

Estudo do uso de tecnologias alternativas para controle de ruído de impacto em edificações**Study on the use of alternative technologies to control impact noise in buildings**

DOI:10.34115/basrv4n4-038

Recebimento dos originais: 10/07/2020

Aceitação para publicação: 19/08/2020

Wagner de Sousa Santos

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição :Federação das Indústrias de Santa Catarina

Endereço :Rua Vereadora Iracema de Andrade, 94, Barreiros, São José

E-mail:wagsousa16@gmail.com

Gustavo da Silva Vieira de Melo

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição :Universidade Federal do Pará

Endereço :R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém

E-mail:gmelo@ufpa.br

Gerardo Alves Nogueira Braga Neto

Bacharel em Engenharia Mecânica

Instituição :Universidade Federal do Pará

Endereço :R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém

E-mail:gerardo-nogueira@gotmail.com

Gabriel Soares Quixaba

Bacharel em Engenharia Mecânica

Instituição :Universidade Federal do Pará

Endereço :R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém

E-mail:gjsmqgabrielsoares@gmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre o isolamento ao ruído de impacto com o uso de mantas à base de materiais regionais, materiais industrializados e borracha líquida impermeabilizante, que foi realizado no laboratório do Grupo de Vibrações e Acústica (GVA) com o auxílio de câmara reverberante em escala reduzida para a realização do ensaio em uma amostra de piso de concreto para simular o sistema de uma edificação real. Foram realizados ensaios comparando os resultados obtidos das amostras com a Norma de Desempenho, NBR 15575, sendo que foi verificado que todas as mantas atenderam o desempenho mínimo exigido para pisos entre unidades habitacionais pela norma com L'_{nTw} (nível de pressão sonora de impacto padrão) dentro da faixa de 66 a 80 dB. Dessa forma, existe a possibilidade de mostrar a validade desta pesquisa, que tem grande importância devido à demanda por novas tecnologias de isolamento acústico para o setor da construção civil.

Palavras-chave: Pisos, Ruído de Impacto, Mantas de Látex, NBR 15575.

ABSTRACT

This paper presents a study on the impact noise insulation with the use of regional materials, industrial materials and waterproofing liquid rubber, which was conducted in the laboratory of the Acoustics and Vibration Group (GVA) with the aid of a scale reverberation room for the test run on a sample of concrete floors to simulate a real system construction. Assays were performed comparing the results obtained from the samples with the new Performance Standard, NBR 15575, and it was found that all the covers met the minimum performance required for floors between housing units by the standard with L'nTw (sound pressure level of standard impact) within the range 66 to 80 dB. Thus, it is possible to show the validity of this research, which is very important due to the demand for new sound insulation technologies for the construction industry.

Keywords: Floors, Impact Noise, Natural Rubber Blankets, NBR 15575.

1 INTRODUÇÃO

O ruído é um dos elementos indesejáveis para quem deseja um ambiente tranquilo e estimulante para o desenvolvimento de atividades diárias, seja em edificações residenciais ou comerciais. Entretanto, na maioria dos casos, na compra de um imóvel, o cliente acaba se preocupando com outros fatores, como por exemplo, o custo e o tamanho dos ambientes, esquecendo do conforto acústico no imóvel. Neste sentido tem-se o ruído de impacto, também conhecido com o ruído estrutural, que é relacionado à propagação do som por meio dos impactos de objetos com os materiais existentes nos ambientes.

Visando a crescente busca por parte das construtoras por materiais para controle do ruído em edificações, surge a possibilidade de utilizar materiais alternativos, a base de matéria-prima presente na própria região. Nesse sentido surge o POLOPROBIO (Pólo de Proteção da Biodiversidade e Uso Sustentável dos Recursos Naturais) que é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, de caráter interdisciplinar e sem fins lucrativos. O seu quadro de associados é constituído por um grupo multidisciplinar de técnicos, ligados a projetos de pesquisa, repasse de tecnologia e extensão, atuando no desenvolvimento de processos e produtos e no manejo de recursos naturais, mais especificamente no processamento do látex nativo, para a fabricação de mantas emborrachadas (de tecido e/ou de fibras vegetais) e uma linha diversificada de artesanatos e pequenos artefatos de borracha, produtos denominados de “Encauchados de Vegetais da Amazônia”.

Neste trabalho, foram utilizadas as instalações da comunidade localizada na vila modelo no município de Castanhal para a confecção das amostras utilizadas na presente pesquisa, sendo este projeto localizado a aproximadamente 90 km de Belém, capital do Pará.

Após a entrada em vigor da NBR 15575, as empresas do setor da construção civil têm que se adaptar aos parâmetros estabelecidos por esta norma, devendo buscar tecnologias alternativas utilizando materiais regionais por exemplo, que venham a contribuir para o isolamento de ruído de impacto em pisos entre os apartamentos. Este será o objeto de estudo deste trabalho onde será verificada a

possibilidade de utilizar tecnologias alternativas como forma de controle na propagação de ruído de impacto, simulando um sistema de piso de um apartamento, fazendo uma análise comparativa com os valores estabelecidos pela norma.

O presente trabalho tem como principal objetivo analisar e comparar os níveis de isolamento de ruído de impacto em pisos, utilizando mantas de látex como tecnologias alternativas para contribuir para o isolamento acústico em uma amostra de piso convencional em laje com escala reduzida.

2 REVISAO BIBLIOGRAFICA E FUNDAMENTACAO TEORICA

Para poder definir os parâmetros utilizados para as escolhas das amostras e desenvolvimento da metodologia seguida ao longo do trabalho, foi necessário realizar um levantamento dos estudos realizados, envolvendo o tema abordado nesta pesquisa. A seguir, é apresentada a literatura que dá suporte para este trabalho.

2.1 O RUÍDO DE IMPACTO EM EDIFICAÇÕES

O ruído de impacto em edificações é um tema que vem sendo estudado há certo tempo, devido à grande demanda de reclamações por parte dos usuários que se sentem incomodados com este problema diariamente. Para Pereyron (2008), a crescente verticalização das cidades e a constante evolução das tecnologias desenvolvidas pelo homem trouxeram consigo um aumento significativo no nível de ruído proveniente das mais variadas fontes e, com eles, os malefícios causados ao ser humano. O autor buscou analisar o desempenho do isolamento acústico de diferentes tipos de lajes, em conformidade com a norma ISO 140-7.

Após análises sobre o nível de isolamento ao ruído de impacto utilizando diferentes tipos de lajes, Pereyron (2008) verificou que a laje do tipo convencional ficou com o desempenho mais baixo, relacionando este fato à baixa massa que a mesma apresenta devido a seus elementos estruturais serem vigotas pré-fabricadas com uma fina camada de concreto armado que a mesma recebe como cobrimento. Este estudo teve grande relevância para esta pesquisa pelo fato de mostrar que o comportamento da transmissão do ruído de forma estrutural (impacto) depende fundamentalmente da tipologia do sistema de laje que está sendo estudado, demonstrando que a análise que foi feita neste estudo com os diversos tipos de mantas, pode apresentar resultados diferentes dependendo do tipo de laje.

De acordo com Pedroso (2007), o ruído de impacto é um desafio para construtores e projetistas pela dificuldade que se encontra para a interrupção das vibrações decorrentes da rigidez dos vínculos entre os elementos estruturais. O autor buscou medir e comparar o desempenho de matérias elásticos como isolantes entre laje e revestimento final, além de determinar a vantagem relativa no critério custo/benefício, na montagem de sistemas com revestimentos finais de porcelanato e laminado

melamínico de madeira, e a utilização de lã de vidro, mantas de borracha reciclada (resíduos de E.V.A.), isopor de alta densidade e manta de polietileno como materiais resilientes.

Pedroso (2007) também verificou que a lã de vidro é o mais eficaz dentre os materiais resilientes com o melhor rendimento absoluto, e com o melhor desempenho de isolamento ao ruído de impacto em todas as frequências, percebendo uma melhoria de 4 dB no desempenho acústico da lã de vidro quando usada com o porcelanato, em relação a sua utilização com o laminado. Além disso, ao realizar uma comparação do custo/benefício, o autor verificou a maior vantagem de utilizar a lã de vidro com revestimento laminado de madeira.

De acordo com Jeon *et al.* (2002), o ruído de impacto tem sido considerado como o mais irritante dentre os ruídos em vários andares de edifícios residenciais no mundo todo. Com crescentes exigências de grupos residenciais, é necessário que novas regras para controlar o ruído impacto sejam estabelecidas. Os autores realizaram uma avaliação objetiva e subjetiva em pisos de edificações, utilizando um sistema com *tapping machine* para gerar o ruído de impacto.

Esta pesquisa é relevante para este trabalho pelo fato de ter sido utilizado para gerar o ruído de impacto um equipamento conhecido como *tapping machine*, assim como foi realizado na maioria dos estudos mostrados nesta seção.

De acordo com Braga *et al.* (2013), os ruídos de impactos, como aqueles criados por passos, máquinas de perfuração e prensas ou a queda de um objeto ou o movimento de móveis, podem ser uma fonte de grandes desconfortos em edifícios residenciais e de trabalho. O trabalho de Braga *et al.* (2013) teve grande importância para este estudo, pois serviu como base para a aplicação da metodologia, além de ter mostrado o potencial de isolamento acústico das mantas de látex que serão utilizadas nesta pesquisa. Os autores encontraram uma redução dos níveis de ruído de impacto superiores a 10 dB, acima de frequências de 1,0 kHz.

2.2 O RUÍDO DE IMPACTO

Segundo Gerges (2000), os ruídos de impacto são causados por contato ou atrito mecânico de um corpo sobre outro, por exemplo, máquinas de prensar, quedas de objetos no piso, passos, etc. A transmissão de ruído de impacto em edificações depende de vários fatores que podem levar uma laje a vibrar, transmitindo ruído ao ambiente inferior, ou as vezes até amplificando o ruído de impacto gerado no andar superior.

O isolamento acústico de impacto pode ser feito por piso flutuante que consiste, basicamente, na introdução de material resiliente entre a laje estrutural e o com contrapiso. Então o contrapiso e todas as cargas ficam montados sobre o material resiliente, funcionando como um sistema massa-mola, cuja primeira frequência de ressonância está bem abaixo da frequência mínima de excitação.

De acordo com Bistafa (2011), sons gerados por pisadas, queda de objetos sobre lajes provocam grande desconforto em edificações, por serem ouvidos pelos vizinhos de baixo. A experiência de campo revela que o nível sonoro de impacto é muito elevado, mesmo em lajes espessas e densas. Segundo o autor, a solução normalmente utilizada para a redução de sons de impacto consiste em colocar material resiliente isolador entre a laje estrutural e o contrapiso, de menor espessura do que a laje, sendo que estes isoladores poderão ser coxins de borracha, cortiça, etc

3 METODOLOGIA

3.1 ESCOLHA DAS AMOSTRAS

Neste trabalho utilizam-se algumas amostras de mantas de látex, fornecidas pelo projeto Encauxados de vegetais da Amazônia, sediado em Castanhal e financiado pela Petrobrás.

As misturas utilizadas foram fornecidas pelos coordenadores do projeto, sendo neste trabalho utilizadas as seguintes adições para as mantas:

- Pó de madeira mista: proveniente da sobra (serragem) da confecção de móveis e utensílios de madeira, atividade muito comum na região de castanhal, onde o comércio é bastante disseminado;
- Pó de madeira paricá;
- Fibra de caroço de açaí: durante a colheita do açaí, ao retirar os caroços do cacho, parte deste é solta, sendo em muitos casos dispensada como lixo;
- Cinza de caroço de açaí: o caroço de açaí que é dispensado na natureza após a extração da polpa, pode ser queimado, produzindo este resíduo;
- Látex pré-vulcanizado: após a extração do látex, este passa por um processo de pré- vulcanização à base de enxofre, desenvolvido ao longo do projeto.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta pesquisa, foram seguidos os seguintes passos quanto aos procedimentos metodológicos: a) Escolha do número de amostras a serem utilizadas no experimento, como foi mostrado anteriormente na análise estatística; b) Confecção das amostras com o uso de diversas misturas contendo o látex; c) Construção da amostra de piso de concreto, simulando o piso de uma edificação em escala reduzida; d) Montagem dos equipamentos em laboratório; e) Ensaio no laboratório do isolamento ao ruído de impacto somente com a amostra do piso de concreto; f) Ensaio no laboratório do isolamento ao ruído de impacto com o uso das mantas de látex combinadas com a amostra de concreto; g) Ensaio no laboratório do isolamento ao ruído de impacto com o uso da borracha líquida impertech e de mantas de materiais industrializados, combinadas com a amostra de concreto; h) Análise dos resultados obtidos no

laboratório, comparando o nível de isolamento ao ruído de impacto entre a tecnologia regional e a industrial.

3.3 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Para confeccionar as mantas foram utilizadas chapas de alumínio com dimensões de 60 x 60 cm, e 3 mm de espessura para servir de molde para as amostras, utilizando cinco chapas para os experimentos. Abaixo é apresentada a Figura 1 de uma das chapas utilizadas.

Figura 1 - Amostra de uma das chapas de alumínio utilizadas.



Fonte: Autoria própria

A vantagem de utilizar o alumínio como material para molde é o fato de esse, ao entrar em contato com as amostras de látex, permitir a retirada das mantas após o tempo de cura destas. Para a obtenção da cinza de caroço de açaí utilizada nas misturas, foram previamente selecionados caroços de açaí que foram queimados no forno caseiro. O material foi peneirado para retirar restos de outros produtos que se misturam com essa, obtendo apenas o material desejado.

A fibra de açaí é obtida a partir dos restos de materiais que sobram da colheita, após separarem-se os caroços de açaí. Para o preparo de cada mistura na confecção das amostras, primeiramente foi medida a massa de cada componente das mantas para saber a influência de cada adição na mistura, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição das misturas das mantas.

Componentes	Manta 1		Manta 2		Manta 3		Manta 4		Manta 5	
	3 mm	5 mm	3 mm	5 mm	3 mm	5 mm	3 mm	5 mm	3 mm	5 mm
Látex (l)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pó de Madeira mista (g)	250	500	100	200	-	-	100	200	200	400
Cinza de caroço de açaí (g)	50	50	50	50	50	50	50	50	250	250
Fibra de caroço de açaí triturada (g)	-	-	250	500	100	200	-	-	-	-
Fibra de caroço de açaí (g)	-	-	-	-	250	500	250	500	-	-
Pó de madeira paricá (g)	-	-	-	-	100	200	-	-	-	-

Tendo sido feito o preparo da massa das misturas, essas foram aplicadas sobre a chapa de alumínio que serviu como molde para as mantas. A aplicação foi feita com o auxílio de pincel, para ajudar a espalhar a mistura de forma uniforme, conforme Figura 2.

Figura 2 – Misturas na manta sendo aplicadas nos moldes



a) Aplicação das misturas.

b) Espalhamento da mistura sobre a chapa.

Fonte: Autoria própria

Após o preparo das mantas, essas foram colocadas para secar, sendo feitas algumas correções nas falhas dessas ao longo do processo de secagem. A aplicação da mistura é feita por camadas, demorando na faixa de 10 dias para a finalização do processo de confecção de cada manta.

Durante o processo de confecção, foram enfrentados vários desafios, devido à confecção das mantas ter sido realizada nos meses de fevereiro e março primeiramente, que são meses de chuvas intensas na região Norte do Brasil, o que demandou bastante tempo até serem realizados os primeiros ensaios desta pesquisa.

Também foi feita uma análise do isolamento ao ruído de impacto de uma amostra do piso de concreto, utilizando a borracha líquida fornecida por uma empresa que trabalha com materiais impermeabilizantes para lajes, sem função acústica, porém com propriedades de contribuição para o

controle da estanqueidade em lajes. A aplicação é feita através de rolo, pincel, broxa ou bomba air-less, podendo ser usado em vários segmentos industriais, construção civil, saneamento, mineração. Para a confecção da amostra, o produto foi aplicado com o número de demãos necessárias para se chegar na espessura desejada (3 mm), dentro das possibilidades apresentadas pelo fabricante.

Além destas amostras, foram ensaiados outros materiais presentes no mercado, dentre estes, três mantas de materiais fabricados à base de pneu reciclável com espessura de 3 mm, 5 mm e 8 mm, sendo estas amostras fornecidas por uma empresa consolidada no mercado de controle de ruído de impacto, que nesta pesquisa será denominada empresa A. Além destes materiais, também foram analisadas duas amostras com 5 mm de espessura feitos de polímeros, de outra empresa que será nomeada como empresa B. O objetivo de realizar ensaios de redução ao ruído de impacto com estas amostras se deve ao fato de se poder comparar posteriormente os resultados obtidos com os materiais industrializados em relação às mantas de látex que representam a regionalidade da Amazônia.

Para tornar os resultados os mais próximos possíveis da realidade, foi utilizada uma amostra do piso de concreto com espessura de 10 mm e 60 x 60 cm de dimensão, devido a limitações encontradas na câmara reverberante em escala reduzida utilizada nesta pesquisa, por ser o recurso disponível durante a realização do trabalho. A opção pela amostra de concreto se deveu ao fato de este sistema de piso ser usado na maioria das edificações.

Primeiramente, foi feita a armação da amostra, com o objetivo de dar a ela resistência ao seu peso próprio e aos impactos da tapping machine. Foi feita uma amostra com 10 cm de espessura com o objetivo de comparar os resultados do experimento como os valores expressos na NBR 15575, levando em conta as limitações encontradas no ensaio, como por exemplo, o volume pequeno da câmara reverberante. Após ser feita a armação, foi realizado o preparo do concreto, misturando cimento, seixo, areia e água de forma manual. Após a mistura, o concreto foi lançado na forma e colocado para secar, respeitando o tempo de cura de 28 dias para a realização dos ensaios.

3.4 PROCEDIMENTOS NORMALIZADOS

Para a realização dos ensaios, seguiram-se os procedimentos previstos na ISO 140-7, que trata sobre a medição de ruído de impacto. O nível de pressão sonora de impacto (L'_{nT}) é reduzido por um termo de correção, que é dado em decibels, sendo este dez vezes o logaritmo da relação entre o tempo de reverberação medido no ambiente receptor e do tempo de reverberação de referência previsto em norma, conforme equação a seguir:

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

Eq. 03

Onde L_i é o nível de pressão sonora de impacto; T é o tempo de reverberação no ambiente receptor onde está se analisando a transmissão do ruído de impacto; e T_0 é o tempo de reverberação de referência normalizado, igual a 0,5 s.

De acordo com a ISO 140-7, para provocar o ruído de impacto é necessário utilizar a tapping machine (máquina de gerar ruído de impacto), posicionando essa em quatro pontos distintos do piso, sendo que em cada ponto devem ser tomadas quatro medidas diferentes. Como neste trabalho as dimensões do ambiente e do piso analisado eram pequenas (0,36 m²), foi utilizado apenas um ponto de medição para a tapping machine e para o microfone. Para melhorar a confiabilidade das medições, para cada amostra analisada, foram feitas três medições para cada análise realizada, sendo realizado ao final do procedimento o cálculo da média logarítmica dos valores.

Segundo a norma, quando a diferença entre o nível de ruído de impacto na sala receptora e o nível de ruído de fundo for menor que 10 dB, é necessário utilizar uma tabela de correção fornecida por esta. No caso da diferença entre o ruído de fundo e o nível de ruído de impacto ser menor que 3 dB, é impossível realizar este experimento e obter resultados satisfatórios.

Após realizar as medições por banda de frequência, é necessário classificar o sistema de isolamento que está sendo testado, sendo que para isto são utilizados os procedimentos da ISO 717-2, que aborda a classificação do isolamento acústico em edifícios e dos elementos de construção. O objetivo desta norma é padronizar um método, pelo qual os valores dependentes da frequência do isolamento de ruído de impacto podem ser convertidos em um número único, que caracteriza o desempenho acústico.

Para a realização dos ensaios foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Analisador do nível de pressão sonora tipo 2260 (ver foto 15), Brüel e Kjaer,
- certificado de calibração 25/09/2014;
- Calibrador tipo 4231 (ver foto 16), Brüel e Kjaer, certificado de calibração
- 25/09/2014;
- Câmara reverberante em escala reduzida
- Tapping machine (ver foto 18), Brüel & Kjaer, type 3207:
- Microfone do tipo campo difuso (ver foto 19), tipo 4189, Brüel & Kjaer,
- sensibilidade 51,5 mV/Pa, nível de confiança 95%:
- Pré-amplificador tipo 2716 (ver foto 20), Brüel & Kjaer:
- Fonte dodecaédrica tipo 4296 (ver foto 21), Brüel & Kjaer:

Os ensaios foram realizados no laboratório de acústica do Grupo de Vibrações e Acústica (GVA) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Para isso, foi medido primeiramente o nível de ruído de impacto produzido pela tapping machine (L_i), sendo após isso medido o nível de ruído ambiente para

analisar a influência do ambiente na qual a câmara se localiza. Por fim, foi medido o tempo de reverberação na câmara, para obter parâmetros de absorção no ambiente. Durante as medições, foram realizadas três médias para cada parâmetro (ruído de impacto, ruído ambiente, tempo de reverberação), com o objetivo de validar ainda mais os resultados obtidos.

É importante ressaltar que este procedimento leva em consideração as limitações encontradas neste ensaio, como por exemplo, as dimensões da câmara reverberante utilizadas, sendo que o foco principal é a metodologia seguida, a qual é comparada de forma cautelosa com os procedimentos normalizados descritos anteriormente.

Ao se realizarem as medições, foram tomados os devidos cuidados com o objetivo de influenciar o mínimo possível os resultados, como por exemplo, o posicionamento da fonte e do microfone relativamente às paredes da minicâmara.

Foi analisado primeiramente o isolamento ao ruído de impacto somente da amostra do piso de concreto, para verificar a influência desta nos resultados posteriores das medições com as mantas de látex e o material industrializado.

Após isso, foi medido o nível de isolamento ao ruído de impacto com as amostras de manta de látex mais o piso de concreto. Foram feitas medições em cinco amostras, sendo duas com 5 mm de espessura e três com 3 mm. Após um período de 60 dias o fornecedor enviou o restante das mantas para serem ensaiadas, sendo duas amostras com 3 mm, no caso as mantas 1 e 5, e duas com 5 mm de espessura.

Figura 3- Ensaio com a manta de látex.



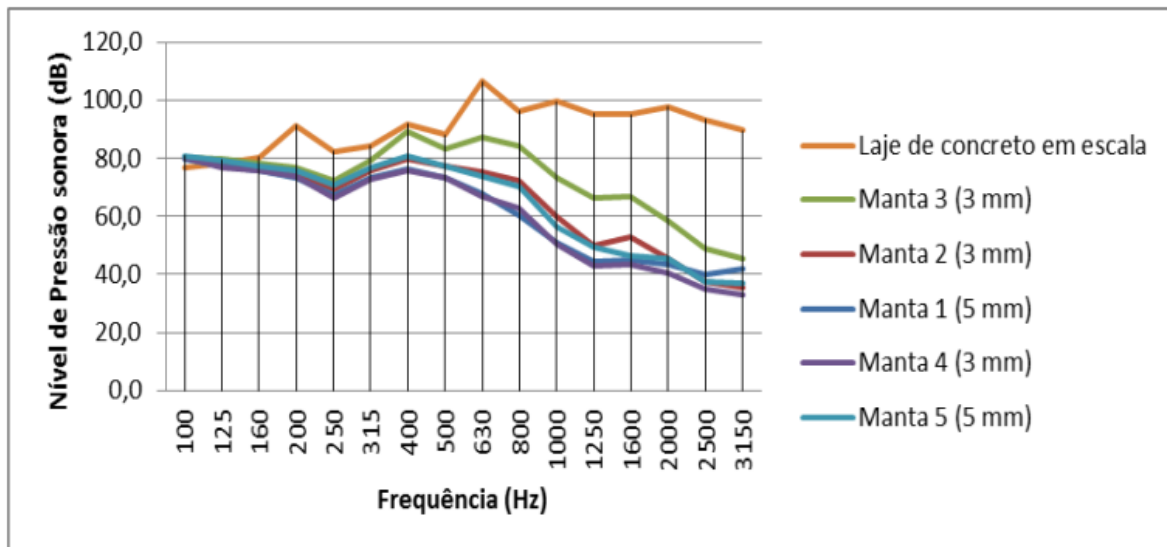
Fonte: Autoria própria

O procedimento realizado com as amostras de manta de látex foi repetido com as mantas de materiais industrializados fornecidas pelas empresas do setor. Foram ensaiadas as cinco amostras com espessura variando na faixa de 3 a 8 mm.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após realizar os ensaios com as amostras das mantas de látex, mantas industrializadas e borracha líquida, foram obtidos os resultados por banda de frequência.

Gráfico 1 - Resultados de L'nT da 1ª remessa de mantas à base de látex.



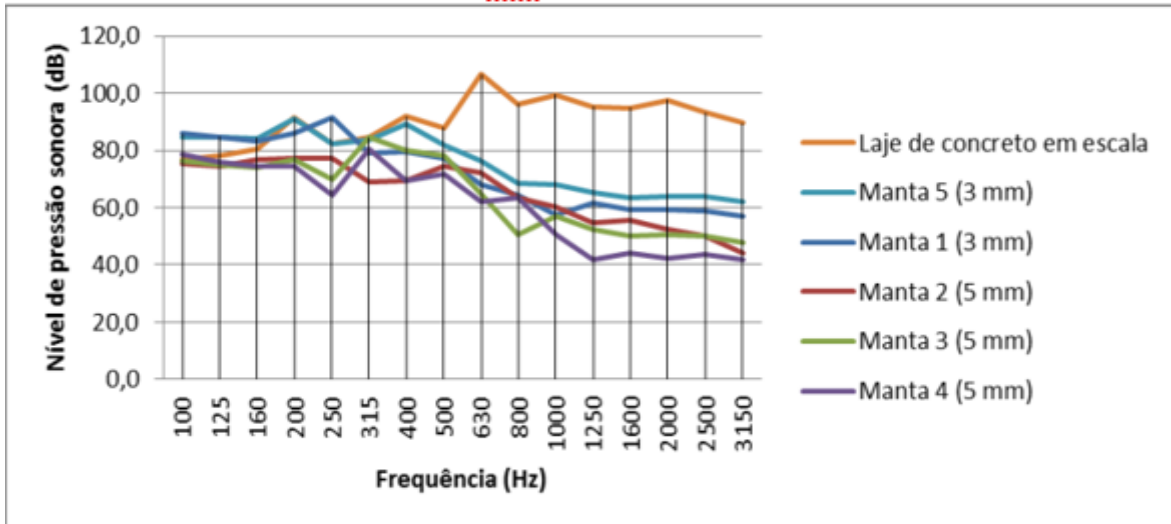
Fonte: Autoria própria

Por meio dos resultados obtidos, pode-se perceber que o decaimento do nível de pressão sonora gerado pelo impacto da tapping machine foi considerável em todas as mantas analisadas, a partir das médias e principalmente das altas frequências, conforme mostrado no gráfico 1, sendo que a manta que apresentou os melhores resultados foi a manta 4, que obteve aproximadamente 14 dB de redução do nível de ruído de impacto na frequência de 500 Hz, e nas altas frequências (1000 a 3150 Hz) uma média de redução do ruído de impacto de 54 dB.

Nas baixas frequências (100 a 250 Hz) a média de redução foi de 13 dB.

As outras mantas utilizadas nestes ensaios também tiveram resultados próximos (ver gráfico 2), apresentando, em média, uma redução de nível de ruído de impacto de 11 dB na faixa de 500 Hz. Nas altas frequências, a média de redução destas foi de aproximadamente 51 dB, e nas baixas de 11 dB.

Gráfico 2- Resultados de L'nT da 2ª remessa de mantas à base de látex

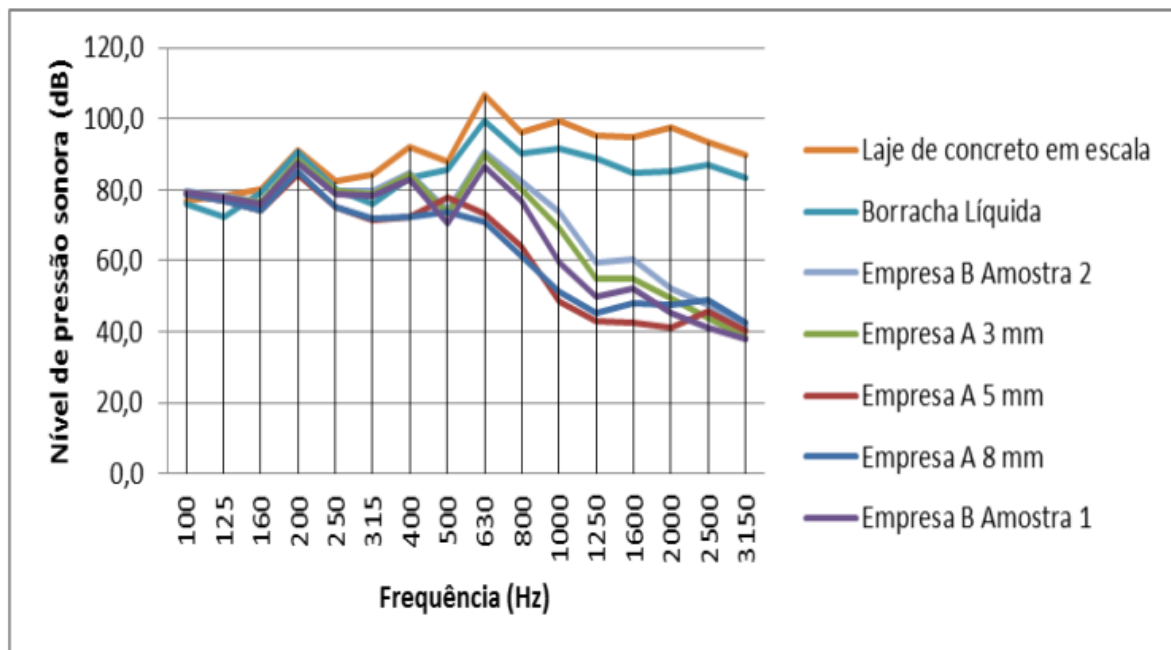


Fonte: Autoria própria.

Ao analisar os resultados da 2ª parte das amostras analisadas neste estudo, foi observado que nas baixas e altas frequências o comportamento das mantas foi semelhante aos resultados das primeiras amostras, sendo que a manta que apresentou os melhores resultados foi a de número 4, com redução de 14 dB na frequência de 500 Hz.

Ao analisar os resultados utilizando os materiais industrializados fornecidos pelas empresas do setor (ver gráfico 3), foi observado que a amostra que obteve os melhores resultados foi a amostra à base de pneu reciclável com 8 mm de espessura fornecida pela empresa A, com redução de 15 dB na frequência de 500 Hz. Nas altas frequências, a média de redução foi de 48 dB.

Gráfico 3 - Resultados de L'nT das amostras de materiais industrializados.

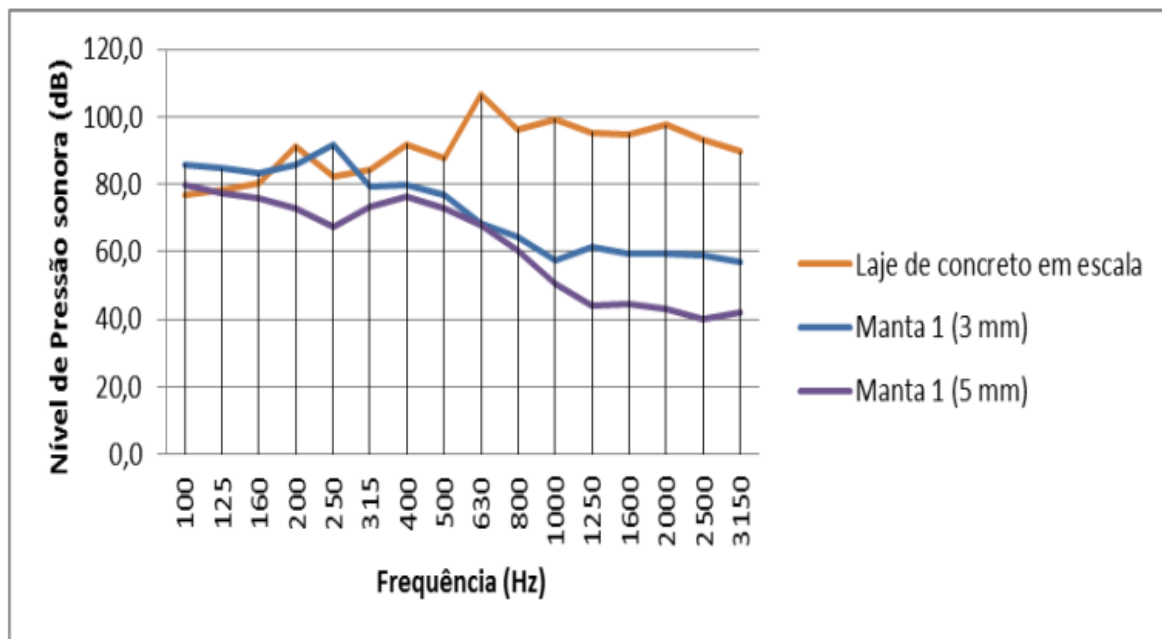


Fonte: Autoria própria.

Em relação à amostra com pintura de borracha líquida, concluiu-se que a redução do nível de ruído de impacto do ponto de vista acústico foi desprezível nas baixas e médias frequências, sendo que nas altas frequências a redução do nível de ruído de impacto foi de 9 dB.

Como forma de exemplificar o comportamento do ruído de acordo com a espessura do material, é mostrado no gráfico 4 o comportamento do ruído de impacto. É possível identificar isso por meio dos resultados com a manta 1 que apresentou diferença considerável entre as curvas.

Gráfico 4 - Resultados de $L'nT$ comparando o mesmo tipo de manta com diferentes espessuras.



Fonte: Autoria própria.

Após obter os valores de $L'nT$, é necessário comparar os valores mostrados nos gráficos acima e comparar com a curva de referência da ISO 717-2 (ver Tabela 2) para, assim, obter os valores de $L'nTw$.

Tabela 2 - Resultados de L'nTw para as amostras.

Amostra	Lnt'w (dB)	Desempenho
Manta 1 (3 mm)	70	Mínimo
Manta 1 (5 mm)	69	Mínimo
Manta 2 (3 mm)	73	Mínimo
Manta 2 (5 mm)	70	Mínimo
Manta 3 (3 mm)	77	Mínimo
Manta 3 (5 mm)	71	Mínimo
Manta 4 (3 mm)	70	Mínimo
Manta 4 (5 mm)	69	Mínimo
Manta 5 (3 mm)	80	Mínimo
Manta 5 (5 mm)	73	Mínimo
Manta Empresa A(8 mm)	71	Mínimo
Manta Empresa A(5 mm)	72	Mínimo
Manta Empresa A(3 mm)	78	Mínimo
Manta Empresa B tipo 1	77	Mínimo
Manta Empresa B tipo 2	78	Mínimo
Borracha Líquida	94	Não atende
Laje	102	Não atende

É possível perceber que as mantas que tiveram melhores resultados foram a manta nº 1 e nº 4 com 5 mm de espessura, porém, é importante ressaltar que nestas duas mantas foram obtidas diferenças entre as curvas medidas e de referência da ISO 717/2 maiores que 8 dB.

Em relação às amostras dos materiais industrializados, a manta que obteve melhor resultado foi a da empresa A com 8 mm espessura.

5 CONCLUSÕES

Em relação às mantas à base de látex que foram analisadas nesta pesquisa, fica claro e evidente o potencial destes materiais baseando-se nos resultados que foram obtidos de L'nT'w, aonde todas as amostras desse material, independentemente da composição, se enquadraram dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15575, que prevê um desempenho mínimo para o sistema da edificação na faixa de 66 a 80 dB. Cabe ressaltar que o experimento realizado possui algumas limitações devido às características da câmara reverberante em escala reduzida utilizada. Entretanto, é possível verificar a validade da pesquisa, pelo fato de propor uma metodologia de ensaio e demonstrar o potencial do material testado, que pode vir a ser ensaiado de forma padronizada, podendo gerar soluções cada vez mais inovadoras no futuro.

Entretanto, é necessário ressaltar que ainda é preciso avaliar estas amostras em relação a outros fatores, como por exemplo, resistência ao fogo, etc. Além disso, foi observada uma questão em relação

ao armazenamento adequado, como forma de garantir que as mantas tenham suas propriedades mantidas ao longo do tempo, como forma de prever o comportamento destas, quando utilizadas na prática em uma obra.

Analisando os materiais que foram fornecidos por empresas que atuam no desenvolvimento de tecnologias para controle de ruído, é importante observar que as mantas utilizadas para esta finalidade que vêm sendo comercializadas a certo tempo tiveram resultados dentro dos padrões da NBR 15575, o que demonstra que já existem tecnologias consolidadas para esta finalidade.

Em relação à variação na espessura das mantas, pode-se observar que esta tem influência direta no isolamento do ruído de impacto. Entretanto, como foram analisadas pequenas variações nas amostras, é possível observar que a cada 2 mm de espessura obtém-se uma redução de 4 dB na faixa de frequência de 500 Hz. Esse fato deve-se ao amortecimento fornecido ao sistema, devido às propriedades características da borracha que ficam evidentes na análise modal que foi feita paralelamente a este trabalho.

Quanto ao tipo de adições analisadas que foram misturadas ao látex, não foram observadas grandes diferenças entre as amostras, ficando a indicação da manta com adição de fibra de açaí para ensaios mais detalhados futuramente.

Como propostas para trabalhos futuros podem-se indicar os seguintes temas:

- Realização de ensaios de resistência ao fogo, tração e impacto nas amostras à base de látex;
- Estudo analítico do custo para execução de um piso contendo mantas à base de látex para controle de ruído de impacto;
- Estudo do isolamento ao ruído de impacto in loco em uma laje contendo mantas à base de látex;
- Estudo da rigidez dinâmica das mantas de látex ensaiadas.

Ao término deste trabalho é possível concluir que o estudo do isolamento ao ruído de impacto deve ser um tema cada vez mais disseminado e pesquisado, devido às diversas questões norteadoras que permeiam este assunto, por conta, principalmente, das demandas que vêm surgindo nos últimos anos por parte das construtoras que começam a perceber a necessidade de investir em tecnologias que venham a contribuir para o conforto das pessoas que investem seus recursos na compra de um apartamento.

REFERÊNCIAS

BISTAFA, S.R, 2011. Acústica aplicada ao controle de ruído. São Paulo: Edgar Blücher, 2ª ED.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15575-3, 2013. Desempenho de edificações habitacionais – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro.

PEREYRON, D. Estudo de tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul 2008.

PEDROSO, M.A.T. Estudo comparativo entre as modernas: Composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao de impacto. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

JEON, Jin Yong; JEONG, Jeong Ho; ANDO, Yoichi. Objective and subjective evaluation of floor impact noise. *Journal of Temporal Design in Architecture and the Environment*, v. 2, n. 1, p. 20-28, 2002.

HOPKINS, C. Airborne sound insulation of beam and block floors: direct and flanking transmission. *Building Acoustics*, v. 11, n. 1, p. 1–25, 2007.

BRAGA,D.S; MELO,G.S.V; GODOY,R; PEREIRA,AA; SOEIRO,N.S e SAMONECK,F. Investigation of impact noise insulation panels made of latex and regional fibers. *Anais ... 22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM)*, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998. ISO 140-7: Acoustics: measurement of sound insulation in buildings and of building elements.

GERGES S. N. Y. Ruído. Fundamentos e Controle. Florianópolis: [s.n], 1992.