

## Avaliação dos níveis de ruído de impacto em contrapisos especiais e convencionais

### Assessment of impact noise levels on special and conventional floors

#### RESUMO

**Valéria Beatriz Wille**  
[valeria.wille@gmail.com](mailto:valeria.wille@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

**Rodrigo Eduardo Catai**  
[recatai@gmail.com](mailto:recatai@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

**Fernanda Aparecida Henneberg**  
[fernandaa@utfpr.edu.br](mailto:fernandaa@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Este trabalho possui como principal objetivo a comparação do desempenho acústico entre contrapisos feitos de agregados convencionais com contrapisos produzidos utilizando-se de agregados análogos, levando em consideração principalmente o resíduo da construção e demolição (RCD), porém fazendo uma análise paralela com a borracha, argila e o incorporador de ar desempenhando a mesma função. A análise se justifica na necessidade de mitigar o preconceito sobre o material reciclado não apresentar desempenho satisfatório em termos de isolamento acústico quando em comparação com materiais usuais e oriundos da produção tradicional de primeira linha. A partir de ensaios feitos experimentalmente, na câmara reverberante da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, utilizando uma fonte padrão de ruído de impacto em diferentes posições na superfície dos contrapisos analisados, e um analisador de frequências posicionado em nível inferior ao da emissão do ruído, foi possível observar o desempenho acústico satisfatório, ou até mesmo superior, dos contrapisos feitos com materiais análogos desempenhando função de agregado em relação aos contrapisos feitos com agregados convencionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acústica. Construção. Resíduo.

#### ABSTRACT

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



This paper has as main objective the comparison of the acoustic performance between screeds made of conventional aggregates and screeds produced using analogous aggregates, taking into account mainly those made of construction and demolition waste (CDW), but making a parallel analysis with the rubber, clay and air incorporator performing the same function. The analysis is justified in the need to mitigate the prejudice about the recycled material not presenting satisfactory performance in terms of acoustic insulation when compared to usual and coming from traditional first line production materials. From tests made experimentally in the reverberant chamber of the Federal Technological University of Paraná, using a standard source of impact noise in different positions on the surface of the analyzed screed, and a frequency analyzer positioned at a lower level than the noise emission, it was possible to observe the satisfactory, or even higher, acoustic performance of the screeds made with analogous materials performing aggregate functions in relation to screeds made with conventional aggregates.

**KEYWORDS:** Acoustics. Construction. Waste.

## INTRODUÇÃO

Muitas são as vantagens consequentes da globalização, porém este processo também apresenta vários pontos negativos, como a poluição sonora, podendo não ser fisicamente perceptível, mas apresentando grandes problemas para a humanidade.

A grande demanda de pesquisas para agregados recicláveis e com desempenho acústico demonstra a preocupação atual da comunidade científica para contornar não apenas a poluição sonora, mas também os resíduos produzidos e não descartados corretamente provenientes da construção civil, um dos segmentos de maior relevância econômica, bem como um dos maiores consumidores de matéria prima do mundo.

No Brasil, em meados dos anos 2000, iniciou-se, ainda que de forma tímida, iniciativas para a reciclagem de resíduos sólidos. Para a construção civil, isto significa o início da reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (RCD), a qual apresenta algumas particularidades devido, principalmente, à grande complexidade em razão da heterogeneidade dos componentes envolvidos no processo construtivo (ÂNGULO et al., 2001).

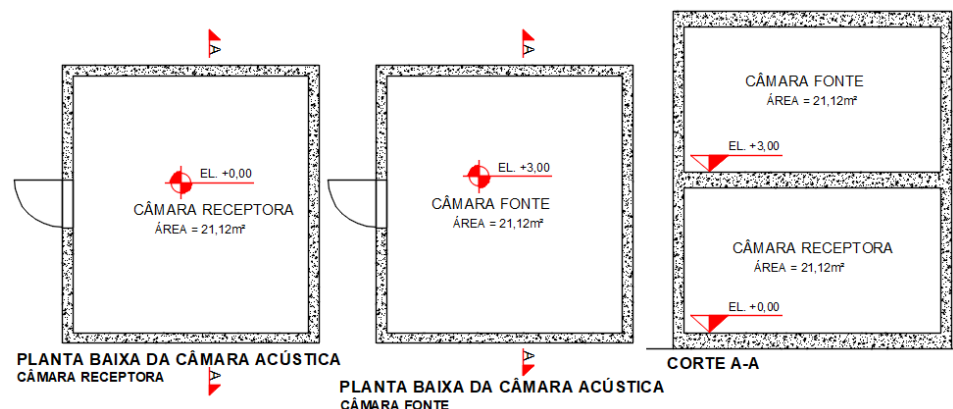
Conforme destaca Bistafa (2011), há estudos em diversos países que relacionam o ruído ao preço dos imóveis, destacando que, quanto maior o ruído externo, mais desvalorizado será o imóvel ali situado, outros estudos demonstram que o aprendizado escolar é inversamente proporcional ao ruído.

Nesta pesquisa foram realizados ensaios acústicos em placas de contrapisos feitos com diferentes agregados, mas ainda sem o revestimento superior (pisos). Tais ensaios foram guiados pela ISO 10140-3 e pela ISO 717-2, a fim analisar a performance acústica do contrapiso com RCD frente ao contrapiso convencional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Normalmente utilizadas para a determinação de coeficientes de absorção sonora, as câmaras reverberantes são utilizadas para produzir campos difusos, os quais não simulam condições de campo livre, sendo estas condições simuladas em câmaras anecóicas (BISTAFA, 2011).

Figura 1 - Esquema da câmara acústica reverberante da UTFPR



Fonte: Autoria própria (2020).

Os ensaios foram realizados na câmara acústica reverberante do Laboratório de Engenharia Acústica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Curitiba representada a partir da Figura 1, sendo que a referida câmara segue os padrões constantes na ISO 10140-3 (ISO, 2010).

Em concordância com a parte 3 da ISO 10140 (ISO, 2010) a fonte de impacto sonora para os ensaios laboratoriais usada foi uma *tapping machine* padrão. O equipamento deve seguir o prescrito no Anexo E da referida norma. De acordo com o Anexo E da parte 3 da ISO 10140 (ISO, 2010), a *tapping machine* deve ser auto-dirigida (automática) e deve seguir a critérios fixados para sua calibração. O peso do equipamento deve ser menor do que 25 kg para não sobrecarregar pisos leves e/ou revestimentos de pisos. A NBR 15575-3 (ABNT, 2013) aceita apenas a *tapping machine* como equipamento gerador de impacto para este tipo de ensaio.

Os objetos deste estudo foram placas de contrapisos de 1 m<sup>2</sup> produzidas utilizando diferentes tipos de agregados, sendo eles: agregado convencional, RCD, argila expandida, borracha e incorporador de ar. A variação entre os agregados permite uma comparação mais abrangente quanto ao desempenho acústico destes componentes.

Na superfície superior destes contrapisos foram demarcadas cinco diferentes posições para a locação da *tapping machine* na fase de ensaio, com o cuidado que não houvesse sobreposição de espaços.

Para a realização dos ensaios acústicos, utilizou-se duas salas (câmaras acústicas) separadas por diferentes níveis, sendo a sala a qual se situará a fonte emissora do ruído de impacto padronizado (*tapping machine*) superior à sala onde foram feitas as medições. Separando ambas as salas, estará o contrapiso a ser ensaiado e posicionado sobre a laje da sala inferior. Acima dele posicionou-se a *tapping machine* nas posições pré-estabelecidas.

Após o início da emissão do ruído de impacto, foram feitas medições na sala receptora utilizando-se um analisador de frequências, estas medições foram captadas em todos os cantos da sala e em seu centro.

A redução do som do impacto produzido pela *tapping machine* é calculada a partir da diferença entre os níveis de pressão sonora obtidos com e sem o contrapiso de teste.

Para a apresentação dos resultados, de acordo com a ISO 717 (2013), é necessário o deslocamento da curva padrão, disponível na referida norma, com incrementos de 1 dB em direção da curva medida até que o valor da soma dos desvios não favoráveis seja tão grande quanto possível, porém não maior do que 32 dB.

O nível de pressão medido na sala receptora, por sua vez, deverá ser normalizado de acordo com a ISO 10140 utilizando-se a Equação 1, para levar em conta as variáveis consideradas em ensaios acústicos, as mesmas serão abordadas na sequência.

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

Onde:

$L'_{nT}$  é o nível de pressão de impacto sonoro normalizado.

$L_i$  é o nível de pressão de impacto sonoro na sala receptora (dB), é o impacto medido experimentalmente através do analisador de frequências;

T é o tempo de reverberação na sala receptora (s);

$T_0$  é o tempo de reverberação de referência (igual a 0,5s).

Para o tempo de reverberação na sala receptora, foi executado um ensaio a parte que determine este parâmetro, o qual ajustará o nível de pressão sonora de impacto. Este ensaio, por sua vez, não entra no mérito deste artigo devido à sua complexidade, portanto constará apenas os valores obtidos a partir do mesmo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores medidos para o tempo de reverberação dentro da faixa de frequência de interesse (100Hz-3150Hz), são os valores apresentados no Quadro 1. Estes valores deverão ser devidamente utilizados para a correção dos valores dos níveis de pressão de impacto sonoro normalizado ( $L'_{nT}$ ) de todos os exemplares de contrapisos ensaiados no mesmo dia de sua medição.

Quadro 1 – Adequação do tempo de reverberação

Frequência (Hz)	T20 (s)	Incerteza	A0 (m <sup>2</sup> )
100	5,358	1,070	1,703
125	3,386	0,265	2,694
155	3,036	0,239	3,005
200	3,239	0,210	2,817
250	3,268	0,226	2,792
315	3,441	0,212	2,652
400	2,897	0,139	3,150
500	2,900	0,124	3,149
600	2,893	0,111	3,146
800	2,776	0,100	3,154
1000	2,543	0,086	3,287
1250	2,462	0,075	3,589
1600	2,236	0,070	3,706
2000	1,996	0,063	4,080
2500	1,801	0,052	4,571
3150	1,801	0,043	5,065

Fonte: Autoria própria (2020).

Sendo os valores apresentados como “T20” o tempo de reverberação “T” da Equação 1 e “A0” a área de absorção equivalente.

O Quadro 2 mostra os valores de níveis de pressão de impacto sonoro ( $L'_{nT}$ ) dos quatro tipos de contrapisos, obtidos experimentalmente na sala receptora, já unificados através de uma média logarítmica e já corrigidos ( $L_i$ ) para o tempo de reverberação, medido também experimentalmente no mesmo dia dos ensaios de impacto sonoro.

Quadro 2 – Valores captados pelo analisador de frequências para os diferentes contrapisos analisados ( $L_i$ ) e corrigidos de acordo com o tempo de reverberação ( $L'_{nT}$ )

Fre- quência (Hz)	$L'_i$ Ar incorpo- rado (dB)	$L'_{nT}$ Ar incorpo- rado (dB)	$L'_i$ Argila exp. (dB)	$L'_{nT}$ Argila exp. (dB)	$L'_i$ RCD (dB)	$L'_{nTR}$ CD (dB)	$L'_i$ Conven- cional (dB)	$L'_{nT}$ Conven- cional (dB)
100	61,58	53,90	54,01	46,32	58,41	50,73	50,58	42,89
125	68,51	62,82	65,18	59,48	63,43	57,73	67,14	61,45
155	67,69	62,46	67,58	62,35	67,78	62,56	68,08	62,86
200	67,84	62,34	65,62	60,12	66,58	61,07	68,18	62,68
250	68,07	62,53	65,54	60,00	63,15	57,61	61,54	56,00
315	58,45	52,68	56,55	50,79	57,40	51,63	61,41	55,65
400	68,02	63,00	66,10	61,09	64,81	59,79	58,76	53,75
500	64,32	59,30	61,58	56,56	62,57	57,56	63,09	58,07
600	56,19	51,17	54,27	49,25	53,76	48,73	58,94	53,92
800	59,07	54,06	58,65	53,64	59,01	54,00	54,63	49,62
1000	53,33	48,50	53,28	48,45	52,81	49,97	55,22	50,38
1250	51,34	46,89	49,08	44,63	49,82	45,37	49,31	44,86
1600	45,99	41,68	43,87	39,56	45,54	41,23	47,67	43,36
2000	42,57	38,68	40,69	36,79	42,48	38,58	43,28	39,39
2500	38,23	34,83	42,85	39,45	37,56	34,16	44,33	40,93
3150	36,21	33,25	39,55	36,59	40,09	37,14	44,82	41,87

Fonte: Autoria própria (2020).

Para fins de comparação entre os tipos de contrapisos, utilizou-se da linguagem de programação “R” para extrair o valor absoluto de  $L'_{nT}$  de cada tipo de contrapiso ensaiado, bem como os gráficos com as curvas padrão deslocadas de cada tipo de agregado.

Os valores absolutos para os níveis de pressão de impacto sonoro normalizado ( $L'_{nT}$ ), foram utilizados para avaliar a adequação do contrapiso ao isolamento do ruído de impacto.

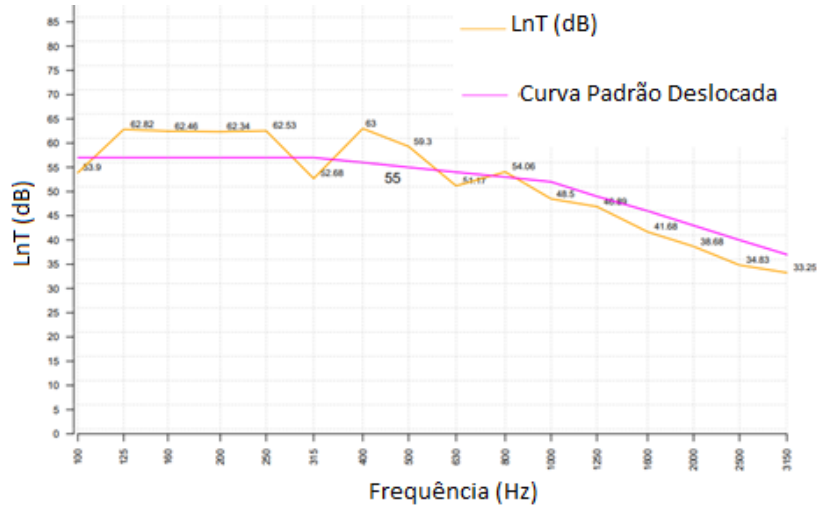
Para o contrapiso feito com incorporador de ar, obteve-se o valor absoluto de  $L'_{nT}$  igual a 55dB, valor extraído a partir do *software R*, o qual, segundo norma, está no limite da percepção audível, mas aceitável. O gráfico e o valor do nível de pressão de impacto sonoro normalizado referente ao contrapiso feito com incorporador de ar estão apresentados na Figura 2.

Já o contrapiso feito com argila expandida, obteve  $L'_{nT}$  igual a 53dB, conforme apresentado na Figura 3. Este nível está dentro da faixa normal audível e aceitável, conforme norma, e está ainda abaixo do nível de impacto sonoro do contrapiso com incorporador de ar, sendo a argila um melhor isolante ao ruído de impacto do que o incorporador de ar.

O contrapiso feito com RCD, principal objeto deste estudo, obteve um resultado satisfatório para a isolação do ruído de impacto, apresentando  $L'_{nT}$  igual a 54 dB, confere uma percepção de um ruído não tão agressivo passante para a outra sala. Porém ainda não foi o suficiente para um melhor desempenho se comparado ao isolamento proporcionado pela argila expandida. A Figura 4 apresenta os resultados deste tipo de contrapiso.

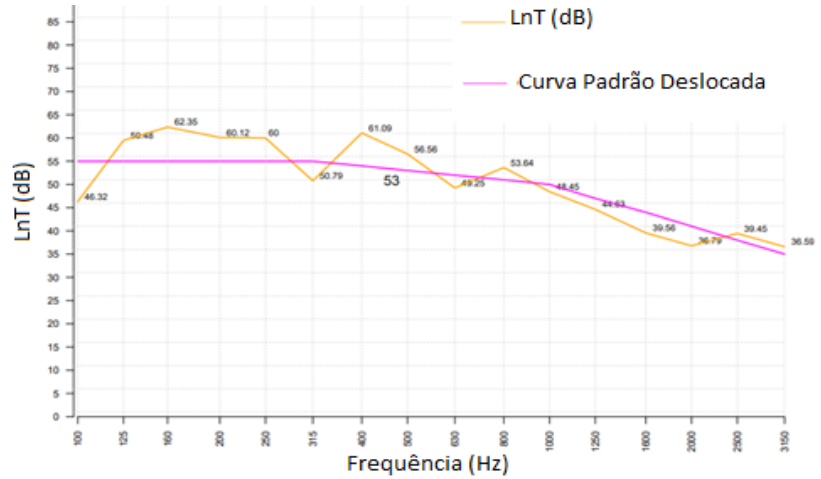
Por fim, o contrapiso feito com agregado convencional obteve  $L'_{nT}$  igual a 55dB. Sendo, entre os quatro tipos de agregados ensaiados, o pior desempenho, porém ainda aceitável, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 2 – Valores de LnT (dB) do contrapiso feito com incorporador de ar



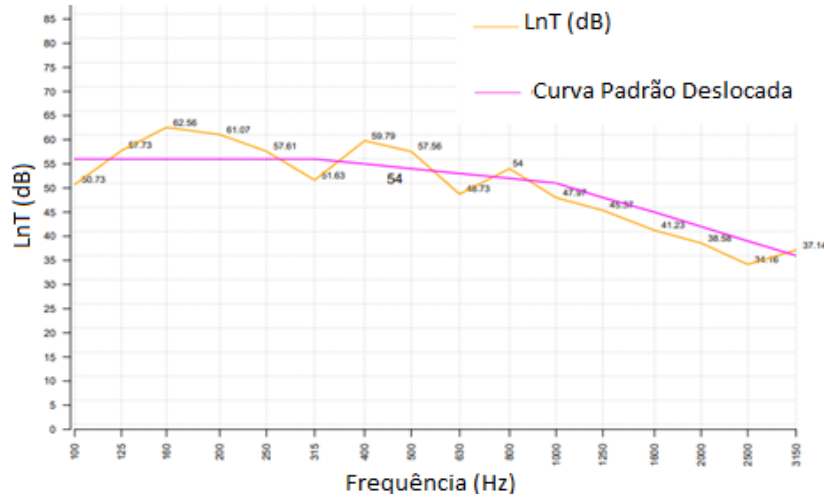
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 3 - Valores de LnT (dB) do contrapiso feito com argila expandida



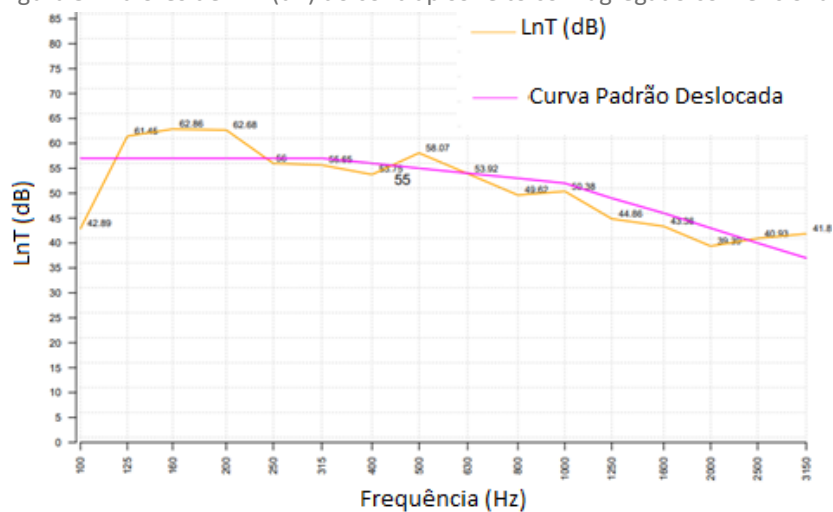
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 4 - Valores de LnT (dB) do contrapiso feito com RCD



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 5 - Valores de LnT (dB) do contrapiso feito com agregado convencional



Fonte: Autoria própria (2020).

Ainda que o contrapiso com melhor desempenho acústico foi aquele feito com argila expandida, o contrapiso feito de RCD obteve, mesmo que com pouca diferença, um desempenho melhor em comparação ao contrapiso feito de agregado convencional, possibilitando sua utilização até mesmo em edificações multifamiliares e invalidando o preconceito quanto ao agregado oriundo da dos rejeitos de construção, mostrando que este pode ser tão viável quanto o agregado mais comum no mercado construtivo e justificando esta pesquisa.

## CONCLUSÕES

A problemática do ruído é destaque por ser um tema cada vez mais explorado pela construção civil, fato ilustrado pela criação da NBR 15575, de 2013, a qual estabelece parâmetros mais rígidos para atendimento quanto ao isolamento acústico em edificações, principalmente multifamiliares.

Além disso, alia-se o viés sustentável à questão acústica no combate ao preconceito no tocante da qualidade do material reciclado. Mostra-se, experimentalmente, que o agregado advindo da reciclagem ou de meios não tão ortodoxos pode ser equivalente ou até mesmo superior ao agregado comumente utilizado pela construção civil.

O presente estudo é justificado, portanto, na proposta de novos materiais que contemplem a construção civil tanto na parte acústica quanto na parte sustentável, além da viabilização de conforto acústico em edificações com alternativas verdes e mais econômicas.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos, a qual contribuiu grandemente para o incentivo desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ÂNGULO, S. C; ZORDAN, S.E; JOHN, V.M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos**. Rio de Janeiro, 2013.

AUSTRALIAN BUILDING CODES BOARD. **Sound Insulation Outcomes Report, Changes to the Sound Insulation Provisions of The Building Code of Australia**, December 2003.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2011.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 717-2: **Acoustics – Rating of sound insulation in building and of building elements – Part 2: Impact sound insulation**, 2013.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 10140-3: **Acoustics – Laboratory Measurement of sound insulation of building elements – Part 3: Measurement of impact sound insulation**, 2010.