence of the applied coating on the floor system was observed.

Keywords: Sound Insulation, Impact Sound, Performance Standard

1. INTRODUÇÃO

Com a melhora das técnicas construtivas e das matérias primas na construção civil, os elementos estruturais foram se tornando cada vez mais esbeltos. Porém, em determinado momento, tal redução dos elementos começou a reduzir a eficiência do isolamento acústico das edificações. No cenário da precarização das construções, foi desenvolvida a norma de desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013), com objetivo de aperfeiçoar a qualidade das habitações brasileiras. Esta determina parâmetros mínimos sobre a durabilidade da estrutura e se estende até exigências de acabamento. No âmbito acústico, a norma define faixas de isolamento acústico para ruídos de impacto e ruídos aéreos, e classifica seu desempenho de acordo com o nível de isolamento alcançado.

A NBR 15.575-3 (ABNT, 2013) foi um marco na normatização brasileira, pois foi a primeira norma a exigir critérios de desempenho. Isso significa que, independente da solução construtiva, o ambiente habitacional deve atender a uma série de exigências mínimas e, dependendo do desempenho auferido, pode ser classificado em mínimo, intermediário ou superior.

Segundo Bertoli e Ruschel (2014), para o atendimento dessa norma, o projetista precisa conhecer o desempenho acústico (isolamento sonoro de paredes, fachadas e o isolamento de ruídos de impacto) para que possa incorporar adequadamente os materiais aos projetos das edificações. Esse fato vem ganhando maior atenção entre os pesquisadores e novas informações sobre o desempenho acústico dos fechamentos vem sendo estudadas.

Penedo e Oiticica (2014), por exemplo, avaliaram o isolamento sonoro entre paredes de apartamentos e verificaram que os níveis de isolamento são inferiores aos recomendados por normas. Araújo et al. (2016) estudaram o isolamento de ruído de impacto em pisos e evidenciaram diferenças nos níveis de pressão sonora causadas por diferentes fontes sonoras de impacto. Esses últimos autores lembram ainda que a rigidez dos materiais e menor impedância mecânica, leva à maior transmissão do ruído de impacto. Por outro lado, quanto mais macio e resiliente seja um dos elementos, menos ruído é transmitido. Assim, para reduzir a transmissão do ruído, é necessário o emprego de técnicas construtivas, que dissipem a energia de contato.

Nessa pesquisa o foco do estudo está na transmissão de ruídos de impacto proporcionada por sistemas de pisos compostos por lajes maciças, pré-moldadas, nervuradas e alveolares, que são elementos estruturais comumente utilizados em soluções construtivas brasileiras.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é medir e avaliar o isolamento a ruídos de impacto em edificações com sistemas de pisos compostos por lajes maciças, pré-moldadas, nervuradas e alveolares. Secundariamente, procura-se classificar a qualidade do isolamento sonoro proporcionado com base nos parâmetros definidos pela normatização de desempenho em vigor, a NBR 15.575-3 (ABNT, 2013).

3. MÉTODO

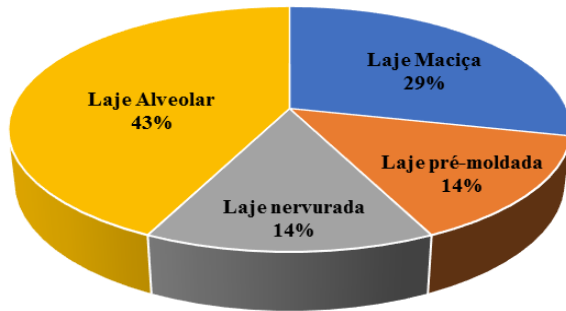
Os ensaios realizados nos locais foram executados de acordo com a norma ISO 16.823-2. No geral, o método consiste em impactar o piso para simular a geração de ruídos (ambiente emissor), simulando o ruído emitido pelo caminhar de pessoas, ou da queda de objetos, e verificar a transmissão de ruídos para o pavimento inferior (ambiente receptor).

3.1 Universo amostral

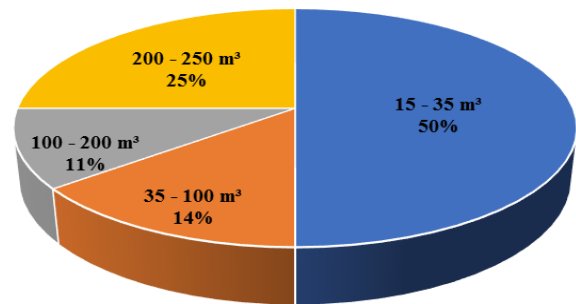
O universo amostral foi composto por edificações na região da cidade de São Carlos-SP. Os ambientes escolhidos para o ensaio foram dormitórios, no caso de edifícios residenciais, e salas de aula, no caso de edifícios institucionais. Ao todo foram realizadas 28 medições, contemplando: 8 lajes maciças, 4 pré-moldadas, 4 nervuradas e 12 alveolares (Figura 1.A).

Em relação aos volumes dos ambientes (relacionados na Figura 1.B), 14 deles variam entre 15 a 35 m³, 4 variam entre 35 a 100 m³, 3 variam entre 100 a 200 m³ e 7 variam entre 200 a 250 m³. Quanto à espessura das lajes (relacionadas na Figura 1.C), 12 delas possuem espessura de 10 a 15 centímetros, 5 variam entre 15 a 20 centímetros, 6 variam entre 20 a 25 centímetros e 5 variam entre 25 a 35 centímetros.

(A)



(B)



(C)

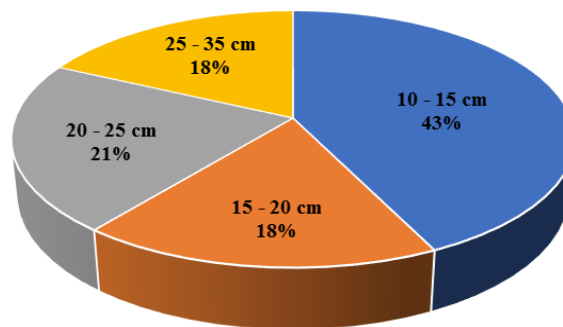


Figura 1 - Composição do universo amostral: (A) em relação a tipologia; (B) em relação ao volume dos ambientes; (C) em relação a espessura das lajes

3.2 Equipamentos utilizados

Para a medição da transmissão do ruído de impacto, foram utilizados dois equipamentos: a máquina de impacto, conhecida também como tapping machine; e um sonômetro, ambos fabricados pela empresa Brüel & Kjær e disponibilizados pelo laboratório CONFEE (Conforto e Eficiência Energética no Ambiente Construído) da Universidade Federal de São Carlos.

Para a medição do tempo de reverberação de cada ambiente, foram utilizados balões de látex e o sonômetro. A função dos balões foi criar um ruído aéreo de alta intensidade e pontual, assim possibilitando a verificação do decaimento de 60 dB no ambiente. O tempo medido durante o decaimento é o tempo adotado para a reverberação do ambiente.

3.3 Parâmetros Medidos

Para a determinação do ruído de impacto, foram medidas 3 variáveis na sala de recepção:

- L: é a pressão sonora do ruído de impacto
- B: é a pressão sonora do ruído de fundo
- T: é o tempo de reverberação do ambiente

3.3.1 Procedimentos para a medição da pressão sonora do ruído de impacto

A medição da pressão sonora do ruído de impacto foi realizada, variando-se a posição do sonômetro na sala de recepção, e alterando-se a posição da tapping machine na sala de emissão. O sonômetro e a tapping machine foram posicionados em 5 pontos distintos, totalizando 25 pontos. Em cada ponto a medição durou aproximadamente 15 segundos e foram medidos os níveis de pressão para as seguintes frequências: 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 800 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, 1600 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz e 3150 Hz.

Tanto a tapping machine como o sonômetro foram posicionados com distância maior do que 1 metro das paredes e dispostas em um ângulo de 45° em relação às paredes, sobre as lajes de piso a serem ensaiadas. Vale destacar que a máquina de impacto é constituída de 5 martelos de 500 gramas cada um, que caem em queda livre, sequencialmente até encontrar a superfície com uma frequência de 10 golpes por segundo.

Além disso, em cada posição do sonômetro, a altura deve ser variada entre 1,10 m à 1,50 m, portanto as alturas adotadas para os 5 pontos são de 1,10 m; 1,20 m; 1,30 m; 1,40 m; e 1,50 m.

3.3.2 Procedimentos para a medição da pressão sonora do ruído de fundo

A medição da pressão sonora do ruído de fundo foi realizada cada vez que a tapping machine foi reposicionada na sala. A medição durou aproximadamente 15 segundos. O nível de ruído de fundo foi medido, caso houvesse necessidade de correção do ruído de impacto padronizado. Essa correção deve ser realizada quando a diferença entre o nível de ruído de impacto e o nível de ruído de fundo se situar entre 6 dB e 10 dB, caso em que o ruído de fundo deve ser considerado nos cálculos. Caso a diferença seja menor que 6 dB, a correção não é realizada e o nível é ajustado em 1,3 dB. Caso a diferença seja maior que 10 dB, não é necessário nenhum ajuste.

3.3.3 Procedimentos para a medição de reverberação no ambiente

Para realização da medida do tempo de reverberação do ambiente, foi necessário o uso de uma fonte de som pontual, como um tiro. Para isso foi adotado o uso do estouro de bexigas (balões de ar) em um ponto do ambiente, para a verificação do tempo de decaimento do ruído do estouro. Assim, para cada posição do sonômetro, foi realizado um estouro de bexiga totalizando 6 pontos de medição no ambiente. Com a média desses resultados, foi determinado o tempo de reverberação de cada sala.

3.4 Equacionamento dos resultados

Com os valores de nível de pressão sonora medidos no ambiente de recepção, foram determinados os valores do Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado, L'_{nT} , especificado pela Equação 1. Posteriormente, esses valores foram ponderados em um único resultado, o Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado $L'_{nT,w}$, para cada série de medições, conforme a norma ISO 16.823-2 e calculado através da Equação 2. Quanto menor o $L'_{nT,w}$, melhor é o isolamento do elemento construtivo para ruídos de impacto.

$$L'_{nT} = L_i - 10 * \log \frac{T}{T_0} \text{ (dB)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

L'_{nT} é o nível de pressão sonora de impacto padronizado;

L_i é o nível de pressão sonora de impacto medido *in loco*;

T é o tempo de reverberação do ambiente;

T_0 é o tempo de reverberação de referência, onde $T_0 = 0,5$ segundos.

$$L_{nT} = 10 * \log \frac{p_1^2 + p_2^2 + p_n^2}{n * p_0^2} \text{ (dB)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

L_{nT} é o nível de pressão sonora de impacto padronizado no ambiente;

P_1, P_2, P_n , são pressões sonoras de impacto padronizado medidas em diferentes posições no ambiente de recepção;

P_0 é a pressão sonora de impacto padronizado de referência.

A determinação do nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ($L'_{nT,w}$) é obtido através da iteração entre a curva de pressão sonora de impacto padronizado com a curva de referência presente na ISO 16.283-2. A curva de referência deve ser transladada na vertical em movimentos de 1 dB para que diferença entre as duas curvas sejam o mais próximo possível de 32 dB, não ultrapassando este valor. A diferença deve ser medida entre as frequências de 100 Hz a 500 Hz. Com o ajuste da curva de referência, o valor do $L'_{nT,w}$ é extraído do ponto de 500 Hz da curva de referência. A Figura 2 exemplifica o cálculo do $L'_{nT,w}$.

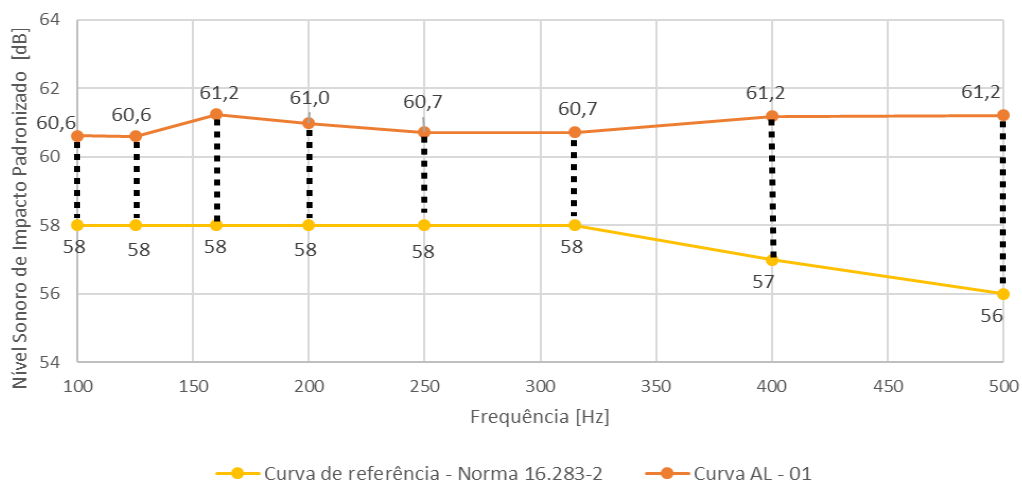


Figura 2 - Determinação do nível sonoro de impacto padronizado ponderado

Somando os valores da diferença da Tabela 1 chega-se ao valor de 26,2 dB, não ultrapassando o limite de 32 dB. Assim pode-se determinar o valor do $L'_{nT,w}$ na leitura da frequência de 500 Hz, sendo de 56 dB.

Tabela 1 - Diferença entre a curva de referência ISO 16.283 com a curva pressão sonora padronizada no ambiente

Frequência [Hz]	Diferença [dB]	Frequência [Hz]	Diferença [dB]
100	2,6	250	2,7
125	2,6	315	2,7
160	3,2	400	4,2
200	3,00	500	5,2

3.5 Faixas de desempenho

A Tabela 2 segue os parâmetros da NBR 15.575-3 de classificação dos valores de desempenho de isolamento acústico para ruídos de impacto, a ser cumprido pelo sistema de piso que separa unidades habitacionais e sistema de piso que separa áreas de uso coletivo.

Tabela 2 - Requisitos para isolamento de ruído de impacto

Elemento	$L'_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	Mínimo
	56 a 65	Intermediário
	≤ 55	Superior
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	Mínimo
	46 a 50	Intermediário
	≤ 45	Superior

4. RESULTADOS

Para melhor apresentação dos resultados as tipologias construtivas serão apresentadas individualmente e posteriormente reunidos em um único gráfico, sendo que o recorte de dados irá abranger a faixa de ruído entre 48 dB e 85 dB, pois 26 das 28 medições se encontram neste intervalo. Logo após, as lajes são classificadas de acordo com seu desempenho de isolamento.

4.1 Laje Nervurada

Na Tabela 3 são descritas as características construtivas de cada sistema de piso. A laje nervurada estudada possui mesa de 5 cm de espessura e a altura da alma é de 18 cm, totalizando 23 cm. A curva NV-03 apresenta melhor desempenho, devido ao revestimento de madeira e a aplicação de manta acústica aplicada no edifício. Além disso, na Figura 3 é possível notar a existência de dois conjuntos de curvas com tendências distintas de comportamento. O primeiro formado por curvas com tendência ascendente, enquanto o segundo apresentou um comportamento descendente para médias e altas frequências, caracterizado pela curva NV-03.

Tabela 3 - Características construtivas sistema piso composto por laje nervurada

Nomenclatura	Tipologia construtiva	Espessura		Revestimento	Isolamento acústico
		Laje	Contrapiso		
NV - 01	Nervurada	23	2	Sem Revestimento	Inexistente
NV - 02	Nervurada	23	3	Sem Revestimento	Inexistente
NV - 03	Nervurada	23	3	Taco de madeira	Manta Vinílica
NV - 04	Nervurada	23	3	Sem Revestimento	Inexistente

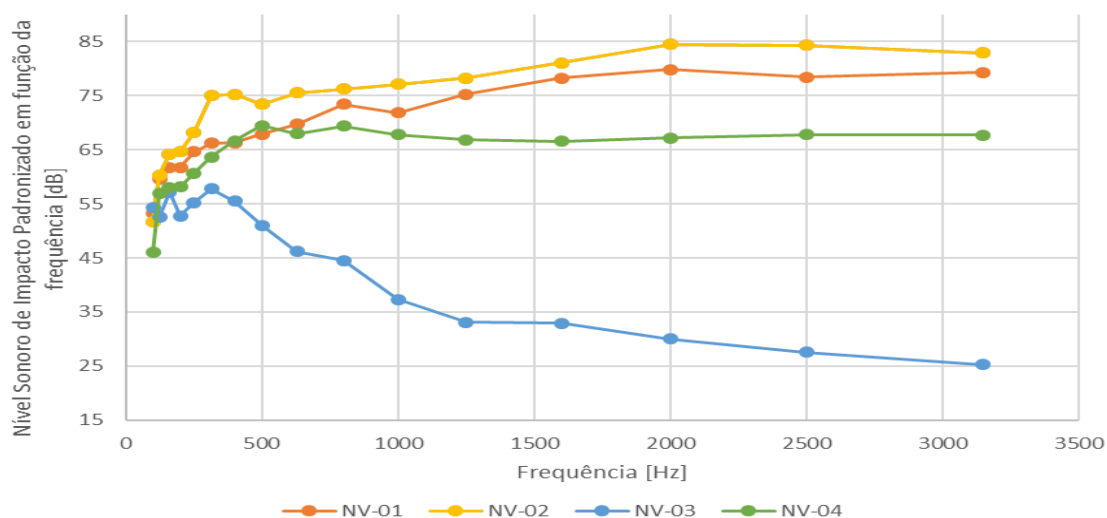


Figura 3 - Nível de pressão sonora de impacto padronizado em função da frequência em lajes nervradas

4.2 Laje Maciça

A Tabela 4, caracteriza os sistemas de pisos formados por lajes maciças. O sistema MC-02 é diferenciado de todos os outros sistemas de piso deste artigo pois o revestimento aplicado é o carpete. Como o carpete é um material resiliente e amortecedor o ruído transmitido é minimizado, este fato é exemplificado pela curva MC-02 na Figura 4.

Tabela 4 - Características construtivas sistemas de piso composto por laje maciça

Nomenclatura	Tipologia construtiva	Espessura [cm]		Revestimento	Isolamento acústico
		Laje	Contrapiso		
MC - 01	Maciça	15	5	Cerâmico	Inexistente
MC - 02	Maciça	15	5	Carpete	Inexistente
MC - 03	Maciça	12	5	Laminado	Inexistente
MC - 04	Maciça	12	5	Laminado	Inexistente
MC - 05	Maciça	12	5	Laminado	Inexistente
MC - 06	Maciça	12	5	Laminado	Inexistente
MC - 07	Maciça	12	5	Laminado	Inexistente
MC - 08	Maciça	12	5	Cerâmico	Inexistente

A Figura 4 mostra o resultado para as 8 lajes maciças avaliadas. Nota-se que, de maneira global, as curvas se mostram obedecendo a um mesmo padrão, caracterizado por um pequeno aumento dos níveis das baixas até as médias e média-altas frequências, e um decaimento a partir dessa frequência. A curva MC-02, bem abaixo da média, possui desempenho significativamente superior devido a seu revestimento aplicado, carpete.

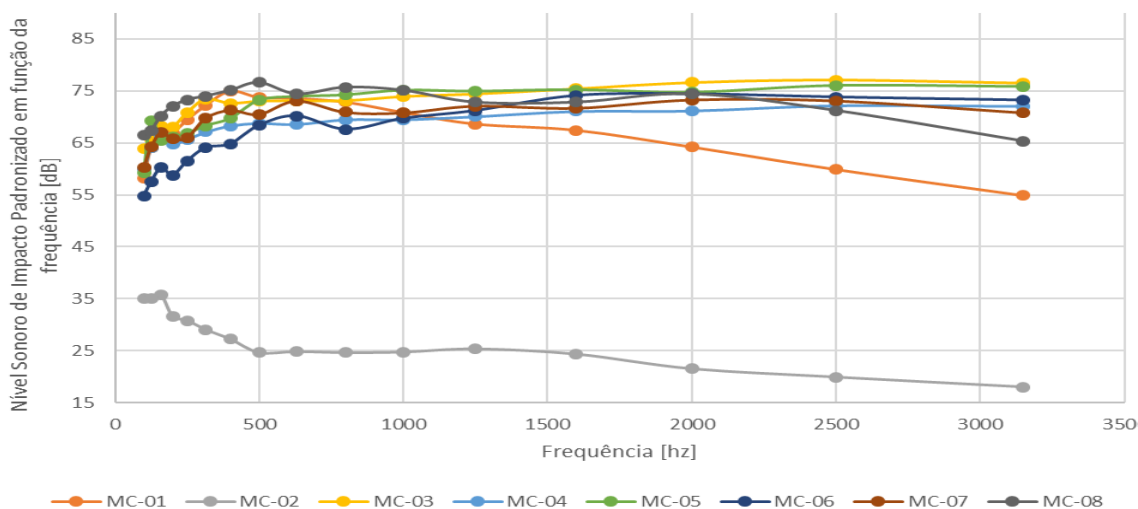


Figura 4 - Nível de pressão sonora de impacto padronizado em função da frequência em lajes maciças

4.3 Laje pré-moldada

As características construtivas dos sistemas de piso compostos por lajes pré-moldadas são descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Características construtivas sistemas de piso composto por laje pré-moldada

Nomenclatura	Tipologia construtiva	Espessura [cm]		Revestimento	Isolamento acústico
		Laje	Contrapiso		
PM - 01	Pré-Moldada	10	5	Cerâmico	Inexistente
PM - 02	Pré-Moldada	10	5	Cerâmico	Material resiliente
PM - 03	Pré-Moldada	10	5	Cerâmico	Inexistente
PM - 04	Pré-Moldada	10	5	Cerâmico	Inexistente

A Figura 5 apresenta o resultado das 4 lajes pré-moldadas avaliadas. É possível notar que há tendência dos maiores valores de nível de pressão sonora apresentarem-se próximo às frequências de 2 kHz a 3,15 kHz. A curva do apartamento PM-02 aparece em destaque na Figura 5, em razão da laje possuir uma camada de material resiliente sob o revestimento de piso, apresentando características acústicas de piso flutuante.

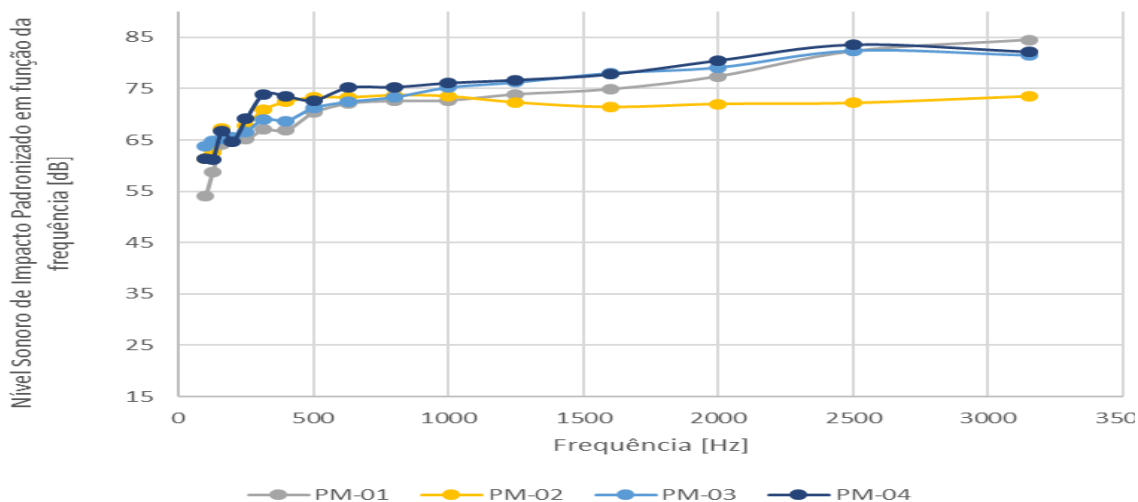


Figura 5 - Nível de pressão sonora de impacto padronizado em função da frequência em lajes pré-moldadas

4.4 Laje alveolar

Os sistemas de piso composto por lajes alveolares são caracterizados na Tabela 6. Diferentemente das tipologias anteriores, a laje alveolar possui grande espessura, variando entre 18 cm a 25 cm, contra 10 cm a 15 cm dos sistemas convencionais. (Leia-se como sistemas convencionais, as lajes maciças e, pré-moldadas). Além disso, o isolamento acústico citado na Tabela 6, é referente ao isolamento acústico aplicado no forro. O revestimento com manta vinílica atuou nos ensaios como um revestimento flutuante pois grande parte do ruído era absorvido pelo revestimento.

Tabela 6 - Características construtivas sistemas de piso composto por laje alveolar

Nomenclatura	Tipologia construtiva	Espessura [cm]		Revestimento	Isolamento acústico
		Laje	Contrapiso		
AL - 01	Alveolar	18	7	Granilite Polido	Sim
AL - 02	Alveolar	18	7	Granilite Polido	Sim
AL - 03	Alveolar	18	7	Granilite Polido	Sim
AL - 04	Alveolar	18	7	Granilite Polido	Sim
AL - 05	Alveolar	18	7	Granilite Polido	Inexistente
AL - 06	Alveolar	25	10	Granilite Polido	Inexistente
AL - 07	Alveolar	25	9	Manta Vinílica	Inexistente
AL - 08	Alveolar	25	9	Manta Vinílica	Inexistente
AL - 09	Alveolar	25	9	Manta Vinílica	Inexistente
AL - 10	Alveolar	25	9	Manta Vinílica	Inexistente
AL - 11	Alveolar	20	7	Inexistente	Inexistente
AL - 12	Alveolar	20	7	Inexistente	Inexistente

A partir da Figura 6, é possível notar a existência de dois conjuntos de curvas. O primeiro é caracterizado por curvas com uma leve ascendência, conforme a variação da frequência, e o segundo grupo é caracterizado por curvas com uma queda acentuada, a partir da frequência de 500 Hz. A diferenciação entre os dois grupos é causada pelo revestimento flutuante aplicado, manta vinílica, o que chega a causar uma melhora de aproximadamente 10 dB.

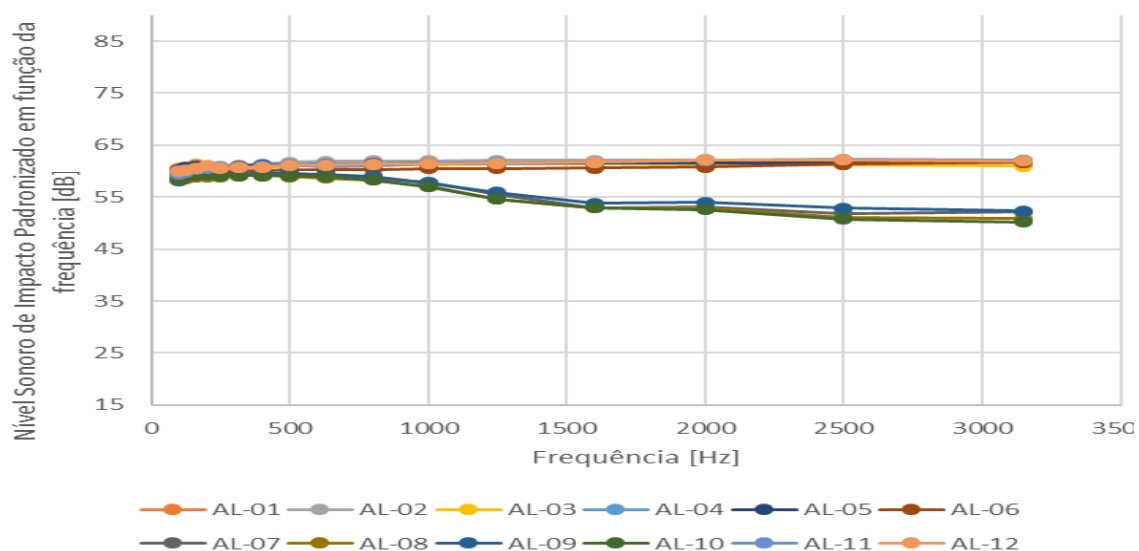


Figura 6 - Nível de pressão sonora de impacto padronizado em função da frequência em lajes alveolares

4.5 Resultado final com verificação da norma de desempenho

Na Figura 7 são representados os valores de nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado. Dentre as 4 tipologias, nota-se que os sistemas de lajes pré-moldadas e maciças apresentaram o pior

isolamento acústico, porém o melhor desempenho de sistema de piso correspondeu ao sistema de laje maciça, o que demonstra que o revestimento aplicado possui mais influência do que a tipologia construtiva.

No fundo da Figura 7 existem 3 cores que delimitam os limites de desempenho de acordo com a normatização vigente. Primeiramente, o trecho verde ilustra o intervalo de desempenho superior; acima, o trecho amarelo representa o intervalo de desempenho intermediário; o trecho vermelho claro ilustra o desempenho mínimo. De acordo com a Figura 7 e a Tabela 2, a maioria das lajes (53,5%) apresentou desempenho superior de qualidade, seguido pelo desempenho intermediário (42,8%), desempenho mínimo (3,6%).

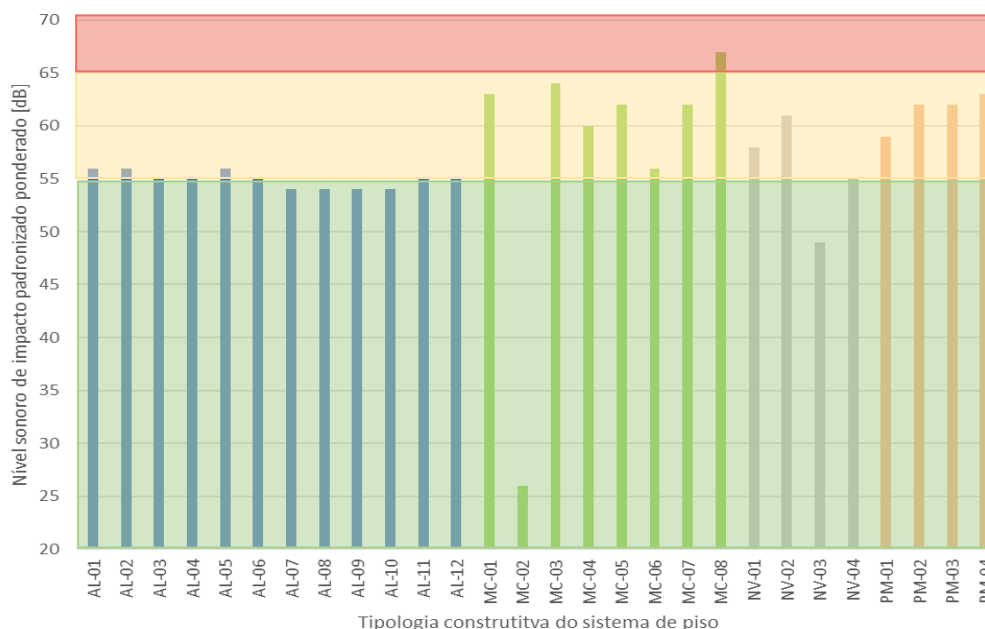


Figura 7 - Nível sonoro de impacto padronizado ponderado

Na Tabela 7, os sistemas de piso são classificados de acordo com seu nível de desempenho.

Tabela 7 - Nível de desempenho dos sistemas de piso

Laje	Desempenho	Classificação	Laje	Desempenho	Classificação	Laje	Desempenho	Classificação
	$L_{nT,w}$			$L_{nT,w}$			$L_{nT,w}$	
AL - 01	56	Intermediária	AL - 11	55	Superior	MC - 01	63	Intermediária
AL - 02	56	Intermediária	AL - 12	55	Superior	MC - 02	26	Superior
AL - 03	55	Superior	NV - 01	58	Intermediária	MC - 03	64	Intermediária
AL - 04	55	Superior	NV - 02	61	Intermediária	MC - 04	60	Intermediária
AL - 05	56	Intermediária	NV - 03	49	Superior	MC - 05	62	Intermediária
AL - 06	55	Superior	NV - 04	55	Superior	MC - 06	56	Intermediária
AL - 07	54	Superior	PM - 01	59	Intermediária	MC - 07	62	Intermediária
AL - 08	54	Superior	PM - 02	62	Intermediária	MC - 08	67	Mínimo
AL - 09	54	Superior	PM - 03	62	Intermediária			
AL - 10	54	Superior	PM - 04	63	Intermediária			

Na Figura 8 são representadas as curvas do nível de pressão sonora de impacto padronizado em função da frequência para as diversas tipologias de lajes. Verifica-se o caráter uniforme do isolamento ao ruído apresentado pelas lajes alveolares, fator que pode ser creditado a seu processo de fabricação, que é altamente controlado. Assim como na Figura 7, as cores no fundo delimitam os níveis de desempenho, o trecho verde ilustra o intervalo de desempenho superior; o trecho amarelo representa o intervalo de desempenho intermediário; o trecho vermelho claro ilustra o desempenho mínimo; e por último, é a faixa de ruído que não atende à norma.

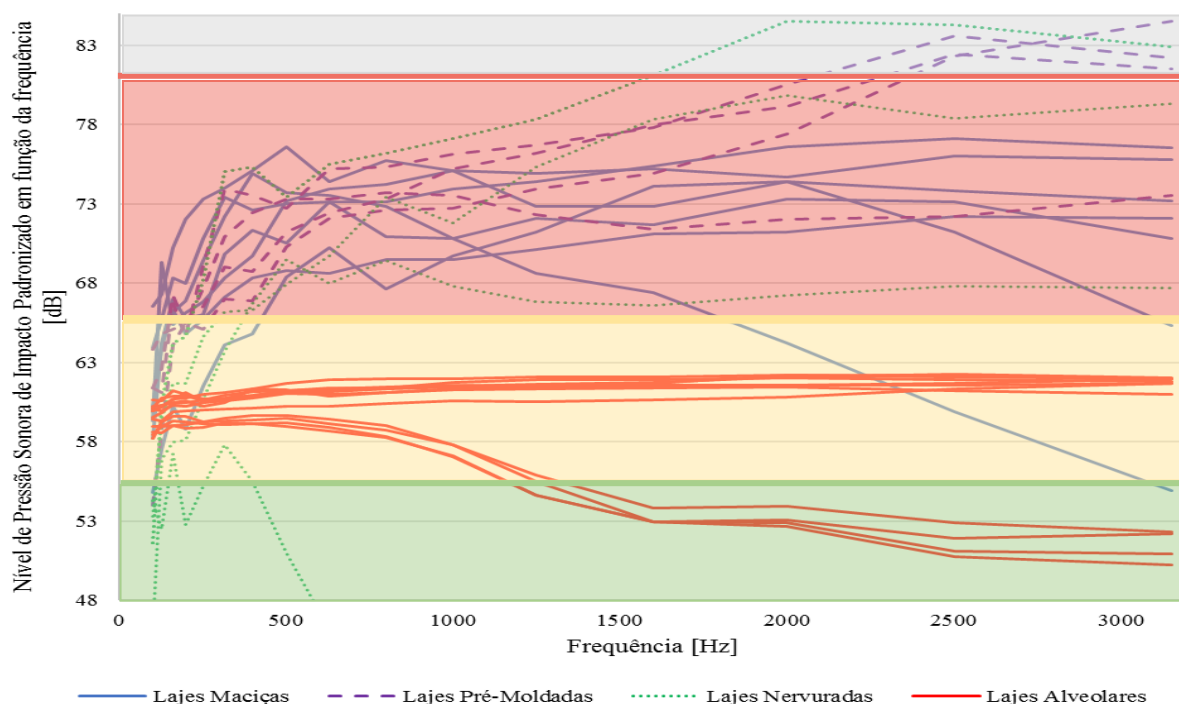


Figura 8 - Nível de pressão sonora do ruído de impacto padronizado em função da frequência para as diferentes tipologias construtivas

5. CONCLUSÕES

A pesquisa possibilitou a formação de um banco de dados sobre isolamento acústico de elementos estruturais, que poderá auxiliar qualitativamente na tomada de decisão para a construção de edifícios.

Os ensaios e o tratamento dos dados coletados foram realizados de acordo com as exigências da ISO 16.283-2. Com o nível de ruído de impacto padronizado em mãos, foi possível classificar o nível de desempenho das lajes de acordo com a NBR 15.575-3 (ABNT,2013). Os sistemas de pisos variaram entre todas as categorias de desempenho, principalmente entre desempenho superior e intermediário.

Contudo, foi verificado que o revestimento da laje possui grande influência na transmissão do ruído de impacto. Elementos com espessuras semelhantes apresentaram resultados destoantes quando havia algum tratamento acústico no sistema de piso, seja o tratamento de piso flutuante ou de mantas acústicas.

Uma questão interessante para próximas pesquisas seria verificar a influência da espessura da laje alveolar no desempenho acústico de um sistema de piso. Pois fatores que aumentam o isolamento acústico são, em maior grau, a densidade do material e a espessura. Como a laje alveolar possui alvéolos com ar, a densidade do elemento laje diminui, sendo importante verificar se a espessura da laje com condições similares de revestimento aumentaria o desempenho acústico do sistema de piso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais – Parte III. Rio de Janeiro, 2013.
- ARAÚJO, A. M. S.; PAUL, S.; VERGARA, E. F. Isolamento do ruído de impacto de pisos em baixa frequência com fontes normalizada e não normalizada. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 163-174, 2016.
- BERTOLI, S.R.; RUSCHEL, R. C.. Editorial: Qualidade acústica do ambiente construído. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 5, n. 2, p.5-6, 2014.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16.283**: Acoustics – Field Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation, 2015.
- PENEDO, R. C. T. ; OITICICA, M. Lúcia G. Isolamento sonoro aéreo de partições verticais da sala de estar de um apartamento em Maceió-AL Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 5, n. 2, p. 7-14, 2014.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelos diferentes auxílios disponibilizados durante a realização dessa pesquisa.