

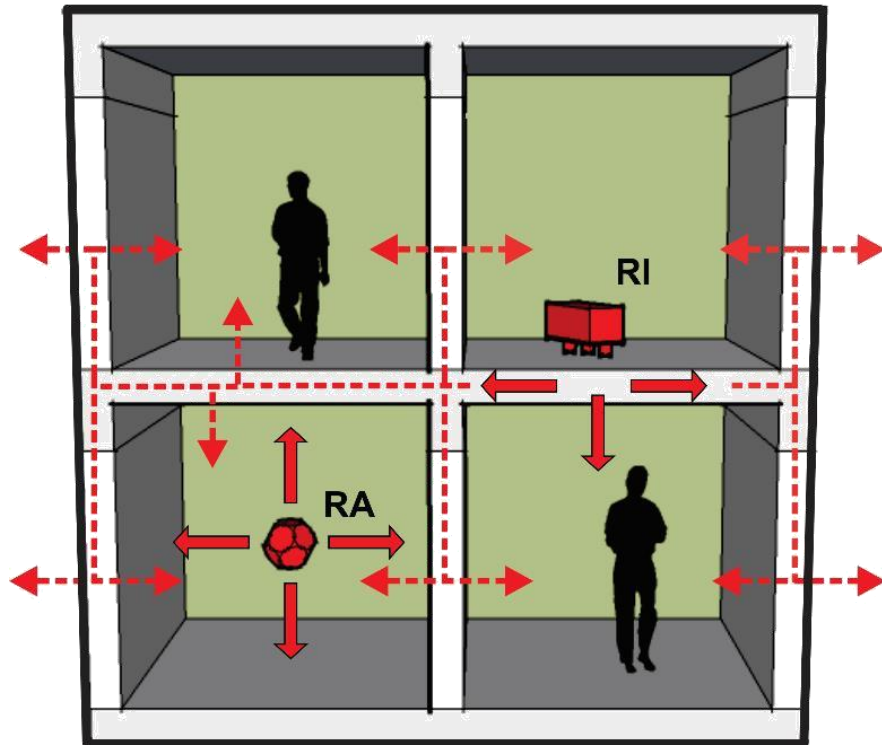
Desempenho Acústico de Diversas Configurações de Paredes e Pisos

Prof^ª. Dr^ª. Maria Fernanda de Oliveira Nunes
Coord. do Mestrado Profissional em Arquitetura e Urbanismo Unisinos
Coord. da Regional RS da SOBRAC
Pesquisadora – itt Performance Unisinos
mariaon@unisinos.br

ISOLAMENTO ACÚSTICO NA EDIFICAÇÃO

Isolamento Acústico na Edificação

Princípios Básicos



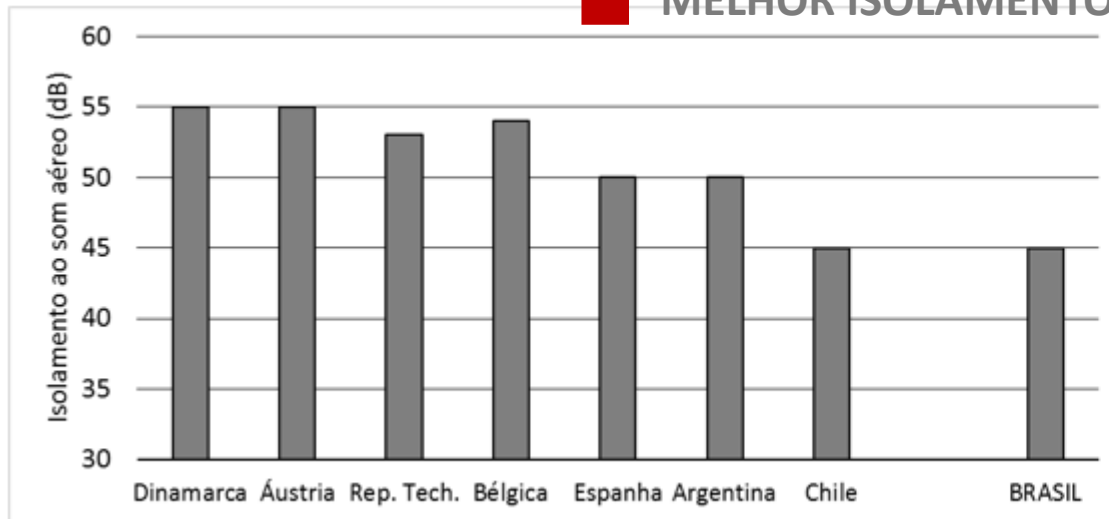
- Transmissão do som em edifícios com a duas formas de propagação:
 - no ar – **som aéreo**;
 - em materiais – **som de impacto**.
- Um som emitido por uma fonte acústica pode se propagar em diferentes direções, como consequência dos vínculos existentes entre elementos e sistemas construtivos.

Isolamento Acústico na Edificação

SOM AÉREO



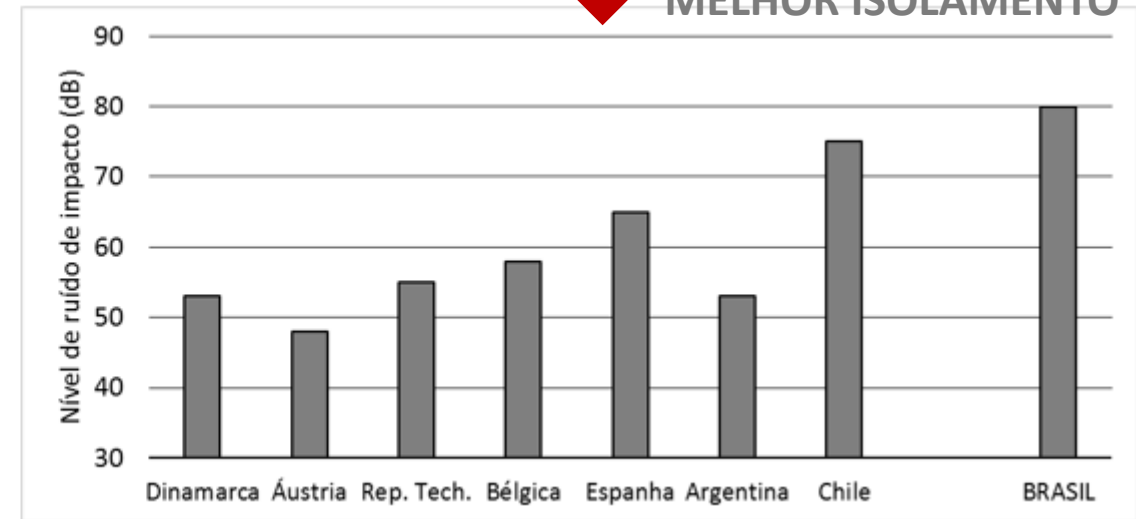
MELHOR ISOLAMENTO



SOM DE IMPACTO



MELHOR ISOLAMENTO



Fonte: MACHIMBARRENA, María; RASMUSSEN, Birgit. Legislation and Regulations in Building Acoustics: Comparison of acoustic regulations for housing and schools in selected countries in Europe and South America. 2016, Buenos Aires: Asociación de Acústicos Argentinos, 2016.

Isolamento Acústico na Edificação

Princípios Básicos



Isolamento Acústico na Edificação

Princípios Básicos

- A extensão do campo direto também sofre significativa influência do comprimento de onda da frequência mais baixa do som produzido pela fonte.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

- Sendo que: λ é o comprimento de onda em m; c é a velocidade de propagação 344 m/s; f é a frequência.

Isolamento Acústico na Edificação

Princípios Básicos

- Redução do som entre ambientes:
 - isolamento acústico proporcionado por sistemas construtivos
 - absorção sonora das superfícies internas.
- **Absorção sonora:** condicionamento acústico de ambientes internos e se baseia em conter o som produzido em uma sala através da capacidade de absorção sonora nas superfícies desta sala.
- **Isolamento acústico:** redução do som que pode ser transmitido entre ambientes diferentes.

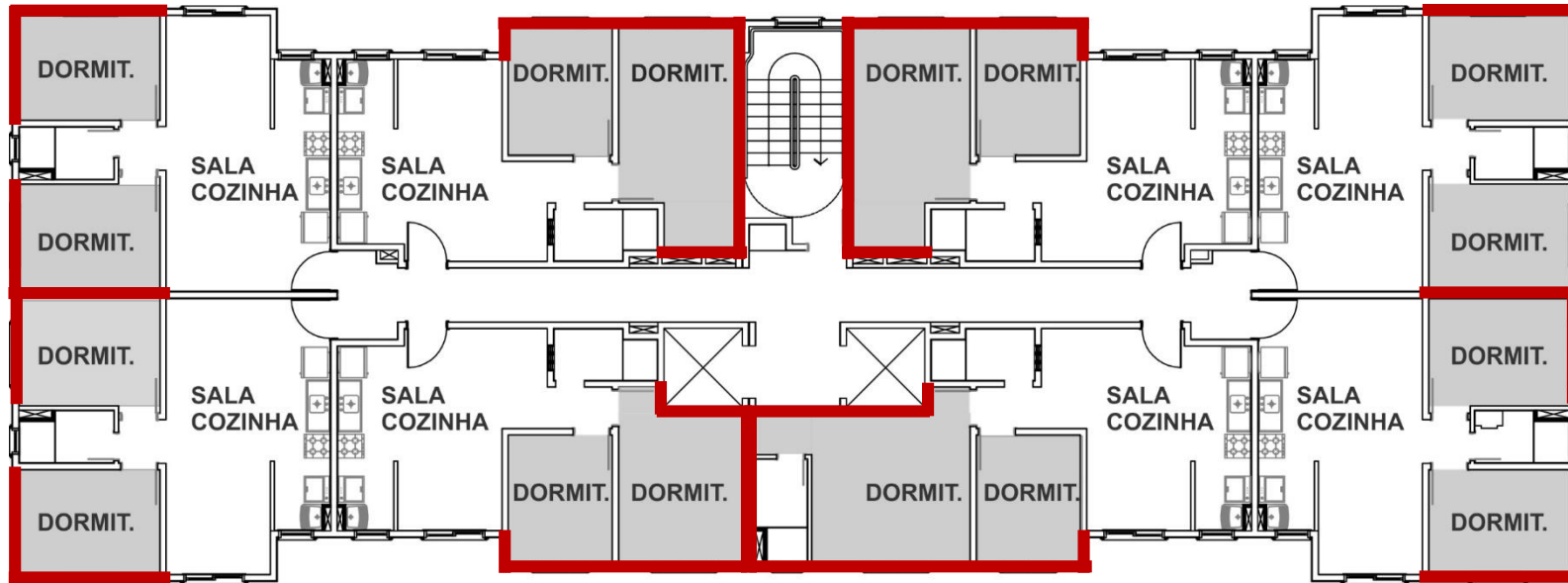
Isolamento Acústico na Edificação

NBR 15575 Requisitos Gerais

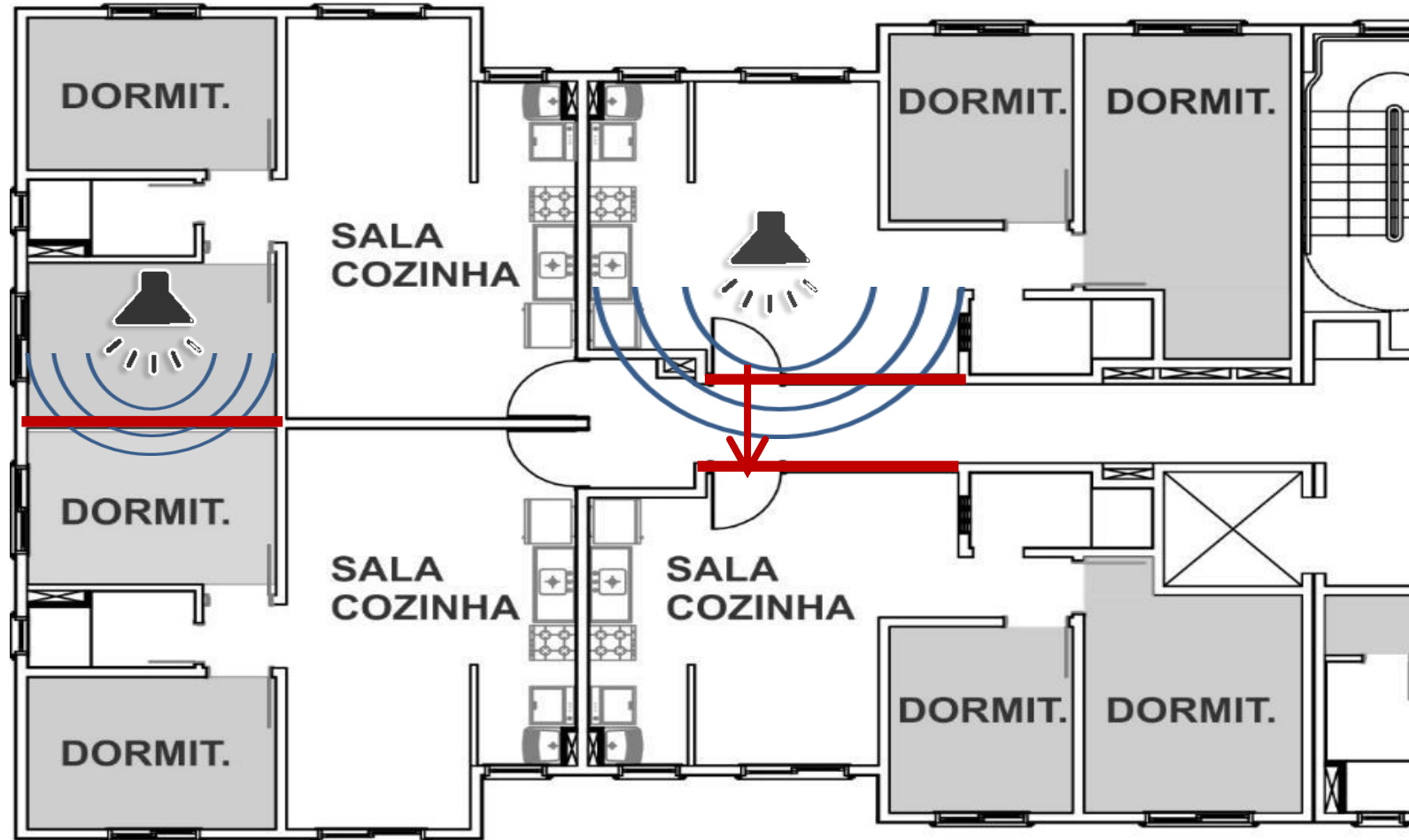
- A edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes.
- Isolação de vedações externas:
 - Propiciar condições mínimas de desempenho acústico da edificação, com relação a fontes normalizadas de ruídos externos aéreos.
- Isolação acústica entre ambientes:
 - Propiciar condições de isolação acústica entre as áreas comuns e ambientes de unidades habitacionais e entre unidades habitacionais distintas.
- **Método de avaliação: dormitórios.**

Isolamento Acústico na Edificação

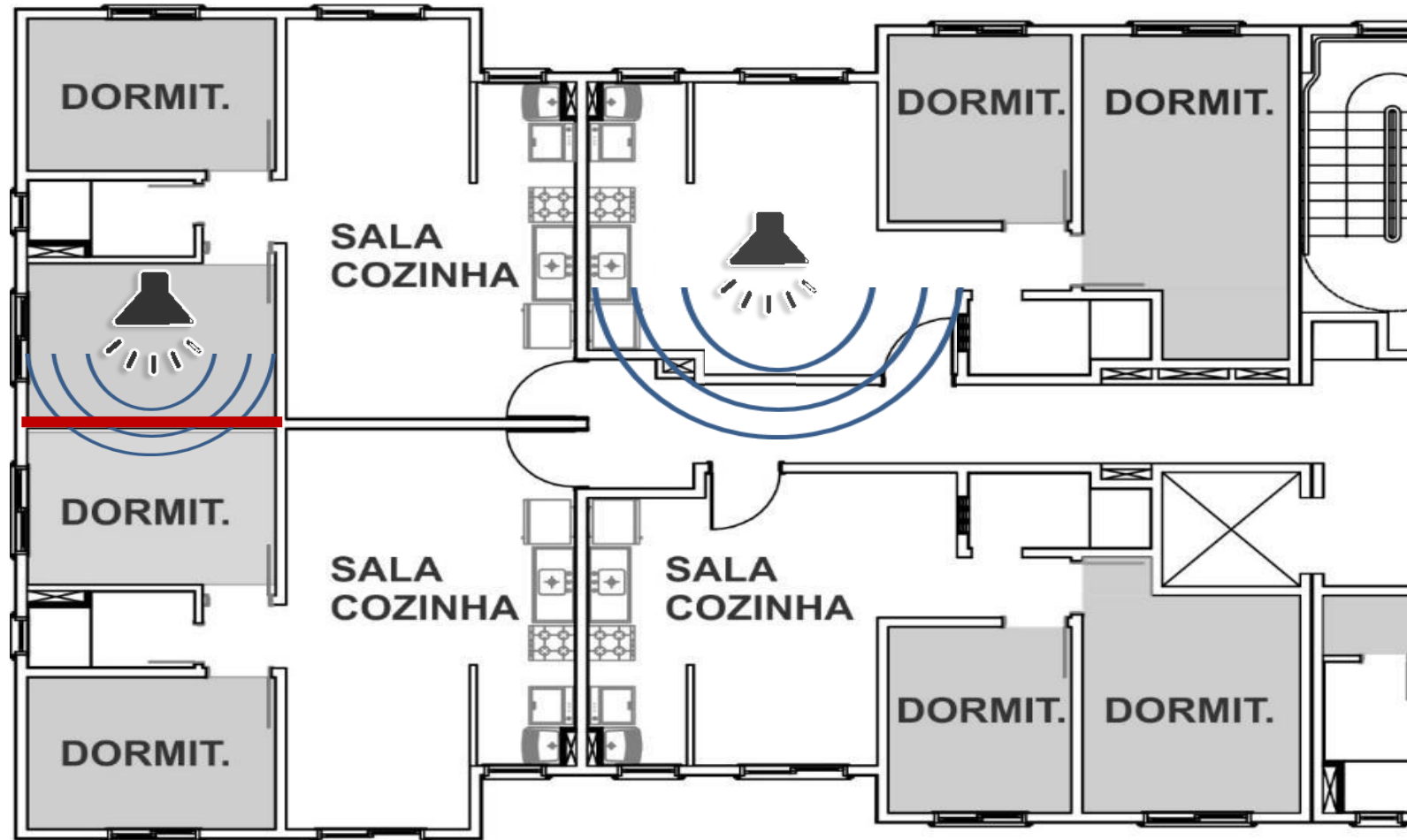
NBR 15575 Requisitos Gerais



NBR 15575 – Requisitos Gerais

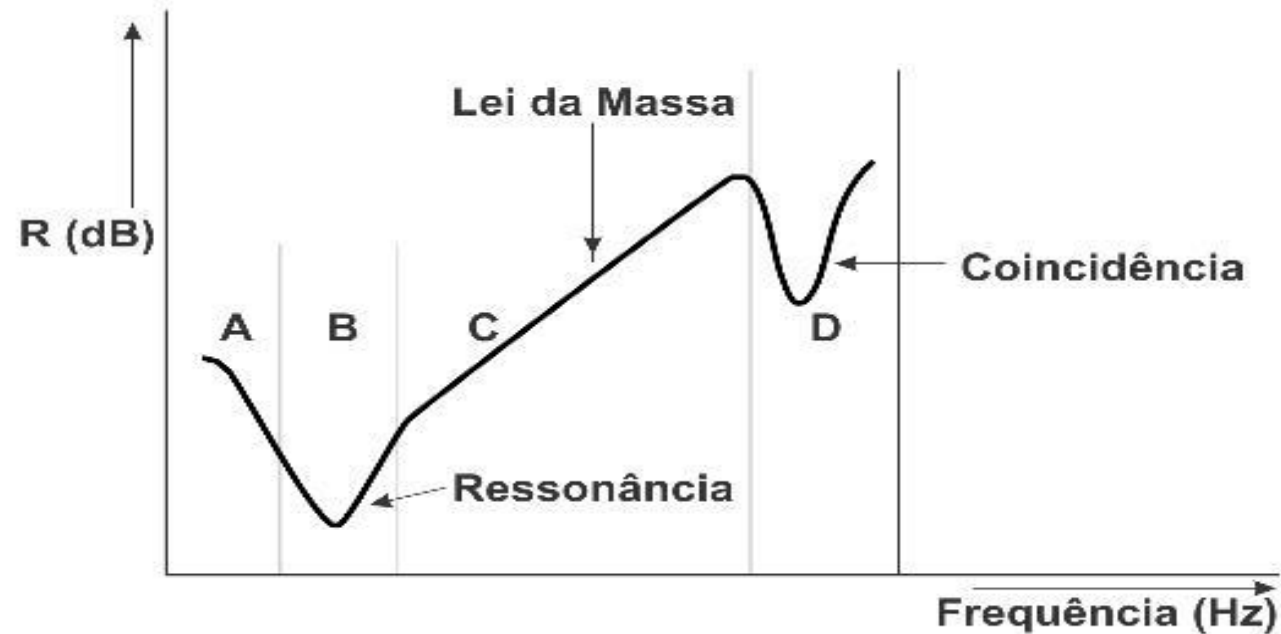


NBR 15575 – Requisitos Gerais



ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

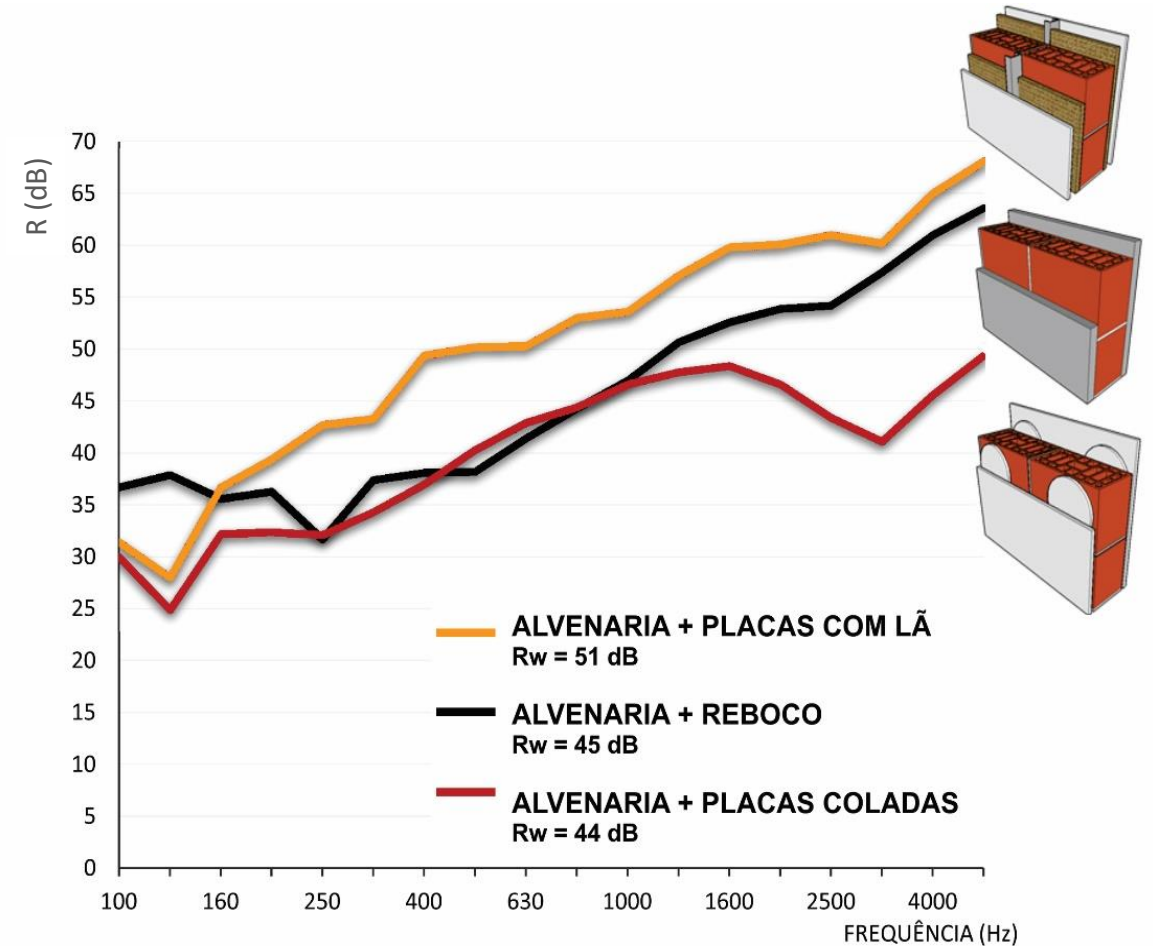


- ▶ A quantidade de som que uma parede pode bloquear não é a mesma para todas as bandas de frequências de um determinado som
- ▶ Para fins de estimativas iniciais, consideram-se quatro situações para um mesmo fechamento.
- ▶ Cada região caracteriza comportamentos esperados decorrentes da rigidez, da massa e do amortecimento de cada componente de um fechamento.

ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

EXEMPLO:

- ✓ Na região A: parede de alvenaria com reboco não apresenta decaimento no R_w em função da **rigidez proporcionada pelas faces rebocadas**. As alvenarias com placas de gesso acartonado têm esse decaimento por apresentarem uma rigidez superficial menor.
- ✓ O efeito do amortecimento nas baixas frequências: decaimento no perfil gráfico da alvenaria rebocada. Os demais fechamentos apresentam valores crescentes de redução sonora.
- ✓ O aumento de R_w em função do **aumento da massa do fechamento** está representado para os três fechamentos: alvenaria rebocada com a inclinação ascendente mais marcada que nas demais paredes.
- ✓ A região controlada pelo amortecimento nas altas frequências: parede de alvenaria com placas coladas – frequência crítica.
- ✓ Essas quedas no índice de redução sonora representam **fragilidades acústicas que influenciam negativamente no desempenho de um fechamento**.



ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

- A estimativa da redução sonora de fechamentos pesados pode ser feita a partir do ábaco ou das equações a seguir.

Para fechamentos com massa superficial $m \geq 50 \text{ kg/m}^2$:

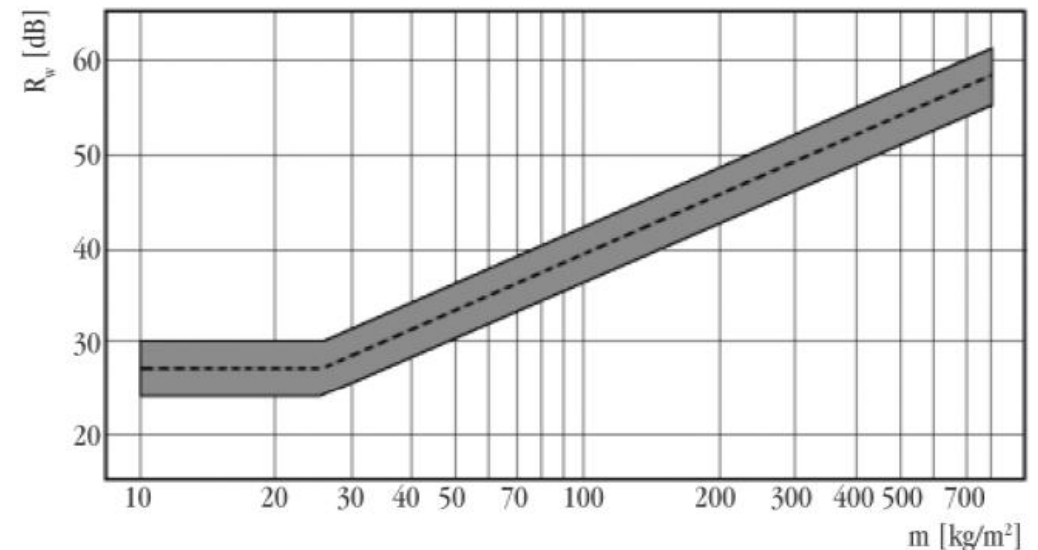
$$R_w = 21,65 \log m - 2,3 \pm 1$$

Para fechamentos com massa superficial $m \geq 100 \text{ kg/m}^2$:

$$R_w = 32,4 \log m - 26$$

Para fechamentos com massa superficial $m \geq 150 \text{ kg/m}^2$:

$$R_w = 40 \log m - 45$$



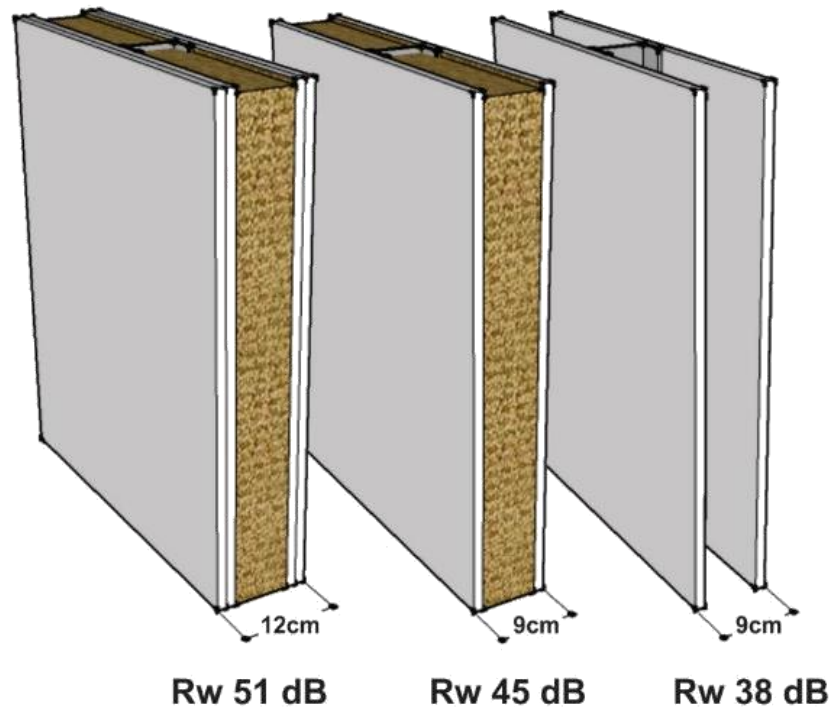
ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

Tipo de parede	Largura do bloco / tijolo	Revestimento	Massa aproximada	R _w (dBA)
Blocos vazados de concreto	9 cm	argamassa 1,5 cm em cada face	180 kg/m ²	41
	11,5 cm		210 kg/m ²	42
	14 cm		230 kg/m ²	45
Blocos vazados de cerâmica	9 cm	argamassa 1,5cm em cada face	120 kg/m ²	38
	11,5 cm		150 kg/m ²	40
	14 cm		180 kg/m ²	42
Tijolos maciços de barro cozido*	11 cm	argamassa 2cm em cada face	260 kg/m ²	45
	15 cm		320 kg/m ²	47
	11 + 11 cm**		450 kg/m ²	52
Paredes maciças de concreto armado	5 cm	sem revestimento	120 kg/m ²	38
	10 cm		240 kg/m ²	45
	12 cm		290 kg/m ²	47
Drywall	2 chapas + lâ de vidro	sem revestimento	22 kg/m ²	41
	4 chapas		44 kg/m ²	45
	4 chapas + lâ de vidro		46 kg/m ²	49

(*) Valores indicados pela Universidade de Coimbra.

(**) Parede dupla 11 + 11 cm, com espaço interno de 4 cm preenchido com manta de lâ de rocha 70 kg/m³.

ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO



- Além do aumento da massa, a utilização de sistemas compostos por camadas de diferentes materiais é uma solução eficiente para elevar o isolamento acústico, quando utilizado o princípio massa-mola-massa.
- Camada de material flexível, que possa ser deformado sem perder suas propriedades elásticas utilizado entre duas camadas de material rígido.

ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

Figura 14: Bloco Estrutural
14x19x29 – 7MPa



Fonte:
www.pauluzzi.com.br/produtos.php?id=7MPa14 (2015)

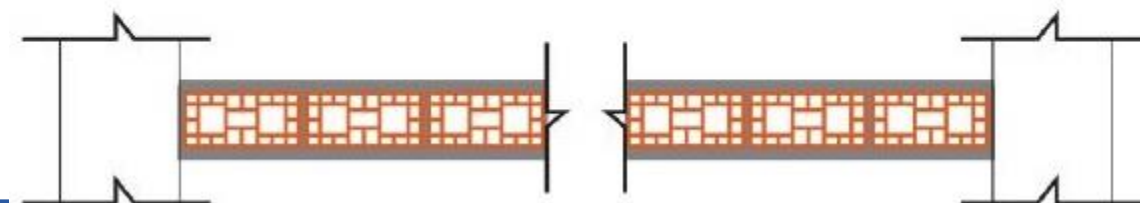
Bloco Estrutural 14x19x29 – 7MPa

Parede de alvenaria com bloco cerâmico estrutural 14x19x29, construída na abertura interna da câmara reverberante, com dimensão total de **4,20 x 3,50m**, assentada com argamassa de assentamento estrutural 4MPa e com peso aproximado de **262Kg/m²**.

A parede foi ensaiada com revestimento de **3cm em ambos os lados**. Espessura total da parede de **20cm**.

Rw = 45dB

Figura 15: Esquema da parede com o Bloco Estrutural 14x19x29 – 7MPa




ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

Figura 18: Bloco Estrutural 14x19x29 – 7MPa

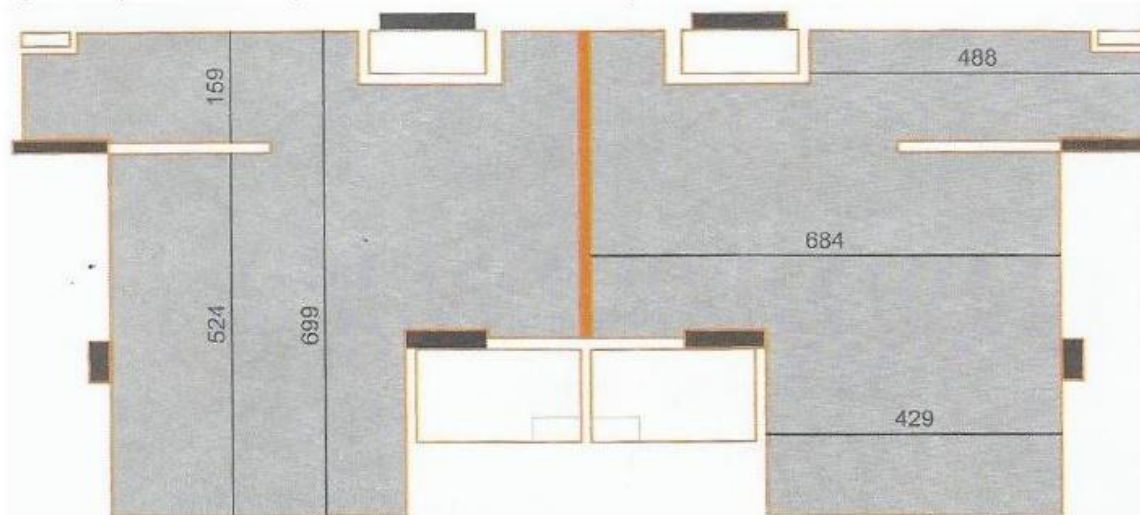


Fonte:
www.pauluzzi.com.br/produtos.php?id=7MPa14 (2015)

Bloco Estrutural 14x19x29 – 7MPa - Ensaio em Campo

As medições foram realizadas no 4º pavimento, entre as salas de estar/jantar de dois apartamentos. Ambos os lados da parede tiveram **revestimento argamassado**, com uma espessura média de **1,5cm**. Sobre este revestimento foi aplicado selador e tinta PVA branca. Havia uma caixa elétrica 4x2 na parede, não espelhada com a caixa do lado oposto. Espessura total da parede **17cm**. Fonte sonora: ruído branco. Área do piso da sala de recepção: 40m². Volume da sala de recepção: 103m³. Área da parede de partição entre os ambientes: 10,8m².

Figura 19: Apartamento em que foi realizado o ensaio em campo com o Bloco Estrutural 14x19x29 – 7MPa

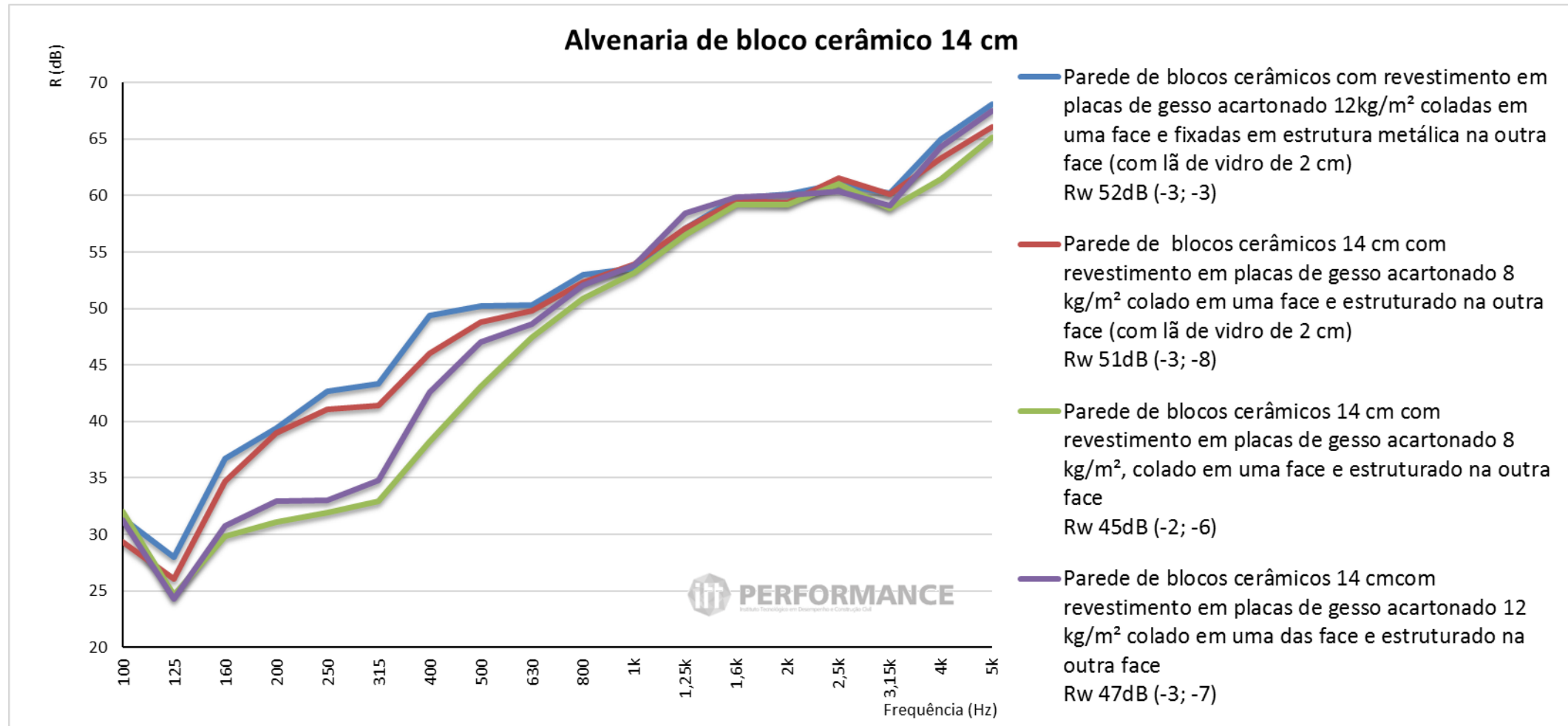


Fonte: Catálogo da Pauluzzi Blocos Cerâmicos

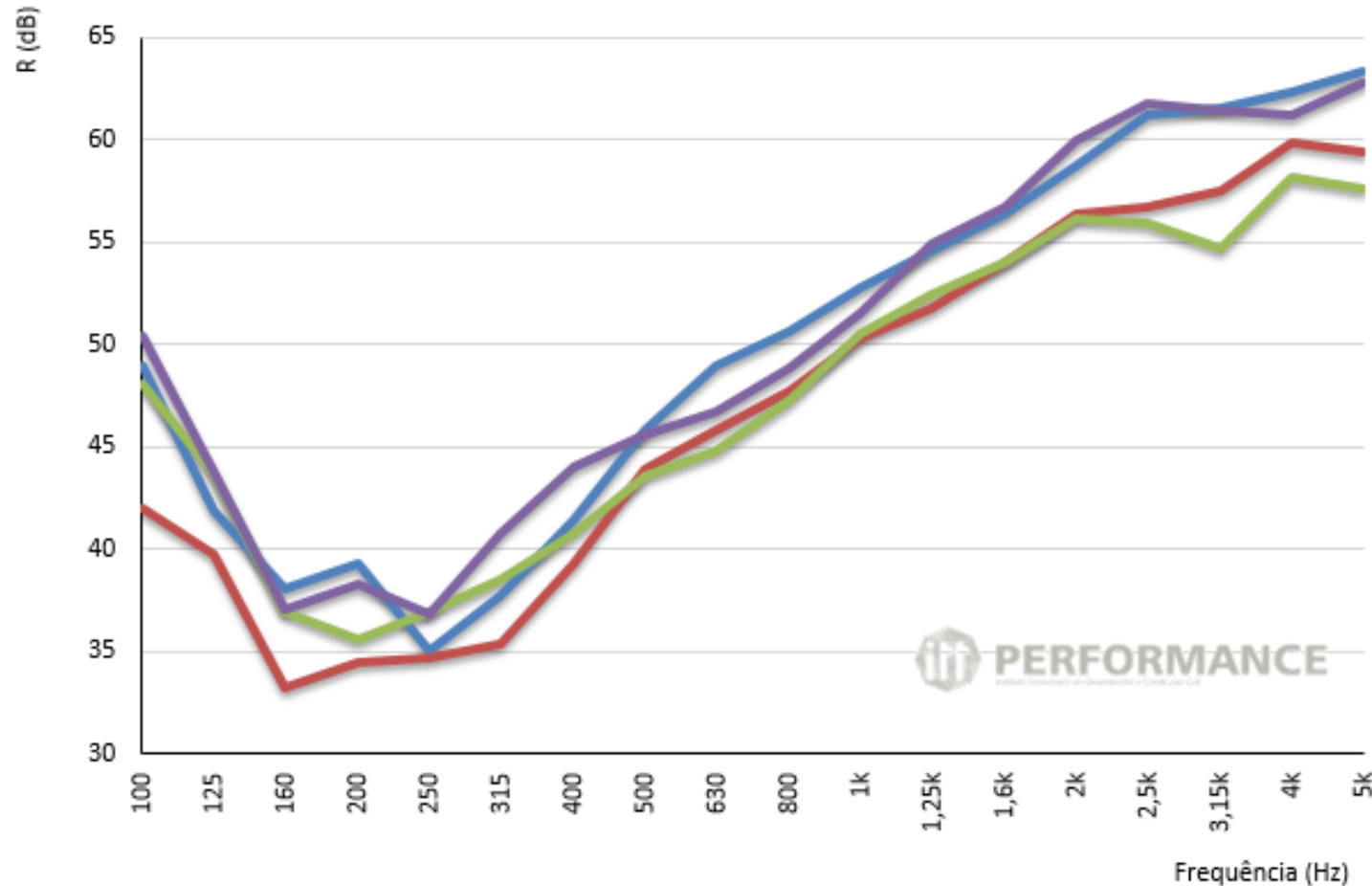
Rw = 43dB



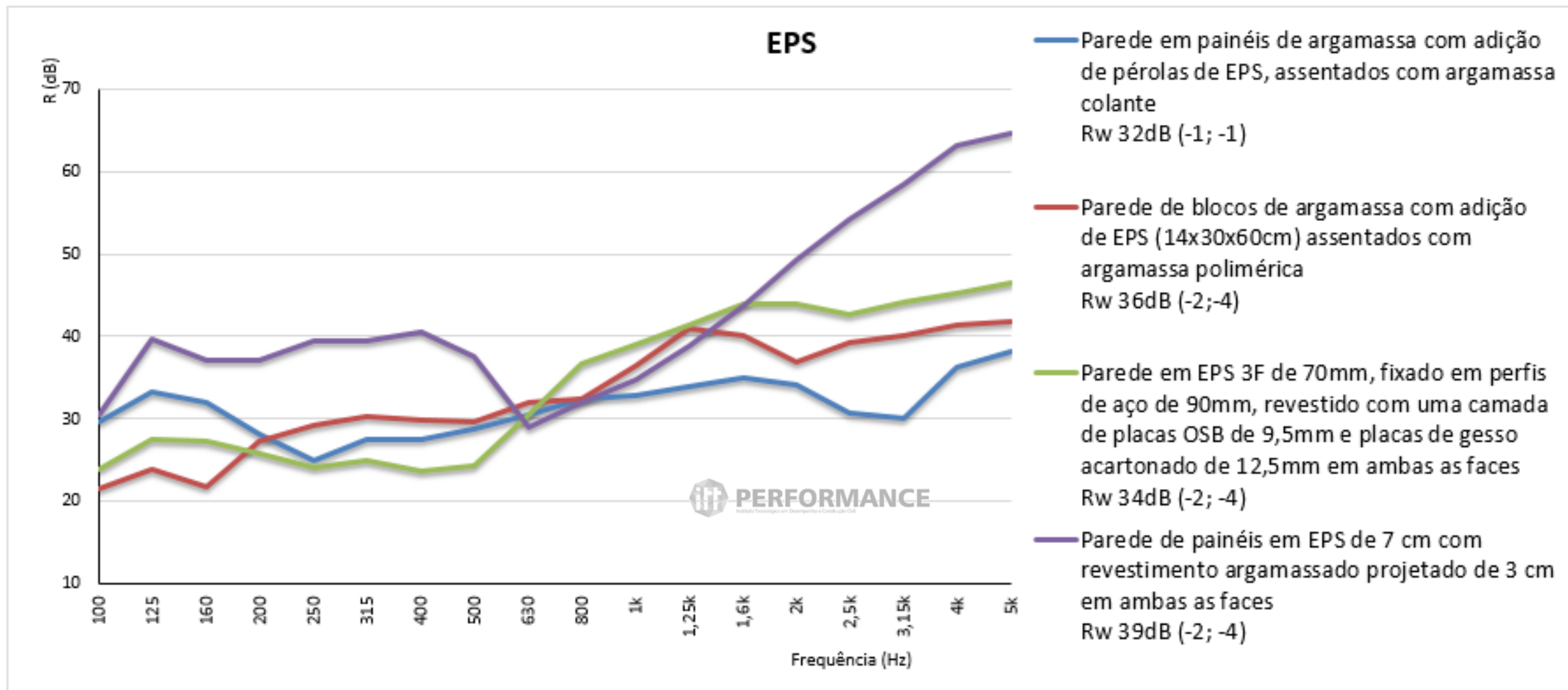
Pauluzzi
BLOCOS CERÂMICOS



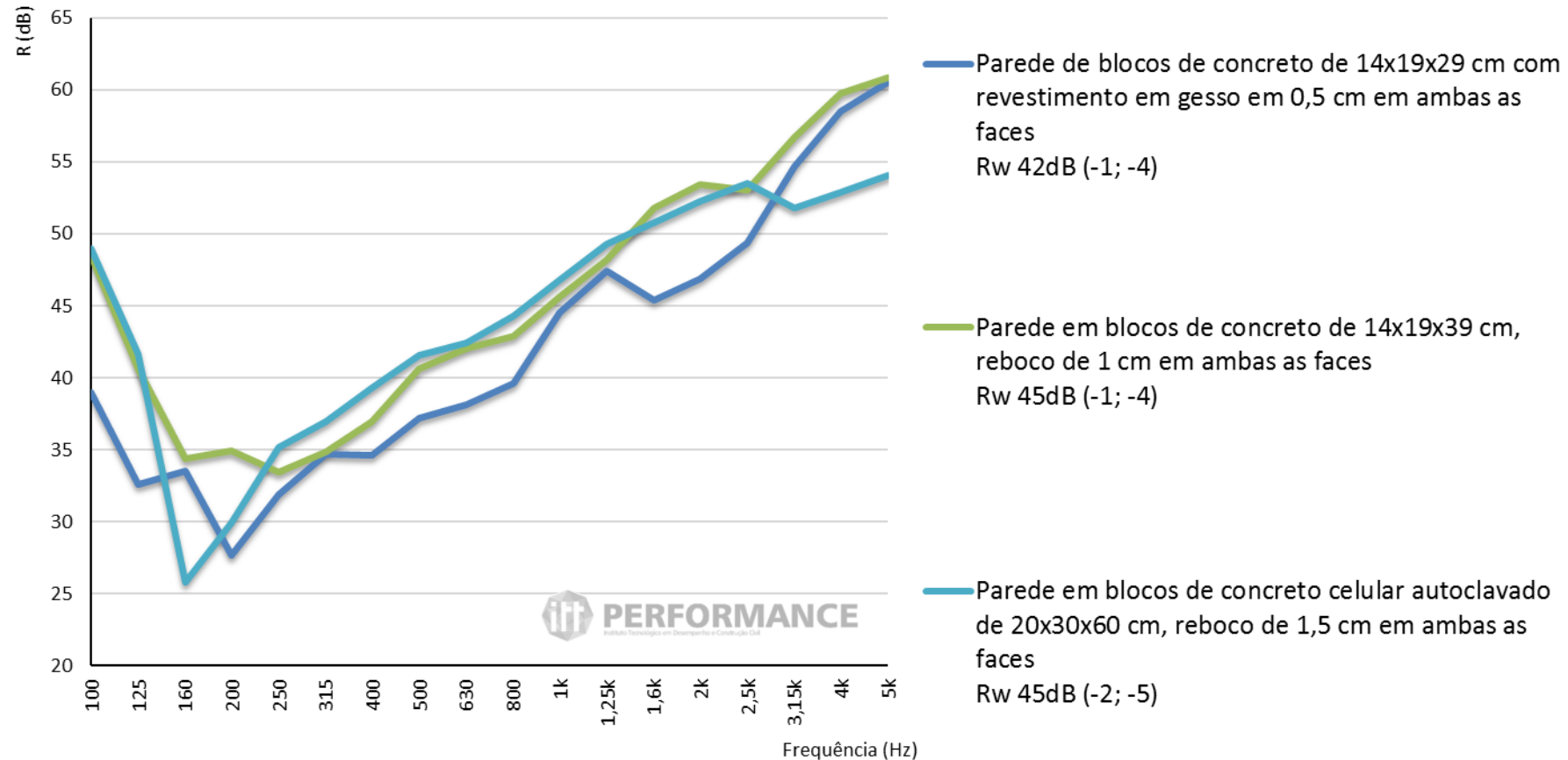
Paredes de blocos com preenchimento de vermiculita



- Parede de blocos de concreto de 9x19x29cm, revestidos em argamassa de 3cm em ambas as faces, preenchimento com vermiculita expandida Rw 50dB (-2; -5)
- Parede de blocos cerâmicos de 9x19x29cm, revestidos em argamassa de 3cm em ambas as faces, preenchimento com vermiculita expandida Rw 47dB (-2; -5)
- Parede de blocos cerâmicos de 11,5x19x29cm, revestidos em argamassa de 3cm em ambas as faces, preenchimento com vermiculita expandida Rw 48dB (-1; -4)
- Parede em blocos de concreto de 11,5x19x29cm e 3MPa, preenchimento com vermiculita expandida e revestimento argamassado de 3cm em ambas as faces Rw 50dB (-1; -2)



Parede em concreto



ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

- As frestas provocadas pela falta de qualidade do elemento construtivo ou sua instalação, diminuem substancialmente a resistência sonora de um fechamento.
- O isolamento das fachadas possui uma dependência muito grande da qualidade acústica das janelas, que, muitas vezes, pode requerer esquadrias fixas, ocasionando a necessidade de ventilação mecânica.

Relação entre a largura da fresta e o isolamento da porta

Largura da Fresta (mm)	0,5	1	5	10	20	30	40
Rw máximo (dB)	36	33	26	23	20	18	17

FONTE: Santos, Jorge Luiz dos Santos. Isolamento Sonoro de Partições Arquitetônicas.. Editora: UFSM. 2012.paginas 176.

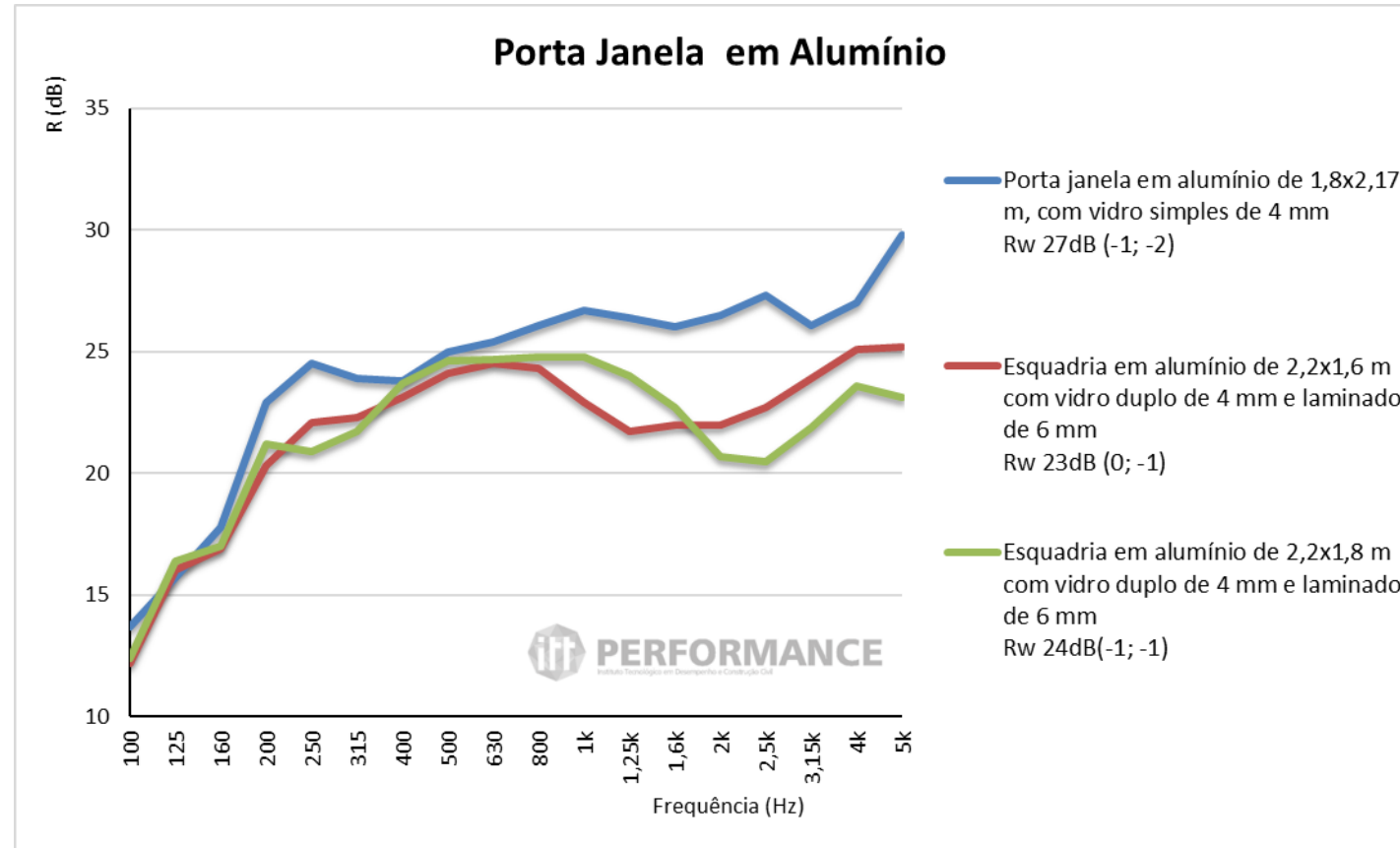


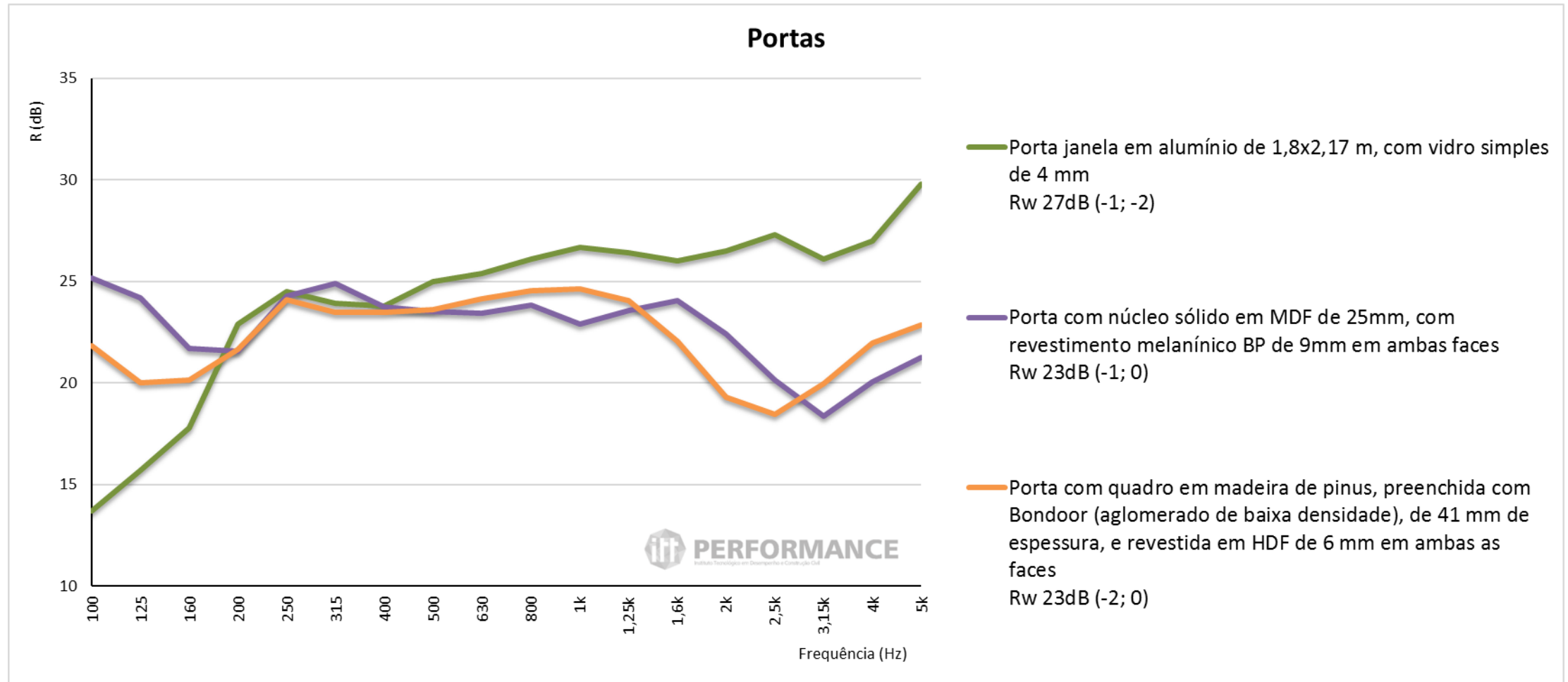
ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO



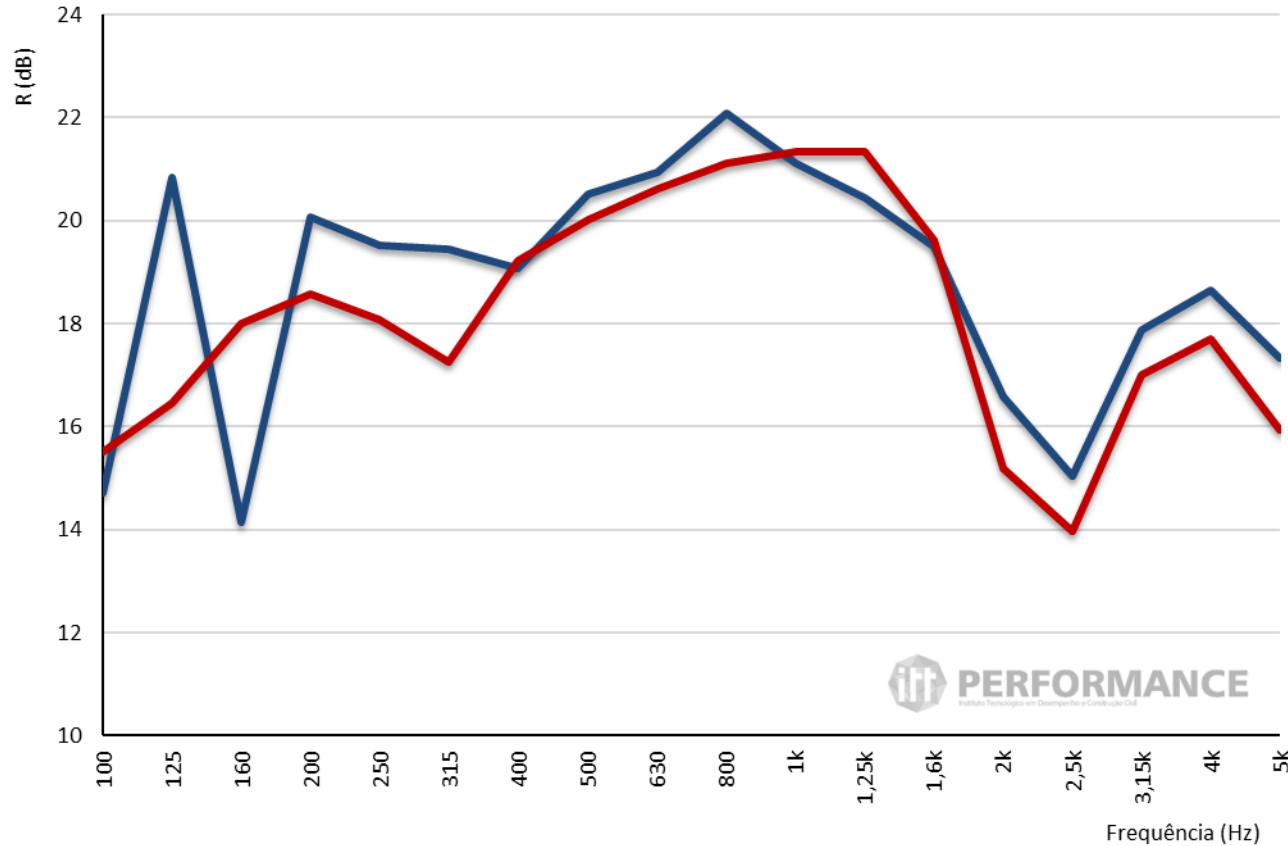
- Os pequenos espaços entre a folha e o marco constituem o ponto mais frágil do isolamento acústico das portas.
- O isolamento acústico de portas, mesmo com boa vedação, não obedece aos valores da lei da massa devido à suas dimensões serem menor que as da parede onde estão inseridas.







Portas



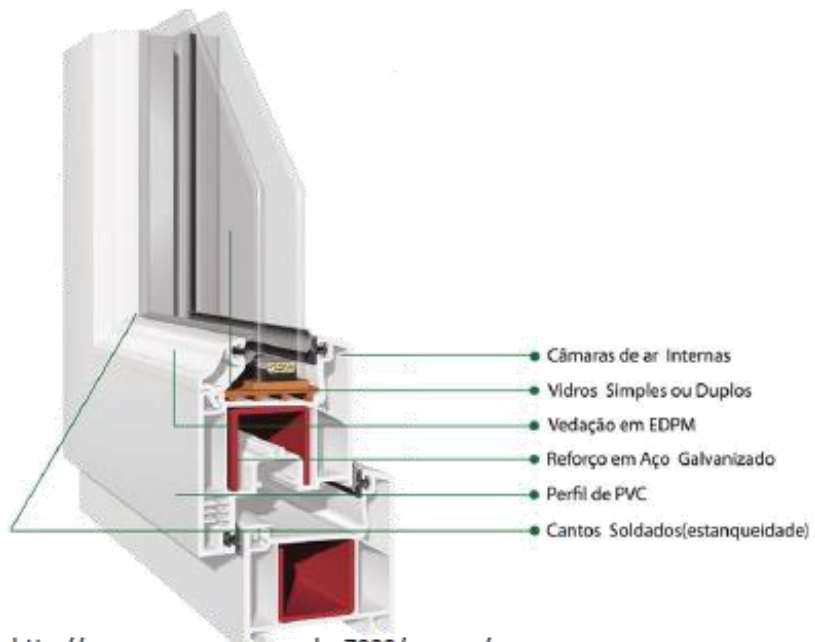
— Porta com caixilho em alumínio de 90x210cm, com fechamento em vidro temperado de espessura 4mm
Rw 20dB (-2; -1)



— Porta com caixilho em alumínio de 90x210cm, com fechamento em vidro temperado de espessura 4mm, com lâ de vidro de 3kg/m² e 5cm
Rw 20dB (-2; -1)



ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO



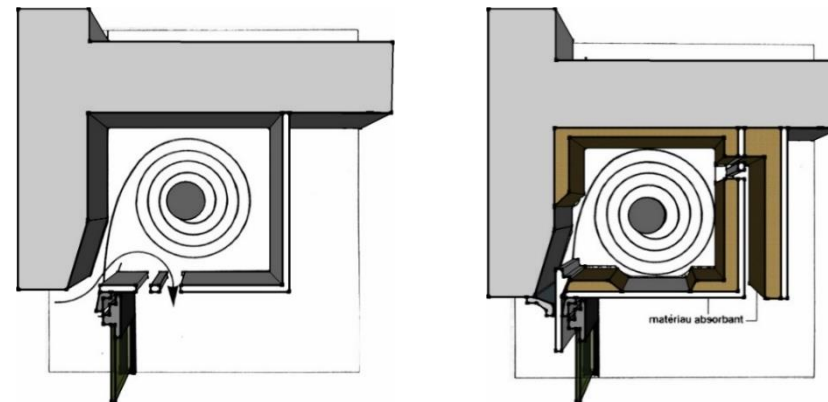
<http://www.europavc.com.br/7080/europa/>



ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

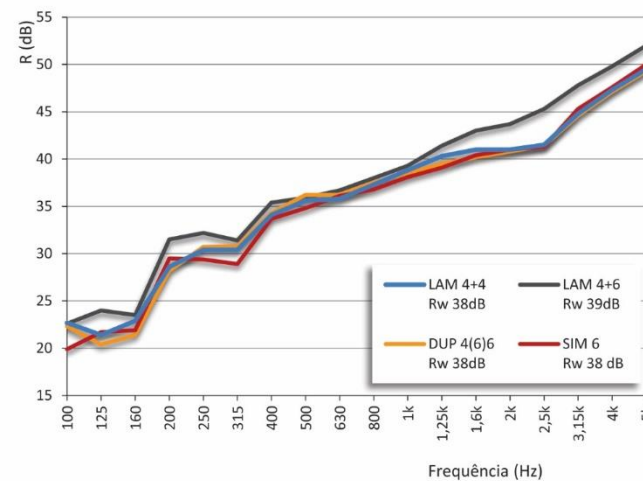
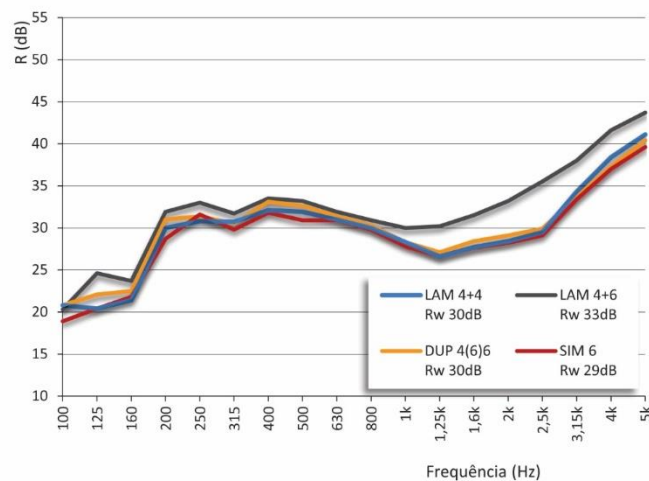
Alguns detalhes podem determinar a eficiência de uma esquadria:

- utilização de borrachas ou material equivalente nas conexões dos vidros com o caixilho, evitando a transferência de vibrações;
- forma de fechamento;
- a possibilidade de criação de vácuo em as lâminas de vidro;
- o preenchimento dos vazios em perfis ocultos.



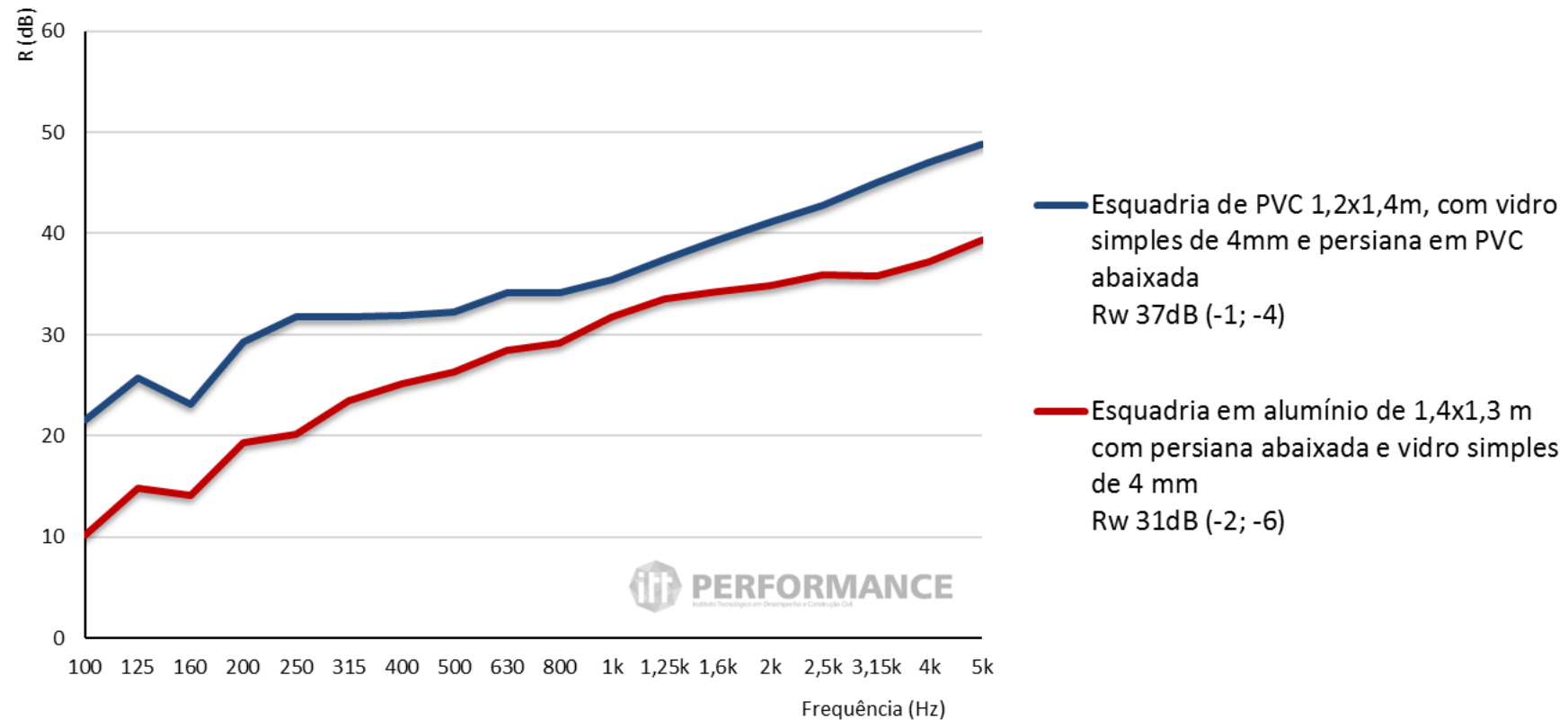
ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

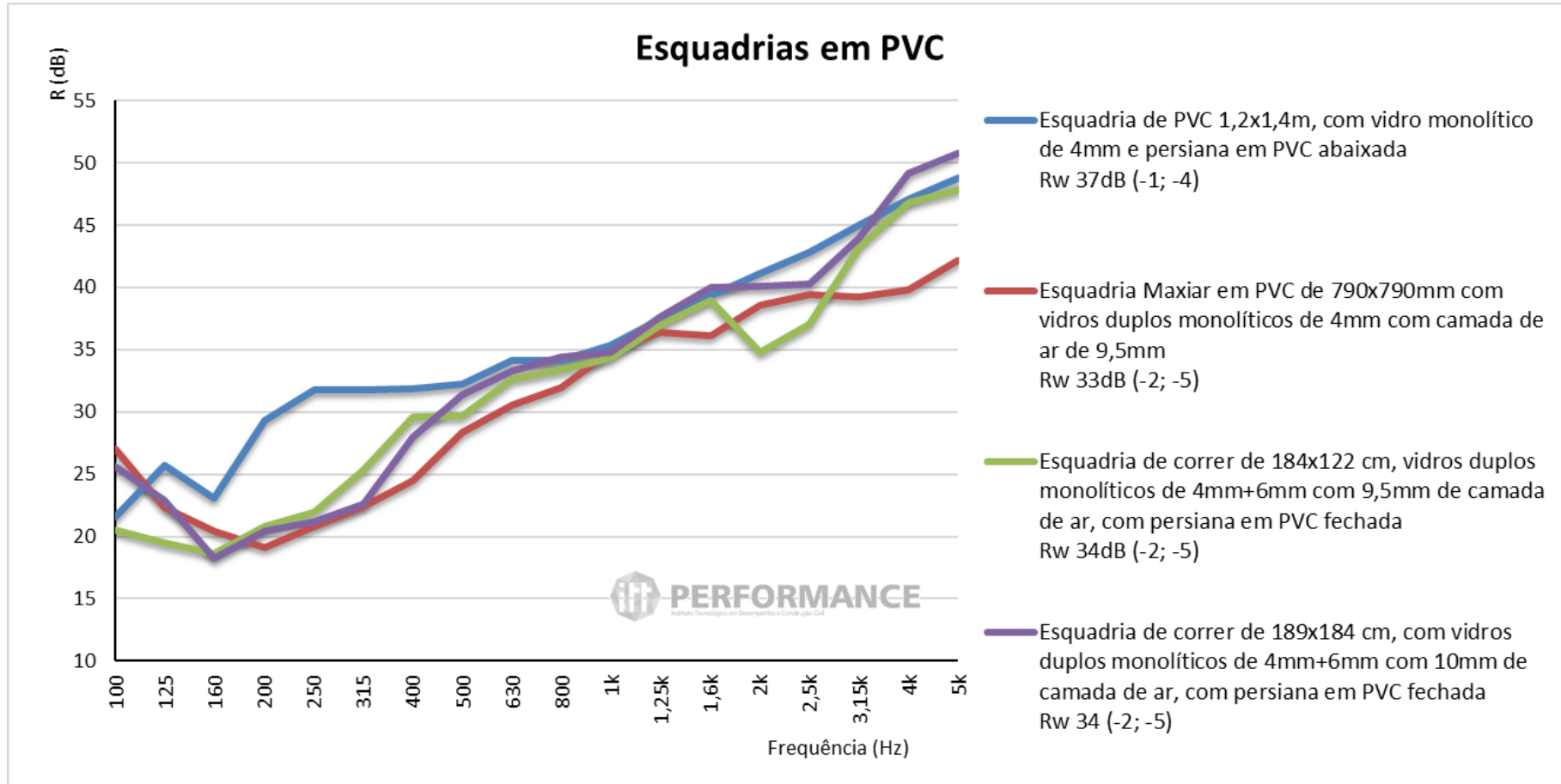
- Janelas de correr com caixilhos de PVC e persianas integradas com quatro tipos de vidros.
- Perfis com reforços de aço galvanizado, fixação do caixilho em todo o perímetro do vão e fecho tipo maçaneta.
- Vidros: laminados com PVB acústico (LAM) em duas composições de espessuras 4 mm e duas chapas de 4 mm e 6 mm. Vidro duplo (DUP) com um vidro 4 mm, câmara de ar de 6 mm e vidro 6 mm. Vidro simples 6 mm.



Os caixilhos com as persianas fechadas apresentaram diferenças entre 6 e 9 dB no R_w em relação à mesma janela com a persiana aberta.

Janela com persiana de Alumínio e de PVC



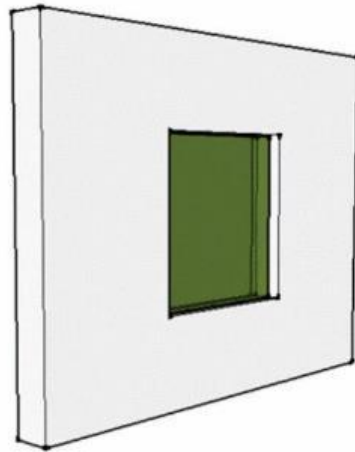


ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO

Exemplo: Fachada com área total de 15 m² composta por parede de tijolos maciços e uma janela com caixilho de PVC de correr com vidro laminado 4+4, sendo a área total das janelas de 3 m². Sabendo-se que a perda de transmissão sonora da alvenaria é de 50 dB e a da janela de 30 dB, pode-se então realizar os cálculos para estimar a perda de transmissão total desse fechamento, conforme a seguir.

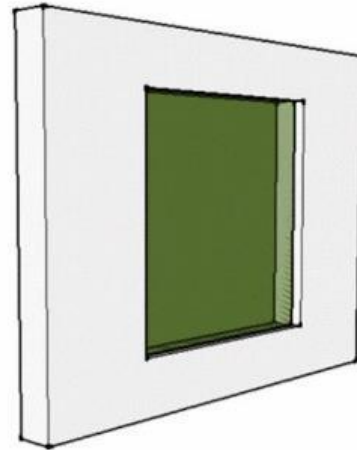
PAREDE DE TIJOLOS MACIÇOS	JANELA	FECHAMENTO TIJOLOS MACIÇOS + JANELA
$PT = 10 \log \frac{S}{\tau}$	$PT = 10 \log \frac{S}{\tau}$	$PT_{fechamento} = 10 \log \frac{\sum S}{\sum \tau S}$
$50 = 10 \log \frac{1}{\tau}$	$30 = 10 \log \frac{1}{\tau}$	$PT_{fechamento} = 10 \log \frac{15}{(10^{-5} \times 12) + (10^{-3} \times 3)}$
$5 = \log \frac{1}{\tau}$	$3 = \log \frac{1}{\tau}$	$PT_{fechamento} = 37 \text{ dB}$
$10^5 = \frac{1}{\tau}$	$10^3 = \frac{1}{\tau}$	
$\tau = 10^{-5}$	$\tau = 10^{-3}$	

ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO



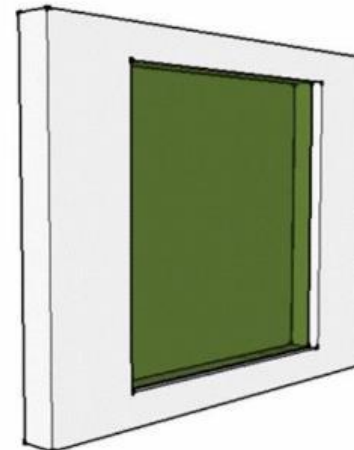
10 m² ALVENARIA
2 m² JANELA PVC VIDRO 4+4

37 dB



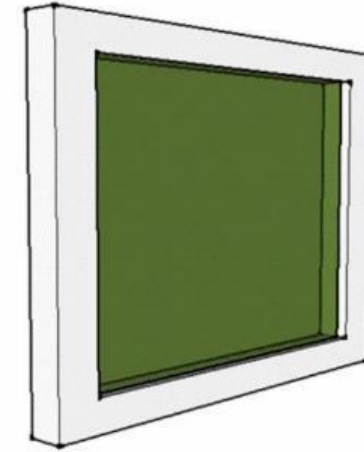
8 m² ALVENARIA
4 m² JANELA PVC VIDRO 4+4

34 dB



6 m² ALVENARIA
6 m² JANELA PVC VIDRO 4+4

32 dB

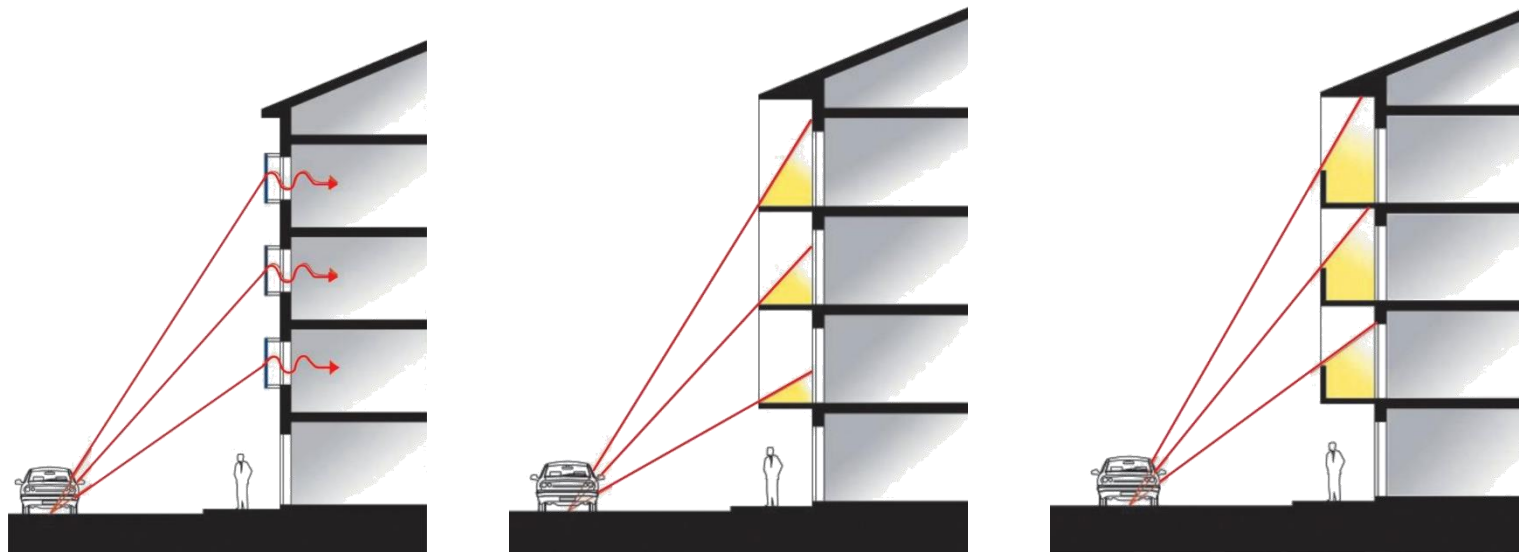


4 m² ALVENARIA
8 m² JANELA PVC VIDRO 4+4

31 dB

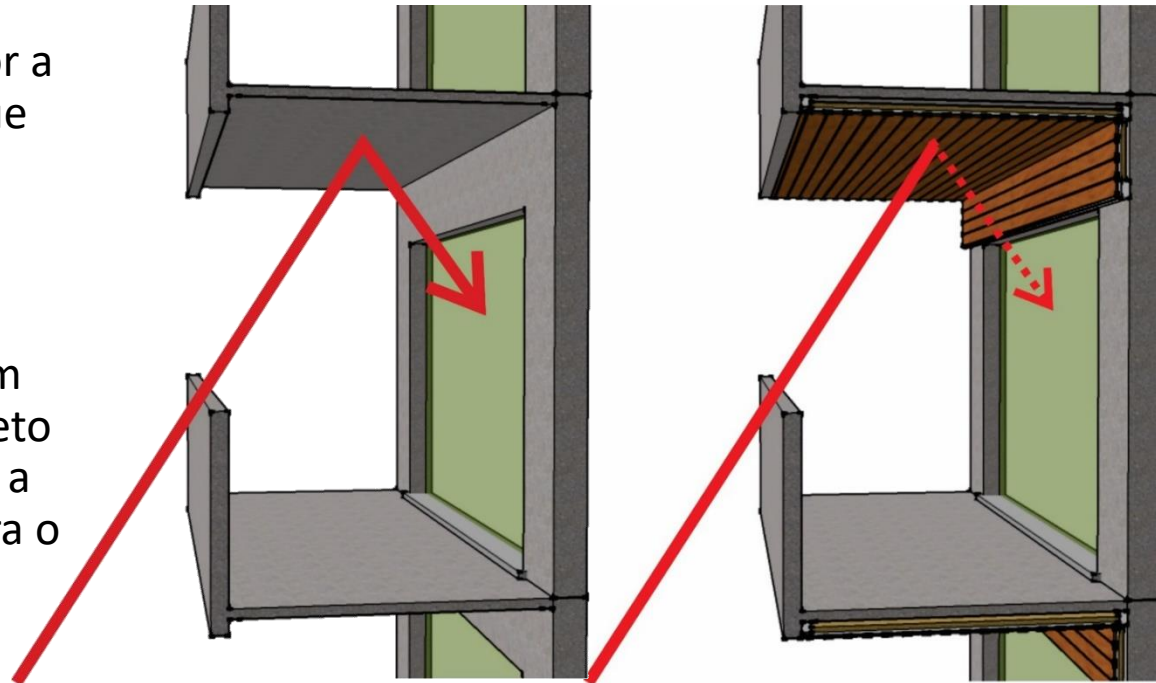
FACHADAS

- Fachadas com sacadas e marquises: influência na proteção ao ruído externo.
- O elemento contínuo, sem elementos vazados, proteção mais efetiva e reduzem a exposição ao ruído do tráfego veicular urbano.



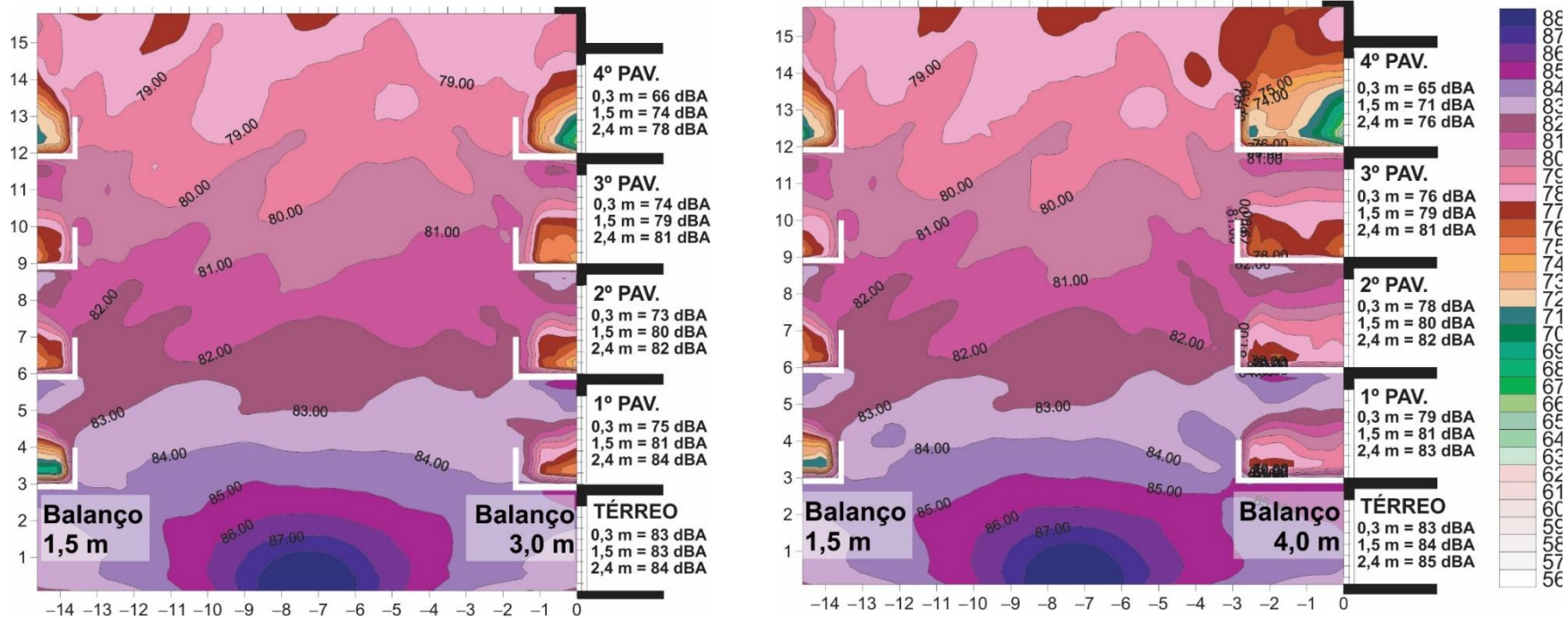
FACHADAS

- Na medida em que a sacada aumenta, também fica maior a influência das superfícies que compõem o teto e o piso dessas áreas.
- A utilização de materiais com maior absorção sonora no teto das áreas das sacadas reduz a parcela do som refletida para o interior do imóvel.



FACHADAS

- Ferramentas computacionais para tomada de decisões ainda na fase de projeto de um edifício.
- Efeito do aumento da sacada no nível sonoro estimado em cada pavimento.



ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

Principais fontes de ruído:

Deslocamento de pessoas, arrastar de móveis e queda de objetos.

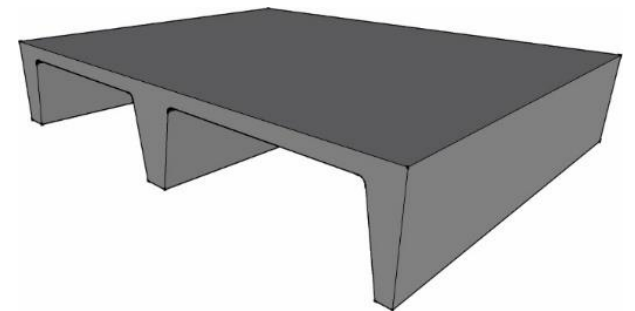
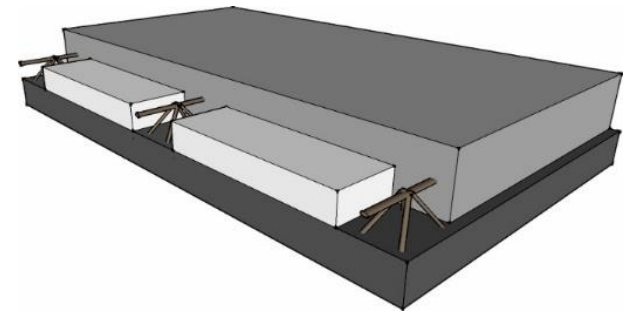
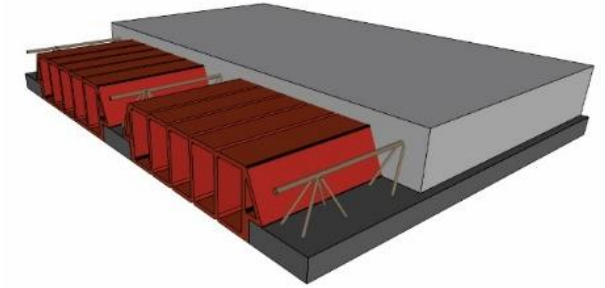


ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO



ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

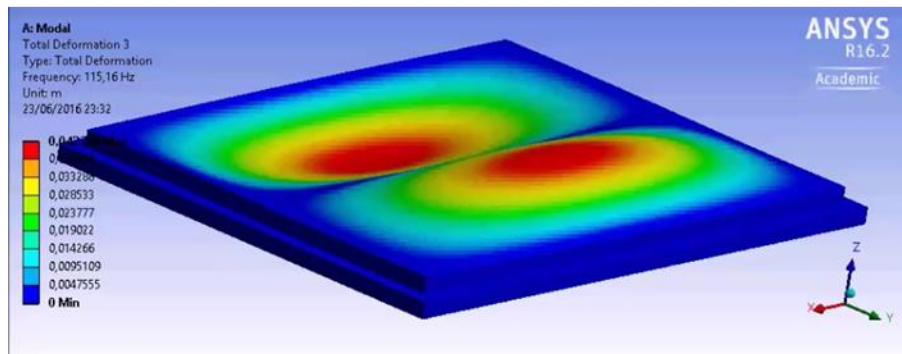
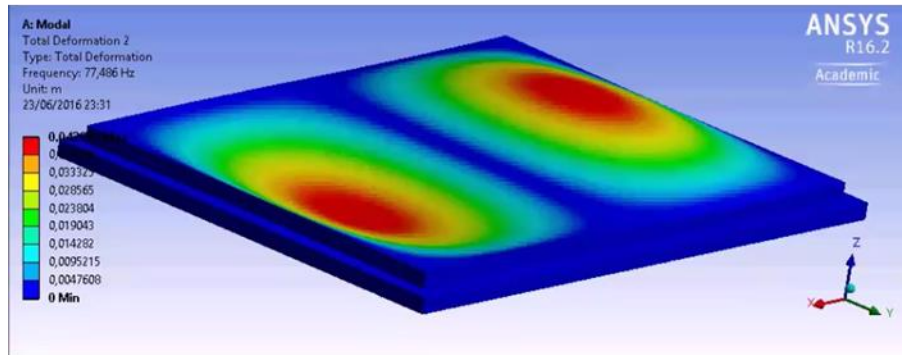
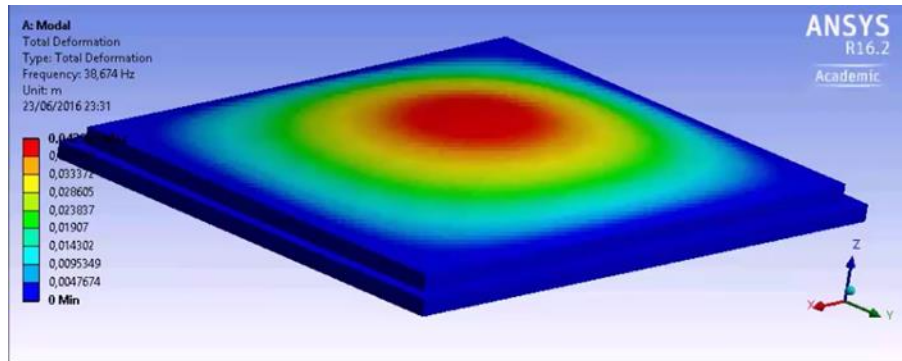
- Compostos por camadas de diferentes materiais com grande diversidade de soluções.
- Dificuldade na aplicação de modelos teóricos em função da diversidade de combinações.
- Sistemas de piso com lajes não homogêneas apresentam meios de propagação mais complexos.
- Sistemas de piso, com a utilização combinada de elementos leves sem finalidade estrutural, com materiais leves de enchimento colocados nas regiões tracionadas.
- A heterogeneidade da vigota/tabela causa diferenças significativas nos mecanismos de transmissão pelos flancos, comparado a homogeneidade da laje de concreto maciço, para uma densidade superficial similar.



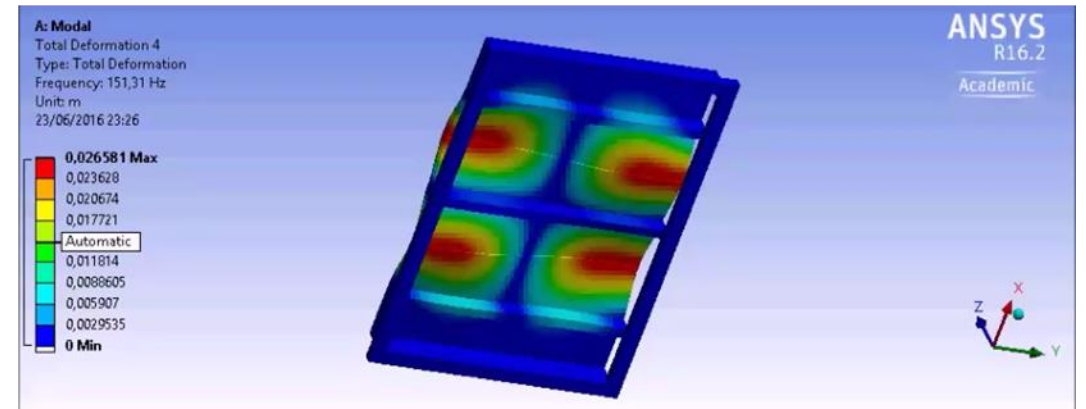
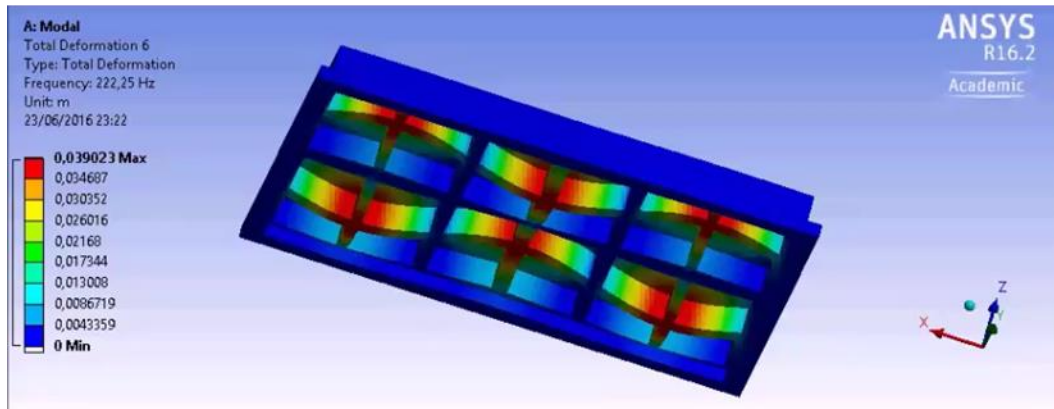
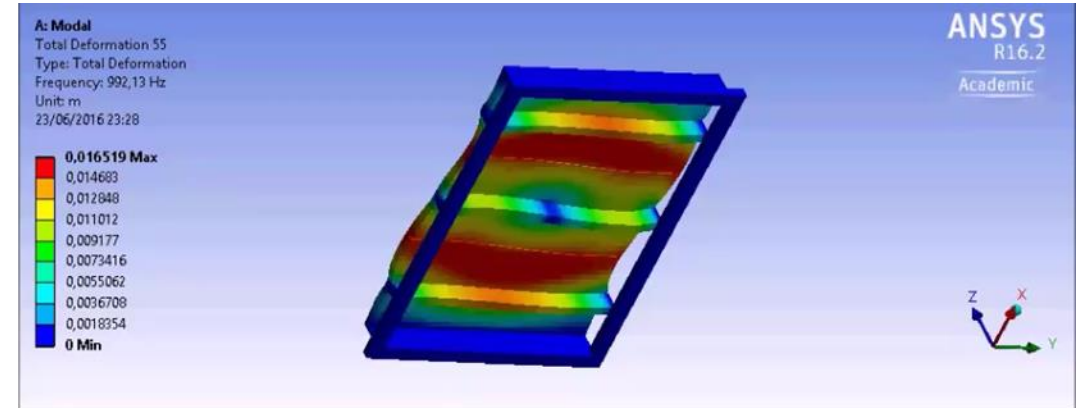
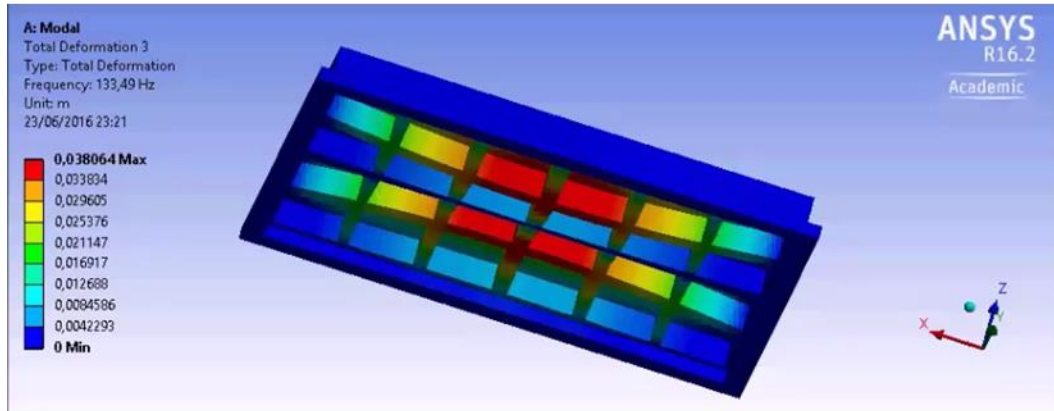
Resposta Vibracional de Lajes

Modelagem a partir de medições de aceleração da laje padrão do LNEC.

Comparação com os 8 primeiros modos



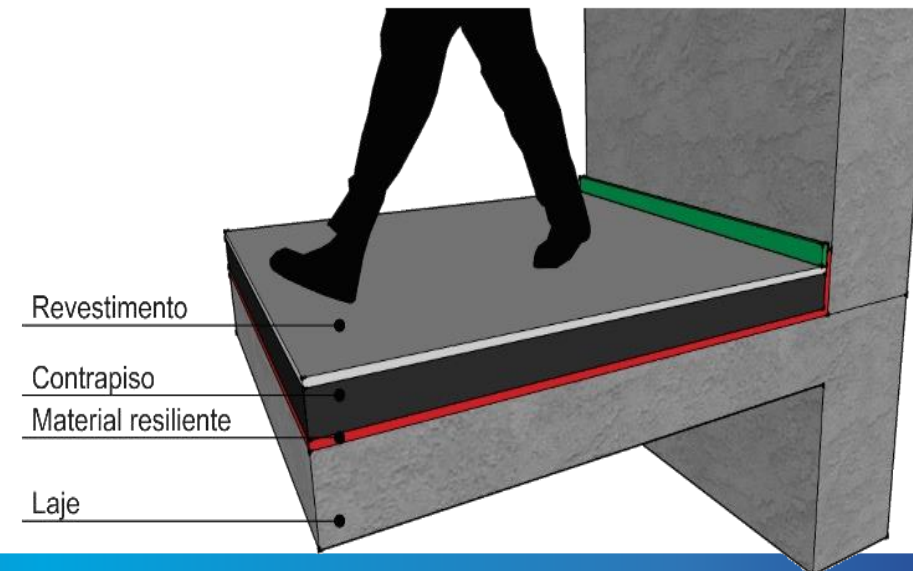
Resposta Vibracional de Lajes



ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

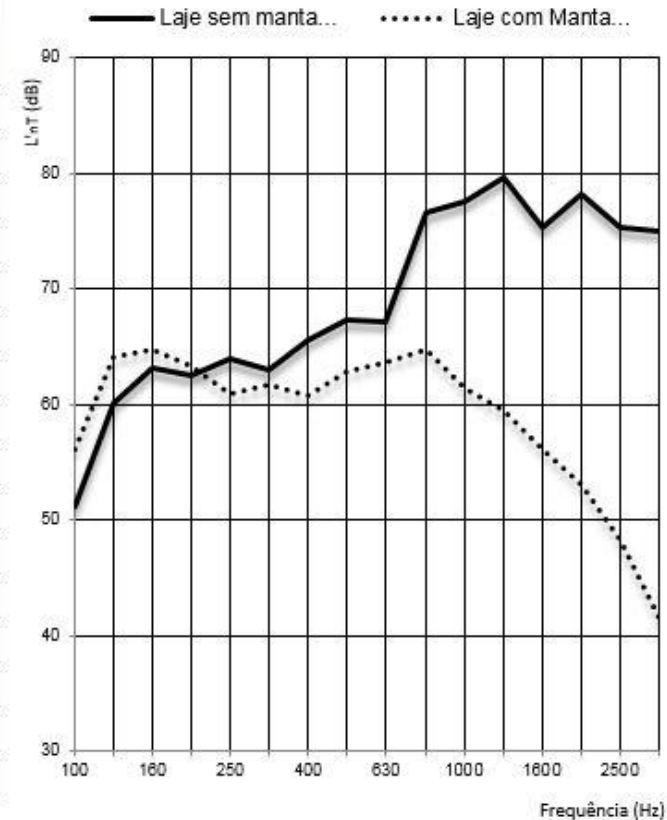
- A transmissão do ruído de impacto pode ser minimizada com sistemas que promovam o isolamento de vibrações
- **Os sistemas de pisos flutuantes são os mais eficientes para a redução do ruído de impacto.**
 - Utilização de uma camada de material resiliente entre duas placas rígidas.

- O comportamento eficiente de um piso flutuante está no rompimento do contato entre os elementos rígidos dos diferentes sistemas construtivos do edifício.



ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

Frequência (Hz)	Laje sem manta L'nT (dB)	Laje com Manta L'nT (dB)
100	51,2	56,1
125	60,2	64,2
160	63,1	64,7
200	62,5	63,3
250	64,0	61
315	63,0	61,8
400	65,6	60,7
500	67,3	62,8
630	67,2	63,6
800	76,6	64,7
1000	77,6	61,4
1250	79,6	59,5
1600	75,3	56,1
2000	78,3	53
2500	75,3	48,2
3150	75,0	41,6
L'nT,w (dB)	82	61



ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

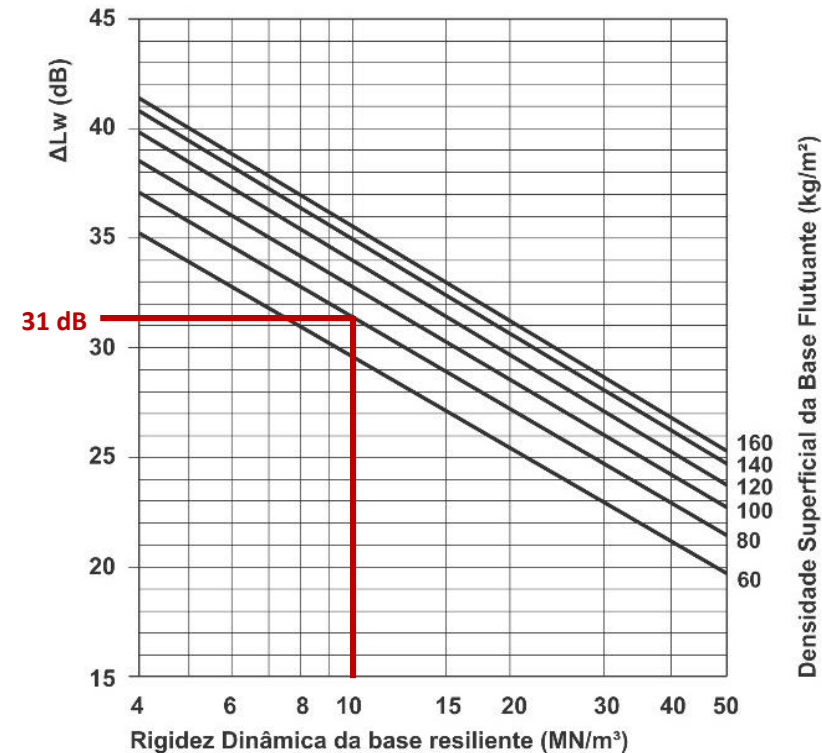
- Materiais utilizados na base ou camada elástica em pisos flutuantes:
 - resistência à compressão,
 - capacidade de amortecimento de vibrações e
 - deformação superficial suficiente que não cause alterações acentuadas nem fissuras no contrapiso e nas demais camadas superiores.
- Dados mais relevantes: rigidez dinâmica e fluência à compressão.
- Rigidez dinâmica: capacidade que um material tem de resistir e amortecer a deformação sob uma força aplicada a partir de um movimento
- Os materiais com menores valores de rigidez dinâmica são mais eficientes para o amortecimento das vibrações em sistemas de pisos.

ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

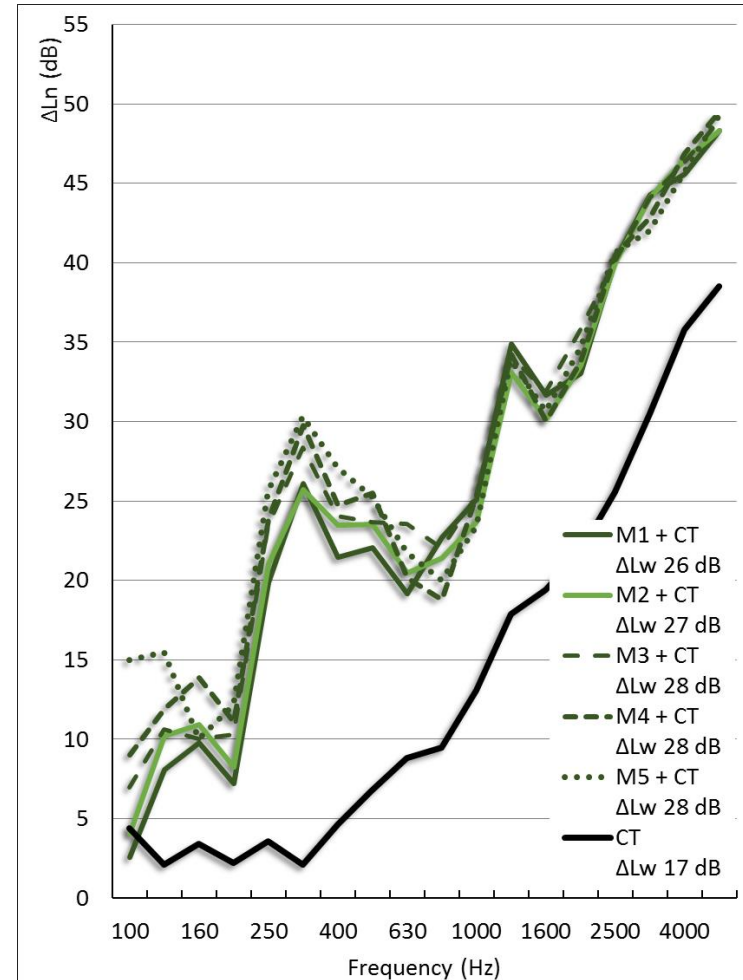
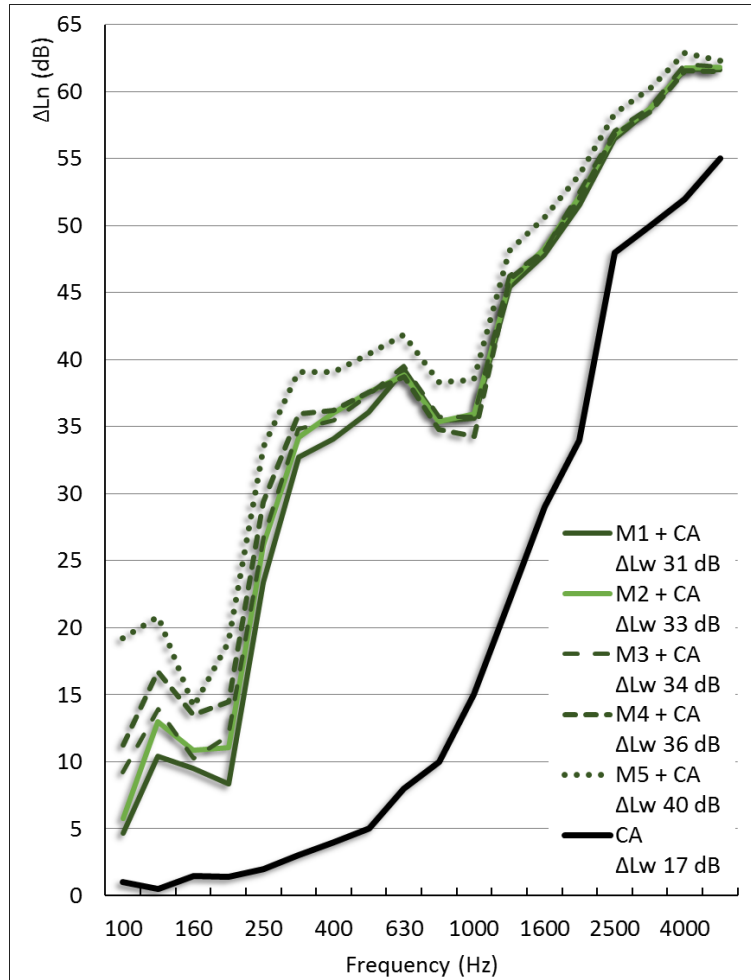
- A partir do valor de rigidez dinâmica de uma base elástica e das características do contrapiso a ser utilizado, é possível estimar o isolamento ao ruído de impacto para diferentes composições.
- A redução do nível de pressão sonora do ruído de impacto está relacionada com a densidade superficial do contrapiso e com a rigidez dinâmica da base elástica (material resiliente) e o ΔL_w pode ser estimado conforme o ábaco.

EXEMPLO:

- Contrapiso com espessura de 4 cm
- Manta com rigidez dinâmica de 10 MN/m^3
- Densidade superficial do contrapiso = $0,04 \text{ m} \times 2000 \text{ kg/m}^3 = 80$
- $\Delta L_w = 31 \text{ dB}$



ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO



The effect of addition of layers on impact sound insulation of floors

Leticia Kauer ZUCHETTO¹; Maria Fernanda de O. NUNES²; Jorge V. PATRÍCIO³

¹itt Performance - Unisinos, Brazil

²itt Performance - Unisinos, Brazil/CNPq PDE Fellowship

³LNEC, Portugal

Diferença na utilização de carpete (CA) e cerâmica flutuante (CT)

ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

Tabela 2: Resultados de rigidez dinâmica antes e após o carregamento e a estimativa de deformação para 10 anos de uso

Materiais	Rigidez dinâmica antes do carregamento (MN/m ³)			Estimativa da deformação em 10 anos (mm)	Rigidez Dinâmica após carregamento (MN/m ³)
	Método 1	Método 2	Método 3		
M1	5,4	4,6	2,5	3,9	4,3
M2	4,0	3,9	2,0	1,5	3,2
M3	3,0	2,7	2,2	1,1	2,6
M4	4,3	4,6	2,5	9,6	4,1
M5	3,2	3,6	1,8	6,5	3,2

A deformação pode não ser um indicativo do desempenho acústico em mantas para pisos flutuantes

AA – Acústica Arquitetônica – Acústica de Salas: 67

Influence of the compression conditions in the acoustic performance of resilient layers of floors

Leticia K. Zuchetto^(a), Maria Fernanda de O. Nunes^(b), Jorge V. Patricio^(c)

^(a) Itt Performance, Brazil, lkauer@unisinos.br

^(b) Itt Performance, Bolsista PDE CNPq Brazil, mariaon@unisinos.br

^(c) LNEC, Portugal, jpatricio@lneac.pt

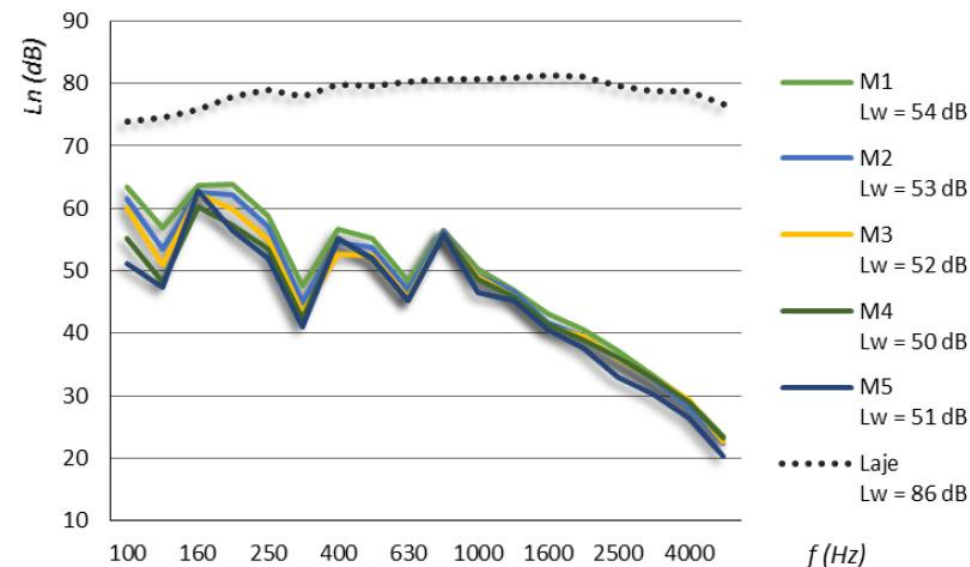


Figura 2: Resultados dos ensaios de ruído de impacto

AA – Acústica Arquitetônica – Acústica de Salas: 67

**Influence of the compression conditions in the
acoustic performance of resilient layers of floors**

Leticia K. Zuchetto^(a), Maria Fernanda de O. Nunes^(b), Jorge V. Patrício^(c)

^(a) itt Performance, Brazil, lkauer@unisinós.br

^(b) itt Performance, Bolsista PDE CNPq Brazil, mariaon@unisinós.br

^(c) LNEC, Portugal, jpatricio@lnec.pt

Influência das condições de compressão da camada resiliente no desempenho acústico de pisos

Leticia K. Zuchetto^(a), Maria Fernanda de O. Nunes^(b), Jorge V. Patrício^(c)

^(a) itt Performance, Brazil, lkauer@unisinós.br

^(b) itt Performance, Bolsista PDE CNPq Brazil, mariaon@unisinós.br

^(c) LNEC, Portugal, jpatricio@lnec.pt

Introdução

- Ruído de impacto: percebido no ambiente imediatamente abaixo do piso onde ocorrem atividades.
- Materiais que conformem camadas em toda sua área: amortecimento do impacto mecânico e rompimento dos vínculos rígidos com a estrutura.
- Pisos flutuantes:
 - solução mais eficaz para a redução dos sons de impacto
 - ação do tipo massa-mola: placa rígida de contrapiso e base elástica
- A camada caracterizada como base elástica pode ser especificada por uma ampla diversidade de materiais, para os quais o comportamento frente ao amortecimento do impacto mecânico.

Introdução

- Sistemas de pisos: diversas funções estruturais, de vedação, de segurança ao tráfego e de isolamento acústico
- Diversidade na combinação de materiais: estimativas de isolamento ao som de impacto pode apresentar várias complexidades – decorrentes da caracterização dos materiais utilizados nessas camadas.
- Principal característica: rigidez dinâmica
- A rigidez dinâmica é inversamente proporcional à espessura
- Valores até 10 MN/m^3 - materiais caracterizados como eficientes na utilização em bases elásticas [1].
- Estão submetidos à cargas acidentais ao longo de toda a sua vida útil: deformações e consequentes reduções na sua espessura inicial.

[1] A. Cripps, J. Fovargue, Crops in Construction Handbook, CIRIA, London, 2004.

Introdução

- Correlação entre fluência na compressão, rigidez dinâmica da base elástica e redução ao ruído de impacto.
- Estudos indicam que se a deformação relativa a 7 anos for menor que 20%, s' pode ser considerada constante e a variação em ΔL é menor que 3 dB, por outro lado, se a deformação relativa em 7 anos for maior que 20% a variação em ΔL é maior que 3 dB [2].
- Este trabalho apresenta um estudo com cinco diferentes materiais utilizados como camada resiliente em pisos flutuantes com a análise da eficiência na redução do ruído de impacto antes e após a fluência na compressão para estimativa de uso de 10 anos.

[2] M. Caniato, F. Bettarello, L. Marsich, A. Ferluga, O. Sbaizero, C. Schmid, Time-dependent performance of resilient layers under floating floors, *Constr. Build. Mater.* 102 (2016) 226–232.

Materials

Material	Tipo de fibra	Espesura Fibra	Densidade (kg/m ²)
M1	Poliéster	Fino	180
M2	Poliéster	Fino	240
M3	Poliéster	Fino	320
M4	Polipropileno	Grosso	500
M5	Polipropileno	Grosso	1000

Método Rigidez Dinâmica

- **Método 3**
- *Shaker* L315M da ETS Solution
- Vibração vertical na placa base
- Dois acelerômetros 3035B2 da Dytran:
- controle da transmissibilidade da vibração.
- Sinal do tipo sinusoidal.
- Ensaio realizado no laboratório itt Fuse – UNISINOS/Brasil.
- Este método também foi utilizado para a obtenção dos valores de rigidez dinâmica após o ensaio de 122 dias de fluência à compressão.

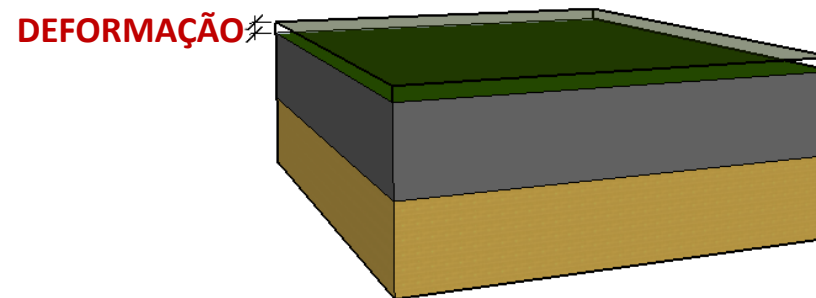


Método 3

Método

Fluência à Compressão

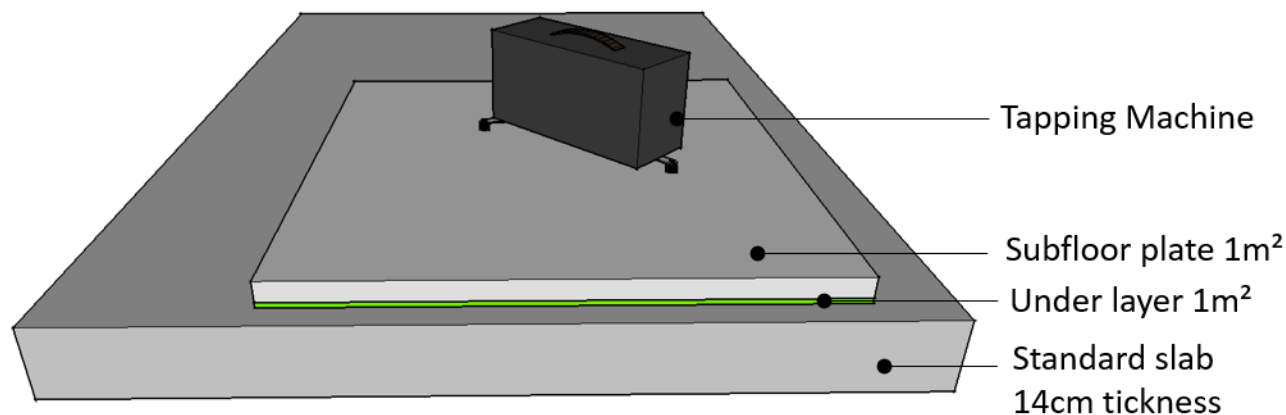
- Ensaio de fluência à compressão: ISO 20392.
- Duas amostras de 20x20cm de cada material,
- Cargas de 4kg e 8kg respectivamente.
- Intervalos de tempo em escala logarítmica para as leituras das deformações,
- O ensaio foi realizado no laboratório do itt Performance – UNISINOS.
- Ensaio foi conduzido por 122 dias.
- Os valores de deformação extrapolados 30 vezes: o comportamento dos materiais ao longo de sua vida útil.



Método

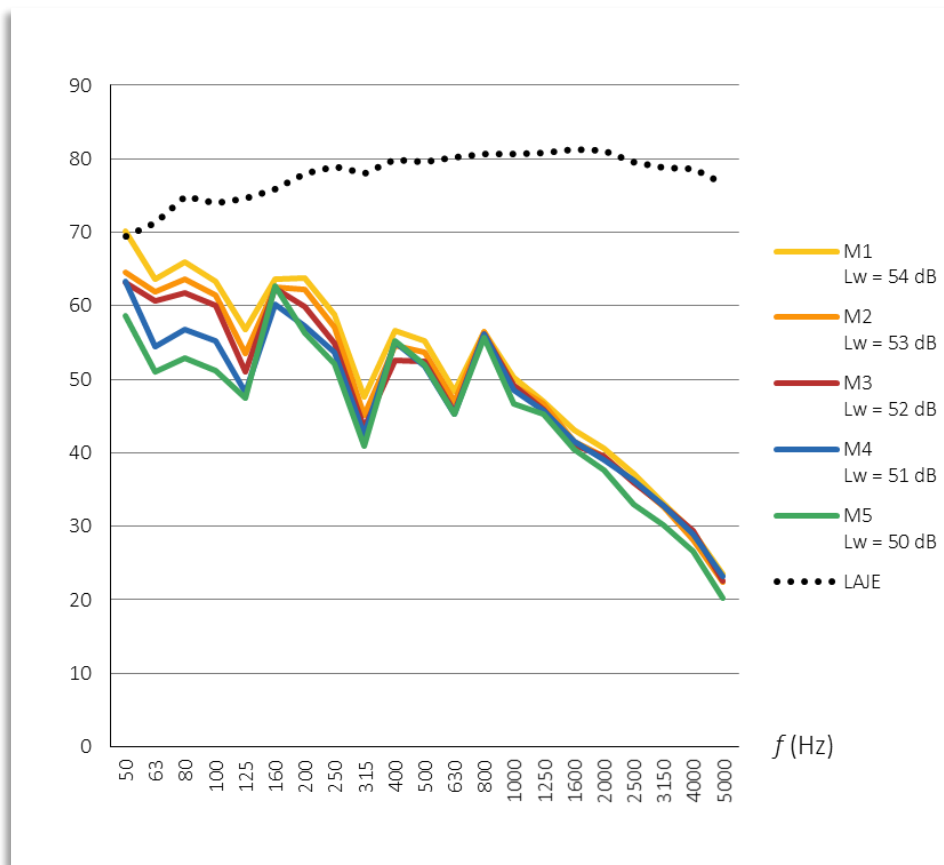
Ruído de Impacto

- Desempenho acústico dos sistemas de piso: ensaios laboratoriais na câmara de ruído de impacto do LNEC, em Lisboa – Portugal
- ISO 10140-3: máquina de impacto B&K 3207, bandas de 1/3 de oitava, *Pulse TM* B&K.
- Contrapiso de argamassa:
 - 4cm de espessura
 - 100kg/m²



Resultados

- Desempenho ao ruído de impacto:
- as maiores diferenças ocorreram nas bandas de frequências menores que 500 Hz
- aumento na eficiência do isolamento sonoro com o aumento da densidade.



Resultados

- Rigidez dinâmica com variações comparando-se os 3 métodos
- Método 3 (*shaker*): todos os valores calculados ficaram a baixo dos demais.
- Deformação estimada após 10 anos de uso: variações entre 11% e 96%.
- M1, M2 e M3 (poliéster com fibras finas) com menores deformações
- M4 e M5 (polipropileno com fibras grossas) maior deformação estimada
- Pode-se indicar que a deformação apresenta relações com a densidade para materiais com a mesma espessura de fibra: quanto maior a densidade, menor será a deformação.

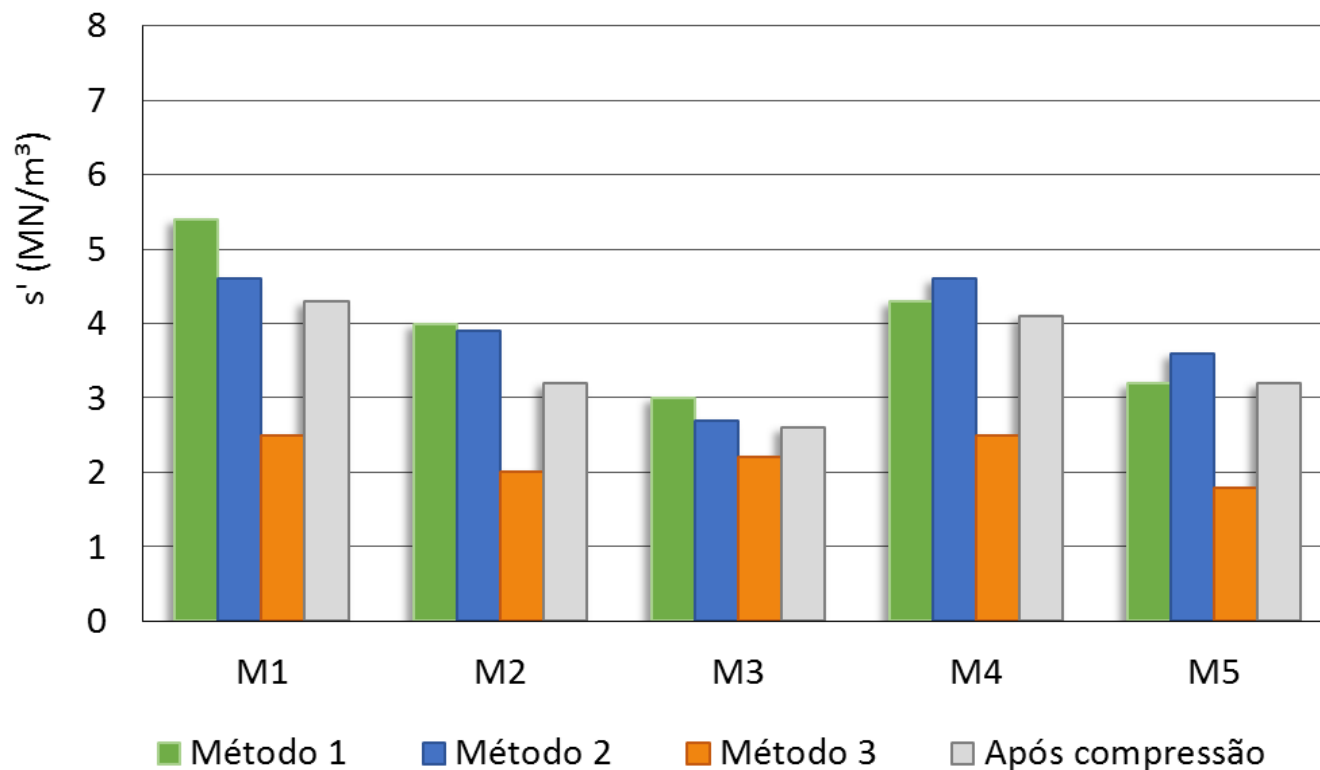
Resultados

- O aumento da rigidez dinâmica:
- 18% em M3 (poliéster)
- 78% para o material M5 (polipropileno)
- Os valores estimados são adequados, pois são inferiores a 10 MN/m³.

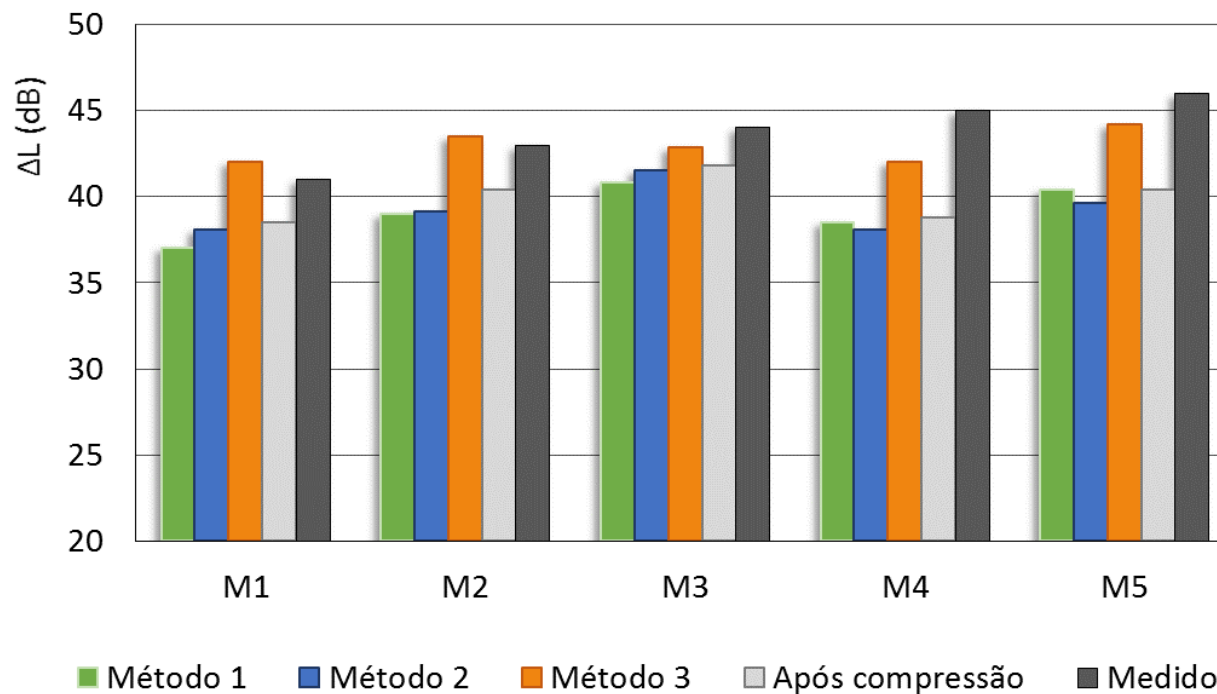
Materiais	Rigidez dinâmica antes do carregamento (MN/m ³)			Estimativa da deformação em 10 anos (mm)	Rigidez Dinâmica após carregamento (MN/m ³)
	Método 1	Método 2	Método 3		
M1	5,4	4,6	2,5	3,9	4,3
M2	4,0	3,9	2,0	1,5	3,2
M3	3,0	2,7	2,2	1,1	2,6
M4	4,3	4,6	2,5	9,6	4,1
M5	3,2	3,6	1,8	6,5	3,2

Resultados

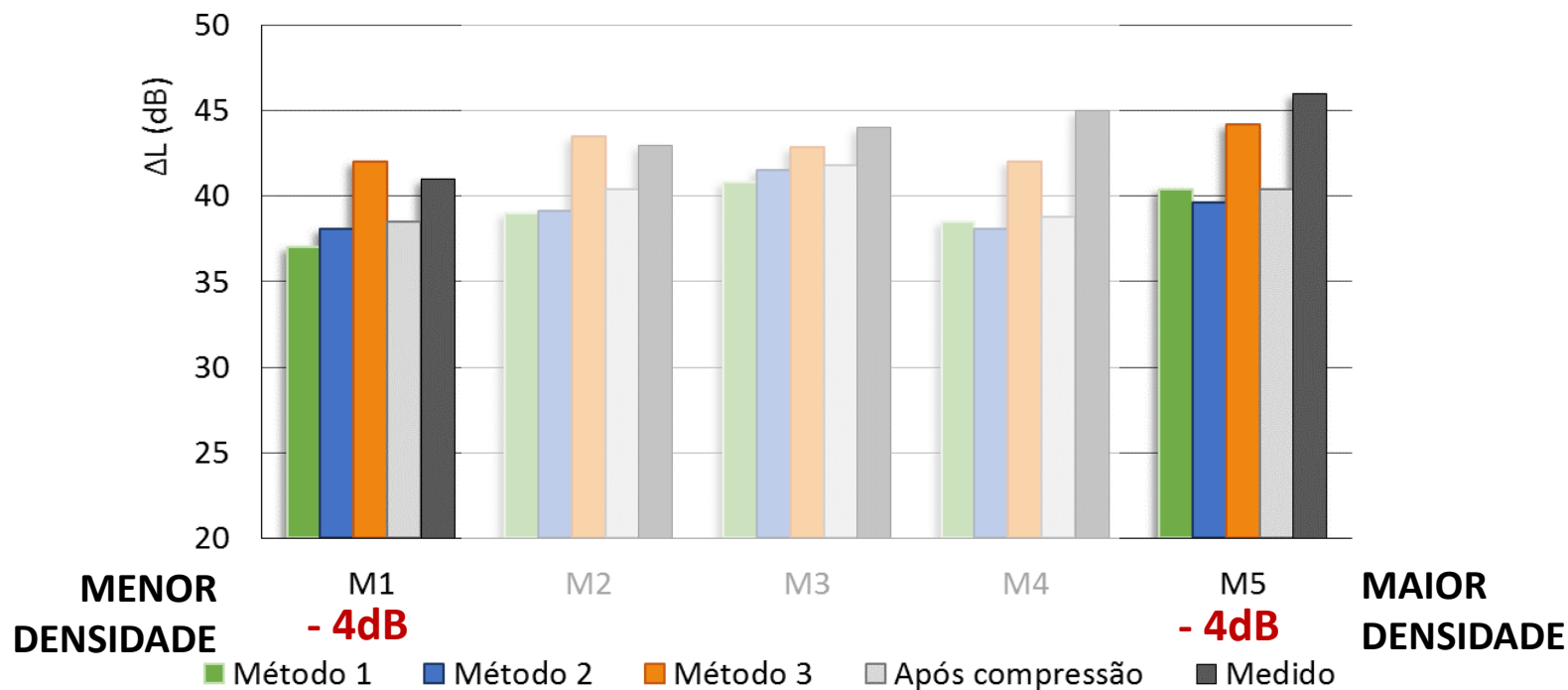
- Determinação da frequência de ressonância: valores mais elevados dos resultados obtidos a partir da excitação com o martelo.



- ΔL estimada - queda na eficiência dos materiais após a compressão: **Resultados**
-

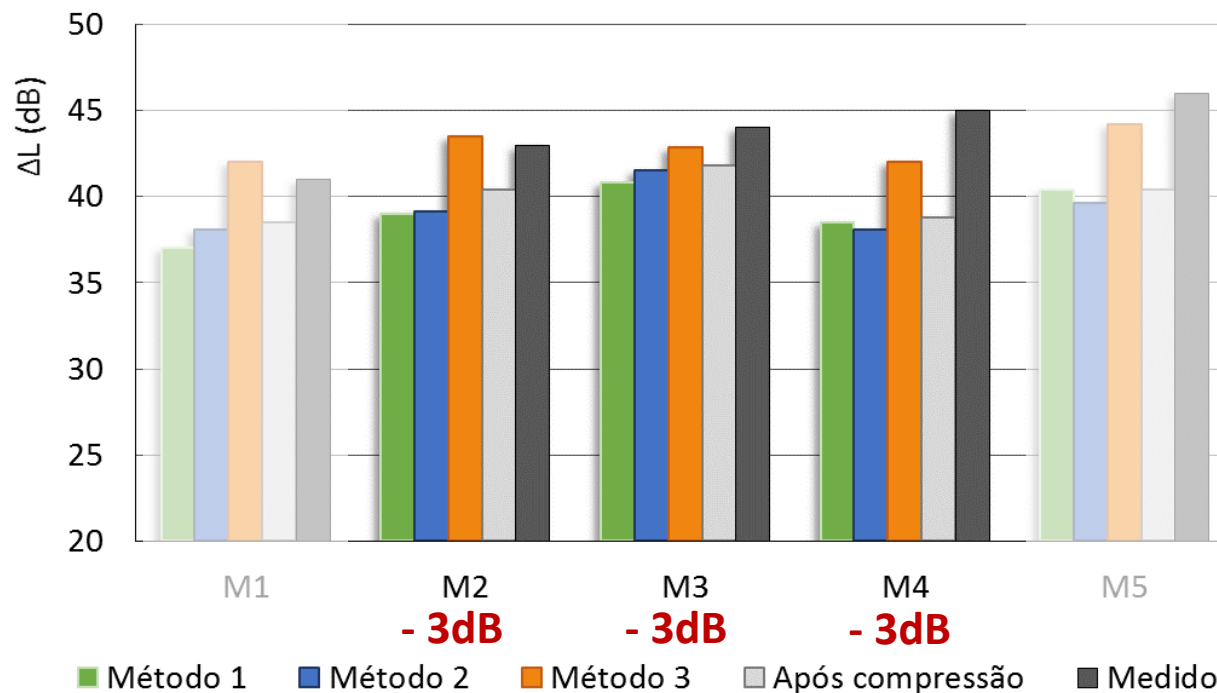


- ΔL estimada - queda na eficiência dos materiais após a compressão: **Resultados**
- 4 dB nos materiais M1 e M5



Resultados

- ΔL estimada - queda na eficiência dos materiais após a compressão:
- 3 dB para os demais.



Estima-se que após 10 anos de uso os sistemas de pisos flutuantes compostos pelos materiais deste estudo tenham uma perda de desempenho entre 3 e 4 dB.



Considerações Finais

Comportamento dos materiais que compõem os pisos flutuantes: definição da eficiência no isolamento ao ruído de impacto.

Estudos que caracterizam as alterações decorrentes do tempo de utilização são fundamentais para estimativas de vida útil desses materiais.

A redução na espessura dos materiais resilientes pode ser indicada como um dos mais importantes aspectos a serem considerados, pois a forma como as fibras desses materiais sofre a acomodação em função da compressão pode determinar sua eficiência ao longo de sua vida útil.

Considerações Finais

Nesse sentido, os materiais utilizados nesse estudo apresentaram comportamentos distintos em função da espessura das fibras.

No entanto, não foi verificada uma relação direta entre espessura das fibras e/ou densidade com a redução na eficiência global dos materiais.

As estimativas indicaram que após 10 anos de uso, os sistemas de pisos flutuantes compostos pelos materiais deste estudo podem apresentar uma perda de desempenho entre 3 e 4 dB.

Agradecimento

- Os autores agradecem ao CNPq pela Bolsa PDE.
- (NP 201973/2015-4)

PARÂMETROS E NOTAÇÕES ACÚSTICAS

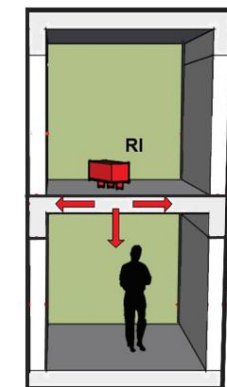
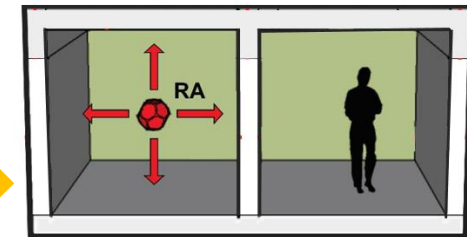
PARÂMETROS ACÚSTICO E NOTAÇÕES

- O som com características relacionadas a frequência em Hz e intensidade em dB, também pode ser descrito através de um único número.
- Número único: valores por frequência são ponderados e permite expressar o desempenho acústico de diferentes sistemas construtivos em edifícios.
- O método de obtenção está descrito na norma ISO 717-1 para sons aéreos e na ISO 717-2 para sons de impacto.

PARÂMETROS ACÚSTICO E NOTAÇÕES

- Apesar da simplicidade da representação das quantidades em número único, as notações ou símbolos utilizados para designar as principais características de cada parâmetro apresentam diferenças.

Parâmetro	Símbolo	Tipo de transmissão	Tipo de ensaio	Norma para o ensaio
Índice de redução sonora	R_w	Ruído aéreo	Laboratório	ISO 10140-2:2010
Diferença padronizada ponderada de nível	$D'_{nT,w}$	Ruído aéreo	Campo	ISO 16283-1:2014
Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa	$D'_{2m,nT,w}$	Ruído aéreo	Campo	ISO 140-5:1998
Nível de ruído de impacto padrão ponderado	$L'_{nT,w}$	Ruído de impacto	Campo	ISO 140-7:1998
Nível de ruído de impacto padrão	L_{nW}	Ruído de impacto	Laboratório	ISO 10140-3:2010
Diferença de nível de ruído de impacto padrão ponderado	ΔL_w	Ruído de impacto	Laboratório	ISO 10140-3:2010
Nível de pressão sonora contínua equivalente	$L_{Aeq,nT}$	Ruído aéreo equipamento predial	Campo	ISO 16032:2004
Nível de pressão sonora máxima	$L_{ASmáx,nT}$	Ruído aéreo equipamento predial	Campo	ISO 16032:2004



MÉTODOS DE ENSAIO

ENSAIOS EM LABORATÓRIO NÃO SÃO DIRETAMENTE COMPARÁVEIS À ENSAIOS EM CAMPO

EXEMPLO

Ensaio de resistência ao fogo:

COMPORTAMENTO EM
LABORATÓRIO



COMPORTAMENTO EM
CAMPO



SISTEMAS DE PISOS – RUÍDO AÉREO

ELEMENTO	$D_{nT,w}$ (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥ 55	S
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	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

SVV – RUÍDO AÉREO EM CAMPO

ELEMENTO	$D'_{nT,w}$ (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias dos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i>	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

SVV – RUÍDO AÉREO EM LABORATÓRIO

ELEMENTO	R _w (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias dos pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i>	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

SVVE – RUÍDO AÉREO EM CAMPO

CLASSIFICAÇÃO SUBJETIVA EM FUNÇÃO DA ATUAL DIFICULDADE ATUAL DE CARACTERIZAÇÃO DO RUÍDO URBANO

CLASSE DE RUÍDO	LOCALIZAÇÃO DA HABITAÇÃO	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

NOTA 1 Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há requisitos específicos.
 NOTA 2 Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias, há necessidade de estudos específicos.

SVVE – RUÍDO AÉREO EM LABORATÓRIO

CLASSIFICAÇÃO SUBJETIVA EM FUNÇÃO DA ATUAL DIFICULDADE ATUAL DE CARACTERIZAÇÃO DO RUÍDO URBANO

CLASSE DE RUÍDO	LOCALIZAÇÃO DA HABITAÇÃO	R _w (dB)	NÍVEL DE DESEMPENHO
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 44	S

NOTA 1 Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há requisitos específicos.
 NOTA 2 Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias, há necessidade de estudos específicos.

SVVE – CLASSES DE RUÍDO URBANO

CLASSE DE RUÍDO	Nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} (dBA)
I	Até 60 dBA
II	60 a 65 dBA
III	65 a 70 dBA

Não consta na NBR 15575.

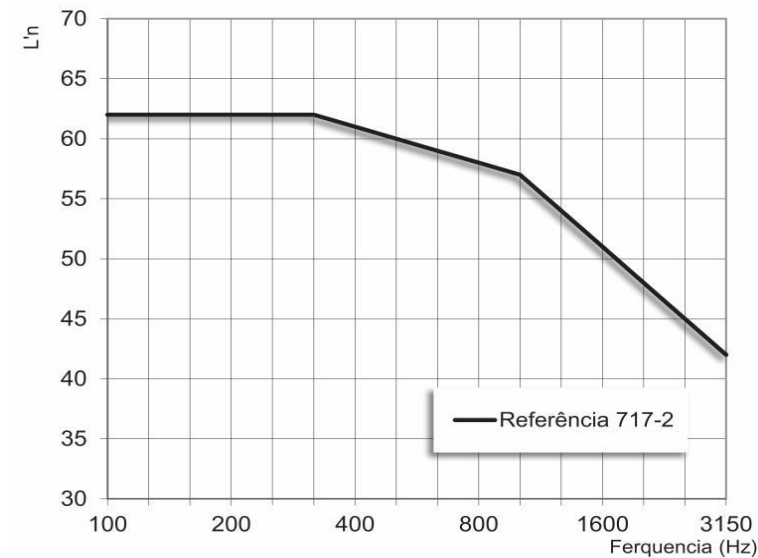
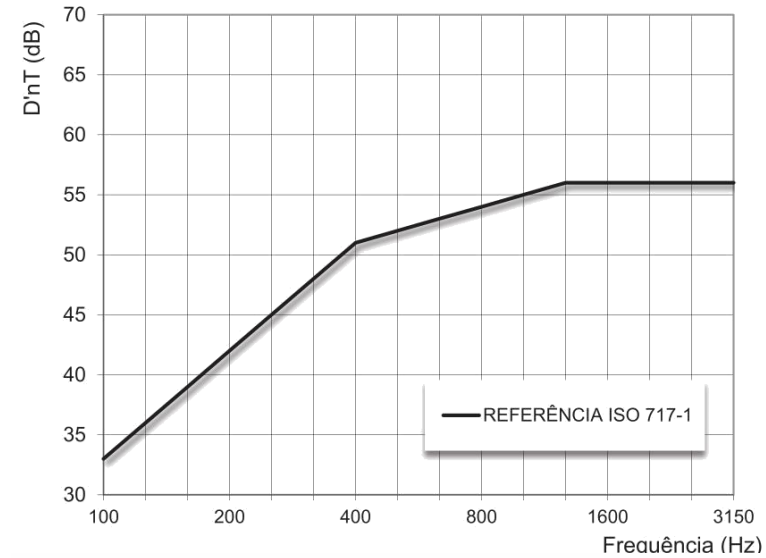
Fonte: Manual Pro-Acústica sobre a norma de desempenho, 2015.

ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO

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
Sistemas de piso de áreas de uso coletivo sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	M
	46 a 50	I
	≤ 45	S

PARÂMETROS ACÚSTICO E NOTAÇÕES

- O isolamento ao ruído aéreo de um fechamento é definido a partir da diferença de níveis sonoros entre dois ambientes contíguos e quanto maior esse valor, maior será o isolamento ao ruído aéreo.
- O isolamento ao ruído de impacto, que é propagado na estrutura dos edifícios, é definido a partir de níveis de pressão sonora absolutos que, quanto menores, melhor será o isolamento ao ruído de impacto.
- ISO 717:2013 – perfis gráficos de referência diferentes para os índices de redução sonora e nível de ruído de impacto.

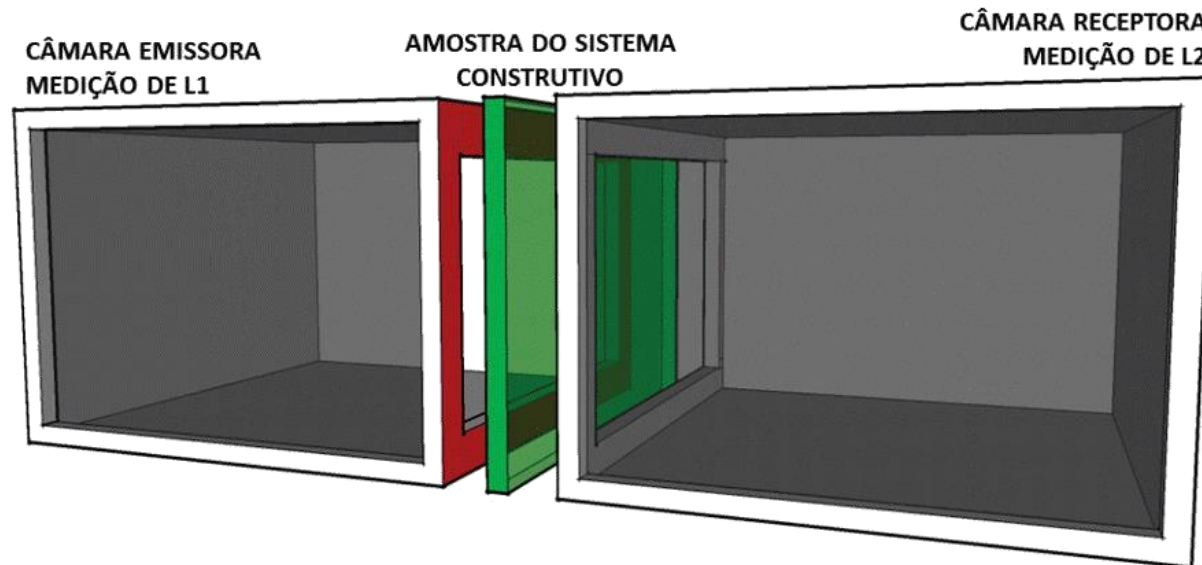


MÉTODOS DE ENSAIO

- ▶ Os ensaios para determinação do desempenho acústico em edifícios podem ser classificados em dois tipos:
 - ▶ ensaios em laboratório que geram informações a serem utilizadas na etapa de projeto do edifício sobre materiais e sistemas construtivos isoladamente
 - ▶ ensaios em campo que demonstram se o isolamento acústico requerido foi alcançado no edifício.
- ▶ A NBR 15575:2013 estabelece dois métodos em medições em campo: o método simplificado e o de engenharia.
- ▶ Diferença na forma de obtenção do tempo de reverberação que, ao invés de ser medido, é estimado a partir de valores padronizados da norma ISO 10052:2004.
- ▶ Atualmente, os equipamentos para medições de acústica de edifícios têm opções para o cálculo dos parâmetros a serem utilizados para a classificação de desempenho acústico.
- ▶ Recursos a serem utilizados: um **analisador sonoro classe de precisão 1**, um calibrador acústico portátil, um amplificador de potência, uma fonte de som aéreo e uma fonte de som de impacto.

SOM AÉREO EM LABORATÓRIO ISO 10140-2

- ▶ A perda de transmissão sonora em laboratório é determinada a partir da instalação da amostra do sistema construtivo entre duas câmaras reverberantes.
- ▶ Todo o som gerado na câmara emissora deve ser transmitido pela amostra a ensaiada.
- ▶ Nas superfícies de contato das câmaras com a amostra devem ser instalados sistemas de amortecimento para evitar a transmissão por flancos.



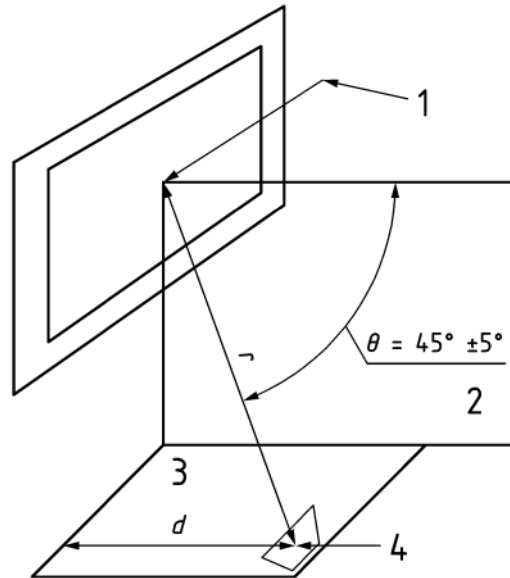
SOM AÉREO EM CAMPO

ISO 16283-1 e ISO 16283-3

- ▶ Ensaio em campo com duas normas:
 - ▶ para o som aéreo em sistemas de vedação internos (pisos e paredes) – ISO 16283-1
 - ▶ sistemas de vedação externa (fachadas) – ISO 16283-3

SOM AÉREO EM CAMPO

ISO 16283-3



Fonte: (ISO/DIS 16283-3, 2014)

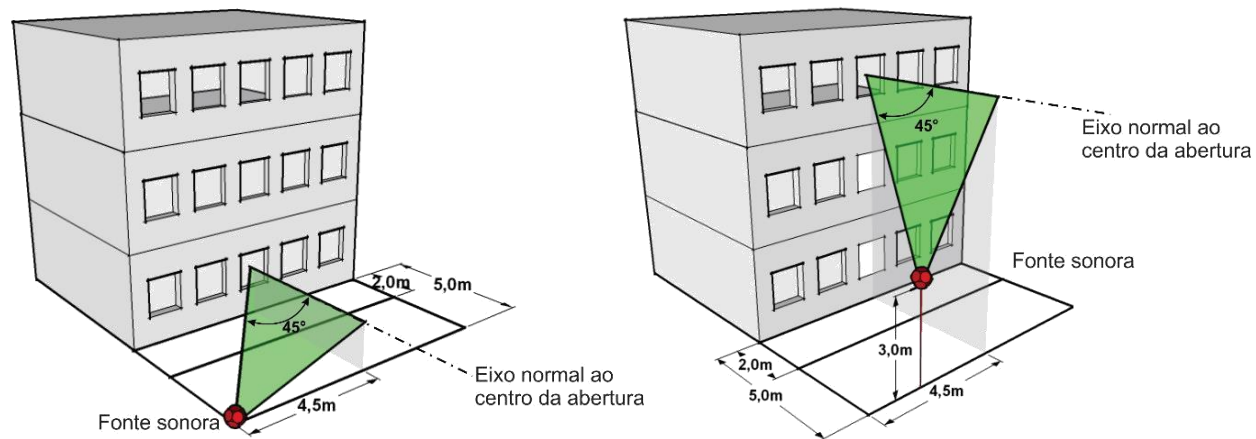
Ensaio em fachadas em campo:

- ▶ o qual o som deve ser gerado no exterior e medido no interior do ambiente de interesse.
- ▶ medição de L1: o microfone deve ser posicionado a 2 metros ($\pm 0,20$ m) da fachada
- ▶ critérios geométricos tendo como referência o centro geométrico da abertura do ambiente de interesse.
- ▶ A fonte sonora deve ser posicionada em um ângulo de $45^\circ (\pm 5^\circ)$ em relação ao eixo normal ao centro da abertura.

SOM AÉREO EM CAMPO

ISO 16283-3

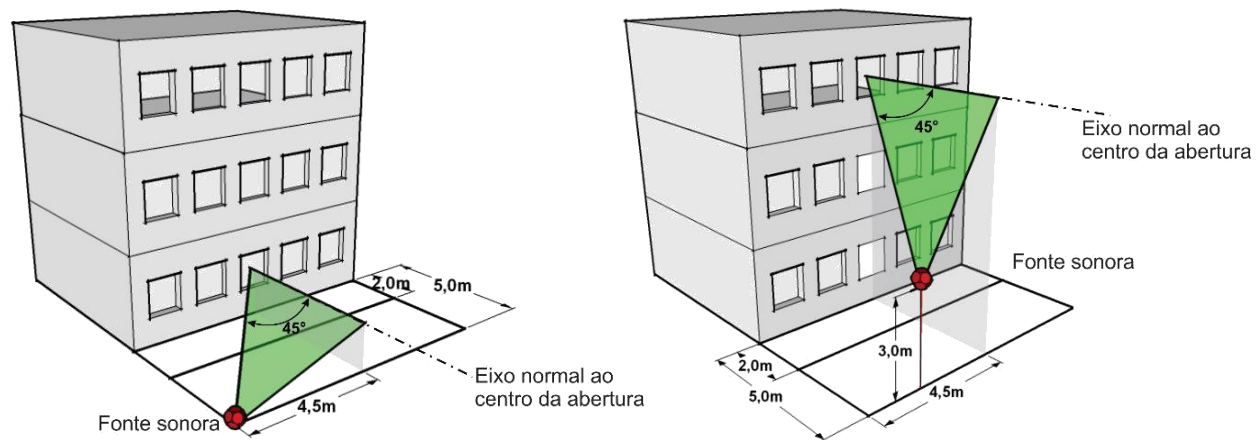
- ▶ as medidas não devem ser estipuladas somente a partir de uma vista superior.



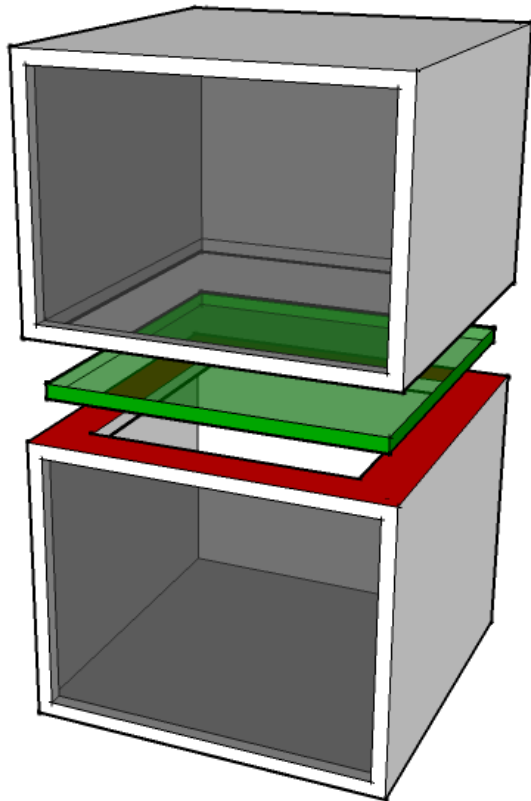
SOM AÉREO EM CAMPO

ISO 16283-3

- ▶ as medidas não devem ser estipuladas somente a partir de uma vista superior.



SOM DE IMPACTO EM LABORATÓRIO ISO 10140-3



- ▶ O nível de som de impacto em laboratório é determinado a partir da instalação da amostra do sistema construtivo entre duas câmaras reverberantes sobrepostas.
- ▶ O impacto mecânico é produzido em diferentes pontos do piso da câmara emissora e captado por um microfone na sala receptora.

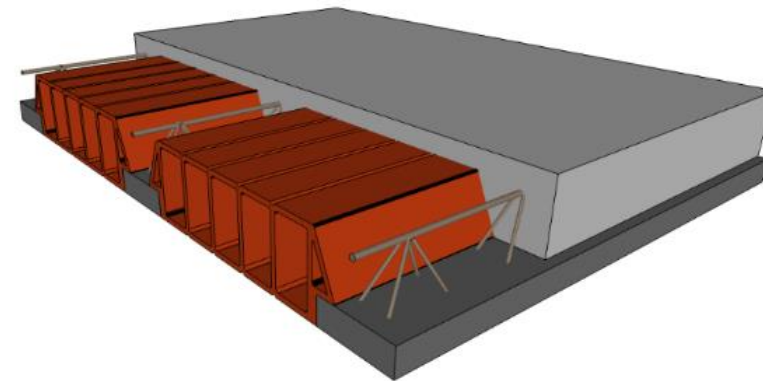
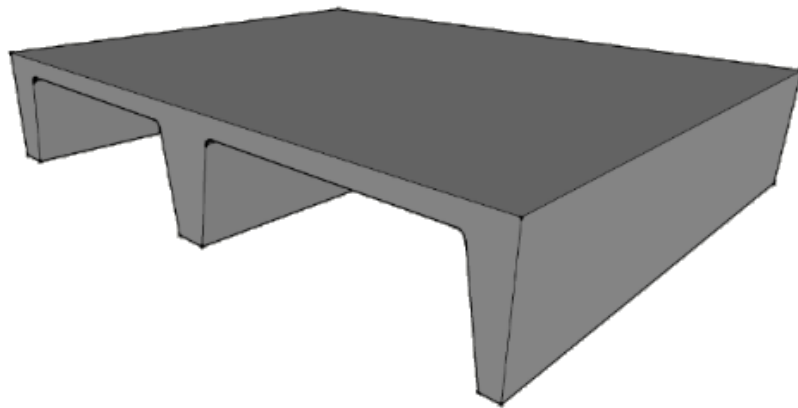


SOM DE IMPACTO EM LABORATÓRIO ISO 10140-3



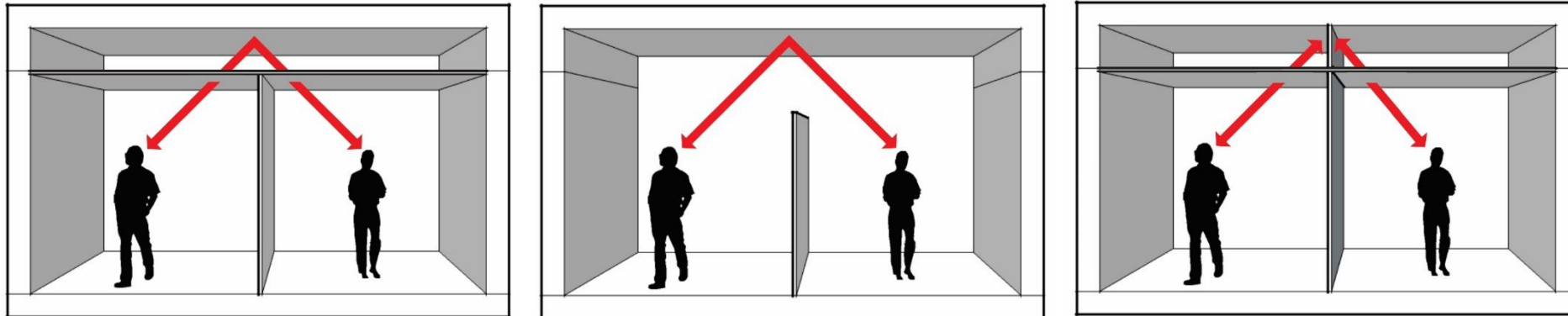
SOM DE IMPACTO EM CAMPO ISO 16283-2

- ▶ Mesmos procedimentos que em laboratório
- ▶ Necessários alguns cuidados em relação ao ambiente de ensaio:
 - ▶ Evitar o posicionamento da máquina de impacto sobre dutos e caixas embutidas de instalações elétricas.
 - ▶ Evitar o mesmo alinhamento de vigas ou outros elementos contínuos na estrutura da laje.

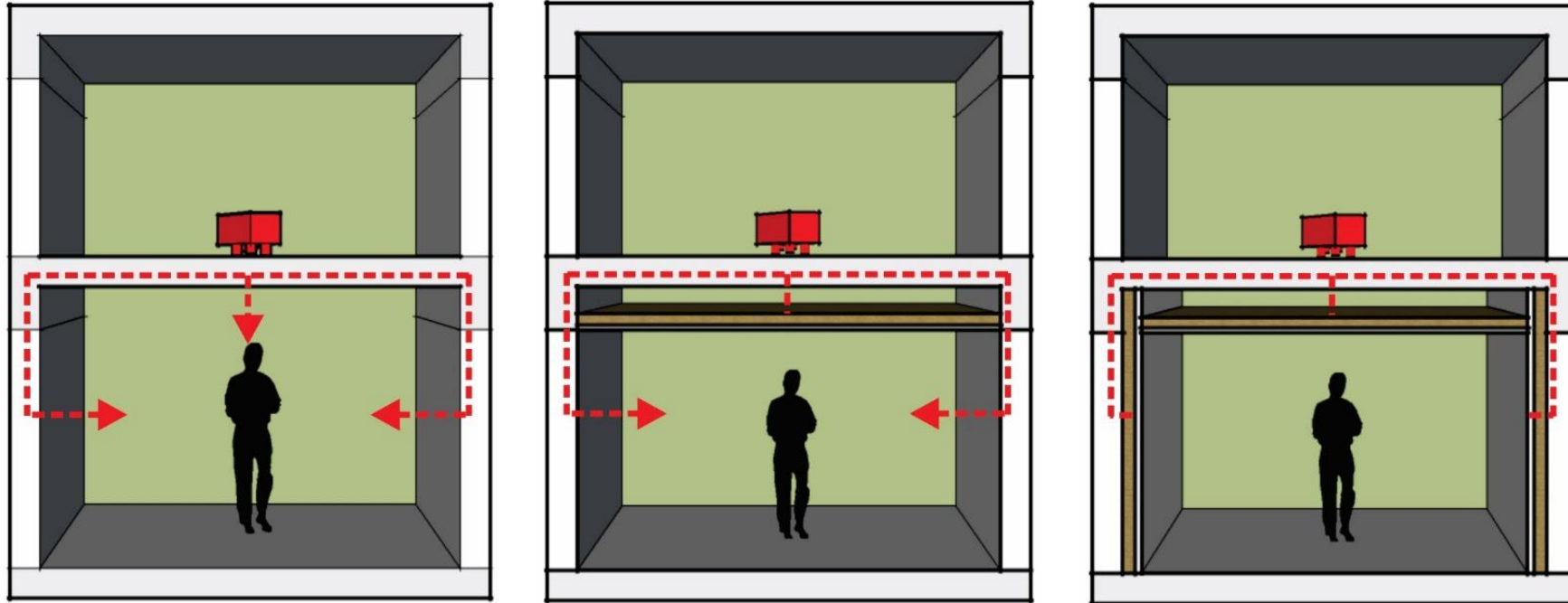


ISOLAMENTO ACÚSTICO X PROBLEMAS CONSTRUTIVOS

PROBLEMAS CONSTRUTIVOS X ISOLAMENTO ACÚSTICO



PROBLEMAS CONSTRUTIVOS X ISOLAMENTO ACÚSTICO



PROBLEMAS CONSTRUTIVOS X ISOLAMENTO ACÚSTICO



PROBLEMAS CONSTRUTIVOS X ISOLAMENTO ACÚSTICO



PROBLEMAS CONSTRUTIVOS X ISOLAMENTO ACÚSTICO



PROBLEMAS CONSTRUTIVOS X ISOLAMENTO ACÚSTICO



Vão entre a laje e a fachada

Caixilho de alumínio



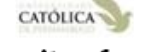


Fundada em 1969 | São Leopoldo/Porto Alegre, Rio Grande do Sul | www.unisinos.br





USP



FACULTÉS UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX



Elisabeth University of Music





CHIP

Instituto Tecnológico
de Semicondutores

Instituto Tecnológico em
Semicondutores



FOSSIL

Instituto Tecnológico
de Micropaleontologia

Instituto Tecnológico em
Micropaleontologia



FUSE

Instituto Tecnológico em
Ensaios e Segurança Funcional

Instituto Tecnológico em Ensaios e
Segurança Funcional



NUTRIFOR

Instituto Tecnológico em Alimentos para a Saúde

Instituto Tecnológico em Alimentos
para Saúde



PERFORMANCE

Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil

Instituto Tecnológico em
Desempenho e Construção Civil



PERFORMANCE

Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil



Institutos
Tecnológicos
UNISINOS

UNISINOS

itt Performance – Instituto tecnológico em desempenho e construção civil

Único no seu segmento na região Sul do Brasil, o Instituto tecnológico em desempenho e construção civil está altamente preparado para avaliar e desenvolver sistemas construtivos, promovendo certificação dos produtos da cadeia da construção civil.



itt Performance – Instituto tecnológico em desempenho e construção civil

Acreditações e confiabilidade



Rede Metrológica

C2C Institute

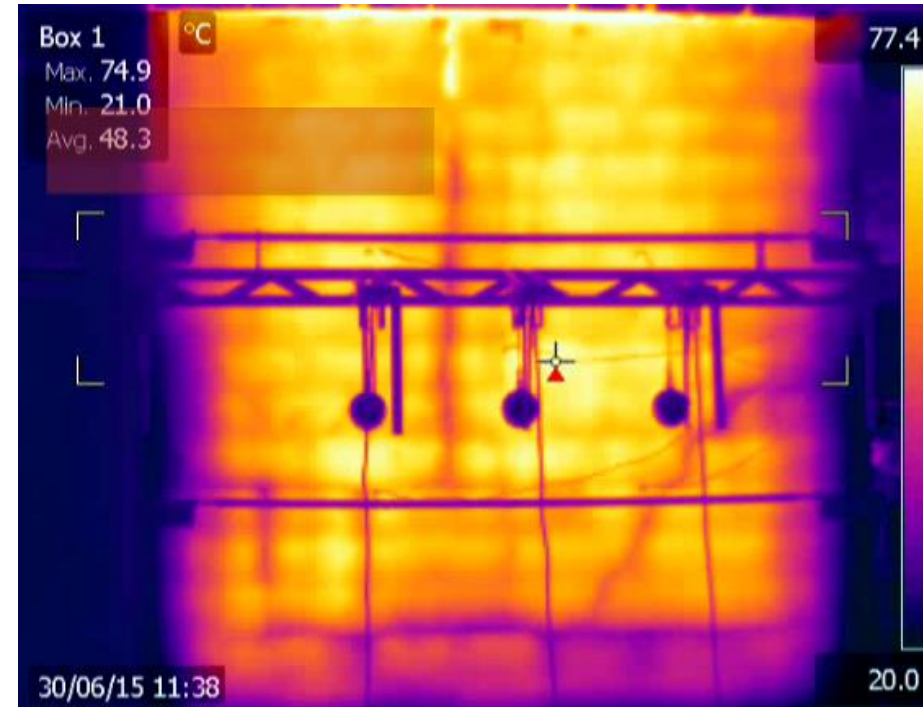
Ministério das cidades

Programa Brasileiro de Qualidade e produtividade do Habitat

Resistência mecânica



Segurança contra incêndio

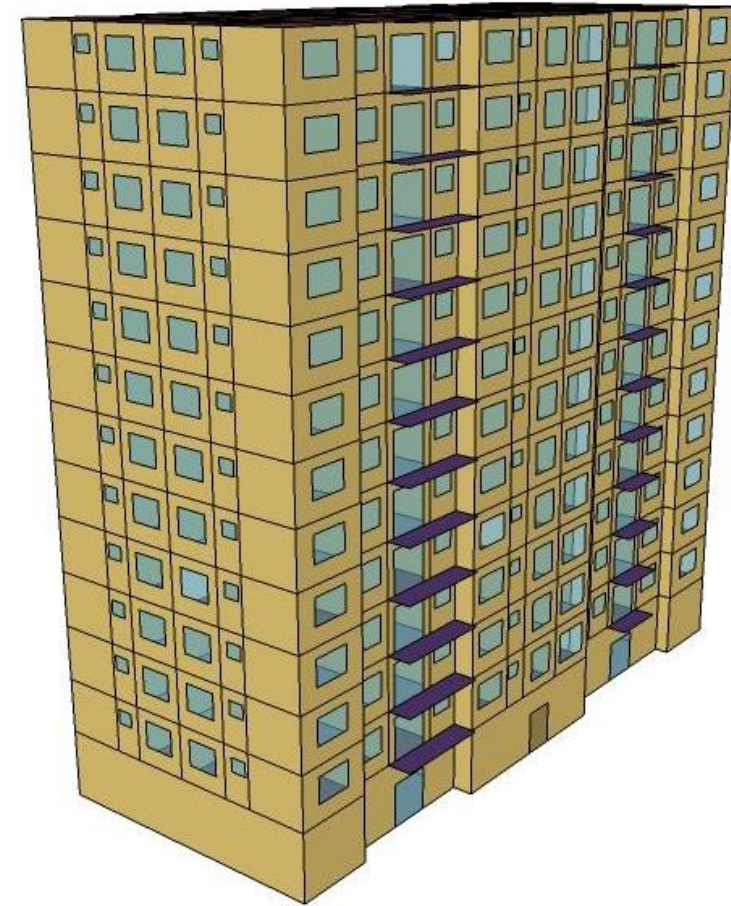
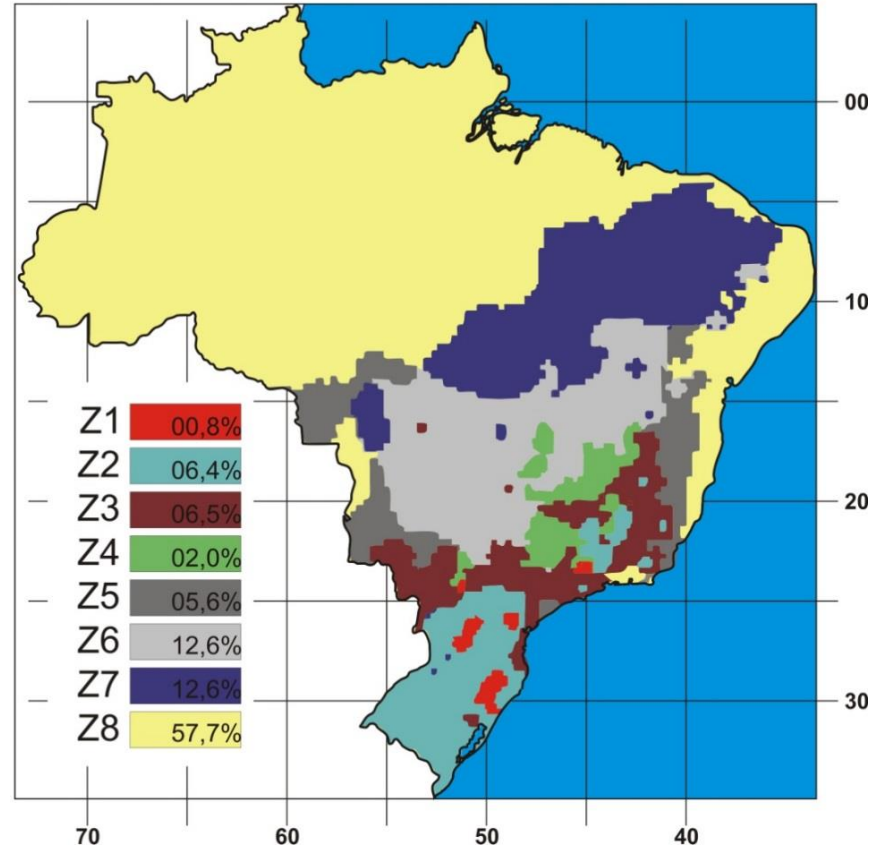


Estanqueidade à água



Desempenho térmico

ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO



Desempenho acústico



Obrigada!

Prof^a. Dr^a. Maria Fernanda de Oliveira Nunes

Coord. do Mestrado Profissional em Arquitetura e Urbanismo Unisinos

Coord. da Regional RS da SOBRAC

Pesquisadora – itt Performance Unisinos

mariaon@unisinos.br