

ANALISE EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE RUÍDO DE IMPACTO EM DIFERENTES TIPOLOGIAS DE LAJES

Mariane Raichaski Silvano (1); Alexandre Vargas (2); Patrícia Allem (3)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)mary_raichaski@hotmail.com;(2)engalexandrevargas@gmail.com;(3) patricia.allem@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho é um estudo do desempenho acústico de ruídos de impacto em lajes de diferentes tipologias, sendo elas: nervuradas com EPS e com formas plásticas reutilizáveis, lajes maciças e lajes pré-moldadas com vigotas de concreto e tabelas cerâmicas. As medições foram executadas em lajes “em osso”, sem contrapiso ou revestimento. O principal ponto a ser analisado é a comparação entre o desempenho de cada laje e que estas possam atender as especificações da norma NRB 15575, em vigor desde o ano de 2013. O nível de desempenho mínimo estabelecido pela norma para ruído de impacto varia entre 66 dB e 80 dB. Foram feitos seis pontos de medição em cada tipo de laje, a fim de determinar o desempenho acústico de cada sistema construtivo, através da média do ruído de impacto máximo obtido em decibéis (dB). Os resultados mostraram que a laje com pior desempenho foi a pré-moldada, com emissão de 83,15 dB. Seguida pela laje maciça, com 79,26 dB e a laje nervurada com EPS, desconsiderando as regiões de capiteis, com emissão de 81,53 dB. A melhor tipologia para a atenuação da emissão de ruídos de impacto foi laje nervurada com formas plásticas reutilizáveis, emitindo 77,68 dB.

Palavras-Chave: Ruídos de impacto, Norma de Desempenho, NBR 15575, Desempenho acústico, Isolamento Acústico de Lajes.

1 INTRODUÇÃO

Concreto armado é a associação entre concreto e o aço, de forma em que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes, Roberto Chust (2009). Este sistema tem seu funcionamento garantido pela grande proximidade dos coeficientes de dilatação térmica dos dois materiais, e ainda pelo fato de que o concreto protege o aço contra oxidações. Porém, este material oferece algumas desvantagens, dentre elas ser um bom condutor de calor e de som, sendo que para sanar estes problemas em alguns casos se faz necessária a associação de outros materiais.

Somou-se a isto, em 19 de julho de 2013, a norma de desempenho, NBR 15575, estabelecendo parâmetros técnicos capazes de definir quesitos como acústica, durabilidade, manutenção, transmitância térmica de edificações habitacionais. Norma que deveria ter sido aplicada ainda no ano de 2010, mas foi adiada por várias razões,

incluindo a falta de preparação técnica do setor de construção civil, arquitetos, engenheiros, de interpretar as recomendações desta norma, segundo Erasmo F. Vergara e Stephan Paul.

Na NBR 15575 são determinados requisitos, critérios e métodos de avaliação para que uma edificação habitacional atenda as exigências dos usuários quanto ao comportamento em uso, segundo recomendações da ISO 140 e ISO 717. A norma consiste seis partes, cada uma delas trata de um sistema habitacional, onde deve-se atender exigências, conforme tabela 01.

Tabela 01 – Requisitos acústicos da norma NBR 15575.

Parte	Exigência
1 - Requisitos Gerais	1.1 Isolamento acústico de paredes externas; 1.2 Isolamento acústico entre as salas adjacentes; 1.3 Ruído de impacto e ruído de equipamentos.
2- Requisitos de sistemas estruturais	2.1 Desempenho acústico.
3 - Sistema de Pisos	3.1 Ruído de impacto em pisos; 3.2 Isolamento de ruído aéreo entre unidades residenciais.
4 - Sistema de vedações verticais	4.1 Nível de pressão acústica máxima.
5 - Sistemas de coberturas	5.1 Isolamento de ruídos aéreos; 5.2 Isolamento de ruído de impacto entre pisos de cobertura acessível ao público.
6 – Sistemas hidros sanitários	6.1 Limitação de ruídos.

Fonte: Erasmo F. Vergara e Stephan Paul.

Deve-se considerar outras normas aliadas a NBR 15575, expostas no texto da própria, dentre elas as NBR 10151/2000 - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade- e NBR 10152/1987 – Níveis de ruído para conforto acústico - que trazem valores de conforto acústico a adotar como parâmetro.

Tratando-se de ruídos de impacto, as avaliações in loco devem ser realizadas conforme norma ISO 140-7, de forma a atender os níveis mínimo (M), intermediário

(I) ou superior (S) de desempenho de isolamento da norma NBR 15575, onde apenas o nível mínimo é de atendimento obrigatório.

Outra norma associada a este estudo é a ISO 16283, substituta da norma 140-7, porém até o início desta análise experimental havia sido publicada apenas a parte 1 da norma referida, que trata de ruídos aéreos, não se aplicando. A ISO 16283-2: Impact sound insulation, esta sim aplicável aos estudos de ruídos de impacto, foi publicada apenas no findar de 2015. Por fim optou-se apenas pelo uso da norma 140-7, indicada também na norma NBR 15575.

A tabela 02 apresenta recomendações de desempenho do nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ($L'_{nT.w}$) em decibéis utilizados como parâmetro nesta análise.

Tabela 02 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT.w}$

Elemento	$L'_{nT.w}$ [dB]	Nível de desempenho
Sistema de piso 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, como home theater, salas de ginastica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas.	51 a 55	M
	46 a 50	I
	≤45	S

Fonte: NBR 15575, parte 3, anexo E.

Para o presente estudo faz-se necessário um breve entendimento quanto à diferença entre som e ruído. Som é a energia transmitida por ondas longitudinais, de frequência compreendida na faixa de 20 hertz a 20 000 hertz, que se propagam no ar ou outro meio, sólido, líquido, ou gasoso, sendo causa da sensação auditiva. Já o ruído é um fenômeno acústico que produz uma sensação audível desagradável, sendo a causa de doenças nervosas e psicoses. A fronteira entre som e ruído é indefinível, pois cada pessoa apresenta uma percepção diferente ao som.

Fonte sonoras podem emitir simultaneamente... muitas vibrações de diferentes frequências e amplitudes. Quando esses diversos movimentos oscilatórios se combinam e produzem um movimento resultante, cuja oscilação não se dê de forma harmônica, tem-se o que é chamado de ruído. Assim, o ruído se caracteriza pela existência de muitas amplitudes e frequências ocorrendo ao mesmo tempo de maneira não harmônica (Prof. Alfredo Calixto).

A frequência (f) é o número de vibrações por segundo, ciclos; A amplitude (A) é a diferença de valores máximos e médios de pressão ao longo do tempo; O comprimento de onda (λ) é a distância entre dois picos de pressão, na direção da propagação. Considerado um parâmetro de grandeza, a divisão entre velocidade e frequência. A pressão provocada pelo som, em uma superfície, é dada como intensidade (I), e tem-se que a unidade de medição desta é em decibéis (dB), sendo que 1 dB é a menor variação que o ouvido humano pode perceber, onde 15 dB são considerados sons de sussurro; 20 dB o tic-tac de um relógio; 50 dB os sons de uma rua tranquila; 80 dB é início da faixa insalubre; 100 dB traz sensações de dor; e 140 dB é o máximo suportado pelo ouvido humano.

A lei da massa ou lei de Berger, que é lei fundamental do isolamento acústico, diz que quanto mais pesada for a barreira acústica, com a utilização de materiais rígidos e pesados, maior o impedimento para o som passar de um lado para o outro desta barreira, porém a absorção desses sons se faz com o uso de materiais leves, fibrosos e porosos. Isso acontece pelo fato de que o isolamento é a capacidade dos materiais de impedir que a onda sonora passe de um ambiente para outro e a absorção é o fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras do ambiente, diminuindo os níveis de pressão sonora.

Incorporando-se o concreto armado ao estudo de acústica, tratando exclusivamente de ruídos de impacto, este trabalho vem demonstrar um estudo sobre qual tipologia de laje, dentre maciça, pré-moldada convencional – com vigotas de concreto e tabelas cerâmicas, nervurada com EPS e nervurada com formas plásticas retornáveis, atenderá melhor aos requisitos da norma de desempenho e ao conforto do usuário quanto ao isolamento acústico entre andares de edifícios.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento adequado deste estudo, foi realizada inicialmente uma revisão bibliográfica das normas nacionais ABNT 10151/2000, ABNT 10152/1987, ABNT 15575/2013, parte 3, norma internacional ISO 140-7, assim como de diversos trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado, dentre eles a dissertação para obtenção do grau de mestre em engenharia civil apresentada a Universidade Federal de Santa Maria por Daniel Pereyron, com o título “estudo de tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto”, tomada como base para a metodologia deste trabalho, e o artigo de Antonio Furlanetto Neto, egresso da UNESC, com o título “Análise acústica de contrapiso com adição de resíduos de pneus”, utilizando como base suas adaptações nos métodos de medições.

2.1 MÉTODOS DAS MEDIÇÕES DO RUÍDO DE IMPACTO

Destaca-se que a aplicação dos métodos de medição requerem adaptações as solicitações de cada problema de pesquisa, considerando que instrumentos de medidas padronizadas, até o momento, não existem na normativa brasileira. Ainda, devido à falta de recursos, como um laboratório de acústica e máquina geradora de ruído de impacto com diferentes frequências, foram feitas adequações para as medições “in loco”, utilizando materiais e instrumentos de medição que sejam capazes de nos fornecer dados confiáveis para a comparação entre as tipologias de laje estudadas.

As medições serão realizadas em edificações de mais de um pavimento da sala emissora para a sala receptora no nível logo abaixo. O método de simulação de ruído de impacto se faz através de uma esfera de aço maciça, de diâmetro 2,5 centímetros, e peso 62,5 gramas caindo de uma altura de 70 centímetros diretamente sobre a laje da sala emissora. Foram dispensados os isolamentos dos ruídos aéreos tanto na sala emissora quanto na sala receptora, pelo fato das medições se darem em dias e horários onde o andamento da obra e os ruídos aéreos provenientes das ruas e avenidas não interferissem nas medições, diminuindo então a probabilidade de falsos resultados.

Na sala receptora o microfone do decibelímetro ficou a uma distância fixa de 100 centímetros da laje da sala emissora, diretamente abaixo do ponto de transmissão do

ruído gerado pela esfera de aço na sala acima. Foram realizadas medições em pelo menos seis pontos da sala emissora, com uma repetição de três ensaios em cada um dos pontos, para obter-se uma média do ruído máximo captado pelo aparelho. Os pontos das medições no interior das edificações foram efetuados a uma distância de no mínimo meio metro de qualquer superfície de parede, afastadas entre si em pelo menos meio metro.

2.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- **Decibelímetro** – Marca Minipa, tipo II, MSL-1325, com microfone próprio do equipamento, utilizado na função máximo, na faixa de nível média de 50 e 100 dB, conforme figura 1.
- **Esfera metálica** – Esfera de aço diâmetro 2,5 centímetros para produzir o ruído sobre as lajes, de material resistente sem sofrer deformação durante as quedas não ocasionando diferenças no som produzido. Figura 2.

Figura 01 – Decibelímetro Digital.



Fonte: O Autor (2016).

Figura 02 – Esfera metálica.



Fonte: O Autor (2016).

- **Suporte para queda da esfera** - O suporte tipo tripé, com um orifício para que a esfera caia pontualmente sempre do mesmo local, com uma altura de 70 cm da superfície da laje, conforme figura 3.

Figura 03 – Suporte para a queda da esfera metálica.



Fonte: O Autor (2016).

2.3 DEFINIÇÃO DAS OBRAS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Determinou-se que os ensaios fossem realizados in situ, sendo que a execução das lajes teria o custo muito elevado, necessidade de um espaço físico bastante amplo e um ambiente controlado não disponível.

Obteve-se informações sobre quais os métodos executivos de lajes mais utilizadas na região de Criciúma/SC e escolheram-se as lajes maciça, pré-moldada convencional (com vigotas de concreto e tabelas cerâmicas) e nervurada com EPS e formas plásticas reutilizáveis. Foram selecionadas obras que utilizassem os sistemas construtivos de interesse dessa pesquisa e que as lajes estivessem em “osso”, ainda sem assentamento do piso e com alvenaria já executada.

2.3.1 Características da obra de laje pré-moldada convencional

- Localização da obra: Edifício Alameda Brasil – Criciúma/SC.
- Data e dados: ensaio realizado na data de 30/04/2016, das 08:00 as 09:00 horas, temperatura média 11°C.
- Características da obra: edificação com estrutura de concreto armado (pilares, lajes e vigas), paredes externas e internas de alvenaria de bloco cerâmicos de vedação.
- Observações sobre a sala emissora: laje sem contrapiso de regularização, com reboco aplicado. Área de 7,04 m².

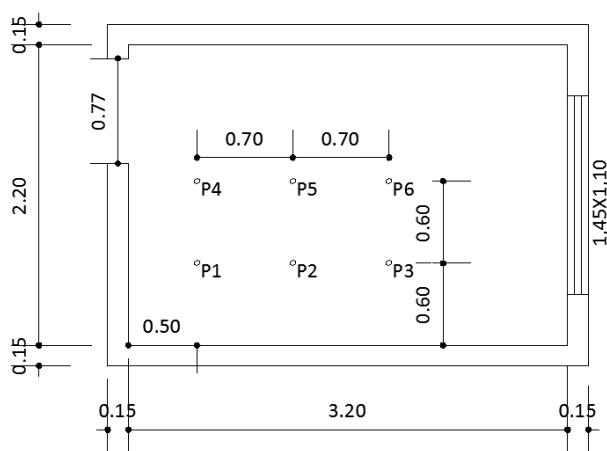
- Observações sobre a sala receptora: laje com contrapiso de regularização, com reboco aplicado e pintada, apresentando apenas esses diferenciais em relação as sala emissora.

Figura 04 – Edifício Alameda Brasil.



Fonte: www.itaimoveis.com

Figura 05 – Sala emissora/receptora de laje pré-moldada.



Fonte: O Autor (2016).

2.3.2 Características da obra de laje nervurada com forma plástica retornável

- Localização da obra: Edifício Rovenza – Criciúma/SC.
- Data e dados: ensaio realizado na data de 02/05/2016, das 16:00 as 17:00 horas, temperatura média 23°C.

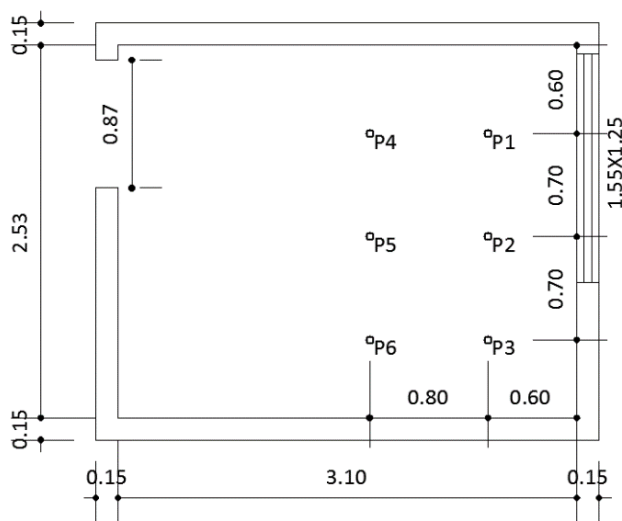
- Características da obra: edificação com estrutura de concreto armado (pilares, lajes e vigas), paredes externas e internas de alvenaria de bloco cerâmicos de vedação.
- Observações sobre a sala emissora: laje sem contrapiso de regularização, com reboco aplicado. Área de 7,84 m².
- Observações sobre a sala receptora: laje sem contrapiso de regularização, com reboco aplicado, apresentando as mesmas características da sala emissora.

Figura 06 – Edifício Rovenza.



Fonte: solanoimoveis.imb.br

Figura 07 – Sala emissora/receptora de laje nervurada com forma plástica retornável.



Fonte: O Autor (2016).

2.3.4 Características da obra de laje maciça

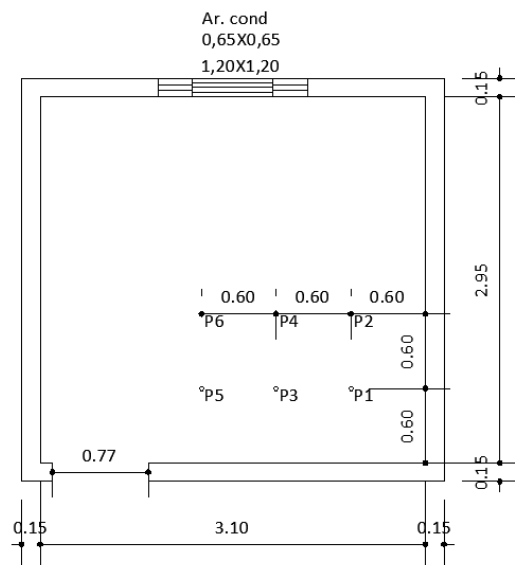
- Localização da obra: Edifício Residencial Nações Unidas – Criciúma/SC.
- Data e dados: ensaio realizado na data de 11/05/2016, das 16:00 as 17:00 horas, temperatura média 19°C.
- Características da obra: edificação com estrutura de concreto armado (pilares, lajes e vigas), paredes externas e internas de alvenaria de bloco cerâmicos de vedação.
- Observações sobre a sala emissora: laje sem contrapiso de regularização, sem reboco aplicado, e a parede de divisa com o corredor sem elevação da alvenaria até o teto. Área de 9,13 m².
- Observações sobre a sala receptora: laje sem contrapiso de regularização, sem reboco aplicado, apresentando as mesmas características da sala emissora.

Figura 10 – Edifício Residencial Nações Unidas.



Fonte: www.apeimoveis.com.br

Figura 11 – Sala emissora/receptora de laje maciça.



Fonte: O Autor (2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos foram medidos em decibéis máximos emitidos no instante em que a esfera metálica toca a laje e transfere o som para sala logo abaixo, não sendo calculado o nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'nT.w$ pelas adaptações necessárias ao estudo, a falta de equipamentos padronizados para medições e, neste caso, desconsiderado o tempo de reverberação em cada ambiente. Importante identificar que antes de todas as medições foram analisados também os ruídos máximos ambientes e aéreos, sendo que em todos os locais de medição foram obtidos valores entre 50 e 53 dB, considerado nível satisfatório e enquadrado como o de uma rua tranquila.

Para a análise comparativa dos resultados, foram divididas as lajes por tipologia, conforme explanado anteriormente. Dentre essas, nas lajes nervuradas se fez necessária a medição em três locais diferenciados, com dois pontos em cada: na forma plástica ou EPS, na nervura e nos capiteis.

3.1 RESULTADOS

3.1 Laje pré-moldada convencional

A tabela 03 apresenta os resultados obtidos na sala receptora, na tipologia de laje pré-moldada convencional, executada com vigotas de concreto e tabelas cerâmicas.

Tabela 03 – dB máximo obtido em laje pré-moldada convencional.

Ponto	dB máx	dB máx	dB máx	dB Médio
P1	85,25	85,5	81,2	83,98
P2	82,1	86	85,1	84,40
P3	85,2	84	85,1	84,77
P4	78,8	86,1	81,1	82,00
P5	80,6	84,6	80,9	82,03
P6	80,8	82,4	81,9	81,70
Média total			83,15	

Fonte: O Autor (2016).

De acordo com a tabela, o resultado obtido exclusivamente para laje pré-moldada em “osso” foi de 83,15 dB de ruído de impacto na sala receptora.

3.2 Laje nervurada com forma plástica retornável

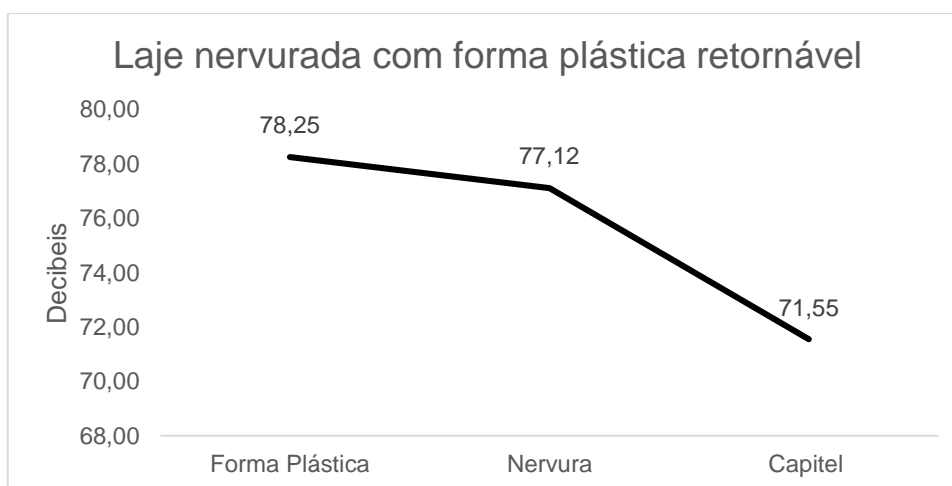
A tabela 04 apresenta os resultados obtidos na sala receptora, na tipologia de laje nervurada com forma plástica retornável. Já a figura 12 mostra os diferença destes de acordo com os locais analisados, nervura, forma plástica e capitel, mostrando que é extremamente necessária identificação destes locais na medição de ruído de impacto para que não tenhamos resultados que possam ser analisados erroneamente.

Tabela 04 – dB máximo obtido em laje nervurada com forma plástica retornável.

Ponto	dB máx	dB máx	dB máx	dB Médio	Local
P1	76,9	75,3	76,9	76,37	nervura
P2	76,6	76,7	80,3	77,87	nervura
P3	69,5	72,1	72,2	71,27	capitel
P4	75,5	75,9	76,6	76,00	forma plástica
P5	78,7	81	81,8	80,50	forma plástica
P6	67,8	74,9	72,8	71,83	capitel
Média total				75,64	

Fonte: O Autor (2016).

Figura 12 – dB obtidos em diferentes locais de laje nervurada com forma plástica retornável.



Fonte: O Autor (2016).

Adotando a média entre todos os resultados, desconsiderando o diferencial de locais, o resultado obtido para laje nervurada com formas plásticas reutilizáveis foi de 75,64 dB de ruído de impacto na sala receptora. Com a exclusão das regiões de capiteis, essa média aumenta para 77,68.

3.3 Laje nervurada com EPS

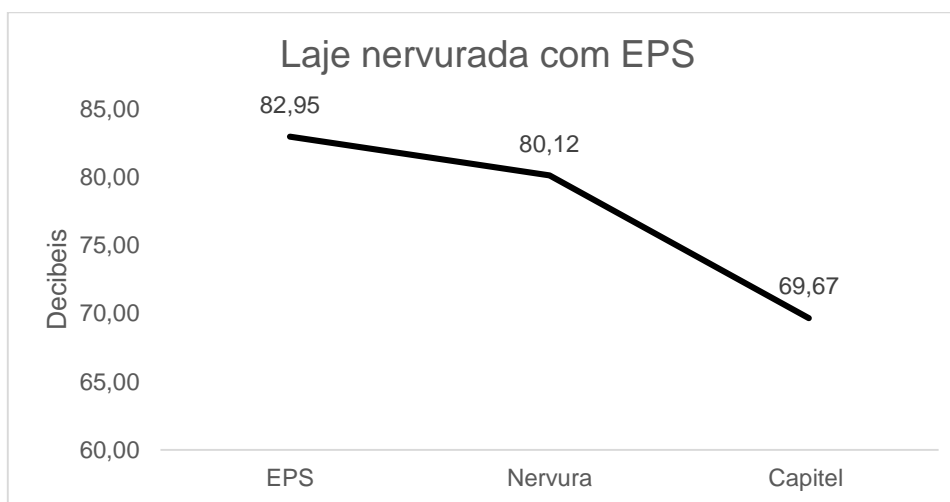
A tabela 05 apresenta os resultados obtidos na tipologia de laje nervurada com EPS. A figura 13 mostra a diferença destes de acordo com os locais: nervura, EPS e capitel.

Tabela 05 – dB máximo obtido em laje nervurada com EPS.

Ponto	dB máx	dB máx	dB máx	dB Médio	Local
P1	70	69,7	70,2	69,97	capitel
P2	67,6	69,8	70,7	69,37	capitel
P3	81,7	82,7	81,3	81,90	EPS
P4	78,9	79,2	79,1	79,07	nervura
P5	83,5	85	83,5	84,00	EPS
P6	81,5	80,2	81,8	81,17	nervura
Média total				77,58	

Fonte: O Autor (2016).

Figura 13 – dB obtidos em diferentes locais de laje nervurada com EPS.



Fonte: O Autor (2016).

Adotando a média e também desconsiderando o diferencial de locais, o resultado obtido para laje nervurada com EPS foi de 77,58 dB de ruído de impacto na sala receptora. Com a exclusão das regiões de capiteis, a média aumenta para 81,53.

3.4 Laje maciça

A tabela 06 apresenta os resultados obtidos na sala receptora, na tipologia de laje maciça.

Tabela 06 – dB máximo obtido em laje maciça.

Ponto	dB máx	dB máx	dB máx	dB Médio
P1	78,7	79,4	79,5	79,20
P2	79,9	80,3	80,9	80,37
P3	77,6	77,5	77,5	77,53
P4	80,3	79,8	79,3	79,80
P5	80,1	79,1	79,3	79,50
P6	78,6	79,7	79,1	79,13
Média total				79,26

Fonte: O Autor (2016).

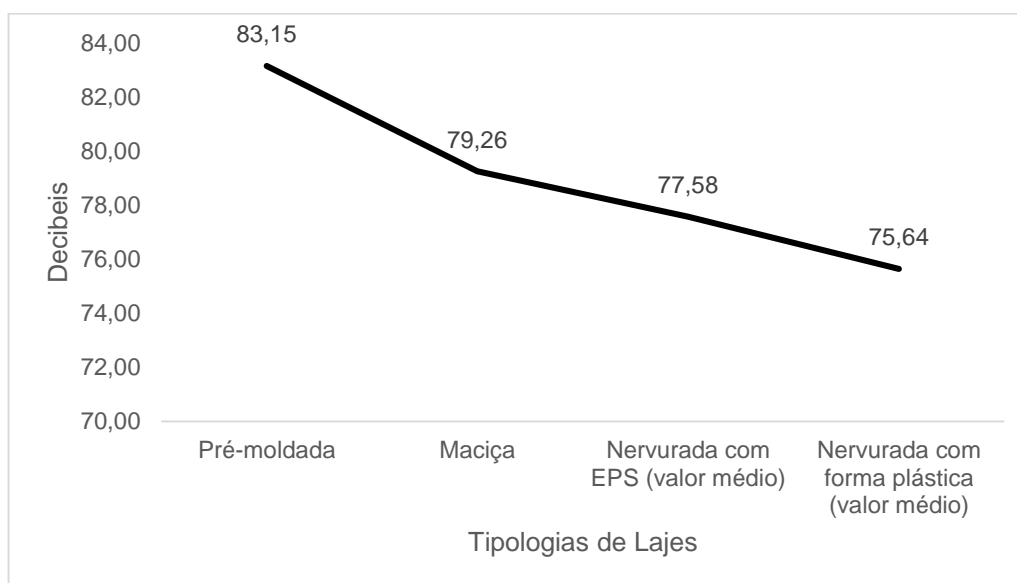
Conforme tabela, o resultado obtido para laje maciça foi de 79,26 dB de ruído de impacto na sala receptora.

3.2 DISCUSSÕES

Conforme os resultados explanados na seção anterior, uma simples análise comparativa mostra que lajes pré-moldadas são as com menor isolamento ao ruído de impacto, dado que sua transmissão foi de 83,15 dB.

A figura 14, a seguir, mostra um comparativo geral da média dos resultados obtidos, desconsiderando as disparidades obtidas na regiões de capiteis nas lajes nervuradas.

Figura 14 – Comparativo geral entre as tipologias de lajes.

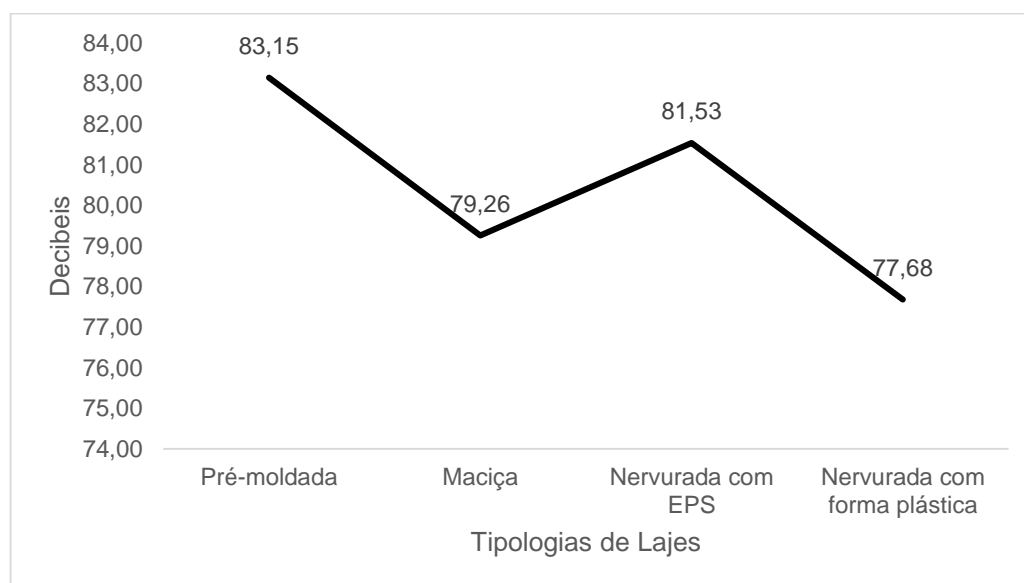


Fonte: O Autor (2016).

O segundo pior desempenho ao isolamento de ruído de impacto é da tipologia de laje maciça, chegando a 79,26 dB. Em seguida a laje nervurada com EPS, com 77,58 dB e laje nervurada com forma plástica retornável com 75,64 dB. Essas três tipologias se enquadram no nível mínimo de desempenho acústico da norma NBR 15575, mesmo sem o contrapiso (opcional) e o revestimento da laje.

Ainda, fez-se um comparativo entre as lajes, desconsiderando as regiões de capiteis, que são regiões maciças nas lajes nervuradas e em pequena porcentagem da sua superfície. Conforme figuras 12 e 13 observa-se que os decibéis emitidos nessa região foram bastante inferiores do que na região da nervura e da forma plástica ou EPS. Deste modo de análise os resultados são ainda mais próximos do limite estabelecido pela norma de desempenho para se enquadrar no mínimo de conforto do usuário nas tipologias de lajes nervuradas, conforme figura 15.

Figura 15 – Comparativo entre as tipologias de lajes desconsiderando as regiões de capitel nas lajes nervuradas.



Fonte: O Autor (2016).

A laje nervurada com EPS fica acima do limite de norma, com 81,53 dB, porém ainda com o desempenho melhor do que a laje pré-moldada, mas já sendo superada pelo desempenho da tipologia de laje maciça. E a laje nervurada com forma plástica retornável, a com melhor desempenho nos dois casos, teve neste 77,68 dB.

4 CONCLUSÕES

- O pior desempenho acústico foi da laje pré-moldada, com a emissão de 83,15 dB. Este resultado deve-se a baixa massa deste tipo de laje, com vigotas pré-fabricadas esbeltas, tabelas cerâmicas vazadas e uma fina camada de revestimento de concreto. Verifica-se nesta tipologia o não atendimento ao nível de desempenho mínimo da norma NBR 15575, que é de até 80 dB, porém esta mesma norma considera sistemas de lajes compostos de estrutura, contrapiso e revestimentos.

- O melhor desempenho acústico foi da laje nervurada com forma plástica retornável, com a emissão de 75,64 dB, considerando as regiões de capiteis e 77,68 dB, desconsiderando as mesmas.

Obteve-se uma perda de 3% do desempenho acústico ignorando a região dos capiteis na laje nervurada com forma plástica retornável. Nessa tipologia, nos dois casos, a norma foi atendida porém ainda se enquadra no nível mínimo de desempenho exigido.

- A laje nervurada com EPS teve desempenho de 77,58 dB no conceito geral, e uma perda de 5% quando desconsideramos o valor obtido nos capiteis, com emissão de 81,53 dB, deste modo fora das recomendações da norma.

- A laje maciça teve desempenho de 79,26 dB.

Destaca-se: não foi calculado o nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$, por ter sido feita a medição em uma única frequência e utilizando equipamentos adaptados para o estudo, não sendo considerado também o tempo de reverberação, necessário para o cálculo do $L'_{nT,w}$. O resultado foi obtido puramente da máxima medição do decibelímetro, porém foram utilizados os parâmetros de norma para comparação entre as lajes e para garantia de conforto ao usuário.

Para efeitos comparativos, em 2011, na dissertação de Pereyron obteve-se que o pior tipo de laje ensaiada “em osso” foi também a laje pré-moldada convencional, idem ao resultado de pior desempenho acústico de impacto encontrado neste estudo. Na mesma, a melhor tipologia de laje foi a maciça, diferente do resultado obtido no presente estudo, onde o melhor resultado se deu para laje nervurada com forma plástica retornável.

Fica evidente nesta pesquisa a necessidade e a importância da execução de revestimentos como contrapiso flutuante ou com a adição de mantas acústicas, revestimento de carpete ou outro com alta absorção de ruídos de impacto, para que

possam impedir as passagens de ruídos de um pavimento para outro, pois ruídos nas magnitudes encontradas beiram a faixa insalubre para ouvidos humanos.

4.1 Sugestões para futuras pesquisas

- Analise experimental do desempenho acústico de ruído de impacto em diferentes tipologias de lajes utilizando máquina geradora de impacto com diferentes frequências.
- Analise experimental do desempenho acústico de ruído de impacto em diferentes tipologias de lajes com revestimento – comparativo entre as mesmas lajes destes estudos com e sem revestimento.
- Analise experimental do desempenho acústico de ruído de impacto em lajes com diferentes tipos de forros executados.
- Analise experimental do desempenho acústico de ruído de impacto em lajes com execução de diferentes revestimentos – cerâmicos, laminados, vinílico, carpete.
- Analise experimental do desempenho acústico de ruído de impacto em lajes com concreto de diferentes resistências – 25 MPA e 30 MPA.

5 REFERENCIAS

<http://www.sinduscon-rs.com.br/norma-de-desempenho-entrou-em-vigor-no-proximo-dia-19/> > acesso em 20 de Abril de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575 - Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140-7 – Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors**. Switzerland, 1998

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16283 – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements.** Switzerland, 2014

CARVALHO, ROBERTO CHUST; JASSON R. FIGUEIREDO FILHO. **Cálculo e Detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo NBR 6118:2003 – 3. ed.** - . São Carlos: EduFSCar, 2009.

VERGARA, ERASMO F.; PAUL, STEPHAN. **Introducing the Brazilian standart NBR 15575 regarding the acoustical requirements, criteria and assessment methods for residential dwellings.** Disponível em: <<http://www.eac.ufsm.br/ensaios/nbr-15575>> Acesso em 05 de junho de 2015.

WESTPAHL, F. S.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R.. **Isolantes térmicos e acústicos para construção civil.** Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/aula_isolantes%20v2012_0.pdf> Acesso em 07 de junho de 2015.

PEREYRON, Daniel. **Estudo de tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto.** (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) 2008.

FURLANETTO NETO, Antonio. **Análise acústica de contrapiso com adição de resíduos de pneus.** (TCC) – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), 2011.