

DESEMPENHO ACÚSTICO DE SISTEMAS DE PISOS EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

PACS: 43.50.Jh

Adriano Tomasi; Maria Fernanda de Oliveira Nunes; Everton Maurilio do Prado;
LABTEC, Laboratório de Tecnologia Construtiva, Curso de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de Caxias do Sul;
Endereço: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – CEP 95070-560 Caxias do Sul – RS, Brasil.
Telefone/fax: +5554 3289-9000
atomasi1@ucs.br; mfonunes@ucs.br; prado@pradoeposses.com.br;

ABSTRACT

This study presents an analysis of the efficiency of floor systems in soundproofing for airborne noise and impact. This research originated from the need to verify the effectiveness of a multifamily residential building, and evaluate the specification of techniques and materials used on site. We resorted to ISO 140-4 and ISO 140-7 as the methodology used in the tests in place and NBR 15575-3, which presents criteria for classification performance. We obtained two types of results due to variables and floor systems showed performance against a reverse transmission medium to another.

RESUMO

Este trabalho apresenta a análise da eficiência de sistemas de piso no isolamento acústico de ruído aéreo e de impacto. Esta pesquisa teve origem na necessidade de verificar a eficácia de uma edificação residencial multifamiliar, e avaliar a especificação das técnicas e materiais utilizados no local. Recorreu-se às normas ISO 140-4 e ISO 140-7 utilizadas como metodologia nos ensaios *in-loco* e NBR 15575-3, que apresenta critérios de classificação de desempenho. Foram obtidos dois tipos de resultados devido às variáveis analisadas e os sistemas de pisos apresentaram desempenho inverso frente a um meio de transmissão e outro.

1. INTRODUÇÃO

Em razão do crescente aumento dos centros urbanos e de sua densidade demográfica, a necessidade da arquitetura contemporânea aperfeiçoar o espaço praticamente obrigou a verticalização das edificações. Como consequência verifica-se o aumento de problemas relacionados ao conforto acústico e a diminuição da qualidade de vida da população, sendo o conforto acústico um fator que influencia diretamente o metabolismo, o comportamento e a saúde dos seres humanos. Como exemplo, o estresse causado por ouvir os vizinhos ou ter a sensação de suas atividades cotidianas estarem sendo ouvidas pelos mesmos.

A demanda por qualidade de vida da população face às edificações cresce à medida que a cultura se modifica. O conforto acústico até então foi associado a um ônus de venda, um produto que poderia ou não ser oferecido pelas construtoras. Porém o consumidor está mais exigente, principalmente após a publicação da norma brasileira NBR 15575, em julho de 2013. A norma explicita as condições mínimas de desempenho que devem atender as edificações sem diferenciar as obras pelo padrão dos acabamentos, garantindo que até mesmo obras de cunho social obedeçam às circunstâncias impostas por ela. À medida que o assunto entra em evidência, as construtoras e os escritórios de arquitetura despertam preocupação com a questão.

O trabalho propõe a avaliação da edificação residencial multifamiliar denominada Residencial Exclusive, obra do escritório de arquitetura Prado & Posser, localizado na cidade de Caxias do Sul – RS, Brasil. O propósito é a aproximação do assunto às técnicas e materiais construtivos

ao alcance, e fornecer condições de esclarecer ao arquiteto as escolhas em obras futuras e assim melhorar a qualidade do produto final.

2. MÉTODO

a) Normatização

A NBR 15575 parte 3, determina os níveis mínimos frente ao ruído de impacto de desempenho acústico de sistemas de piso. Considerando a possibilidade de melhoria da edificação, são indicados os níveis de desempenho intermediário (I), superior (S) e mínimo (M) para facilitar a comparação. O quadro 1 apresenta recomendações relativas aos níveis de pressão sonora de impacto padrão ponderado $L'_{nT,w}$.

Figura 1– Quadro de critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$

Elemento	$L'_{nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho
Sistemas de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	M
	56 a 65	I
	≤ 55	S

Fonte: ABNT, 2013, p. 43

O quadro 2 apresenta recomendações relativas a outros níveis de desempenho frente ao ruído aéreo dos sistemas de piso entre unidades habitacionais.

Figura 2 – Quadro de critérios de diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w

Elementos	DnT,w dB	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais de áreas em que um dos recintos seja dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ a 55	S

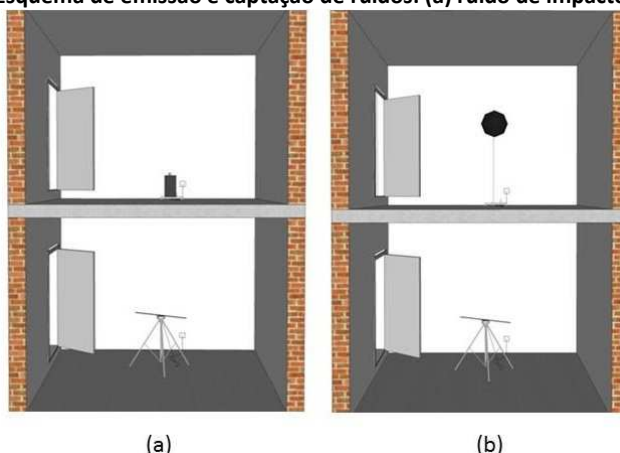
Fonte: ABNT, 2013, p. 44.

Os dados da NBR 15575 foram utilizados para avaliar os resultados obtidos nas medições *in loco*. Para o método de medição, serão utilizadas as informações obtidas na norma internacional ISO 140: Medições do isolamento sonoro em edificações e elementos construtivos, que fornece informações necessárias para a padronização de obtenção dos resultados, para que as medições sejam exatas e reproduzíveis.

b) Equipamentos

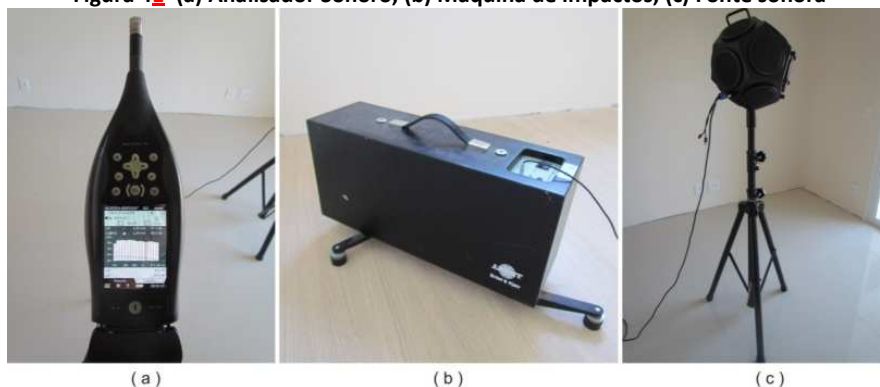
Os ensaios consistiram basicamente na geração, captação e análise de dados no que se refere a ruídos aéreos e de impacto nos sistemas de piso entre os pavimentos das unidades habitacionais. Para isto posicionou-se uma fonte sonora no ambiente superior e um analisador sonoro para a análise acústica no ambiente inferior (figura 3).

Figura 3 - Esquema de emissão e captação de ruídos: (a) ruído de impacto, (b) ruído aéreo.



O sistema acústico utilizado da Bruel&Kjaer (figura 4), composto por: analisador sonoro 2270, um amplificador de potência 2716, fonte sonora Omni Power 4296, máquina de impactos 3207.

Figura 41—(a) Analisador Sonoro, (b) Máquina de impactos, (c) Fonte sonora



c) Escolha dos Apartamentos

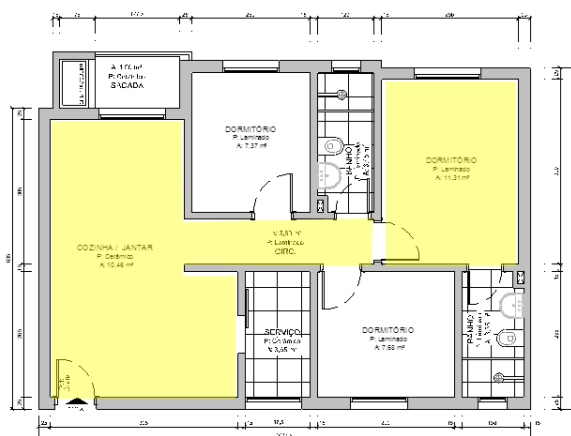
Os apartamentos 201 e 301 foram escolhidos e utilizados nas medições, por serem sobrepostos, e apresentarem as mesmas características físico espaciais, ou seja, as mesmas áreas de piso, e os mesmos acabamentos aplicados sobre ele. A escolha dos ambientes para os ensaios seguiu as recomendações da NBR 15575, parte 3, item 12.3.1.1 que indica os dormitórios como local de medição. No entanto acrescentou-se nas medições a sala de estar do apartamento, basicamente pelo fato de haver a necessidade de se obter resultados frente ao ambiente com maior geração de ruídos de impacto e aéreo no dia a dia. Portanto, dois ambientes foram utilizados, o dormitório do casal e a sala de estar.

Os apartamentos possuem pé direito livre de 2,54m, 12cm de laje de concreto armado maciço, e 16cm de espessura total de entrepiso.

Figura 6 - Quadro de descrição dos ambientes

Ambiente	Área	Volume	Tipo de Piso
Dormitório	11,31m ²	28,727m ³	Laminado de madeira
Sala de Estar	27,83m ²	59,207m ³	Porcelanato

Figura 72 - Planta baixa dos apartamentos 201 e 301, ambientes escolhidos para a medição



Fonte adaptada: Prado e Posser Arquitetura

O contrapiso dos apartamentos foi executado utilizando argamassa na proporção 1,6Kg de cimento para 1,0Kg de areia e 1,0Kg de brita leve (EVA). O porcelanato cerâmico é do fabricante Portinari, modelo Botticino Polido com 60 cm nos lados; o laminado é do fabricante Eucafloor, modelo Prime Carvalho Maiorca; a manta aplicada sob o laminado é da empresa Eucafloor, modelo PEBD, espessura 2,0 mm e densidade 30Kg/m³.

f) Ensaios de Medição de Ruído Aéreo

A potência sonora gerada na sala da fonte deve ser alta o suficiente para ultrapassar no mínimo 10 dB o ruído de fundo no ambiente, em qualquer banda de frequência. Se isso não ocorrer, devem ser aplicadas correções. A fonte sonora deve ser colocada a ponto de gerar um

campo sonoro o mais difuso possível, em posição central no espaço, a uma distância do elemento a ser medido que faça com que a radiação direta sobre ele não seja dominante (ISO 140-4). Utilizando posições fixas de microfone, para a captação da pressão na sala de medição, a norma sugere cinco pontos de medição para ruído aéreo, observando as seguintes distâncias: no mínimo 1,0m da fonte de emissão de ruídos e 0,70m entre uma posição de microfone e outra. Além disso, o microfone deve estar afastado no mínimo 0,50m das paredes. O sistema acústico possui conexão direta através de cabos entre a fonte emissora de ruído aéreo e o aparelho de captação. O tempo de emissão e captação é controlado diretamente pelo aparelho, no caso específico deste trabalho, 10 segundos para medição mais o tempo de fuga e estabilização.

g) Ensaio de Medição de Ruído de Impacto

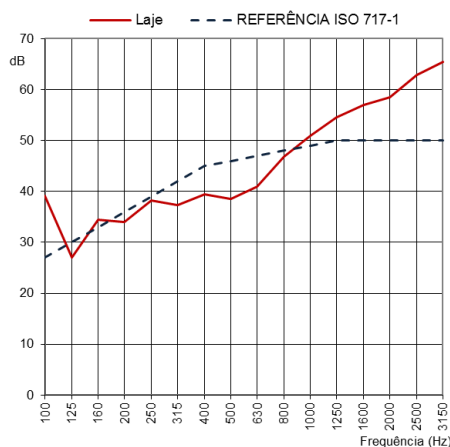
Para a emissão do ruído de impacto na sala da fonte, a ISO 140-7 sugere um mínimo de quatro pontos, sendo a máquina posicionada no ambiente imediatamente acima daquele onde o microfone está posicionado. A distância da máquina de ruído para as extremidades do recinto deve ser de no mínimo, 0,50 m. Para a captação do ruído de impacto, a ISO 140-7 determina seis pontos de medição com microfone fixo distantes à no mínimo 1,0m da fonte de emissão de ruídos e 0,70m entre uma posição e outra. Além disso, o microfone deve se afastar no mínimo 0,50m das paredes. O tempo de medição deve ser de no mínimo 10 segundos para cada ponto de medição. Uma combinação de no mínimo quatro posições de microfone e quatro posições de emissão deve ser usada, ou seja, nessas quatro posições, deve ser feita as quatro combinações possíveis, para os outros dois pontos restantes, é possível realizar a medição um para um. Para os cálculos de isolamento sonoro de impacto, deve ser considerada a média dos níveis sonoros medidos durante o ensaio.

RESULTADOS

a) Ruído Aéreo

A figura 8 apresenta um gráfico comparativo entre os resultados obtidos nas medições realizadas no dormitório e a curva de referência da ISO 717-1. Como os valores são apresentados em diferença de nível, é medida a diferença entre a sala de emissão e a sala de recepção, desta forma, quanto maior o valor, maior a diferença e melhor o isolamento entre pavimentos. É possível observar que o sistema de piso se apresenta eficiente, a curva de valores medidos *in loco* acompanha a curva de referência, o D_{nT} aumenta conforme aumentam as frequências, e supera as expectativas acima dos 800 Hz. Para o ambiente em questão se obteve o D'_{nTw} 46 dB.

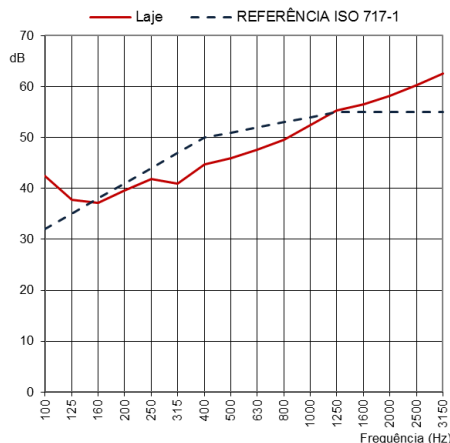
Figura 8 - Gráfico comparativo entre os resultados obtidos na medição de ruídos aéreos do dormitório e a ISO 717-1



A figura 9 apresenta um gráfico comparativo entre os resultados obtidos nas medições realizadas na sala de estar e a curva de referência da ISO 717-1. O valor ponderado obtido no ambiente em questão foi de D'_{nTw} 51 dB, é possível observar que, assim como nas medições

realizadas no dormitório, a curva de valores medidos *in loco* acompanha a curva de referência, o D_{nT} aumenta conforme aumentam as frequências, e supera as expectativas acima dos 1250 Hz.

Figura 9 - Gráfico comparativo entre os resultados obtidos na medição de ruídos aéreos da sala de estar e a ISO 717-1

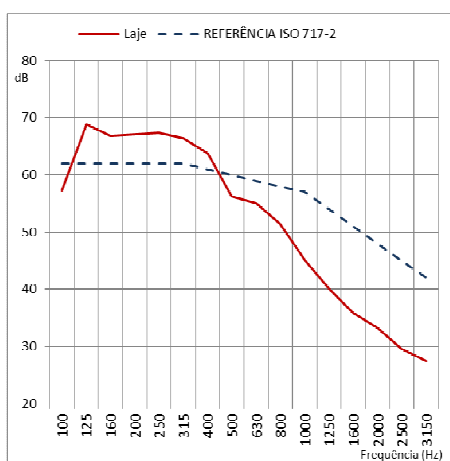


Em referência à NBR 15575, é possível observar que ambos ambientes atenderam às recomendações da norma, sendo o dormitório (piso laminado) com desempenho mínimo e a sala de estar (porcelanato) com desempenho intermediário.

b) Ruído de impacto

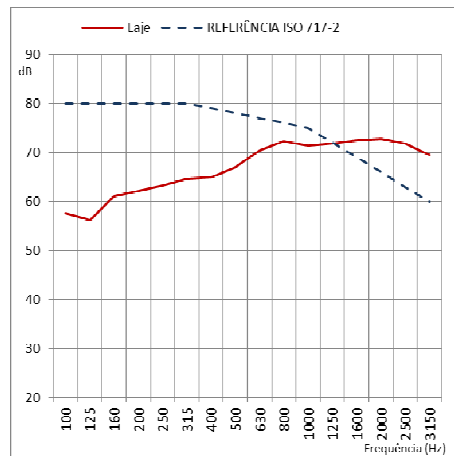
A Figura 10 apresenta um gráfico comparativo entre os resultados obtidos e a curva de referência da ISO 717-2. O valor final padronizado ponderado para o ambiente em questão foi de L'_{nTw} 60 dB. É possível observar que a curva de valores medidos *in loco* acompanha a curva de referência, o L'_{nT} diminui conforme aumentam as frequências, e supera as expectativas acima dos 400 Hz.

Figura 10 - Gráfico comparativo entre os resultados obtidos na medição de ruídos de impacto do dormitório e a ISO 717-2



A Figura 11 apresenta os valores obtidos nas medições de ruído de impacto realizadas na sala de estar, neste caso, o valor ponderado foi de L'_{nTw} 78 dB.

Figura 11 - Gráfico comparativo entre os resultados obtidos na medição de ruídos de impacto da sala de estar e a ISO 717- 2



É possível observar que a curva de valores medidos *in loco*, diferente das medições realizadas no dormitório, apresenta perfil inverso à curva de referência, é a pior situação analisada. Em frequências mais altas, não atende às expectativas.

Relacionando os valores obtidos nas medições de ruído de impacto e a classificação de desempenho conforme a NBR 15575, ambos ambientes atenderam às recomendações da norma, sendo o dormitório (piso laminado) com desempenho intermediário e a sala de estar (porcelanato) com desempenho mínimo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do sistema de piso levou a uma classificação de desempenho mínimo e intermediário nos sistemas de piso da edificação, nenhum deles apresentou desempenho superior. Foram obtidos dois tipos de resultados devido às variáveis: o meio de transmissão sonora e o revestimento. Com relação aos revestimentos: o piso cerâmico e o piso laminado apresentaram comportamento inverso frente a um meio de transmissão e outro. O esperado para os resultados seria que o laminado apresentasse um desempenho melhor que o piso cerâmico. E o fato se comprovou quando foram analisadas as medições de ruído de impacto. No entanto, ao analisar as medições de ruído aéreo, os resultados mostraram o contrário. Os dois revestimentos possuem características diferentes basicamente pelo fato do piso cerâmico ser um material rígido, e quando sofre impacto, transmite a vibração diretamente para a laje e conseqüentemente à estrutura. Essa ação amplifica o ruído de impacto. Porém a sua aplicação consiste em um aumento de massa e espessura da laje, favorecendo o isolamento ao ruído aéreo.

Ao contrário, o laminado é um material solto em relação à laje de concreto, funciona como um sistema de amortecimento ao ruído de impacto. Frente ao ruído aéreo, por não configurar aumento de massa à estrutura, não apresenta barreira. Apesar de normalmente, nas avaliações de desempenho acústico, serem obtidos apenas resultados referentes ao ruído de impacto em sistemas de piso, o trabalho deixou claro que o ruído aéreo possui muita relevância e deve ser considerado quando o objetivo é o isolamento acústico absoluto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Edifícios habitacionais-Desempenho: parte 3 - Requisitos para os sistemas de pisos interno. Rio de Janeiro: ABNT, 2013
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Edifícios habitacionais - Desempenho: parte 4 - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

- [3] BISTAFA, S.R. Acústica aplicada ao controle do ruído. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2006.
- [4] CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.
- [5] CARVALHO, Régio Paniago Carvalho. Acústica Arquitetônica. Brasília: Thesaurus, 2006
- [6] CORNACCHIA, Gianni Maria Machado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. . Investigação in-situ do isolamento sonoro ao ruído de impacto em edifícios residenciais.xix, 141 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2009.
- [7] EGAN, M. David. Architectural acoustics.Clemson, Estados Unidos da América: McGraw-Hill Inc., 1988. 411 p.
- [8] HARRIS, David A.,. Noise control manual for residential buildings. New York, US: McGraw-Hill, c1997. xiv, 385 p. ISBN 0070269 424.
- [9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building element. ISO 140. Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms, 1998.
- [10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.Acoustics –Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. ISO 140. Part 7: Fieldmeasurements of impact sound insulation of floors, 1998.
- [11] RASMUSSEN, B. Sound Insulation between dwellings –Classification schemes and building regulations in Europe. In: THE INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 33., 2004. Proceedings...Praga, 2004.
- [12] RINDEL, J.H. Sound insulation of buildings. In: THEINTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 36., 2007, Istanbul. Proceedings...Istanbul, 2007.
- [13] TUTIKIAN, B. F. et al. Hormigónligerocon agregado reciclado de EVA para atenuacióndelruído de impacto. Materiales de Construcción, 31 jul. 2012. Disponível em:<<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/1099/1225>>. Acesso em: 15 abr. 2013.