

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL: GESTÃO,
TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE**

MARIA EDUARDA CASTRO DE OLIVEIRA FREITAS

**DESEMPENHO ACÚSTICO EM BAIXA FREQUÊNCIA EM SISTEMAS DE PISOS
EM EMPREENDIMENTOS DE ALTO PADRÃO**

Porto Alegre

2019

MARIA EDUARDA CASTRO DE OLIVEIRA FREITAS

**DESEMPENHO ACÚSTICO EM BAIXA FREQUÊNCIA EM SISTEMAS DE PISOS
EM EMPREENDIMENTOS DE ALTO PADRÃO**

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construção Civil, pelo Curso de Especialização em Construção Civil: Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientadora: Prof.^a Dr. Maria Fernanda de Oliveira

Porto Alegre

2019

DESEMPENHO ACÚSTICO EM BAIXA FREQUÊNCIA EM SISTEMAS DE PISOS EM EMPREENDIMENTOS DE ALTO PADRÃO

Maria Eduarda Castro de Oliveira Freitas*

Maria Fernanda de Oliveira**

Resumo:

Atualmente, no mercado da construção civil, evidencia-se o aumento da preocupação em atender a norma de desempenho, a NBR 15575. Tal preocupação tem feito com que o setor da construção civil aprimore seus métodos construtivos e materiais utilizados em obra, visando melhorar o desempenho acústico das edificações e a qualidade de vida dos seus usuários. Os empreendimentos de alto padrão têm exigido um alto nível de conforto acústico, principalmente referente as baixas frequências. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho acústico em baixa frequência ao ruído aéreo e de impacto em diferentes sistemas de pisos de um edifício residencial de alto padrão localizado na cidade de Porto Alegre/RS. Os testes foram realizados em dois ambientes do apartamento, na sala de estar/jantar e na suíte master. Foram ensaiados três revestimentos de pisos: o piso vinílico, o laminado e o cerâmico. Os resultados obtidos indicam que, referente ao ruído de impacto, o piso cerâmico, devido a sua maior rigidez, apresentou melhor desempenho nas baixas frequências quando comparado aos outros pisos de maior elasticidade. Nos ensaios de ruído aéreo os ambientes apresentaram comportamentos similares nas baixas frequências.

Palavras-chave: Empreendimentos Habitacionais. Desempenho Acústico. Baixa Frequência. Sistemas de Pisos

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o desempenho acústico nas edificações tem sido o assunto em pauta em diversos fóruns, palestras e debates. Motivado por isto, o setor da construção civil está passando por uma importante fase de adaptação para atendimento a norma de desempenho, a NBR 15575. Além disso, o consumidor está mais informado, consciente e exigente em relação a este assunto. O conforto acústico é de extrema relevância nas edificações, principalmente nos empreendimentos de alto padrão. Este tipo de empreendimento é caracterizado por ter especificidades quando comparado a outros padrões de edificações. Isso se deve ao fato de que, ao adquirir um imóvel deste padrão, o usuário tem total liberdade para ter o que desejar dentro do seu apartamento.

* Arquiteta e Urbanista graduada pela PUCRS (2015). Estudante de pós-graduação *lato sensu* em Construção Civil na Unisinos (2018-2019), e-mail: meduardacofreitas@gmail.com.

**Arquiteta e Urbanista graduada pela Unisinos (1994), Mestre em Construção pela UFSM (1998), Doutora em Engenharia pela UFRGS (2007), e-mail: mariaon@unisinos.br.

Um dos ruídos mais recorrentes neste tipo de empreendimento são os de baixa frequência, que são ruídos emitidos até bandas de 200 Hz. O avanço das tecnologias de equipamentos domésticos e o incremento dos ruídos urbanos tem transformado as fontes de ruído sonoro, evidenciando aqueles de baixa frequência trazendo a necessidade de análises de desempenho das habitações referente a esses ruídos, o que é destacado por Prato e Schiavi (2015). Um dos principais emissores de ruídos de baixa frequência são os equipamentos de áudio, chamados *subwoofers*, crescentemente utilizados nos apartamentos, principalmente nos ambientes de confraternização, como living e sala de cinema. Os ruídos mais comuns como o arrastar de móveis, bola picando e o caminhar de pessoas também se enquadram como ruídos de baixa frequência, os quais são um dos principais causadores de desentendimentos entre vizinhos.

A exposição a níveis elevados de ruído gera sérios problemas de saúde no ser humano, pois é um dos maiores causadores de estresse, perturbações do sono, falta de concentração, problemas cardiovasculares, depressão, entre outros (MASCHKE; NIEMANN, 2007). Para atender os diversos requisitos da norma de desempenho NBR 15575 (em vigor desde 2013), principalmente referente a acústica dos edifícios, o setor da construção civil tem passado por um período de grande aprimoramento dos métodos construtivos e materiais utilizados em obra, visando melhorar o desempenho acústico nas edificações, gerando melhor qualidade de vida aos usuários (PROACÚSTICA, 2018).

A transmissão do som nos edifícios tem duas formas principais de propagação: através do ruído aéreo e do ruído de impacto. O primeiro, consiste em sucessivas ondas de pressão ou vibrações transmitidas pelo ar e que são geradas através de conversas, músicas, televisões e afins. Já o segundo, é causado pelo contato / atrito constante entre sólidos, causando vibrações que se espalham pela estrutura. A partir da preocupação em atender aos requisitos da NBR 15575, o setor da construção civil tem buscado progressivamente melhorar os estudos, ensaios e especificações referente a todos os sistemas que compõe uma edificação. Um dos sistemas mais conhecidos por ser um gargalo no isolamento acústico é o sistema de piso. Este sistema, que é responsável por separar as unidades habitacionais em diferentes andares, é composto por um conjunto parcial ou total de camadas, podendo ter apenas a camada estrutural (laje) ou ser composto com elementos opcionais como contrapiso, manta e acabamentos (ABNT,2013).

Figura 1 – Sistema genérico de um sistema de piso e seus elementos



Fonte: NBR 15575-3 (ABNT, 2013)

Tendo isso em vista, o objetivo deste trabalho é analisar o desempenho acústico em baixa frequência ao ruído aéreo e de impacto em diferentes sistemas de pisos de um edifício residencial de alto padrão.

3 MÉTODOS E MATERIAIS

Foram realizados testes em campo em um edifício residencial de alto padrão na cidade de Porto Alegre/RS. O empreendimento consiste em uma torre única com quinze pavimentos tipo (duas unidades habitacionais por andar), um pavimento térreo e dois subsolos. Cada unidade possui aproximadamente 245 m², com três suítes, sacada, esquadrias em alumínio, estrutura em concreto armado e paredes internas e externas em alvenaria.

Figura 2 – Fachada do empreendimento



Fonte: Site Construtora

Os ambientes ensaiados foram a sala de estar / jantar e a suíte master. A sala, com 57,6 m², possui uma laje de concreto armado de 16 cm espessura, contrapiso com manta acústica com espessura de 5 cm e revestimento de porcelanato 90 cm x 120 cm instalado em toda a área de piso. Já a suíte master, tem 30 m², possui uma laje de concreto armado de 14 cm e contrapiso com manta acústica com espessura de 5 cm, sem revestimento

Figura 3 – Planta Baixa Apartamento Final 01



Fonte: Adaptado da Construtora

Os procedimentos dos ensaios foram realizados conforme prescrito na norma ISO 16283-2 para os ensaios de ruído de impacto e na norma ISO 16283-1 para os ensaios de ruído aéreo. Tanto na sala quanto na suíte master foram feitas as medições de ruído aéreo para posterior análise comparativa entre a diferença de espessuras das lajes ensaiadas. Os ensaios foram feitos através da fonte sonora

dodecaédrica (fonte emissora do som), amplificador sonoro e microfone (receptor do som), equipamentos comumente usados para este tipo de teste acústico

Figura 4 – Ensaio ruído aéreo na sala de estar / jantar



Fonte: Da autora

Figura 5 – Ensaio ruído aéreo na suíte master



Fonte: Da autora

Já os ensaios de ruído de impacto, foram realizados apenas na suíte master com diferentes tipos de revestimentos de piso aplicados sobre uma manta acústica de polipropileno expandido de 2mm. Foram ensaiados três revestimentos de piso: o piso vinílico, o piso laminado e o piso cerâmico. Para estes ensaios foi usada a *tapping machine*, máquina que possui cinco martelos em linha que, ao se movimentarem, provocam o impacto no piso ensaiado.

Figura 6 – Ensaio ruído de impacto no piso vinílico



Fonte: Da autora

Figura 7 – Ensaio ruído de impacto no piso laminado



Fonte: Da autora

Figura 8 – Ensaio ruído de impacto no piso cerâmico



Fonte: Da autora

As medições foram realizadas nas bandas entre 50 e 3150Hz e, seguindo os procedimentos das normas ISO 717-1 e 717-2, foi possível obter os índices $L'_{nt,w}$ e $D'_{nt,w}$. O primeiro, é o índice que representa o nível de pressão sonora ponderado medido em campo e, o segundo, é o índice que representa o isolamento aos ruídos aéreos, também medido em campo. Com o valor obtido nesses índices é possível fazer a comparação com os níveis de desempenho da NBR 15575-3 e para a classificação do desempenho acústico dos sistemas de pisos ensaiados, foram utilizados os valores de referência presentes na Tabela 1 (ruído de impacto) e na Tabela 2 (ruído aéreo).

Quadro 1 - 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	<i>M</i>
	56 a 65	<i>I</i>
	≤55	<i>S</i>
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	<i>M</i>
	46 a 50	<i>I</i>
	≤45	<i>S</i>

Fonte:NBR 15575-3 (ABNT, 2013)

Quadro 2 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D'_{nT,w}$

Elemento	$D'_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	45 a 49	<i>M</i>
	50 a 54	<i>I</i>
	≥55	<i>S</i>
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	40 a 44	<i>M</i>
	45 a 49	<i>I</i>
	≥50	<i>S</i>
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	<i>M</i>
	50 a 54	<i>I</i>
	≥55	<i>S</i>

Fonte:NBR 15575-3 (ABNT, 2013)

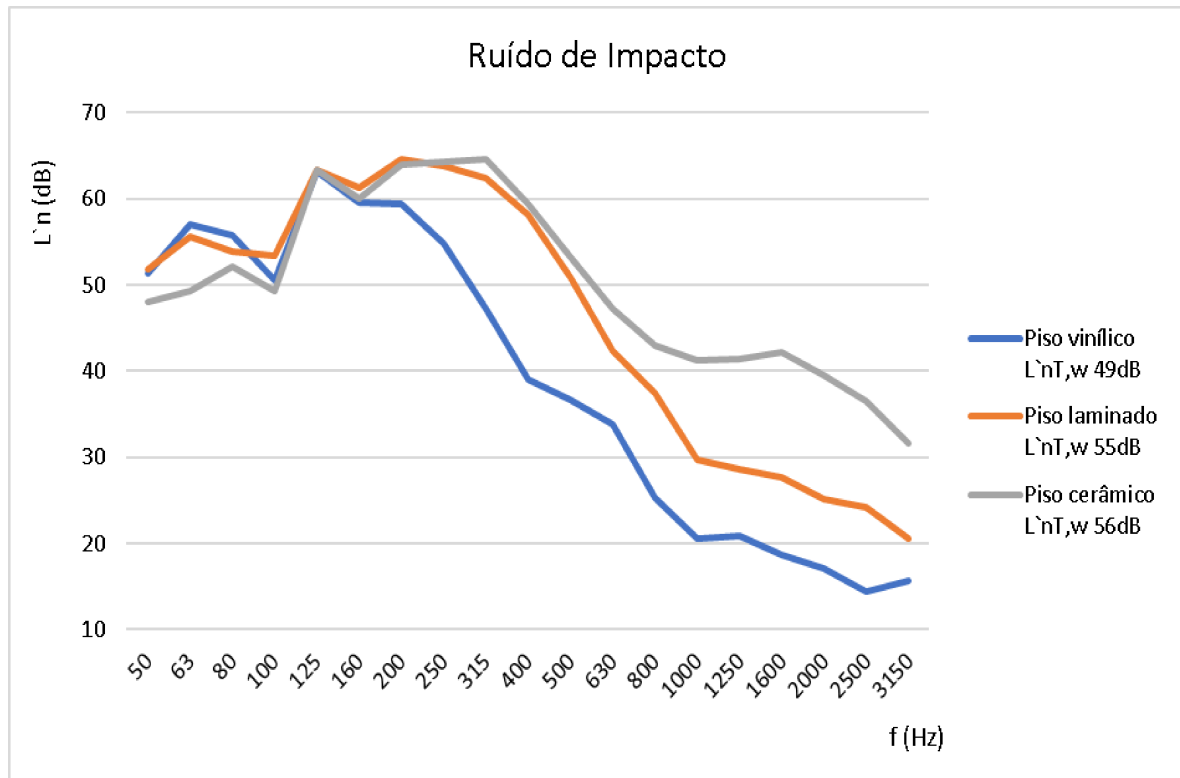
4 RESULTADOS

Os ensaios feitos são expressos através de gráficos, os quais evidenciam o comportamento dos sistemas de pisos referente as diversas frequências e os isolamentos atingidos. Importante ressaltar que, ao se analisar o isolamento ao som de impacto, quanto menor o valor, melhor será o isolamento ao ruído de impacto. Já o isolamento ao som aéreo, quanto maior o valor, melhor será o isolamento ao ruído aéreo.

Os resultados obtidos nos ensaios ao ruído de impacto apresentaram uma curva coerente com decaimentos dos níveis sonoros a partir das médias frequências. O piso vinílico, na banda de 250Hz, apresentou um decaimento acentuado e seguiu decaindo nas altas frequências, o que resultou no menor nível de pressão sonora ponderada obtido (49dB). Este valor demonstra que o piso

vinílico apresentou maior capacidade de amortecimento do impacto mecânico em relação aos outros pisos ensaiados. Por outro lado, o piso cerâmico apresentou melhor desempenho nas baixas frequências, devido a maior rigidez do sistema.

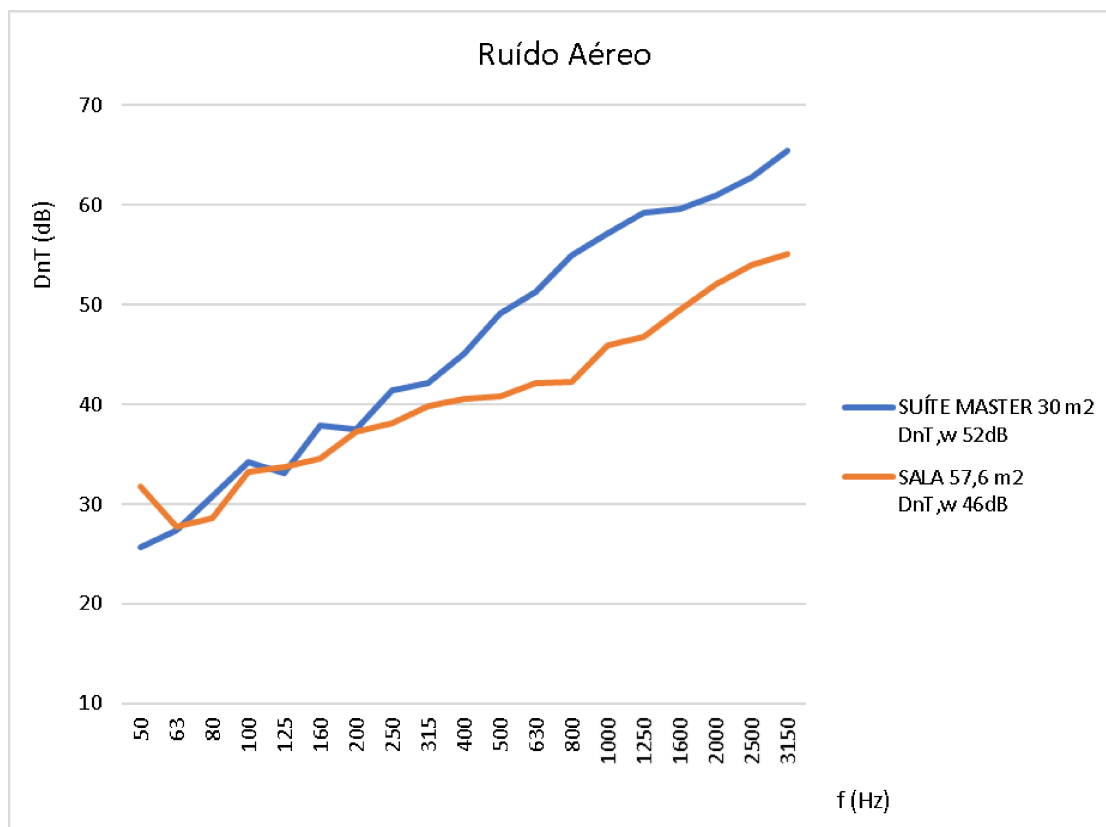
Figura 9 – Resultados do isolamento ao som de impacto por bandas de terço



Fonte: Da autora

Nos ensaios ao ruído aéreo, os dois sistemas de pisos apresentaram isolamentos semelhantes até a banda de 200Hz, apresentando apenas um comportamento diferenciado a partir da banda de 63Hz. O ambiente da sala apresentou uma fragilidade acústica em relação ao desempenho da suíte master. Essa diferença pode estar relacionada às características construtivas de cada ambiente, pois a sala possui quase o dobro da metragem comparada ao outro ambiente. Além disso, possui revestimento de porcelanato instalado, o que pode ter colaborado para a perda da eficiência do isolamento nas altas frequências, além de possuir um grande número de esquadrias de diversos tipos e tamanhos.

Figura 10 – Resultados do isolamento ao som aéreo por bandas de terço



Fonte: Da autora

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos ensaios de impacto realizados em campo, foi possível concluir que o piso de maior rigidez, neste trabalho representado por um piso cerâmico, apresentou melhor desempenho acústico nas baixas frequências quando comparado aos pisos de maior elasticidade, como o vinílico e o laminado, os quais apresentaram comportamentos muito semelhantes nas baixas frequências.

Nos ensaios de ruído aéreo, notou-se que os ambientes tiveram comportamentos similares nas baixas frequências, porém a partir da banda de 63Hz, foi possível analisar que a sala demonstrou uma crescente melhora no isolamento acústico. Como hipótese para esta diferença de comportamento, tem-se que a sala possui piso cerâmico instalado em toda a sua extensão, o que pode ser o elemento responsável por essa diferença de comportamento em relação ao ambiente da suíte master que não possui revestimento no piso. Para obter-se uma análise mais conclusiva para este comportamento, seria necessário ter as medições das frequências abaixo das bandas de 50 Hz.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-3**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 16283-1**. Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation. Genebra, 2014.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 16283-2**. Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: impact sound insulation. Genebra, 2015.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 717-1**: Acoustics: rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: airborne sound insulation. Genebra, 2013

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 717-1**: Acoustics: rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: impact sound insulation. Genebra, 2013

PRATO, A.; SCHIAVI, A. Sound Insulation of Building Elements at Low Frequency: a modal approach. **Energy Procedia**. 2015.

MASCHKE, C.; NIEMANN, H. Health effects of annoyance induced by neighbour noise. **Noise control engineering journal**, 2007.

PIERRARD, J.; AKKERMAN, D. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho**. São Paulo, 2013.

HEISSLER, R.; LABRES, H. S.; KLIPPEL, S.; PIRES, J. R.; OLIVEIRA, M. F. **Análise crítica do desempenho acústico de sistemas de revestimentos de pisos**. São Leopoldo, 2017.

CRESCER a atenção das incorporadoras e construtoras com conforto acústico. *In*: PROACÚSTICA. São Paulo, 04 de julho de 2018. Disponível em: <http://www.proacustica.org.br/publicacoes/artigos-sobre-acustica-e-temas-relacionados/cresce-atencao-das-incorporadoras-e-construtoras-com-conforto-acustico.html>