

AValiação DO RuÍDO DE IMPACTO EM SISTEMA DE PISOS DE EDIFICAÇÕES COM LAJES PRÉ-MOLDADAS EM JOÃO PESSOA – PB

Alan Marques da Silva Minervino (Universidade Federal de Campina Grande)
alanmarquessm@gmail.com

Daniel Augusto de Moura Pereira (Universidade Federal de Campina Grande)
danielmoura@ufcg.edu.br

Resumo

O nível de ruído de impacto nos edifícios construídos é de grande importância quando se trata do conforto acústico dos moradores. Neste sentido, o objetivo desse estudo foi indicar, qualitativamente, os fatores e características construtivas que influenciam o ruído de impacto em edificações de acordo com a norma de desempenho de edificações habitacionais NBR 15575/2013. Esse estudo foi desenvolvido em dois edifícios, em construção, com laje do tipo pré-moldada, na cidade de João Pessoa-PB. Os resultados obtidos indicam que se um edifício com laje do tipo pré-moldada for construído nos padrões construtivos estabelecidos nesse trabalho é esperado que o desempenho do sistema de pisos desse edifício seja classificado entre mínimo, portanto, dentro do limite mínimo estabelecido pela norma de desempenho de edificações habitacionais supracitada.

Palavra-Chave. Conforto Acústico. Edifícios. Laje pré-moldada.

1 Introdução

Queiroz e Viveiros (2008) argumentam que os grandes centros urbanos passaram por diversas e significativas mudanças em sua arquitetura, com destaque para o melhor aproveitamento de espaços verticalizando as edificações habitacionais. Eles ainda falam que, em conjunto com essa evolução, a redução dos custos na produção e desenvolvimentos está sendo de grande importância nos dias atuais no setor produtivo, que se entende como consequência diminuição das espessuras e que culmina com a diminuição das estruturas entre partições de ambientes. Os mesmos autores definem que as paredes, fachadas, divisórias e lajes menos espessas e/ou constituídas de materiais menos densos, acarretam maior transmissão sonora entre os ambientes. Esse processo é observado pelo ponto de vista da qualidade acústica das habitações, indo em oposição ao bem-estar da população (QUEIROZ e VIVEIROS, 2008).

Por outro lado, a percepção das empresas em relação à qualidade dos serviços prestados no setor da construção civil é de que havia a necessidade de aprimoramento, sobretudo no que diz respeito a qualidade do ambiente construído, assim mudando o entendimento em relação ao conforto ambiental e segurança a acerca das edificações. Neste sentido, a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 15575/2013 - Edificações Habitacionais, determina critérios de segurança, de habitabilidade, de sustentabilidade e desempenho em edificações residenciais, determinando requisitos específicos para cada sistema que compõe uma edificação habitacional, tais como de estrutura, pisos, vedações, coberturas e hidráulicos, portanto, permitindo ao morador identificar a responsabilidade em caso de problemas, representando uma verdadeira revolução na construção civil.

De acordo com Machado (2003), as análises de ruído de impacto em pisos no Brasil ainda são pouco exploradas. Mas há alguns pesquisadores e empresas que vem estudando esse tema relacionado ao ambiente construtivo. Em outros países, o ruído de impacto vem sendo bastante estudo e abordado por diversos trabalhos científicos (TADEU et al, 2007), ressaltando também que os sistemas construtivos dos pisos no Brasil têm suas particularidades, sendo que os dados obtidos no âmbito internacional não se aplicam aqui. Sendo assim, esse trabalho procurou buscar parâmetros construtivos nos sistemas de lajes pré-moldadas, afim de definir requisitos mínimos para construção que se enquadrem na norma vigente.

Portanto, o isolamento do ruído de impacto em pisos de edificações é de grande interesse para garantir condições de habitabilidade e salubridade acústica em ambientes residenciais, também sendo um fator econômico determinante na aquisição de habitações. Logo, o objetivo deste trabalho é analisar os fatores que influenciam a transmissão de ruído de lajes pré-moldadas, utilizando como objeto de estudo dois edifícios na cidade de João Pessoa-PB.

2 Ruído

O ruído é definido por Almeida (1982) como uma expressão de uma sensação subjetiva auditiva, sendo originada por vibrações e propagada através de meios sólidos, líquidos ou gasosos, com velocidades que são diferentes, segundo o meio empregado em sua propagação; psicologicamente, entendemos por ruído uma sensação auditiva desagradável.

Há casos em que o som é confundido com ruído, alguns autores definem o som como algo prazeroso. Santos, Matos e Azevedo (1994) definem som e ruído como termos geralmente utilizados de diferentes formas, porém, normalmente, som é usado para as sensações prazerosas, como fala ou música e ruído, para descrever um som indesejável como buzina, barulho de trânsito e máquinas. Para um som ser captado, é preciso que ele esteja dentro da faixa de frequência captável pelo ouvido humano, essa faixa varia em média de 16 a 20.000 Hz.

É fato que o ruído é o motivo de alguns efeitos ao corpo humano, esses efeitos podem ser observados de várias maneiras, como: Perda de audição e aumento da pressão sanguínea. A exposição a longo prazo ao ruído pode afetar o sistema nervoso e causar sobrecarga ao coração. Alguns estudos e pesquisas do *Institute of Environment and Health* apontam que essas alterações podem ocasionar algumas consequências, como: Nervosismo, fadiga mental, frustração e prejuízo na produtividade. Existem queixas no que diz respeito a dificuldades mentais e emocionais que se manifestam como irritabilidade, fadiga, mau ajustamento em situações diferentes e conflitos sociais entre operários expostos ao ruído. Essa situação causa preocupação, tendo em vista a agressão direta e cumulativa que possa afetar à saúde das futuras gerações, considerando a degradação dos ambientes residenciais, sociais e de aprendizagem (NARDI et al., 2008).

Por sua vez, o ruído estrutural é originado a partir vibrações oriundas de impactos dinâmicos de várias naturezas, em algum componente que formam as edificações. As superfícies das edificações trabalham como amplificadores dos sons gerados por vibração (MEHTA et al, 1999). Logo, o ruído de impacto é resultado de atritos em curta duração e repetitivos. Exemplos clássicos de ruído de impacto são pessoas caminhando, batendo um prego com um martelo, dançando ou pulando.

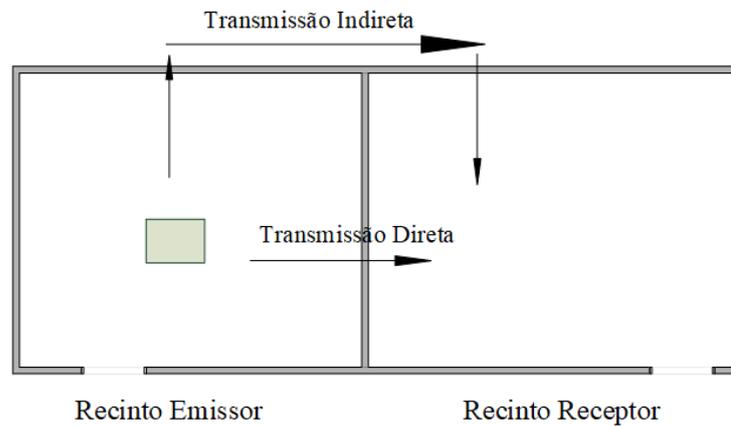
2.1 Transmissão de Ruído

Segundo Silva (1997), existem três maneiras para que a transmissão de ruído se propague em um ambiente, a saber:

- Pela passagem direta via parede ou painel;
- Pela passagem indireta, sendo flanqueado;
- e pelas frestas próximas a pilares, lajes e/ou paredes confluentes; por janelas, aberturas, portas, dutos de ar, tubos de água, eletrodutos, ou por entre forros e entrepisos.

A Figura 1 ilustra os processos de transmissão direta e indireta do ruído.

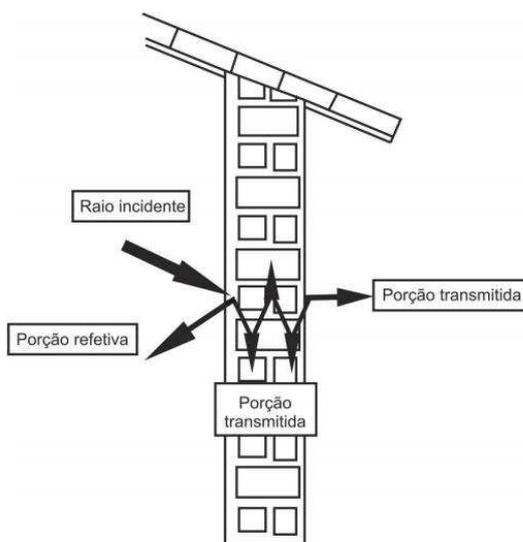
Figura 1 - Esquema de transmissão direta e indireta de ruído



Fonte: Os Autores (2018)

A Figura 2 ilustra um processo de transmissão de ruído em um determinado ambiente construído. Há ocorrência do som em alguma determinada superfície. Uma parte é refletida e outra parte é absorvida. Essa energia absorvida é desvanecida em forma de vibração mecânica que gera o ruído.

Figura 2 – Exemplo de transmissão de ruído em ambiente construído



Fonte: Souza (2006)

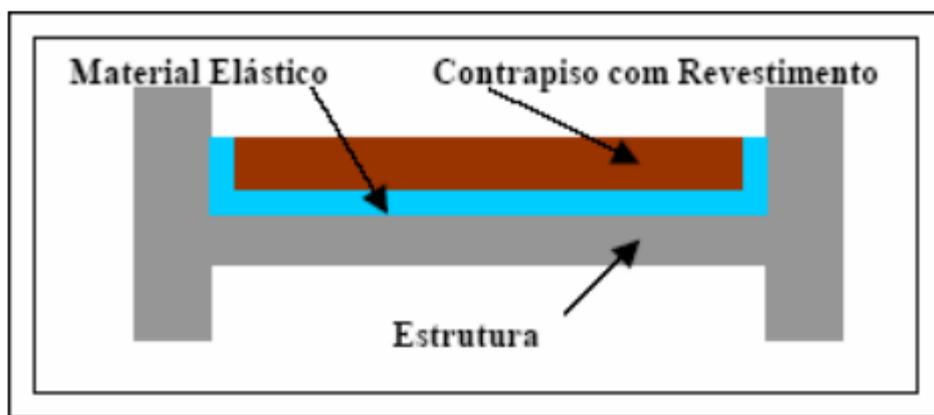
Patrício (2008) salienta que ruído de impacto se propaga por toda a edificação construída devido a sua rigidez nas ligações ao longo de todo o edifício, por esse motivo, a propagação é facilitada ao longo de toda malha definidora dos espaços de utilização, gerando campos sonoros, ocasionalmente intensos em compartimentos razoavelmente distantes do local de origem da excitação.

2.2 Isolamento Acústico do ruído de impacto

De acordo com Sousa et al., (2006), a forma de tratamento para reduzir ruídos varia com o seu tipo e as fontes de ruído, que podem ser propagadas tanto sob a forma de ruídos aéreos quanto de ruídos transmitidos por vibrações de sólido por impacto. Por exemplo: um material isolante (resiliente) aplicado sobre uma parede reduz o nível sonoro transmitido para outro ambiente, e um material absorvente aplicado sobre a mesma parede regulam a quantidade de absorção do som dentro do próprio ambiente.

De acordo com Brondani (1999), os materiais resilientes recomendados para pisos flutuantes são: espuma de polietileno; lã de vidro; borracha com baixa densidade; poliéster e poliestireno expandido elastizado. Além do mais, esse tipo de material resiliente tem que apresentar uma boa resistência mecânica, ter boa resistência química, ser incombustível e ser elástico, ou seja, ter baixa rigidez dinâmica (MÉNDEZ et al., 1995). A Figura 3 é mostra um esquema de sistema de piso flutuante, entre o contra piso e a laje.

Figura 3 - Esquema de piso flutuante



Fonte: Hax (2002)

2.5 NBR 15575/2013

As normas, ABNT NBR 15575:2013 foram publicadas como um grupo normativo que assimila seis partes descritas, tendo a primeira como relacionado a requisitos gerais e as outras referentes aos sistemas estruturais, aos sistemas de pisos, aos sistemas de vedações verticais internas e externas, aos sistemas de coberturas e sistemas hidrosanitários, respectivamente. Vários outros elementos e sistemas construtivos não estiveram relacionada diretamente, considerados no atual estágio da norma. (CBIC, 2013).

Neste sentido, a NBR 15575-3 visa alavancar tecnicamente a qualidade requerida e a oferta de moradias, ao estabelecer regras para avaliação do desempenho de imóveis habitacionais, auxiliando nas análises que definem o financiamento de imóveis e possibilitando adequações nos procedimentos de execução, uso e manutenção dos imóveis. A Parte 3 da ABNT NBR 15575 trata do desempenho do sistema de pisos, destinados para área de uso privativo ou de uso comum, com a inclusão dos elementos e componentes. A segurança em uso de um sistema de piso é um requisito que cada vez mais tem atraído a atenção da comunidade técnica relacionada à produção do ambiente construído

Os valores normativos para o isolamento de ruído de impacto são obtidos por meio de ensaios realizados em campo para o sistema construtivo. Neste sentido, ela referencia dois métodos para avaliar o sistema construtivo: método de engenharia – realizado em campo – e método simplificado de campo. O método da engenharia determina, em campo, de forma rigorosa, o nível de pressão sonora de impacto padrão em sistema de piso entre unidades autônomas, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema. O método de avaliação é descrito na norma ISO 16283- 2:2013. Já o método simplificado permite obter uma

estimativa do isolamento sonoro de ruído aéreo e o nível de pressão sonora de impacto padrão em sistema de piso, em situações nas quais não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído ambiente não permitem obter este parâmetro.

De acordo com Pereira (2018), o anexo E da NBR 15575/2013-3 indica os valores para classificar o desempenho acústico de ruído de impacto oferecido pelos pisos, sabendo que: (M) mínimo; (I) Intermediário e (S) Superior, sendo que o valor mínimo (M) é o valor exigido. Os valores mínimos de desempenho do sistema de piso avaliado são indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores mínimos de desempenho de sistema de piso

Elemento	L'_{nTw} (dB)	Nível de desempenho
Sistemas de pisos separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	M
	56 a 65	I
	≤ 55	S
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, <i>como home theater</i> , salas de ginásticas, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestuários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	M
	46 a 50	I
	≤ 45	S

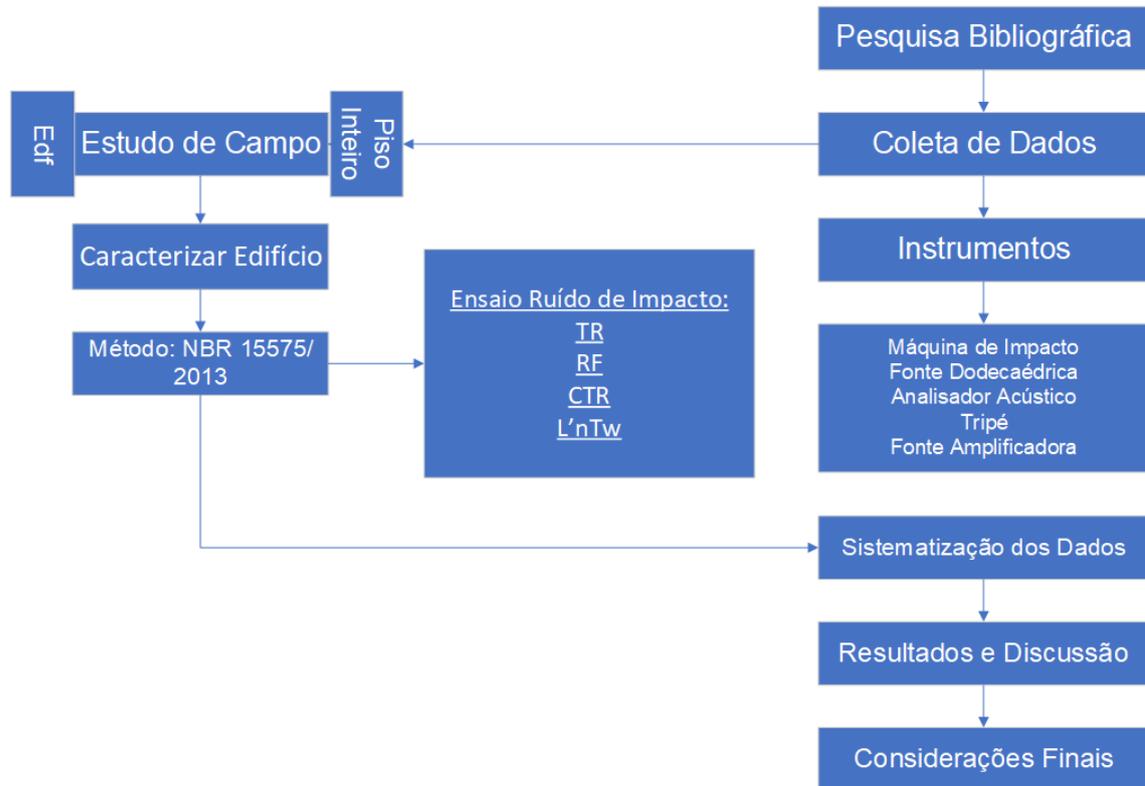
Fonte: Adaptado de NBR 15575-3 (2013)

3 Metodologia

Para o desenvolvimento desse trabalho foi utilizado como base uma pesquisa na literatura referente ao tema abordado, coleta de dados nos locais onde foram realizados os experimentos, os ensaios para obtenção do L'_{nTw} , a sistematização dos dados a partir do software Excel. A partir do indicador de desempenho (L'_{nTw}) foram feitas relações com os padrões construtivos obtidos na coleta de dados.

Dito isto, a metodologia desenvolvida neste trabalho segue as ideias de Pereira (2018), conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 - Esquema metodológico utilizado para desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Adaptado de Pereira (2018)

3.1 Pesquisa Bibliográfica

Foram realizadas pesquisas bibliográficas, o qual foram concentradas as questões que são relativas ao referencial teórico em tela. Complementarmente, esse modelo de pesquisa não permite generalizações, porém permite conhecer de uma forma mais detalhada as situações pertinentes ao estudo de caso, podendo afirmar, que segundo Godoy (1995b, p.25), “a investigação do fenômeno que se quer estudar dentro do seu contexto real, utilizando-se múltiplas fontes de evidências.”

3.2 Coleta de Dados

Os dados dessa pesquisa foram coletados entre 2017 e 2018 em dois edifícios em construção localizados na cidade de João Pessoa-PB. Foi realizado um teste de ruído de impacto em cada edifício selecionado. Para caracterizar os edifícios foram necessários coletar os seguintes dados *in loco*:

- Tipo de forro e sua espessura;

- Tipo de laje e sua espessura
- Tipo do contra piso e sua espessura;
- Tipo de revestimento e sua espessura;
- Área do ambiente estudado (recepção e emissão);
- Volume do ambiente estudado (recepção e emissão);
- Altura do pé direito.

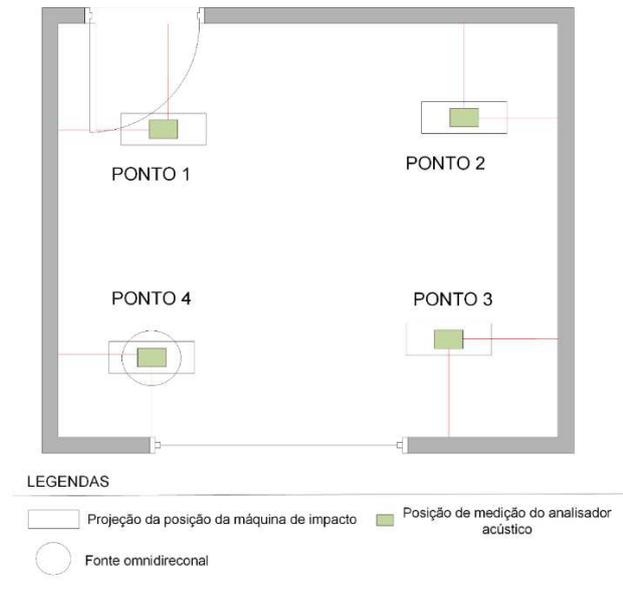
3.3 Instrumentos

Para realização dos experimentos foram utilizados, conforme a NBR 15575/2013, os seguintes equipamentos:

- Máquina de impactos padronizada B&K modelo 3207;
- Analisador de ruído B&K modelo 2270 colocado em altura variável - em conformidade com o pé direito da câmara de recepção e com o tipo de laje, uma vez que a distância entre o piso do pavimento superior e o microfone no pavimento inferior deve ser 1,0 m;
- Calibrador de analisador B&K;
- Fonte de ruído dodecaédrica B&K;
- Amplificador para fonte de ruído B&K;

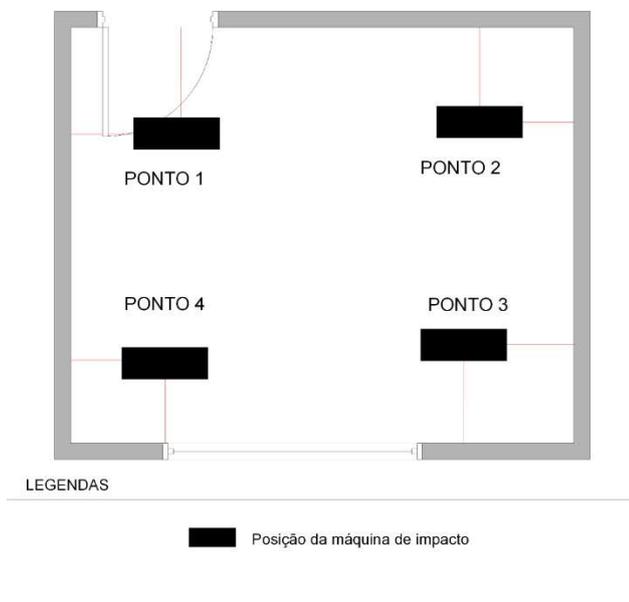
3.4. Ensaio em Campo

O método utilizado para realizar os ensaios em campo foi Método de engenharia, (item 12.2.1.1 NBR 15575-3, 2013. As dimensões dos pontos de localização dos equipamentos (Analisador de Ruído, Projeção da Máquina de Impactos e Fonte de Ruído Dodecaédrica) nos pavimentos de recepção e emissão são iguais. Na Figura 5 é demonstrado a posição dos pontos de localização dos equipamentos de medição do ruído de impacto tanto na câmara de recepção.

Figura 5 – Exemplo de câmara de recepção

Fonte: O Autor (2018)

A Figura 6 ilustra a posição da máquina de martelo na câmara de emissão (imediatamente acima da câmara de emissão).

Figura 6 – Exemplo de câmara de emissão

Fonte: O Autor (2018)

Os pontos de localização dos equipamentos, em ambas as câmaras, são medidos a partir da parede e distam: Pontos 1 e 3: 0,60 x 0,60 m; Pontos 2 e 4: 0,50 x 0,50 m

segundo andar. Os ambientes escolhidos para testes foram os dormitórios dos apartamentos. Ambos estavam sem mobiliário e possuem a mesmas dimensões e características construtivas.

As características técnicas – construtivas observadas neste edifício foram: Forro em gesso, esquadrias (janelas em alumínio com vidros do tipo correr), este edifício possui suas portas em madeiras e janelas em vidro.

O edifício 1 apresenta as seguintes características:

- Laje pré-moldada;
- Forro de gesso;
- Não possuem piso flutuante;
- Revestimento de piso: cerâmica;
- Espessura de contrapiso igual a 5 cm;
- Espessura da laje igual a 14 cm.

A Tabela 2 descreve as características da câmara de recepção e emissão que foi objeto desse estudo.

Tabela 2 - Características construtivas do edifício 1

		F	A	V	PD
		cm	m ²	m ³	m
Edifício 1	Recepção	20	6,81	17,03	2,50
	Emissão	20	6,81	17,03	2,50

Fonte: Os Autores (2018)

Legenda:

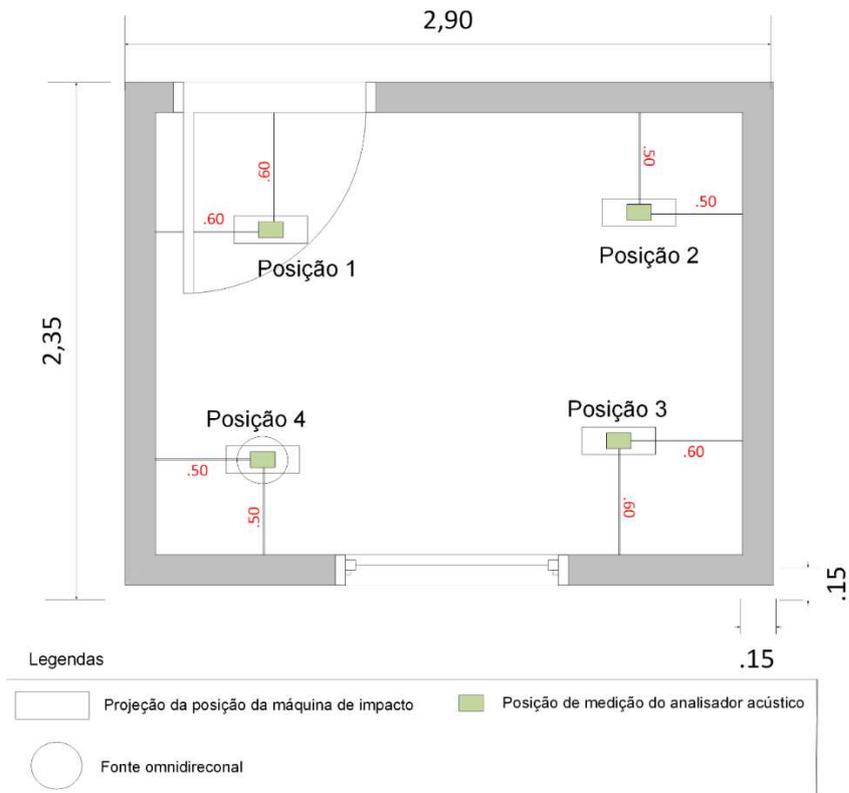
F – Distância do forro de gesso até a laje estrutural;

A – Área o ambiente de estudo;

V – Volume do ambiente de estudo;

PD – Pé Direito.

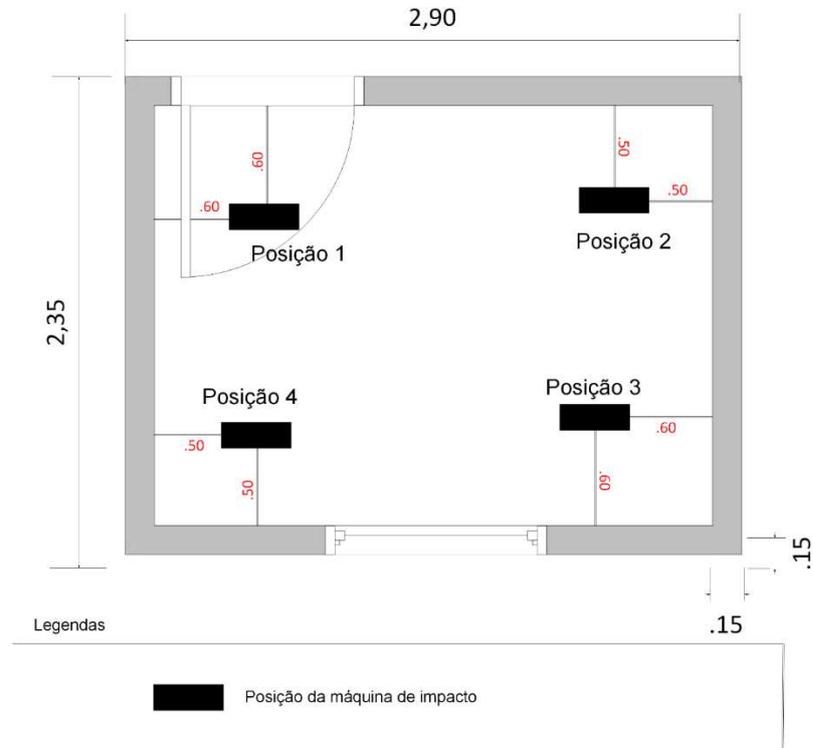
A Figura 8 ilustra a câmara de recepção do Edifício 1.

Figura 8 - Câmara de recepção do Edifício 1

Fonte: Os Autores (2018)

A Figura 9 apresenta a câmara de emissão do Edifício 1.

Figura 9 - Câmara de emissão do Edifício 1

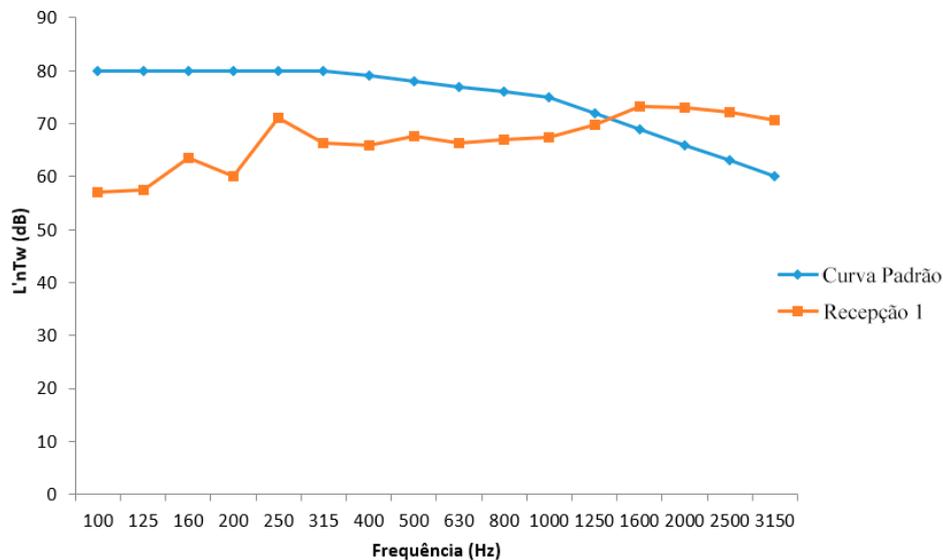


Fonte: Os Autores (2018)

O sistema de piso avaliado do edifício 1 atingiu o nível de ruído de impacto padronizado ponderado de 78 dB. Esse valor de L_{nTW} de acordo com a NBR 15575/2013, é classificado como sendo de desempenho mínimo. O ruído de fundo desse edifício (L_{Aeq}) foi de 43,2 dB.

O Gráfico 1 representa os valores de ruído de impacto padronizado ponderado em função da frequência (Hz) para o piso do edifício 1.

Gráfico 1 - Valores de ruído de impacto padronizado ponderado em relação a frequência (Hz) para o edifício 1



Fonte: Os Autores (2018)

4.1.2 Edifício 2

O apartamento escolhido para avaliação do ruído de impacto localizava-se no primeiro andar do Edifício 2. Portanto, a câmara de emissão estava localizada imediatamente acima, no segundo andar. Os ambientes escolhidos para testes foram os dormitórios dos apartamentos. Ambos estavam sem mobiliário e possuem a mesmas dimensões e características construtivas.

As características técnicas – construtivas observadas neste edifício foram: Forro em gesso, esquadrias (janelas em alumínio com vidros do tipo correr), este edifício possui suas as portas em alumínio com janelas em vidro.

O edifício 2 apresenta as seguintes características:

- Laje pré-moldada;
- O forro de gesso;
- Não possuem piso flutuante;
- Revestimento de piso: cerâmica;
- Espessura de contrapiso igual a 5 cm;
- Espessura da laje igual 14 cm.

A Tabela 3 descreve as características dos pavimentos de recepção e emissão que foram objeto desse estudo.

Tabela 3 - Características construtivas do edifício 2

		F	A	V	PD
		cm	m ²	m ³	m
Edifício 2	Recepção	25	7,54	19,22	2,55
	Emissão	25	7,54	19,22	2,55

Fonte: Os Autores (2018)

Legenda:

F – Distância do forro de gesso até a laje estrutural;

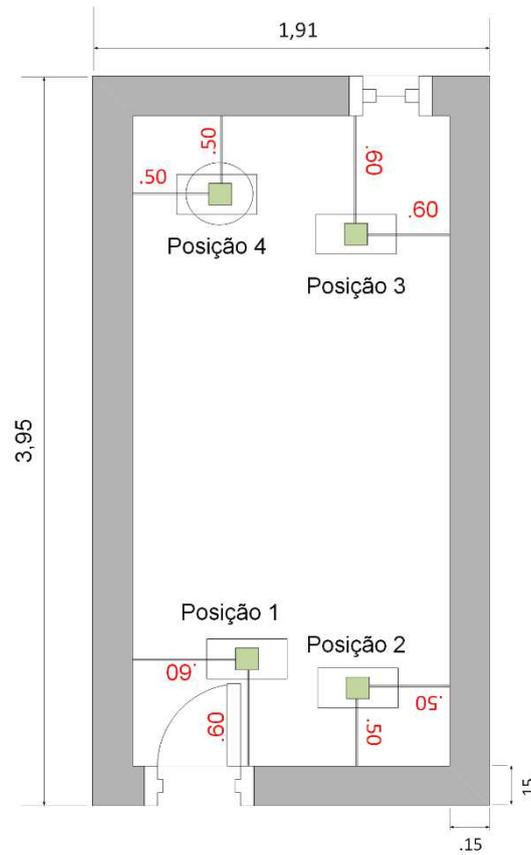
A – Área o ambiente de estudo;

V – Volume do ambiente de estudo;

PD – Pé direito.

A Figura 10 ilustra a câmara de recepção do Edifício.

Figura 10 - Câmara de recepção do Edifício 2



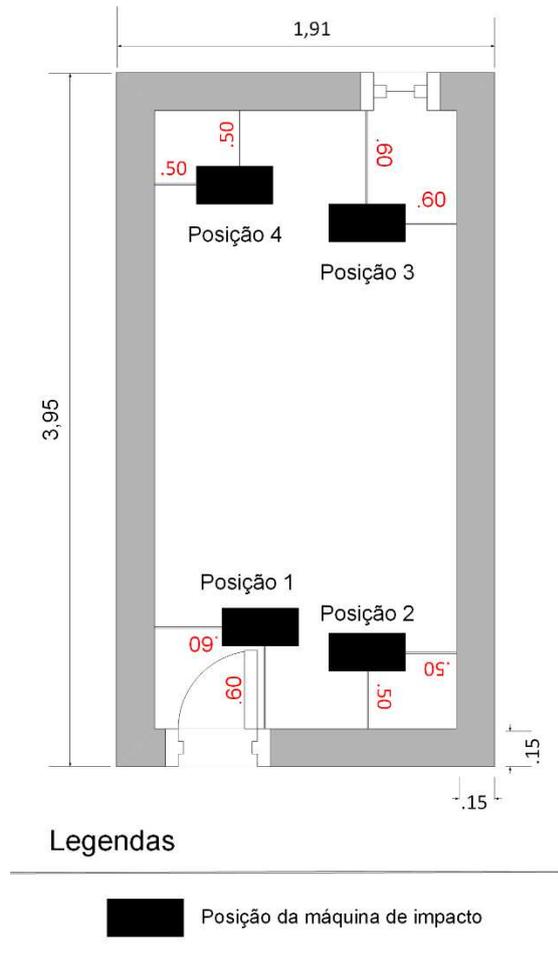
Legendas

	Projeção da posição da máquina de impacto		Posição de medição do analisador acústico
	Fonte omnidirecional		

Fonte: Os Autores (2018)

A Figura 11 ilustra a câmara de emissão do Edifício 2.

Figura 11 – Câmara de emissão do Edifício 2

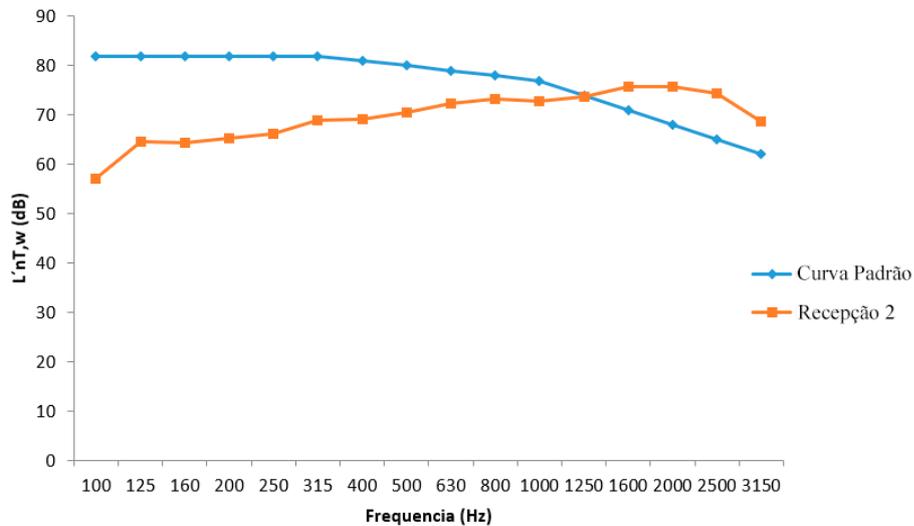


Fonte: Os Autores (2018)

O sistema de piso avaliado do edifício 2 atingiu o nível de ruído de impacto padronizado ponderado de 80 dB. Esse valor de L_{nTW} , de acordo com a NBR 15575/2013, é classificado como sendo de desempenho mínimo. O ruído de fundo desse edifício (L_{Aeq}) foi de 43,9 dB.

O Gráfico 2 representa os valores de ruído de impacto padronizado em função da frequência (Hz) para o piso do edifício 2.

Gráfico 2 - Valores de ruído de impacto padronizado em relação a frequência (Hz) para o edifício 2



Fonte: Os Autores (2018)

A Tabela 4 mostra as características construtivas dos Edifícios estudados, o desempenho do sistema do piso (em dB) e o enquadramento dele conforme NBR 15573:2013.

Tabela 4 – Sumário dos resultados encontrados

Sistema de Piso	Características do ambiente e sistemas de pisos							L'nTw (dB)	Classificação NBR 15575/2013 - 3	
	F	L	CP	R	A	V	PD			
	cm	cm	cm		m ²	m ³	m			
Edifício 1	PNF	G	P	AC	Cerâmico	6,81	17,03	2,5	78	Mínimo (M)
Edifício 2	PNF	G	P	AC	Cerâmico	7,54	19,22	2,55	80	Mínimo (M)

Fonte: Os Autores (2018)

Legenda:

PNF = Piso Não Flutuante, sem material resiliente entre o contra piso e a laje estrutural;

F = Forro Gesso/Madeira/PVC (distância entre forro e laje estrutural em cm);

L = Laje estrutural Nervurada/Maciça/Pré-moldada (espessura total em cm);

CP = Contra Piso Argamassa Comum/Argamassa Especial (espessura) a (vermiculita + cimento); b (vermiculita + asfalto);

R = Revestimento Porcelanato/Cerâmica Vitrificada/Laminado de Madeira (espessura)

A = Área do ambiente de emissão e recepção;

V = Volume do ambiente de emissão e recepção;

PD = Pé Direito.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, espera-se que um edifício construído com forro em gesso e distância até a laje estrutural de 20 a 25 cm, com laje pré-moldada com 14 cm de espessura, piso em argamassa comum de 5 cm com revestimento cerâmico, com a área do ambiente entre 6,81 e 7,54 m², com volume entre 17,03 e 19,22 m³ e pé direito entre 2,50 e 2,55 m, que o desempenho do sistema de piso esteja entre 78 dB e 80 dB, portanto, dentro do limite mínimo de desempenho, segundo a NBR 15575/2013.

5 Considerações finais

O ruído de impacto, objeto de estudo desse trabalho, tem importante relevância científica no campo da construção civil. Apesar de ainda ser pouco abordado no Brasil, esse tema tem ganhado espaço devido a cobranças judiciais para o cumprimento das normas regulamentadoras. Nesse trabalho foram realizados ensaios de ruído de impacto em dois edifícios construídos com laje pré-moldada.

Com base nos resultados, é possível afirmar que Edifício 1 obteve o L'_{nTw} , (nível de ruído de impacto padronizado ponderado) de 78 dB, enquadrando-se no limite mínimo de desempenho, e que o Edifício 2 obteve um L'_{nTw} , de 80 dB, enquadrando-se também no limite mínimo de desempenho, de acordo com a NBR 15575:2013.

De acordo com esses resultados, e com as características construtivas dos edifícios estudados, espera-se que se um edifício for construído dentro dos padrões técnicos-construtivos descritos neste trabalho, que o desempenho do sistema de piso dele esteja entre 78 dB e 80 dB, portanto, dentro do limite mínimo de desempenho, segundo a norma supracitada.

Referências

- ALMEIDA, E. R., CAMPOS, A. C. e MINITI, A. **Estudo audiométrico em operários da seção de "teste de motores" de uma indústria automobilística.** Rev. Bras. Otorr., 48: 16-28, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 3: Requisitos para os Sistemas de Pisos - Referências - Elaboração.** Rio de Janeiro, 2013.
- BRONDANI, S.A. **Pisos flutuantes: análise da performance acústica para ruídos de impacto.** 1999. 65f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, 1999.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** Fortaleza, Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.
- GODOY, A. S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades.** Revista de Administração de Empresas, 35(2), 57-63, 1995.
- HAX, S. P. **Estudo do potencial dos resíduos de E.V.A. no isolamento de ruído de impacto nas edificações.** 2002. 151f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, 2002.
- MACHADO, J. **Análise de Vibração e ruído estrutural em piso slim floor de edifícios de aço para atender requisitos de conforto.** 2003. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- MEHTA, M.; JOHNSON, J.; ROCAFORT, J. **Architectural Acoustics: principles and design.** New Jersey: Prentice Hall, 1999. 445p.
- MÉNDEZ, A., STORNINI, A. J., SALAZAR, E. B. et al. **Acustica arquitectonica.** Buenos Aires: UMSA, 1995. 238 p.
- NARDI, A.V; VIVEIROS, E.B; COELHO, J.L.B; NEVES, M.M. **Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhança: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro.** In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 22., 2008, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2008.
- PATRÍCIO, J. **Acústica de edifícios: índice de isolamento a sons de percussão utilizados no espaço europeu.** ACÚSTICA E VIBRAÇÕES. Rio de Janeiro, n. 39, p. 29 -34, mai. 2008
- PEREIRA, Daniel Augusto de Moura. **Desenvolvimento de ferramentas para predição de isolamento do ruído de impacto em edificações de pavimentos múltiplos com laje nervurada.** 2018. 227 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- QUEIROZ, C; VIVEIROS, E.B. **Simulação do desempenho de isolamento acústico de fachadas de edificações residenciais 108 multifamiliares de diferentes períodos**

arquitetônicos. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 6., 2008. Anais... Buenos Aires, 2008.

SANTOS, U. P. e MATOS, M. P. **Aspectos de Física.** In: Ruído, Riscos e Prevenção. Org. SANTOS, U. P. Ed. HUCITEC, pág.: 7-23, São Paulo, 1994.

SILVA, Pérides. **Acústica Arquitetônica.** Belo Horizonte: EDTAL, 1997.

SOUZA, L.; ALMEIDA, M.; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura.** São Carlos, SP: EdUFSCar, 2006.149p.

TADEU, A.; PEREIRA, A.; GODINHO, J.; ANTÓNIO, J. **Prediction of airborne sound and impact sound insulation provided by single and multilayer systems using analytical expressions.** Applied Acoustics. Coimbra, n.68, p.17-42, janeiro. 2007.