

AUT0286 - Conforto Ambiental 3: Termoacústica



## Transmissão Sonora por Impacto e Acústica de Edificações

1

### Transmissão de ruído de impacto entre ambientes



2

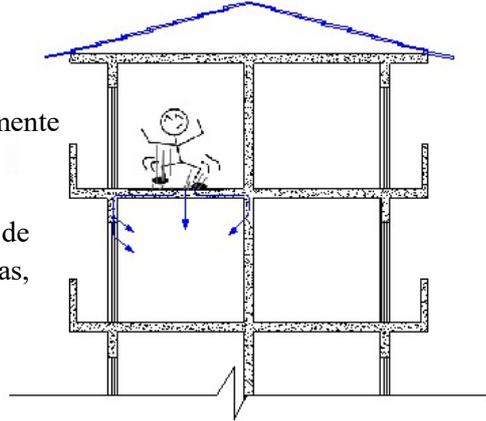
## Transmissão de ruído de impacto entre ambientes



- A transmissão do ruído de impacto resulta de solicitações aplicadas diretamente nos elementos de construção.

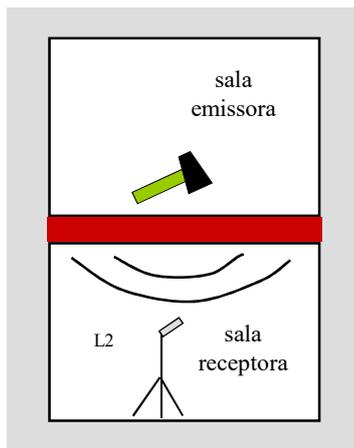
- Transmissão ocorre predominantemente por via sólida, através da estrutura.

- Exemplos: impacto de queda de objetos, passos, pulo de crianças, maquinário, chuva, etc.



3

## Avaliação do isolamento sonoro de impacto



- **Como medir o isolamento sonoro de impacto?**

- O isolamento sonoro de impacto é quantificado com base num nível de pressão sonora gerado por uma fonte sonora de impacto padronizada localizada na sala emissora, medido na sala receptora.

4

• **Como medir o isolamento sonoro de impacto?**

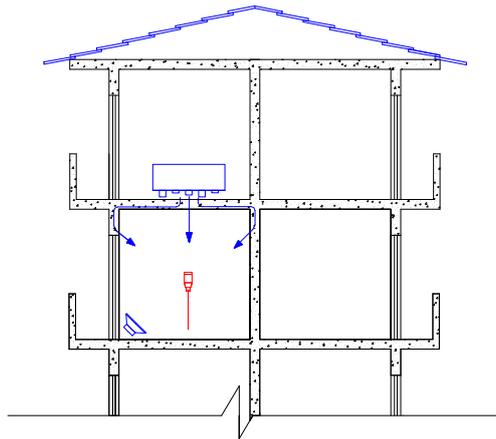
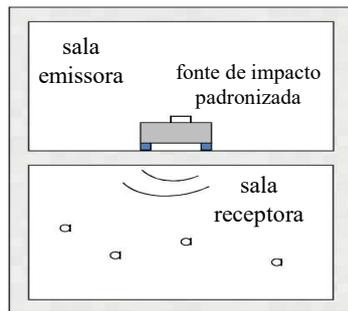
- Através de ensaio normalizado internacionalmente por norma ISO.

ISO 10140-3 (laboratório)

ISO 16283-2 (campo)

- As medições podem ser realizadas:

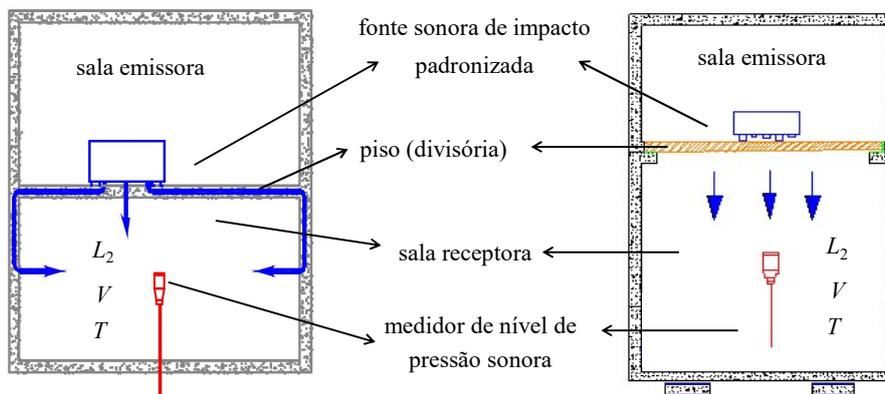
- Em campo (*in situ*).
- Em laboratório (câmaras reverberantes adjacentes).



Fonte: NETO, 2008

5

• **Como medir o isolamento sonoro de impacto?**



Fonte: NETO, 2008

6

- **Nível de pressão sonora de impacto padronizado,  $L_{nT}$  [dB]:**

$$L_{nT} = L_2 - 10 \log \frac{T}{T_0}$$

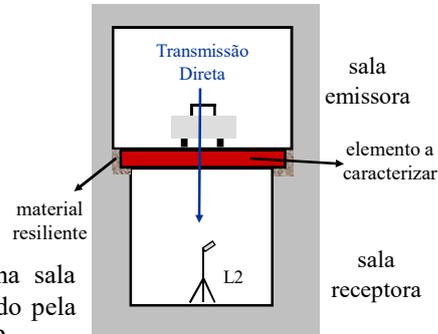
$L_2$  → nível de pressão sonora médio na sala receptora quando o piso sob teste é excitado pela fonte sonora de impacto padronizada, em dB.

$T$  → tempo de reverberação da sala receptora, em s.

$T_0$  → tempo de reverberação de referência ( $T_0 = 0,5$  s).

Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado  $L_{nT,w}$  [dB]: Número único (ponderado).

Obtido de acordo com a norma internacional ISO 717-2, fazendo um ajuste gráfico (usando a curva de referência da norma).



7

- **Como medir o isolamento sonoro de impacto?**

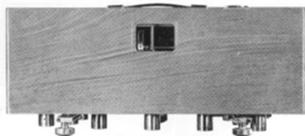
- Instrumentação:

- Medidor de nível de pressão sonora (medições em bandas de terço de oitava: 100 Hz a 3150 Hz)



- Fonte sonora de impacto padronizada:

Máquina de impactos, máquina de sapatear (*tapping machine*)



- Para medir o tempo de reverberação da sala receptora:

Fonte sonora específica e medidor de nível de pressão sonora.

8

- **Como medir o isolamento sonoro de impacto?**

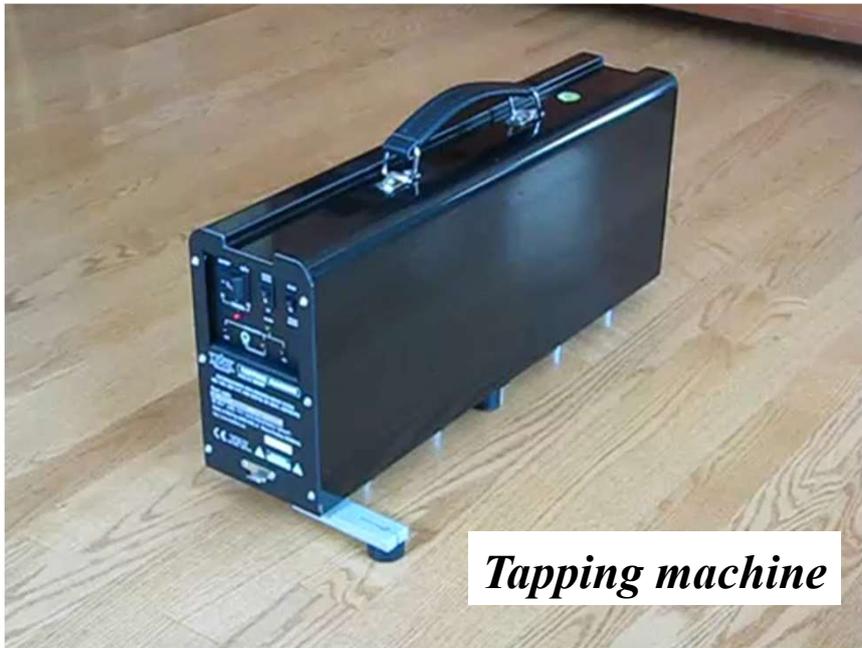
- Fonte sonora de impacto padronizada:

Máquina de sapatear (*tapping machine*)



9

- Fonte sonora de impacto padronizada: **Máquina de sapatear**

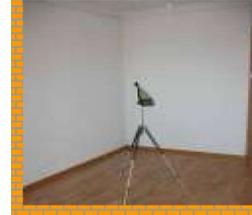


10

- **Como medir o isolamento sonoro de impacto?**

- Na sala emissora, é gerado um campo sonoro com a máquina de sapatear.
- Na sala receptora, com a máquina ligada, é medido o nível de pressão sonora médio.
- O tempo de reverberação da sala receptora é medido.
- Cálculo do parâmetro  $L_{nT}$  em função da frequência.
- Cálculo do valor ponderado do parâmetro:  $L_{nT,w}$

sala emissora



sala receptora

11

- **Como são apresentados os resultados das medições?**

- Tabela
- Gráfico
- $L_{nT,w}$



12

- Como são apresentados os resultados das medições?

- Nível de pressão sonora de impacto padronizado:



- Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado

$$L_{nT,w} = 51 \text{ dB}$$

Número único obtido de acordo com o procedimento descrito na ISO 717-2.

13

- Como é feita a ponderação?

- Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado

$$L_{nT,w} = ???$$

Curva de referência (ISO 717-2):

Frequência, Hz	Valores para Curva de Referência	
	1/3 Oitava	1/1 Oitava
100	62	
125	62	67
160	62	
200	62	
250	62	67
315	62	
400	61	
500	60	65
630	59	
800	58	
1000	57	62
1250	54	
1600	51	
2000	48	49
2500	45	
3150	42	***

14

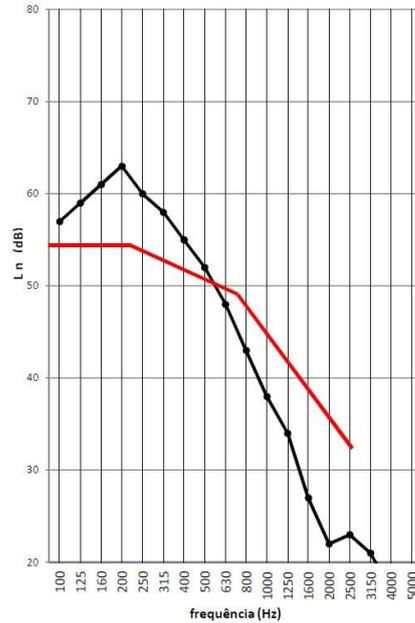
• Como é feita a ponderação?

- **Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado**

$$L_{nT,w} = ???$$

Curva de referência (ISO 717-2):

- É deslocada na vertical em passos de 1 em 1 dB,
- Até que a soma das diferenças dos valores medidos para os valores da curva de referência seja a maior possível, mas não superior a 32 dB.
- $L_{nT,w}$  = valor lido em 500 Hz da curva de referência deslocada.



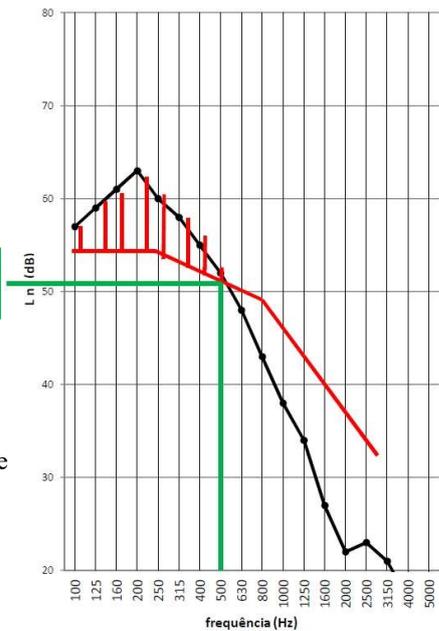
15

• Como é feita a ponderação?

- **Nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado**

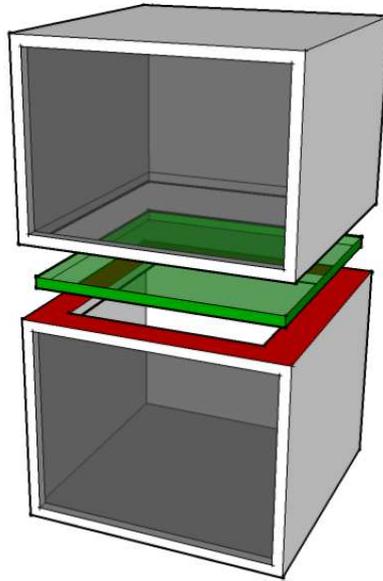
$$L_{nT,w} = 51 \text{ dB}$$

- $L_{nT,w}$  = valor lido em 500 Hz da curva de referência deslocada



16

## Ensaio em laboratório



17

## Ensaio em laboratório

### Itt Performance

(Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil)  
São Leopoldo - RS



18

## Ensaio em laboratório

**Itt Performance**  
(Instituto Tecnológico em  
Desempenho e Construção Civil)  
São Leopoldo - RS



19

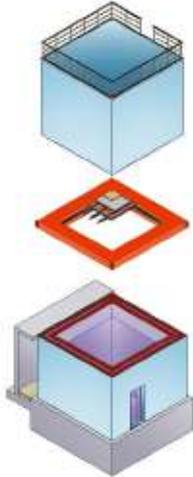
## Ensaio em laboratório



20

## Ensaio em laboratório

ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (Coimbra)



Fonte: TADEU et al., 2008

21

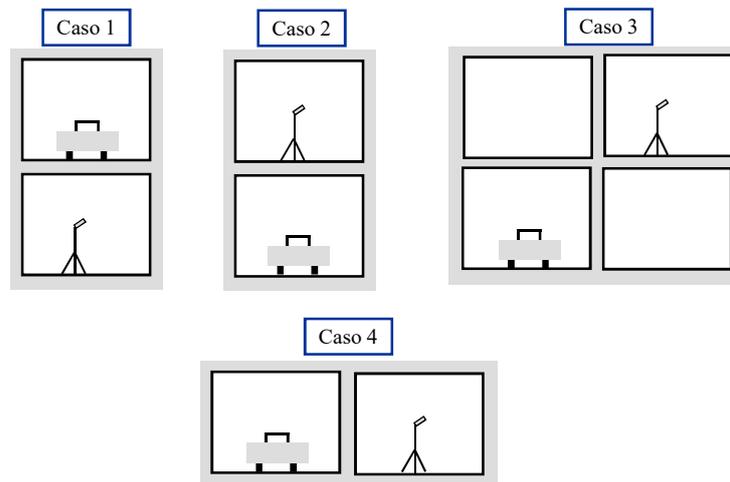
## Ensaio em campo



22

## Ensaio em campo

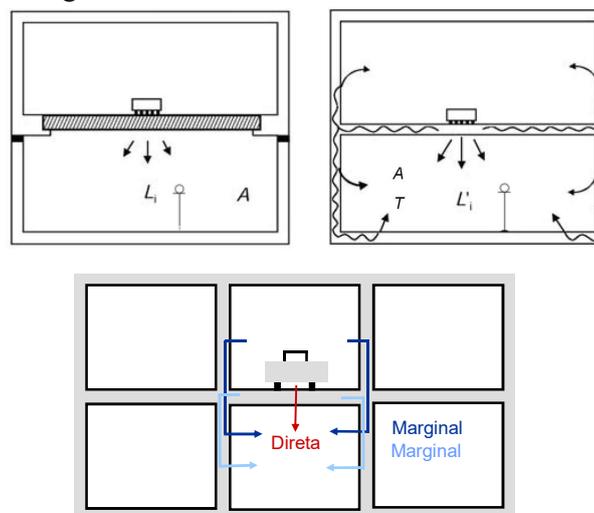
Medições em campo:



23

## Ensaio em laboratório x Ensaio em campo

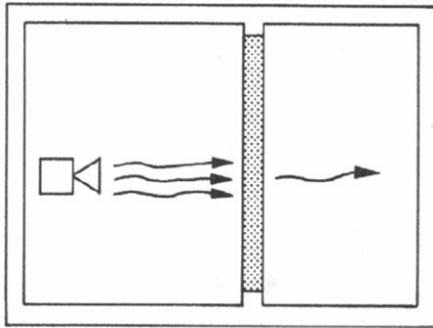
- As medições realizadas em laboratório não contêm a influência das transmissões marginais.



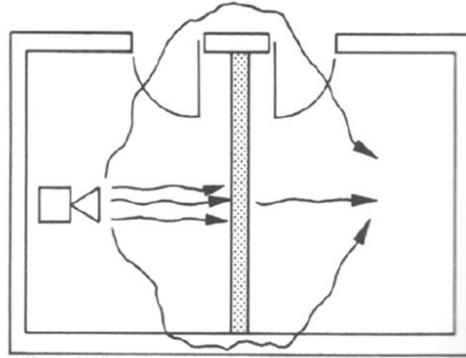
25

## Ensaio em laboratório x Ensaio em campo

Laboratório



Campo



O isolamento obtido em campo tende a ser mais baixo que o obtido em laboratório (devido às transmissões marginais presentes em campo).

26

## Ensaio em laboratório x Ensaio em campo



- Local do ensaio em campo: a própria edificação.
- Ambiente com condições de teste **não** controladas.

27

## Exemplos típicos de pisos:

### Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado



Pré moldado em lajota cerâmica

$L'_{nT,w} = 87\text{dB}$



Laje Zero de concreto (Maciça 10cm sem contrapiso)

$L'_{nT,w} = 84\text{dB}$



Laje maciça esp.=12cm e contrapiso esp.=3cm

$L'_{nT,w} = 80\text{dB}$



Contrapiso flutuante sobre laje de concreto maciço

$L'_{nT,w} = 60\text{dB}$

28

## Exemplos típicos de pisos sem isolante:

Valores de  $L'_{nT,w}$  medidos

### Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado

Configuração	Laje [mm]	Total [mm]	$L'_{nT,w}$ [dB]
Laje "zero"	100	100	81
Laje "zero"	120	120	80
Laje "zero"	200	200	72
Laje (100) + Contrapiso (40)	100	140	81
Laje (100) + Contrapiso (50)	100	150	71

Fonte: Barry, 2005

29

## Percepção de Ruído de Impacto

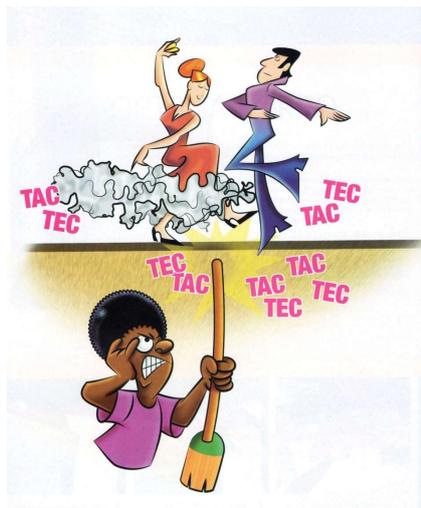
Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado

Percepção de andar em superfície dura	$L_{nT,w}$
Andar normal claramente audível	65
Andar normal audível	60
Andar normal audível, mas aceitável	55
Andar normal ouvido com um “toque surdo” de baixa frequência	48
Andar pesado eventualmente ouvido com um “toque surdo” de baixa frequência	40

Fonte: Adaptado do Australian Building Codes Board

30

## Soluções – Desempenho acústico de pisos



Como melhorar?

1. Intervenção no ambiente receptor?
2. Intervenção no piso do ambiente emissor?

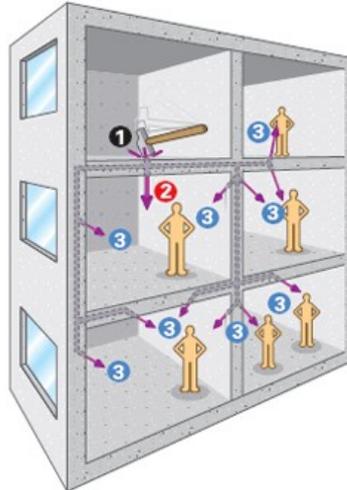
Se possível nos dois!

Fonte: Catálogo Isover s.d.

31

## Soluções – Desempenho acústico de pisos

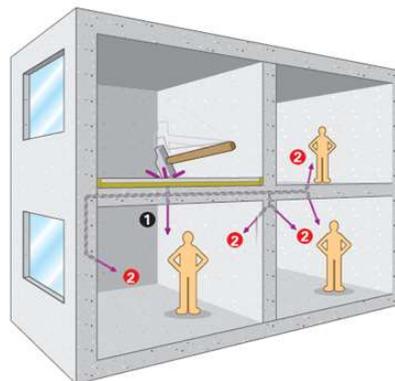
- Nenhuma intervenção (piso sem isolante):



32

## Soluções – Desempenho acústico de pisos

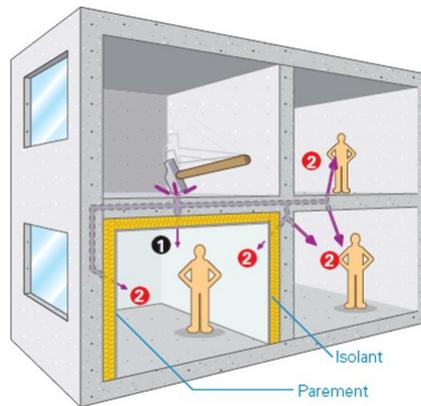
- Intervenção no piso que recebe o impacto



33

## Soluções – Desempenho acústico de pisos

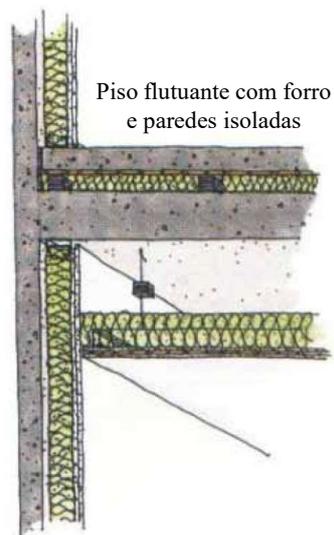
- Intervenção no ambiente inferior:  
Efeito da colocação de um forro isolante no ambiente do piso inferior.



34

## Soluções – Desempenho acústico de pisos

- Intervenção nos dois ambientes



35

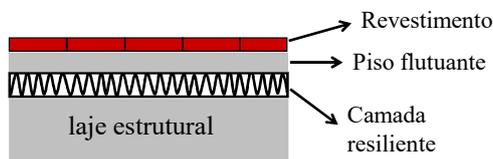
## Soluções de isolamento sonoro de impacto

- Para melhorar o desempenho acústico de pisos, deve-se evitar ou diminuir a propagação sonora nas edificações.

- Agir sobre o meio de propagação.

- **Piso flutuante** - metodologia geral:

- pavimento de suporte sobre o qual assenta uma camada de material resiliente que amortece as vibrações da camada de revestimento do piso.

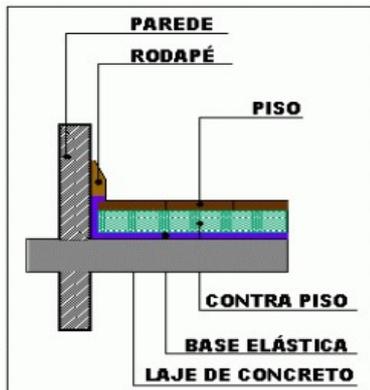


36

## Soluções – Piso flutuante

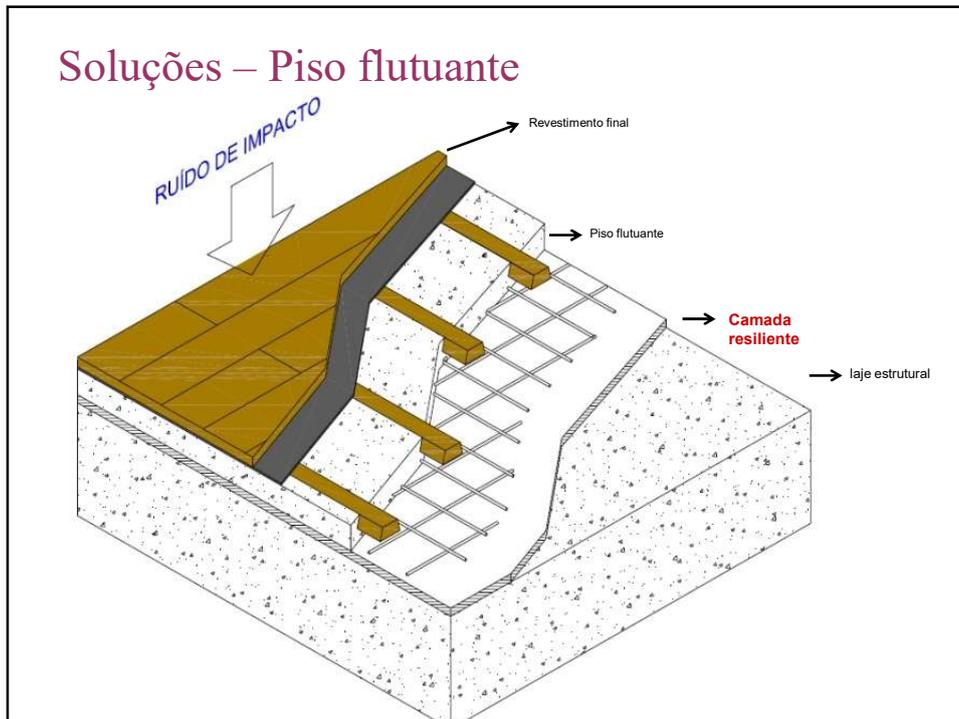
- Redução do ruído de impacto nos pavimentos com aplicação de piso flutuante:
  - Evitar ou diminuir a propagação de sons de impacto.

➔ **Características do revestimento final:** - Pode ser qualquer um (madeira, cortiça, linóleo, vinílico, etc.)



37

## Soluções – Piso flutuante



38

## Soluções – Piso flutuante

### Tipos de camada resiliente:

- Borrachas

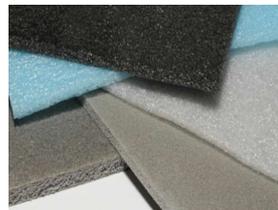


- Lã de rocha

- Lã de vidro



- Aglomerados de cortiça



- Polietilenos

39

## Soluções – Piso flutuante



40

## Soluções – Piso flutuante



Piso flutuante com lã de vidro durante instalação.

41

## Soluções – Piso flutuante

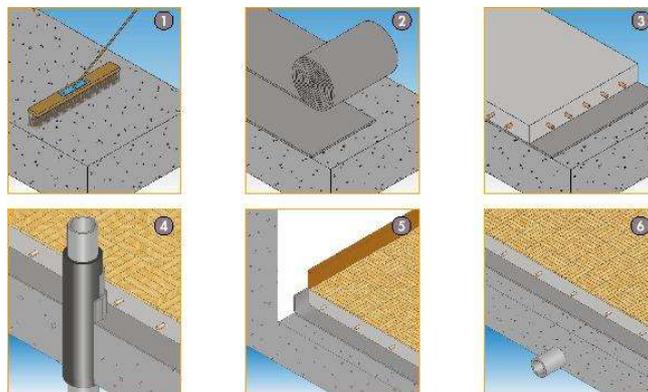
Material da camada resiliente	Espessura (cm)	Diminuição do ruído de impacto (dB)		
		graves	médios	agudos
Lã de rocha	0,9	7	26	39
	2,0	12	26	37
Lã de vidro	0,25	4	16	31
	1,3	9	34	47
Borracha	0,4	3	7	22
	1,2	6	23	44

42

## Soluções – Piso flutuante

### Aspectos construtivos:

- Deve-se tomar cuidado para que o contato entre as superfícies seja feito somente através do material resiliente, evitando as chamadas pontes acústicas.



43

## Exemplos de pisos flutuantes:

Valores de  $L'_{nT,w}$  medidos

Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado

- Redução do ruído de impacto com aplicação de piso flutuante:
- Exemplos:

Configuração	Laje [mm]	Total [mm]	$L'_{nT,w}$ [dB]
Laje + manta + piso de madeira	150	200	54
Laje + tratamento acústico + contrapiso	120	185	51
Laje + contrapiso + piso de madeira + tapete	160	215	45

Fonte: Barry, 2005

44

## Soluções – Forro suspenso isolante

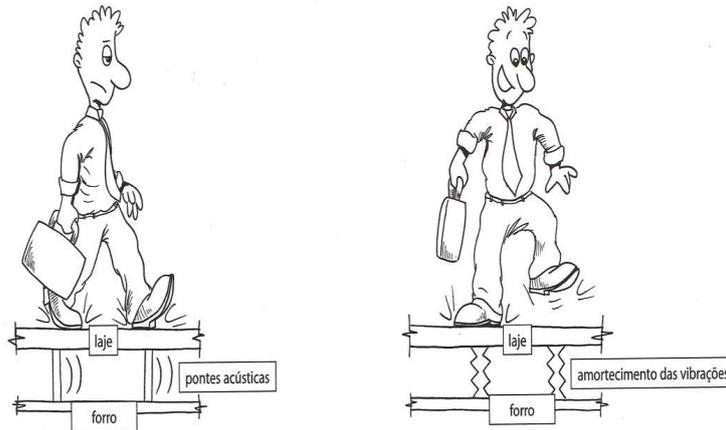
- Um forro suspenso pode aumentar o isolamento de um piso em relação aos ruídos aéreos, porém, geralmente, não acrescenta isolamento aos ruídos de impacto.



47

## Soluções – Forro suspenso isolante

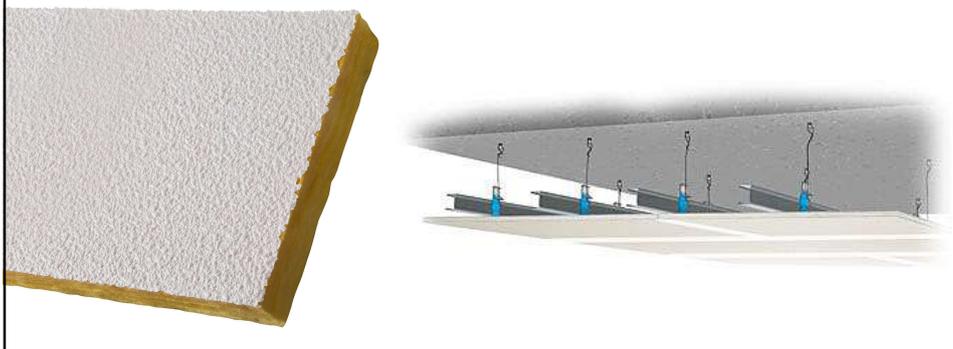
- Para se obter isolamento de ruídos de impacto, o forro isolante deve ser completamente fechado e suspenso da laje com isoladores de vibração.



48

## Soluções – Forro suspenso isolante

- Deve-se tomar cuidado para que os pontos de contato e suportes dos forros sejam somente através do material resiliente, ou seja, independentes da estrutura, evitando as chamadas pontes acústicas.
- Quanto menor o número de pontos de contato, maior o isolamento.
- O isolamento pode ser maior caso o espaçamento entre o forro e a laje seja preenchido com material de absorção sonora.



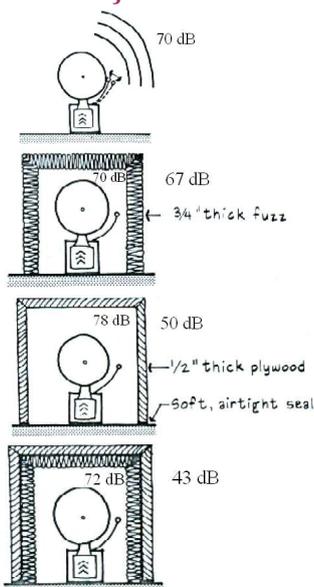
49

## Soluções – Enclausuramento:

- Pode ser necessário isolar o ambiente emissor contra transmissões aéreas e por impacto.
- O ambiente de enclausuramento deve ter:
  - Revestimento absorvente (diminuir o ruído interno);
  - Partições isolantes (isolar transmissão aérea);
  - Piso flutuante (isolar a transmissão por impacto e vibrações).

50

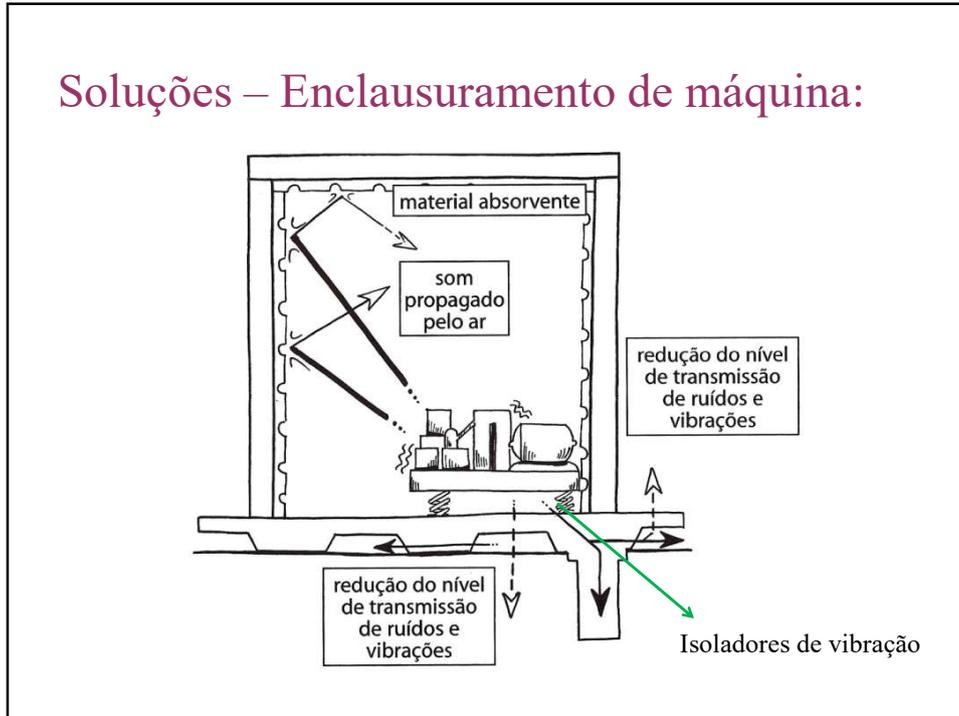
## Soluções – Enclausuramento:



- Equipamento sem proteção
- Equipamento com proteção absorvente (diminuir o ruído externo)
- Equipamento com proteção isolante (isolar transmissão aérea)
- Equipamento enclausurado (combinação dos dois casos anteriores) – melhor solução acústica

51

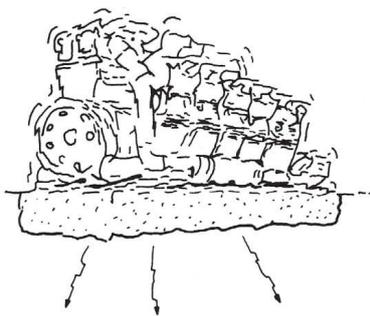
## Soluções – Enclausuramento de máquina:



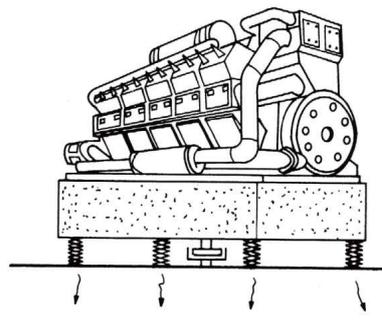
52

## Soluções – Enclausuramento de máquina:

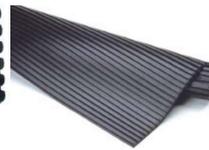
Máquinas montadas sem e com isoladores.



Máquina fixa rigidamente na base.



Máquina montada sobre isoladores.



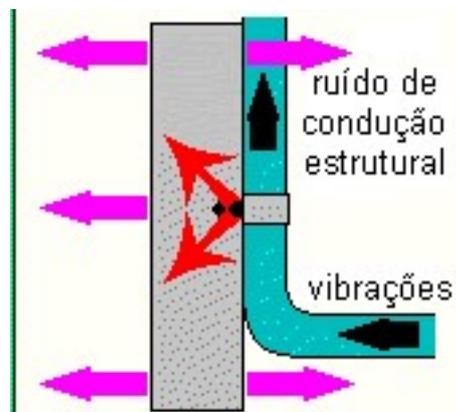
53

- **E tubulações e dutos?**

54

### Isolamento de ruído de tubulações e dutos

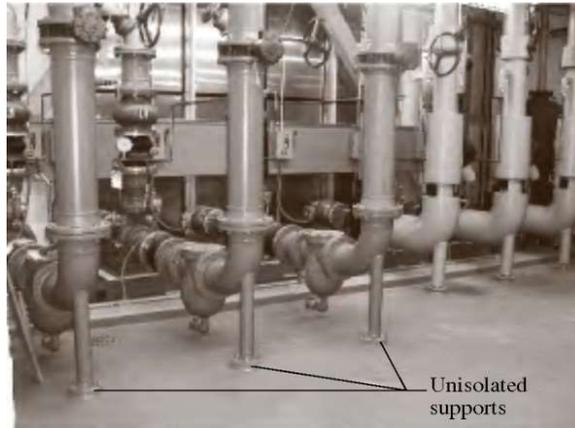
- Ruídos que resultam do escoamento turbulento.
- Vibrações são transmitidas através do suporte de tubos e dos atravessamentos dos elementos construtivos.



55

## Isolamento de ruído de tubulações e dutos

Tubulação rigidamente presa ao piso. → Essa forma inadequada de montagem permite que as vibrações sejam transmitidas para a estrutura da edificação por onde se propagarão.

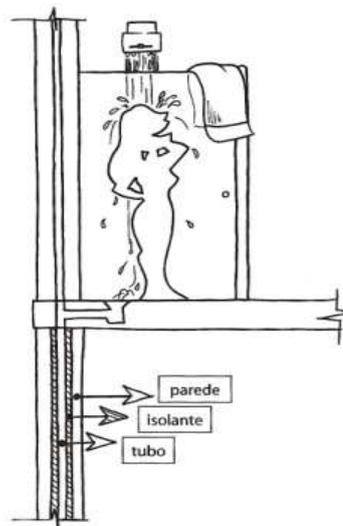


56

## Isolamento de ruído de tubulações e dutos

### Soluções

- Tubos no interior de paredes leves devem ser revestidos com material isolante.
- Tubos de queda de águas devem ser mais espessos e mais flexíveis e também receber revestimento de material isolante.



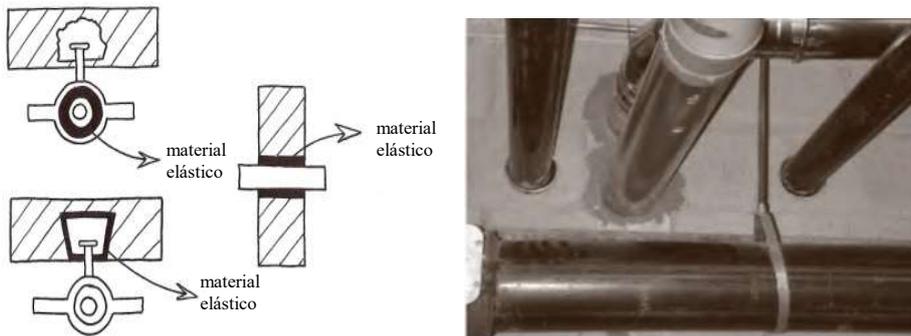
isolamento em tubulações de banheiros

57

## Isolamento de ruído de tubulações e dutos

### Soluções

- Para amortecimento de tubulações, pode-se colocar materiais elásticos:
  - entre braçadeiras e tubos,
  - entre os maciços ou peças de ancoragem e a estrutura em que se apoiam,
  - entre os tubos e os elementos atravessados.



58

## Isolamento de ruído de tubulações e dutos

### Soluções

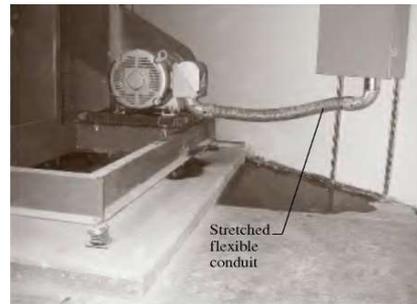
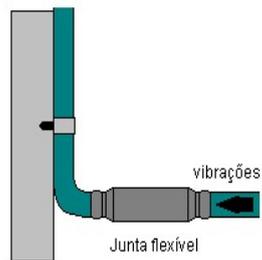


59

## Isolamento de ruído de tubulações e dutos

### Soluções

- Uso de junta flexível para evitar a propagação de vibrações para as paredes da estrutura. Na última extensão de ligação das tubulações aos equipamentos, tubos flexíveis ou elásticos devem ser usados, de forma a minimizar a oclusão rápida.



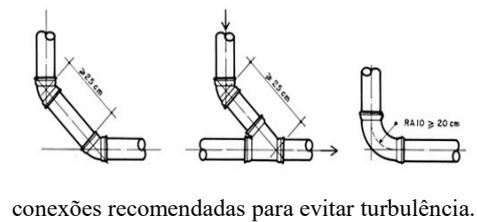
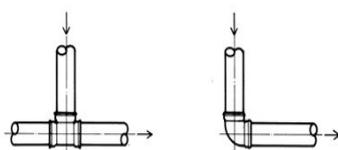
60

## Isolamento de ruído de tubulações e dutos

### Soluções

- No traçado das canalizações, curvas mais suaves ao invés de ângulos retos no desvio das tubulações e transições e diâmetros progressivos podem colaborar para atenuar a turbulência e conseqüentemente vibrações e ruídos gerados.

- Recomenda-se substituir acessórios como Tês por **derivações a 45°** e joelhos por **curvas**.



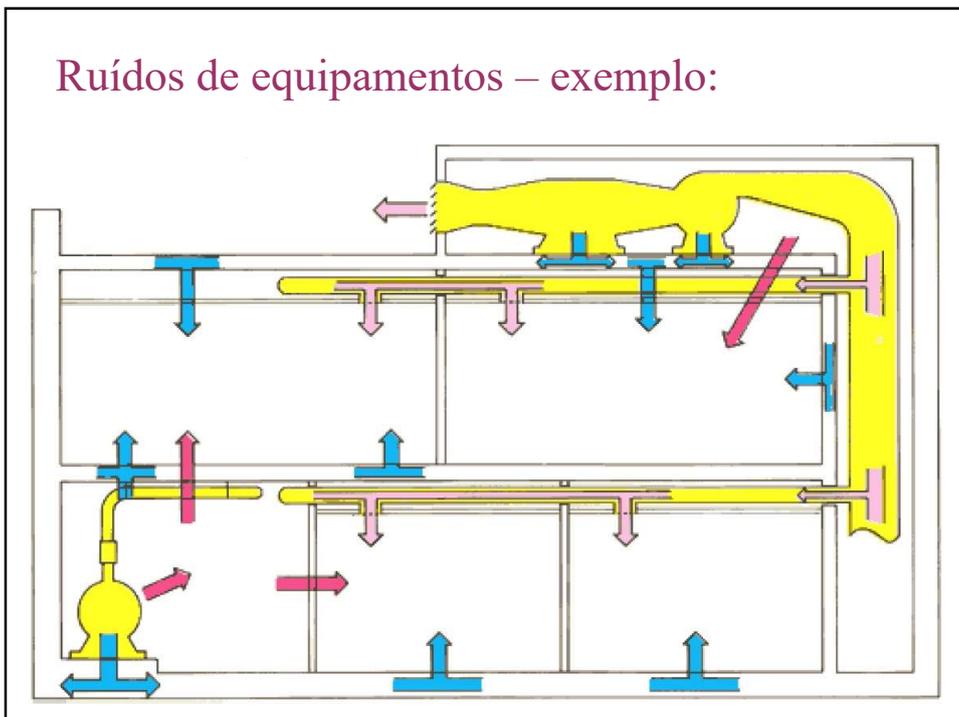
61

## Ruído de tubulações de banheiro e tubulação hidráulica



63

## Ruídos de equipamentos – exemplo:

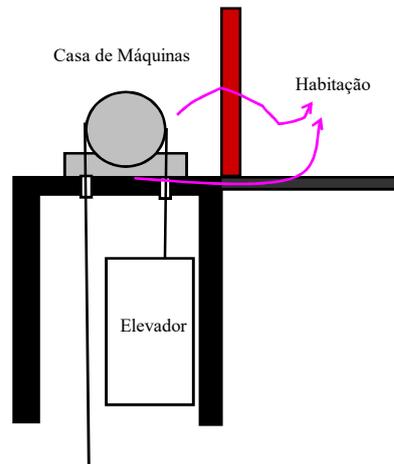


64

## Ruídos de equipamentos – exemplo:

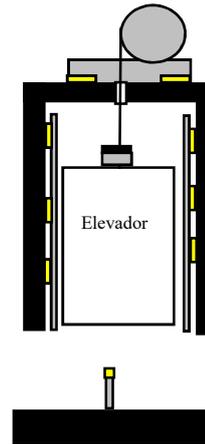
### - Controle do ruído aéreo:

- Atenuar o nível sonoro no espaço emissor.
- Aumentar o isolamento do elemento de separação.

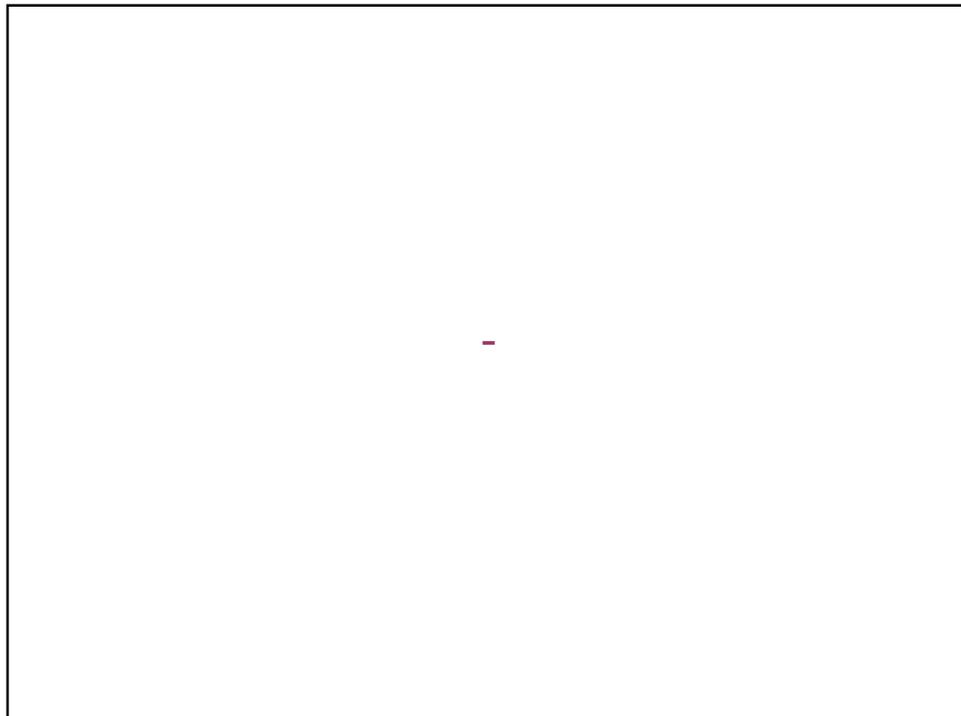


### - Controle do ruído por transmissão estrutural:

- Apoios anti-vibratórios
- Aplicação de sistema flutuante



65

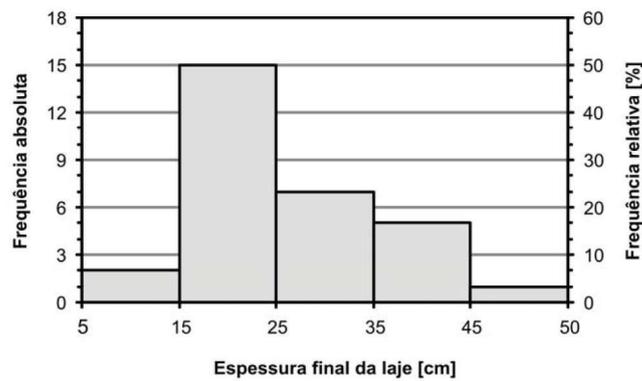


66

## Estudo sobre pisos residenciais: Qualidade atual do isolamento sonoro de impacto de pisos residenciais

- Histograma: **Espessuras**

Entre 15 e 25 cm de espessura

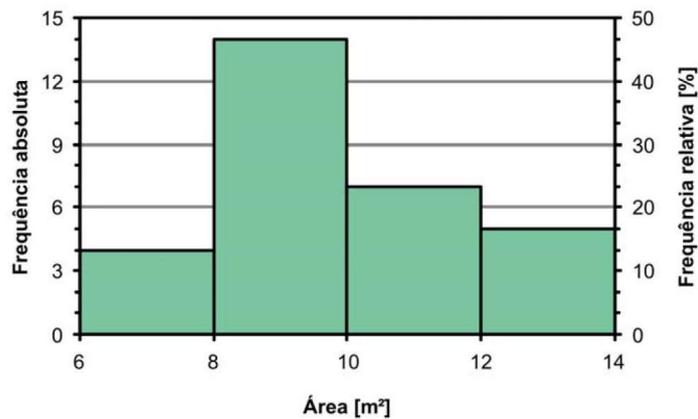


67

## Estudo sobre pisos residenciais

- Histograma: **Área de quartos [m<sup>2</sup>]**

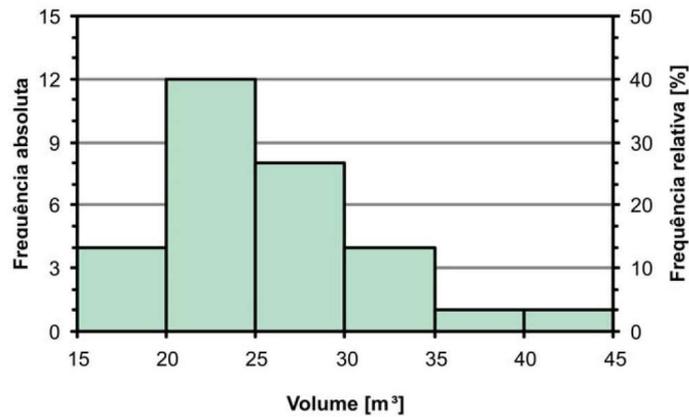
Entre 8 e 10 m<sup>2</sup> de área



68

## Estudo sobre pisos residenciais

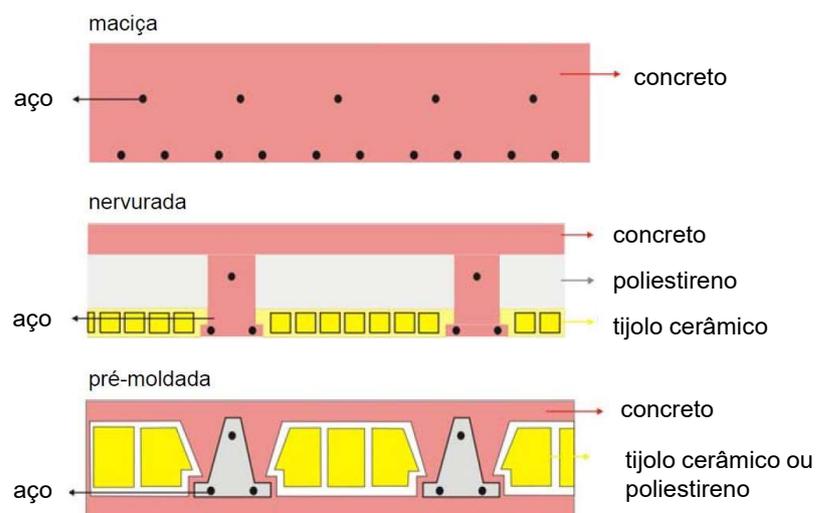
- Histograma: **Volume de quartos [m<sup>3</sup>]** Entre 20 e 25 m<sup>3</sup> de volume



69

## Estudo sobre pisos residenciais

- Tipos de lajes comuns



70

## Estudo sobre pisos residenciais

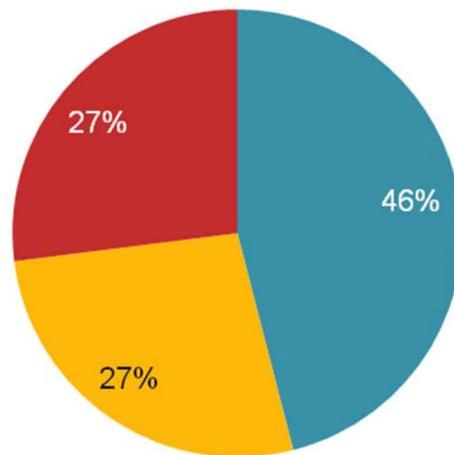
- Tipos de lajes comuns



71

## Estudo sobre pisos residenciais

- Tipos de lajes comuns

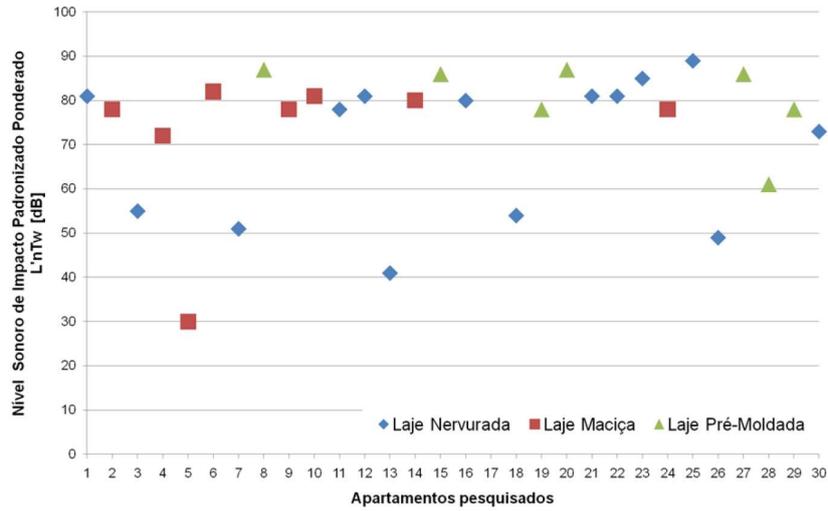


■ Laje Nervurada ■ Laje Maciça ■ Laje Pré-Moldada

72

## Estudo sobre pisos residenciais

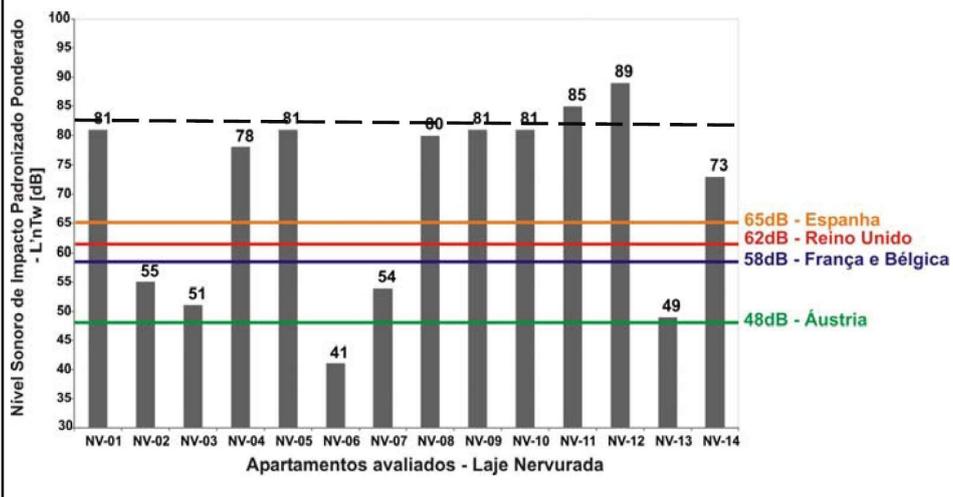
### • Resultados



73

## Estudo sobre pisos residenciais

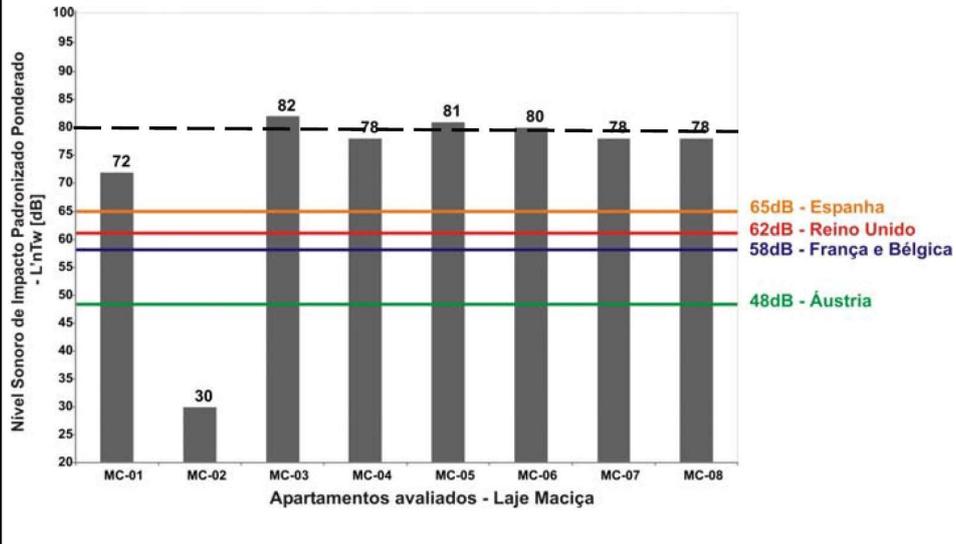
### • Laje nervurada



74

## Estudo sobre pisos residenciais

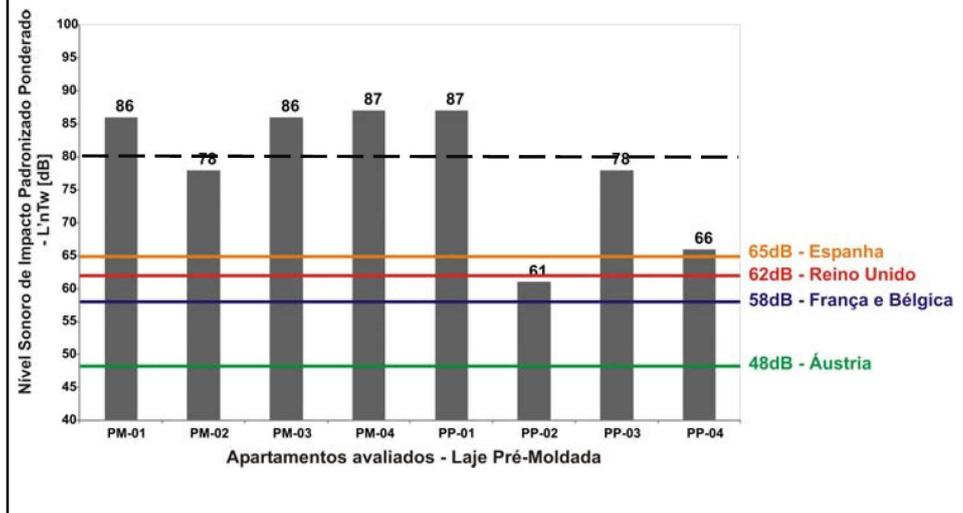
- Laje maciça



75

## Estudo sobre pisos residenciais

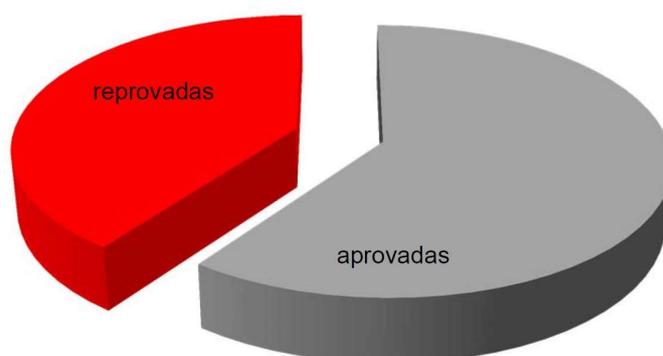
- Laje pré moldada



76

## Estudo sobre pisos residenciais

- Ranking



77



78

AUT0286 - Conforto Ambiental 3: Termoacústica



## Acústica de Edificações Critérios Nacionais

80

Construção Civil Brasileira

**ABNT NBR 15575: 2013**

**Edificações habitacionais – Desempenho**



81

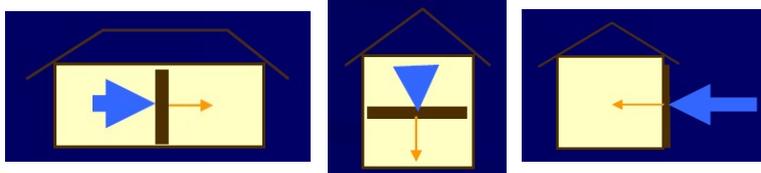
## ABNT NBR 15575: 2013 Edificações habitacionais – Desempenho

**6 partes: sistemas estruturais, pisos, vedações verticais internas e externas, coberturas e sistemas hidrossanitários**



**Desempenho acústico:  
Valores mínimos, intermediários e superiores**

**Isolamento de ruído aéreo e de impacto (entre ambientes, coberturas e fachadas)**



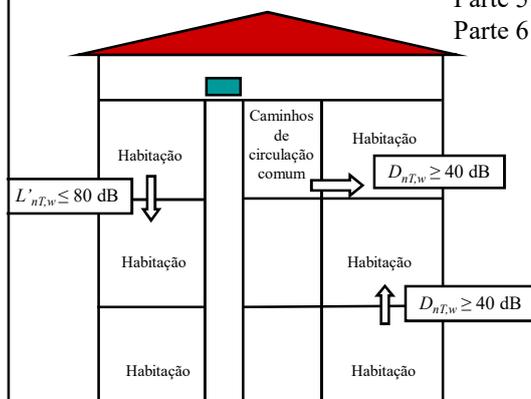
**Início dos trabalhos em 2000.  
Primeira versão da norma publicada em 2008  
Nova revisão publicada em fevereiro de 2013.  
Entrou em vigor dia 19 de julho de 2013.  
Entrando em processo de revisão em 2018.**

82

## Critérios Nacionais

ABNT NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho

- Parte 1: Requisitos Gerais
- Parte 3: Pisos
- Parte 4: Vedações verticais internas e externas
- Parte 5: Coberturas
- Parte 6 : Sistemas hidrossanitários



84

## Critérios Nacionais

### Limites de ruído em dormitórios para instalações e equipamentos prediais e sistemas hidrossanitários

Parte 1: Requisitos Gerais

Parte 6 : Sistemas hidrossanitários



85

### Limites de ruído em dormitórios para instalações e equipamentos prediais e sistemas hidrossanitários

#### Abrange

Equipamentos, instalações e sistemas de **uso coletivo** acionados por terceiros que não o próprio usuário da unidade habitacional a ser avaliada:

- Elevadores
- Descargas hidráulicas/tubulações
- Esgotos
- Bombas
- Exaustores
- Ventiladores

#### Não abrange

Equipamentos, instalações e sistemas individuais cujo acionamento aconteça por ação do próprio usuário:

- Caixa d'água em habitações unifamiliares
- Triturador de alimentos em cozinha
- Geradores de emergência
- Sirenes

86

## Limites de ruído em dormitórios para instalações e equipamentos prediais e sistemas hidrossanitários

Requisitos informativos (não obrigatórios)

Descrição	Parâmetro	dB	Nível de desempenho
Nível de pressão sonora equivalente padronizado	$L_{Aeq,nT}$	$\leq 37$	Mínimo
		$\leq 34$	Intermediário
		$\leq 30$	Superior
Nível de pressão sonora máximo padronizado	$L_{ASmax,nT}$	$\leq 42$	Mínimo
		$\leq 39$	Intermediário
		$\leq 36$	Superior

Método de medição: ISO 10052 e ISO 16032

Medição do NPS no interior do dormitório com o equipamento ligado.

87

## Critérios Nacionais

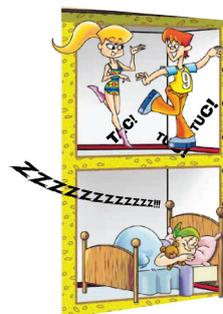
### ABNT NBR 15575-3 - Pisos

#### Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de pisos

Diferença padronizada de nível ponderada entre cômodos,

$$D_{nT,w}$$

Nível de desempenho **M**ínimo (obrigatório):



Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	$\geq 45$
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos. Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório.	$\geq 40$
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	$\geq 45$

88

## ABNT NBR 15575-3 - Pisos

### Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de pisos

Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de pisos					
Parâmetro	Critério	Desempenho			
		MÍN	INT	SUP	
Diferença padronizada de nível ponderada	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	<b>≥ 45 dB</b>	≥ 50 dB	≥ 55 dB	
	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos. Situação onde não haja dormitório	<b>≥ 40 dB</b>	≥ 45 dB	≥ 50 dB	
	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	<b>≥ 45 dB</b>	≥ 50 dB	≥ 55 dB	

Obs.: Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

89

## Crítérios Nacionais



### ABNT NBR 15575-3 - Pisos

#### Isolamento ao ruído de impacto de sistemas de pisos

Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , para ensaios de campo

Nível de desempenho **M**ínimo (obrigatório):

Elemento	$L'_{nT,w}$ [dB]
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	≤ 80
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	≤ 55

90

## Crêterios Nacionais

ABNT NBR 15575-3 - Pisos



### Isolamento ao ruído de impacto de sistemas de pisos

Isolamento ao ruído de impacto de sistemas de pisos					
Parâmetro	Cr�terio	Desempenho			
		MÍN	INT	SUP	
Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	<b>≤ 80dB</b>	≤ 65dB	≤ 55dB	
	Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	<b>≤ 55dB</b>	≤ 50dB	≤ 45dB	

Obs.: Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

91

## Crêterios Nacionais

ABNT NBR 15575-4 Vedac es verticais internas



Diferença padronizada de nível ponderada entre cômodos,  $D_{nT,w}$ :

Nível de desempenho **Mínimo** (obrigatório):

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de gemina�o), nas situa�es onde não haja ambiente dormitório.	≥ 40
Paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de gemina�o), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	≥ 45

92



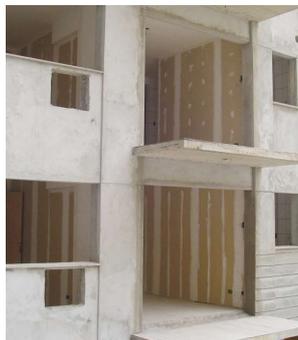
## Critérios Nacionais

**ABNT NBR 15575-4 Vedações verticais externas**

**ABNT NBR 15575-5 Coberturas**

**Isolamento ao ruído aéreo de fachadas e coberturas**

Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros da vedação externa de dormitório:  $D_{2m,nT,w}$



Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	$\geq 20$
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 25$
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	$\geq 30$

95

**ABNT NBR 15575-4 Vedações verticais externas**

**ABNT NBR 15575-5 Coberturas**

**Isolamento ao ruído aéreo de fachadas e coberturas**

Parâmetro	Classe de ruído	Ruído Externo Localização	Desempenho		
			MÍN	INT	SUP
Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada	I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	$\geq 20$ dB	$\geq 25$ dB	$\geq 30$ dB
	II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	$\geq 25$ dB	$\geq 30$ dB	$\geq 35$ dB
	III	Habitação sujeita ao ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	$\geq 30$ dB	$\geq 35$ dB	$\geq 40$ dB

Obs.: Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

**Notas:**

1. Não há requisitos específicos para salas, cozinhas e banheiros.
2. Em regiões de aeroportos, estádios, rodovias, ferrovias há necessidade de estudos específicos.

96

## Classes de Ruído

Se há pouco ruído externo → critério de desempenho acústico do sistema fachada e cobertura é menos rigoroso.

Se há muito ruído externo → critério de desempenho acústico do sistema fachada e cobertura é mais exigente (rigoroso).



**É importante determinar o desempenho acústico habitacional adequado para cada caso.**

97

## Como definir as classes de ruído?

Através de um estudo das características acústicas do entorno do empreendimento: medições em campo e/ou simulações + legislação.



98

## ABNT NBR 15575-4 Vedações verticais externas

## ABNT NBR 15575-5 Coberturas

### Classes de Ruído:

Abaixo, os níveis de pressão sonora equivalentes  $L_{Aeq}$  incidentes nas fachadas das edificações para cada classe de ruído considerada:

Classe de Ruído	Nível de pressão sonora equivalente $L_{Aeq}$ - dB
I	$\leq 60$
II	61 a 65
III	66 a 70

#### Notas:

1. Para  $L_{Aeq}$  acima de 70dB, realizar estudos específicos.
2. O quadro acima é informativo e não consta da norma.

99

## Critérios Nacionais

### ABNT NBR 15575-5 Coberturas

#### Isolamento ao ruído de impacto em sistemas de cobertura

Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado,  $L'_{nT,w}$ , para ensaios de campo

Nível de desempenho Mínimo (obrigatório):

Elemento	$L'_{nT,w}$ [dB]
Dormitórios e salas de estar localizados abaixo de coberturas acessíveis de uso coletivo	$\leq 55$



100

## ABNT NBR 15575-5 Coberturas

### Isolamento ao ruído de impacto em sistemas de cobertura

Isolamento ao ruído de impacto em sistemas de cobertura					
Descrição	Parâmetro	Desempenho			
		MÍN	INT	SUP	
Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado	$L_{nT,w}$	Dormitórios e salas de estar localizados abaixo de coberturas acessíveis de uso coletivo	<b><math>\leq 55</math> dB</b>	$\leq 50$ dB	$\leq 45$ dB

Obs.: Valores em negrito são normativos (obrigatórios) e os demais informativos.

101

- Para mais detalhes, ver:



103

**A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 limita o ruído no interior dos edifícios.**  
 O seu cumprimento é **OBRIGATÓRIO** e impacta a todos os novos **EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**.

**TAKTAK TAKTAK**

É recomendável que os equipamentos prediais não ultrapassem os 37 dBA nos dormitórios

**CRACK!!!**  
MECHNECHNECH

As coberturas acessíveis de uso coletivo devem ter maior isolamento ao ruídos de impacto.

As instalações hidrossanitárias, quando em uso, não devem ultrapassar níveis máximos de ruídos recomendados.

O isolamento ao ruído de impacto entre pavimentos será controlado.

O isolamento acústico de fachadas passa a ser exigido em função do ruído local externo.

O isolamento acústico ao ruídos aéreos entre dormitórios de apartamentos distintos deve ser no mínimo 45 dB

Os ruídos nas edificações são a principal causa de reclamação entre os usuários/condôminos.

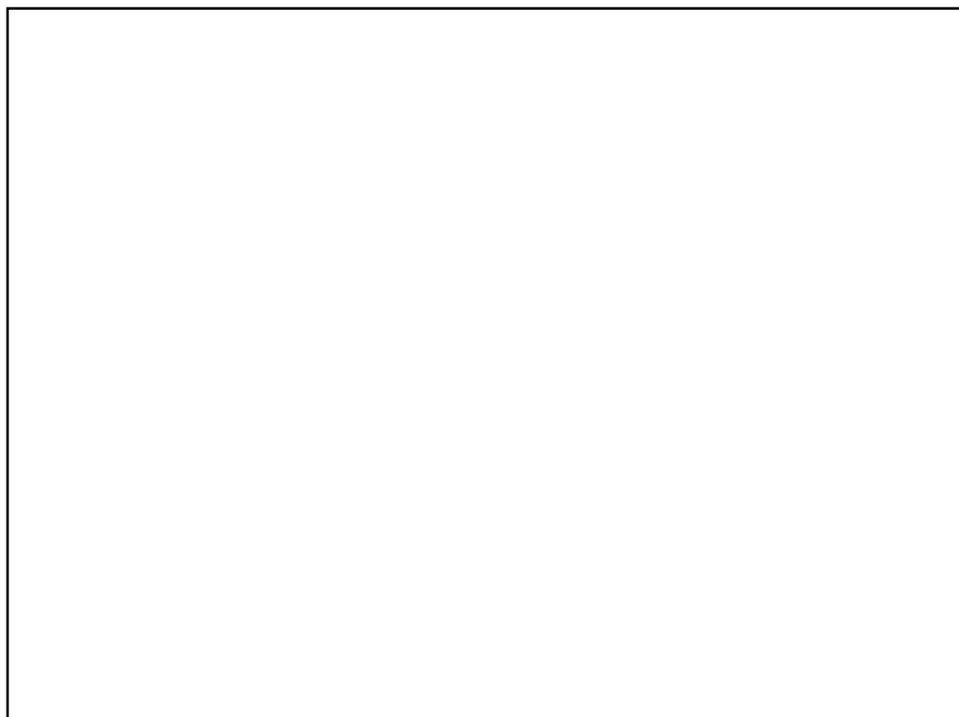
A Norma ABNT NBR 15.575 permite a verificação de suas exigências mediante medição acústica no local.

Os sistemas construtivos dos edifícios poderão ser classificados pelo seu desempenho acústico Mínimo, Intermediário ou Superior.

**CONFORTO ACÚSTICO É SAÚDE PARA TODOS!**

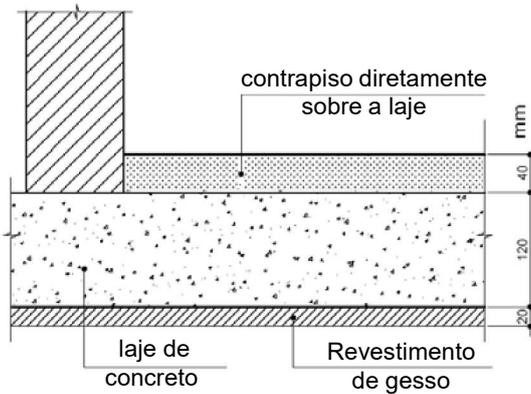
**Pro Acústica**  
Associação Brasileira para a Qualidade Acústica

104

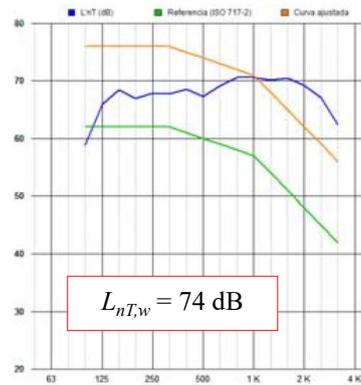


105

## Exemplo



## Nível de pressão sonora de impacto padronizado



- Está dentro do critério de desempenho mínimo estabelecido na ABNT NBR 15575-3 ? **Sim ( $\leq 80 \text{ dB}$ ).**

106

## Crítérios Internacionais

País	Tipo de regulamentação	Crítério mínimo de isolamento aéreo
África do Sul	Regulamentação específica	$D_{nT,w} = 45 \text{ dB}$
Alemanha	Norma DIN 4109	$R'_w = 54 \text{ a } 57 \text{ dB}$
Argentina	Norma IRAM 4044	$R'_w = 48 \text{ dB}$
Austrália	Código de edificação	$R_w + C_{tr} = 50 \text{ dB}$
Canadá	Código de edificação	FSTC = 55 dB
Estados Unidos	Diversas regulamentações	STC (laboratório) = 50 dB ou FSTC (campo) = 45 dB
França	Regulamentação específica	$D_{nT,w} + C_{tr} = 53 \text{ dB}$
Holanda	Norma NEN 1070	$D_{nT,w} + C = 52 \text{ a } 57 \text{ dB}$
Itália	Regulamentação específica	$R_w = 50 \text{ dB}$
Noruega	Norma NS 8175	$R'_w = 53 \text{ dB (classe C)}$
Nova Zelândia	Código de edificação	$D_{nT,w} + C_{tr} = 55 \text{ dB}$
Portugal	Regulamentação específica	$D_{n,w} = 50 \text{ dB}$
Reino Unido	Regulamentação específica	$D_{nT,w} + C_{tr} = 45 \text{ dB}$
<b>Brasil</b>	<b>ABNT NBR 15575</b>	<b>40 dB</b>

O Brasil tem valores muito aquém dos praticados no resto do mundo.

107

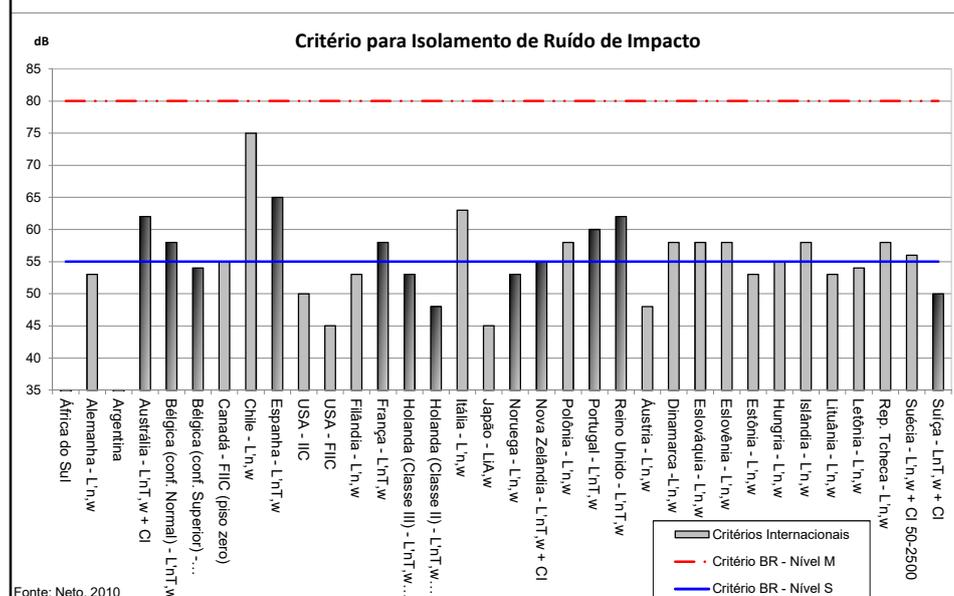
## Critérios Internacionais

País	Tipo de regulamentação	Critério máximo de ruído de impacto
África do Sul	Regulamentação específica	–
Alemanha	Norma DIN 4109	$L'_{n,w} = 53$ dB
Argentina	Norma IRAM 4044	–
Austrália	Código de edificação	$L'_{nT,w} + C_i = 62$ dB
Canadá	Código de edificação	FIIC = 55 dB
Estados Unidos	Diversas regulamentações	IIC = 50 dB ou FIIC = 45 dB
França	Regulamentação específica	$L'_{nT,w} = 58$ dB
Holanda	Norma NEN 1070	$L'_{nT,w} + C_i = 48$ a 53 dB
Itália	Regulamentação específica	$L'_{n,w} = 63$ dB
Noruega	Norma NS 8175	$L'_{n,w} = 53$ dB
Nova Zelândia	Código de edificação	$L'_{nT,w} + C_i = 55$ dB
Portugal	Regulamentação específica	$L'_{n,w} = 60$ dB
Reino Unido	Regulamentação específica	$L'_{nT,w} = 62$ dB
<b>Brasil</b>	<b>ABNT NBR 15575</b>	<b><math>L'_{nT,w} = 80</math> dB</b>

O Brasil tem valores muito aquém dos praticados no resto do mundo.

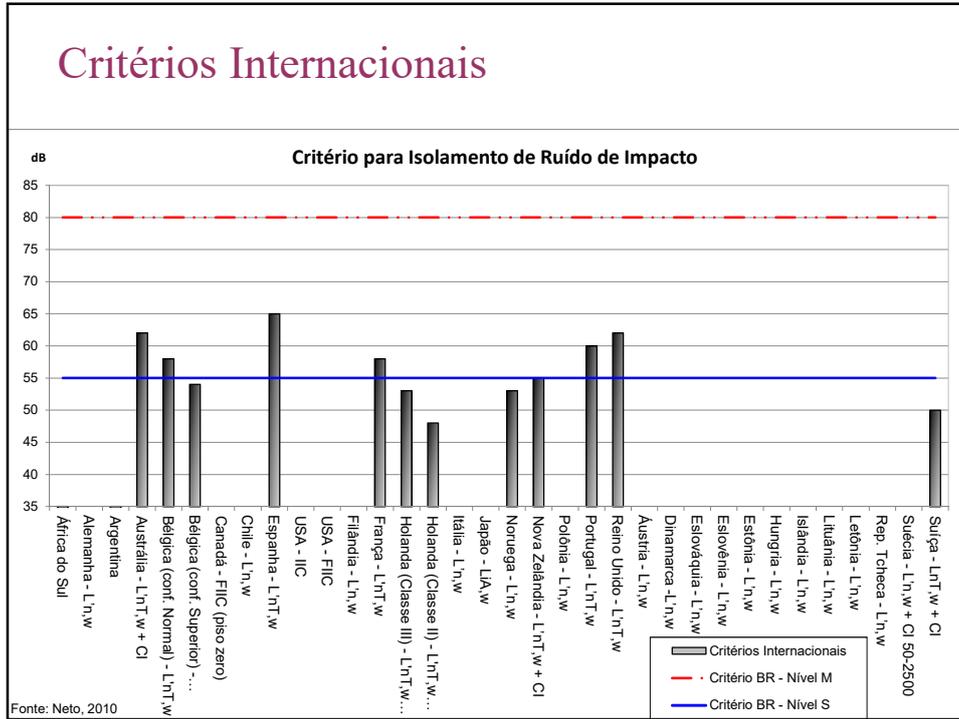
108

## Critérios Internacionais



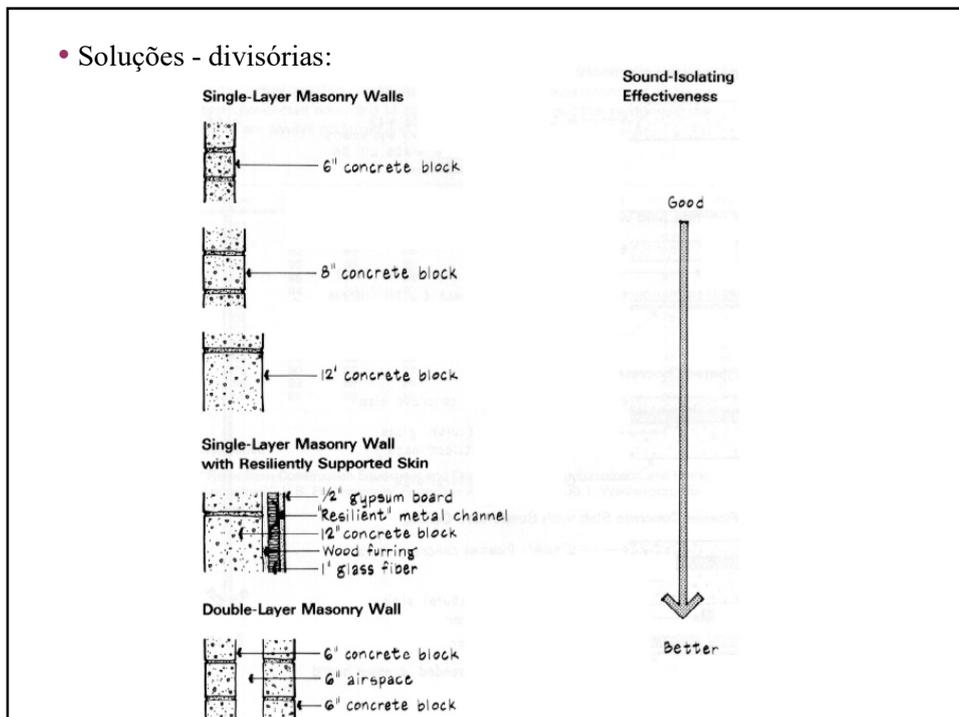
109

## Critérios Internacionais



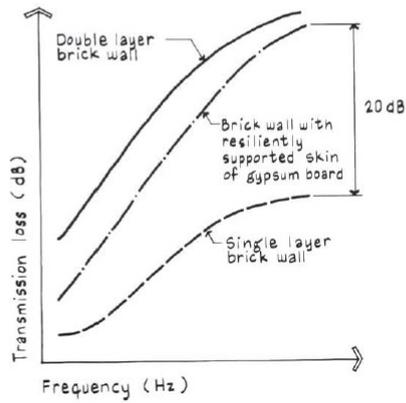
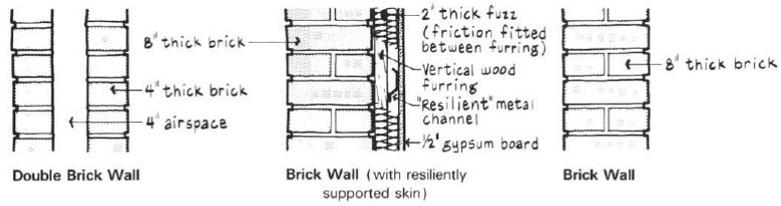
110

### • Soluções - divisórias:



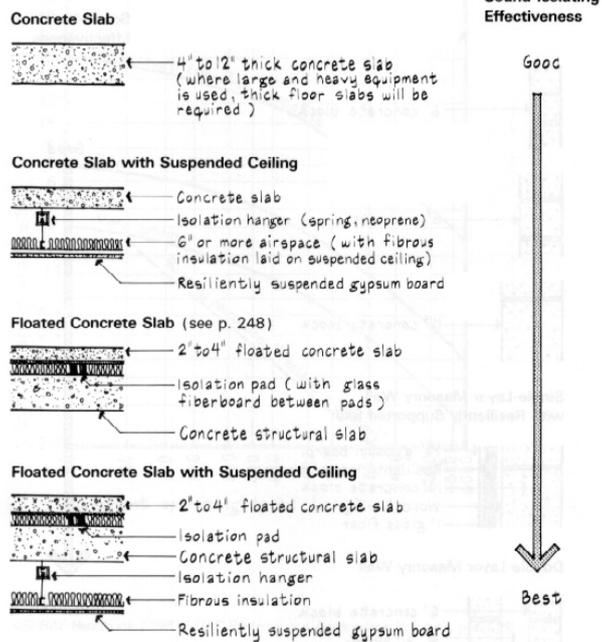
111

• Soluções - divisórias:



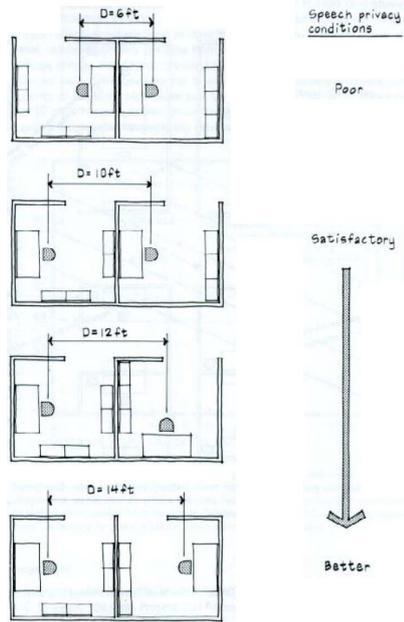
112

• Soluções - pavimentos:



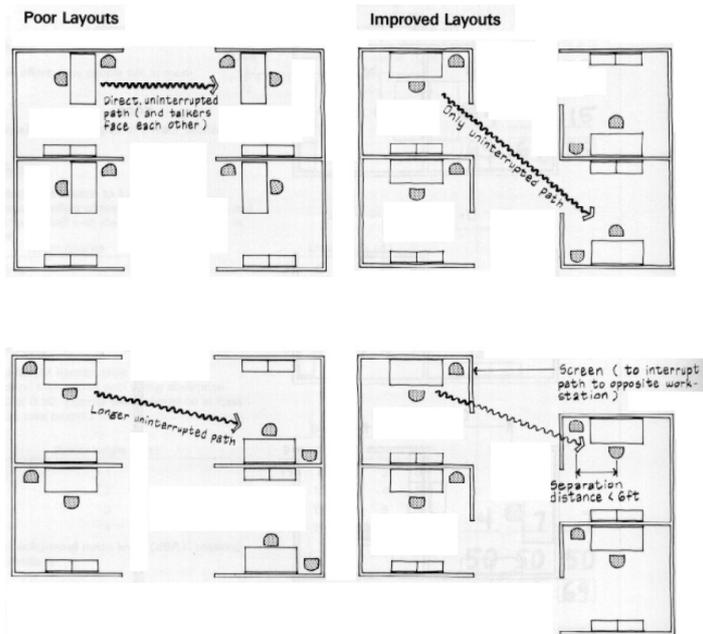
113

• Soluções - Escritórios:



114

• Soluções - Escritórios:



115

## Mito ou Verdade?

Linhas de vegetação (árvores) são barreiras acústicas com boa atenuação sonora entre as fontes externas e fachadas.



### MITO.

Salvo raras exceções, vegetação não funciona como barreira acústica.

119

## Mito ou Verdade?

Apartamentos em níveis mais altos são sempre menos expostos ao ruído externo do que os localizados em andares inferiores.

### MITO.

Apartamentos em andares superiores podem estar expostos a um maior número de fontes de ruídos.



120

## Mito ou Verdade?

O maior nível sonoro incidente na fachada sempre ocorre no horário de pico.

### MITO.

O horário de pico pode ter congestionamento e tráfego lento, ou mesmo parado, podendo reduzir a emissão sonora.



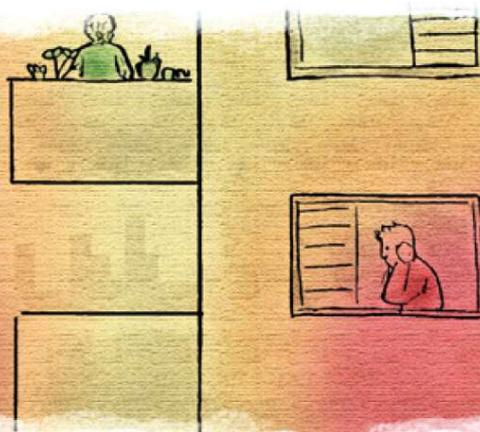
121

## Mito ou Verdade?

Elementos arquitetônicos influenciam o isolamento acústico de fachadas.

### VERDADE.

Marquises, varandas, brises e revestimentos podem influenciar o desempenho acústico das fachadas.



122

## Mito ou Verdade?

**O isolamento acústico da esquadria é o principal fator para o desempenho acústico global do sistema de fachada.**

### VERDADE.

Em sistemas compostos de fachada (alvenaria + esquadria), as alvenarias, em geral, têm pouca influência no desempenho acústico global do sistema de vedação externa.



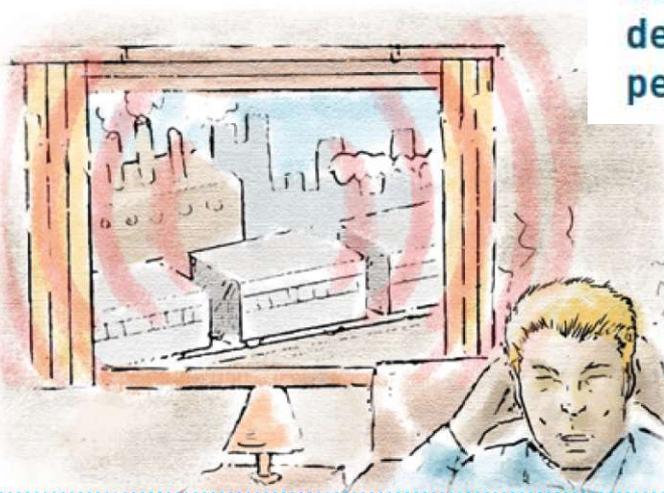
123

## Mito ou Verdade?

**O isolamento acústico de uma esquadria é determinado pelo vidro.**

### MITO.

A definição do vidro é importante, porém os perfis da esquadria, acessórios e vedações, assim como a mão de obra de instalação, também influenciam no desempenho acústico global.



124

**Cabe ao construtor, incorporador ou especificador do projeto arquitetônico, exigir de seus fornecedores laudos técnicos que comprovem o desempenho acústico dos elementos construtivos especificados para suas obras, para respaldar os cálculos acústicos. Destacam-se, particularmente, janelas e portas.**

125

Universidade de São Paulo  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Departamento de Tecnologia da Arquitetura



AUT0286 - Conforto Ambiental 3: Termoacústica



## **Acústica de Edificações Projeto de Isolamento Sonoro**

146

## Projeto de Isolamento Sonoro

- Realizar um estudo completo prévio
  - Para evitar ter que projetar sistemas altamente isolantes quando a construção já estiver começada ou acabada → remendos.
- Planejamento
  - Escolha do local
  - Projeto do edifício
  - Vizinhança
  - Ruas
  - Definição da posição em planta

147

## Soluções em Espaços Urbanos - Edificações

- Edificações:
  - localização
  - altura
  - usos
  - distribuição
  - absorção sonora das fachadas
  - isolamento sonoro das fachadas



148

## Soluções em Espaços Urbanos - Edificações

- Fachadas:
  - isolamento sonoro das fachadas

**Ponto fraco** - isolamento sonoro das esquadrias.

**Materiais leves** (vibram com facilidade)

**Elementos vazados** (venezianas, grelhas) frestas entre caixilhos e partes móveis = permeabilidade

**Vidros duplos:** custo elevado, esquadrias mantidas abertas para ventilação...

### Opções:

- Usar vidros com espessuras > 4 mm
- Assegurar boas condições de vedação
- Tomadas de ar: fachadas protegidas
- Tratamento com materiais absorventes

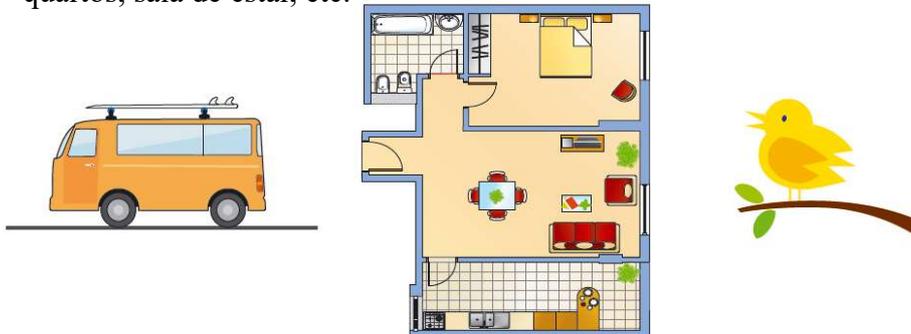


O isolamento sonoro só é eficaz enquanto as janelas permanecerem fechadas.

149

## Projeto de Isolamento Sonoro

- Disposição dos edifícios:
  - Ambientes menos sensíveis ao ruído (corredores, escadas, cozinhas, dispensas, banheiros) devem estar virados para a fachada mais exposta ao ruído, reservando as fachadas restantes para quartos, sala de estar, etc.



150

## Projeto de Isolamento Sonoro

- Separar com a maior distância possível as fontes de ruído (áreas ruidosas) das áreas que precisam de silêncio → poupar isolamento.
- Situar as dependências que podem ser fontes de ruído em partes do edifício onde já existam outras fontes de ruído (inclusive exteriores). Inversamente, situar dependências que precisem de silêncio em partes tranquilas do edifício.

151

## Projeto de Isolamento Sonoro

- Disposição dos edifícios:

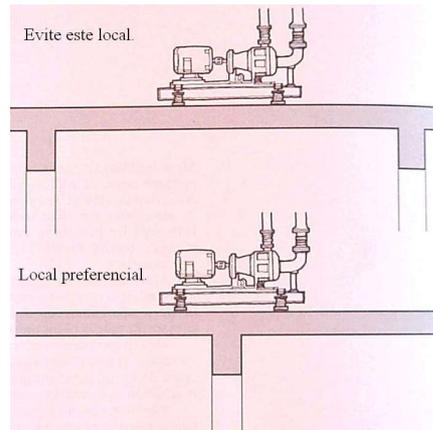


152

## Projeto de Isolamento Sonoro

- Situar máquinas e fontes que transmitam ruídos através da estrutura, se possível, diretamente acima das fundações.
- A estrutura acima das fundações é geralmente mais pesada e por isso mais isolante. Além disso, as vibrações poderão ser absorvidas diretamente pela terra.

**QUANTO MAIOR O  
ISOLAMENTO,  
MAIS CARA A CONSTRUÇÃO.**

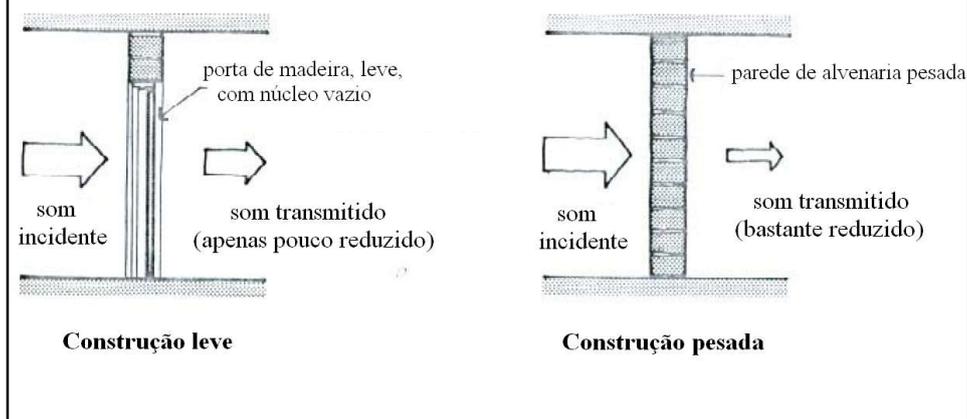


153

**Os projetos e especificações de esquadrias**  
devem sempre privilegiar soluções que  
minimizem o consumo de energia, a utilização de  
iluminação artificial e maximizem a ventilação  
natural.

154

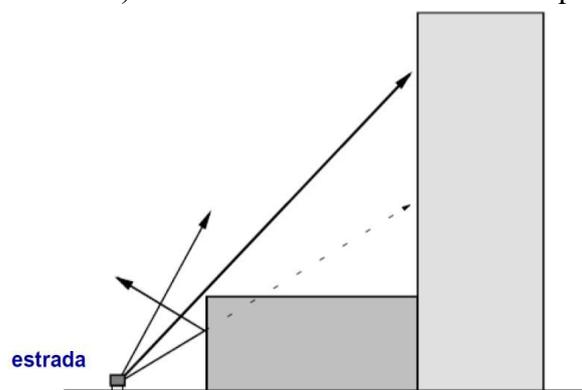
- Atenção aos pontos fracos de isolamento: uma janela com baixo isolamento ou uma porta leve, numa parede pesada e muito isolante, levará o isolamento global a níveis muito baixos, apesar das melhores intenções do construtor.



155

## Soluções em Espaços Urbanos

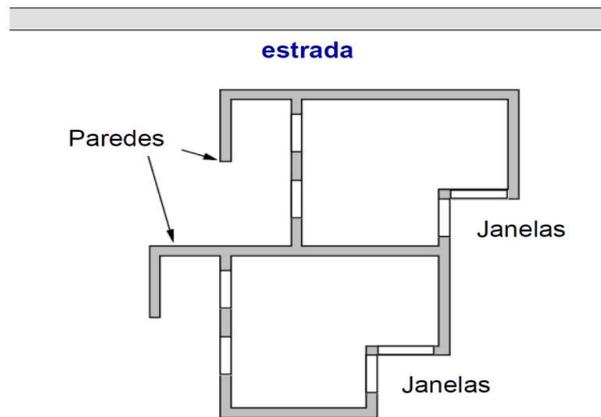
- Exemplos de edifícios auto protegidos:
- Projetar edifícios ou locais que não sejam particularmente suscetíveis ao ruído, para funcionarem como espaço intermediário (áreas abafadoras) entre fontes sonoras e áreas que precisam de silêncio.



156

## Soluções em Espaços Urbanos - Edificações

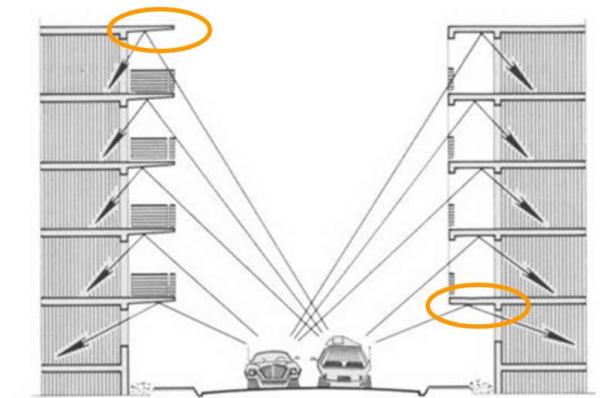
- Exemplos de edificios auto protegidos:



157

## Soluções em Espaços Urbanos - Edificações

- Exemplos de edificios auto protegidos:

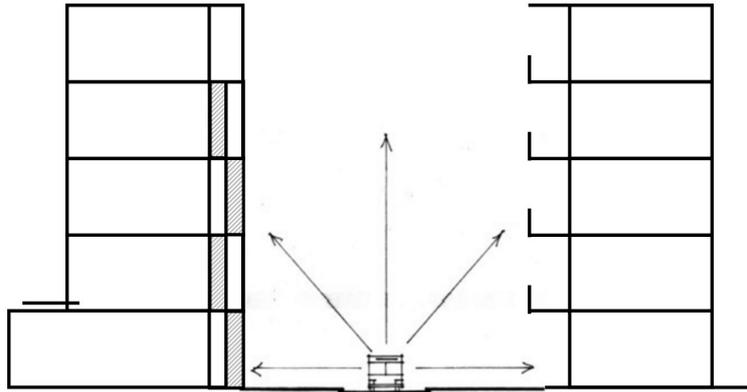


Cuidado! Passagem de ar = passagem de ruído.

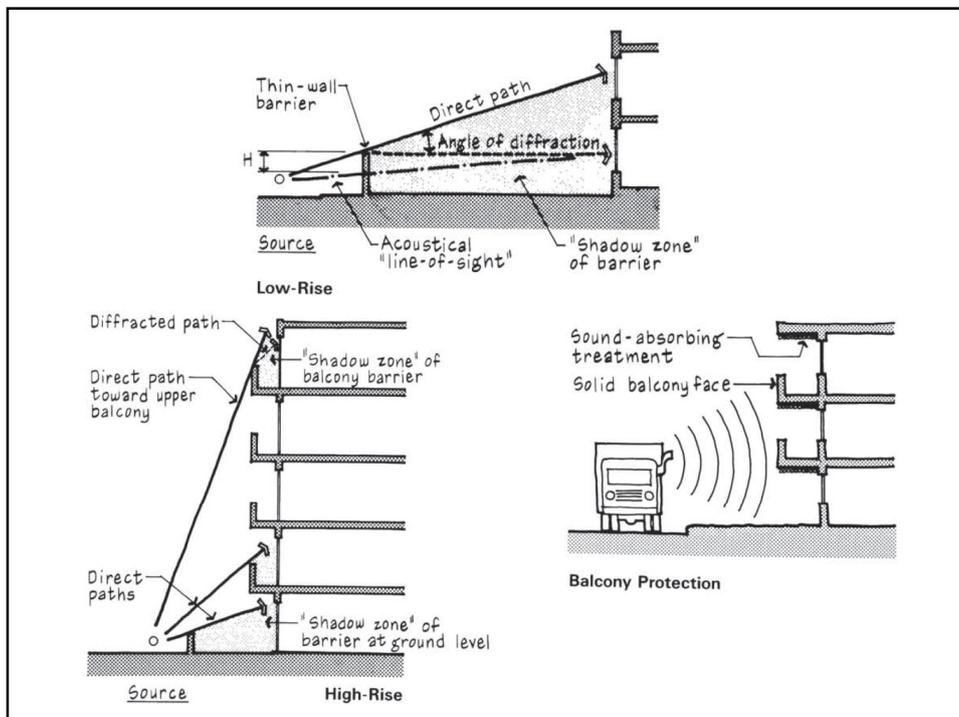
158

## Soluções em Espaços Urbanos - Edificações

- Espessura da fachada:



159



160

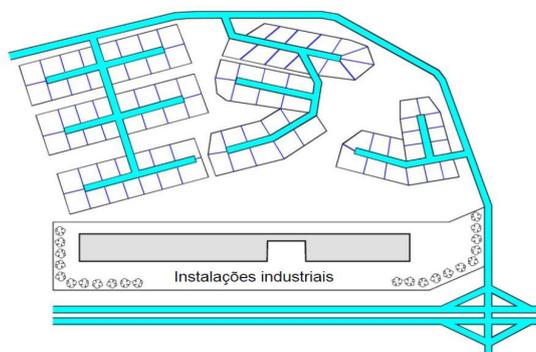
## Soluções – devem considerar:

- PLANEJAMENTO E USO DO SOLO:
- distribuição dos espaços e do edificado
- distribuição de áreas comuns
  - jardins
  - parques infantis
- intervenção arquitetônica
  - configuração das edificações
  - distribuição de fachadas
  - distribuição de usos dos edifícios

161

## Soluções

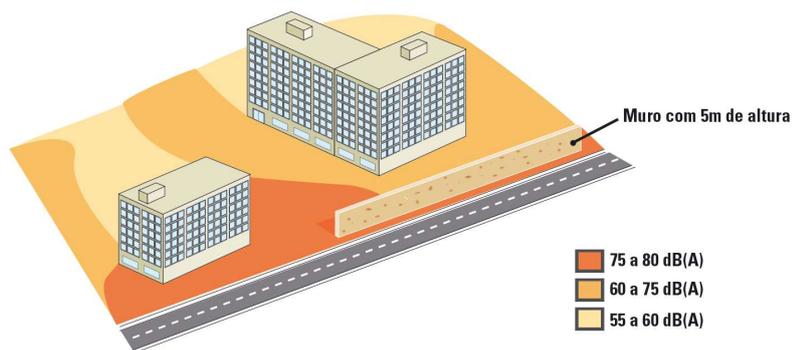
- Áreas residenciais próximas a zonas industriais ou a eixos de transportes muito ruidosos:
  - Devem estar em conformidade com regulamentos de ruído
  - Aumentar disponibilidade de espaços públicos para descanso na vizinhança
  - Barreiras acústicas



162

## Soluções

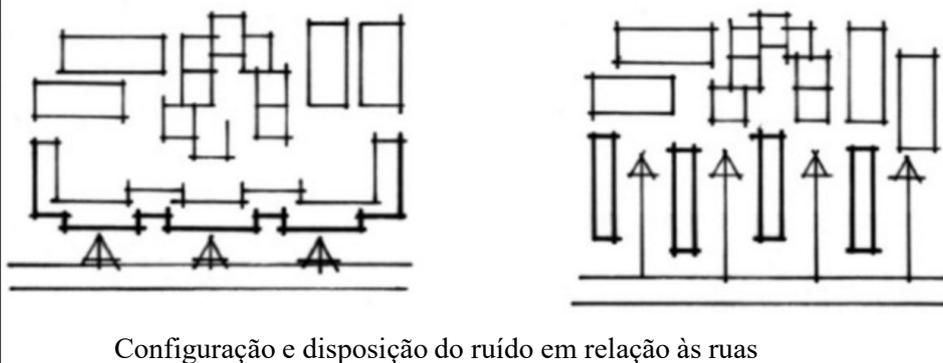
- Barreiras acústicas



163

## Soluções

- Permeabilidade da forma urbana

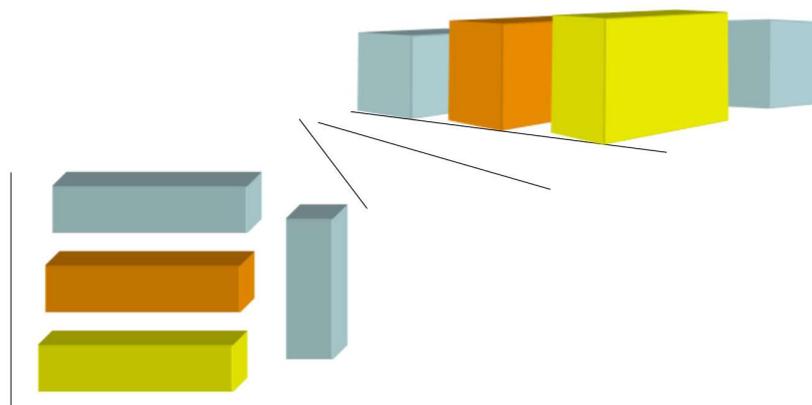


164

## Soluções

- **Permeabilidade da forma urbana**

- Edifícios perpendiculares à via: maior permeabilidade ao ruído.

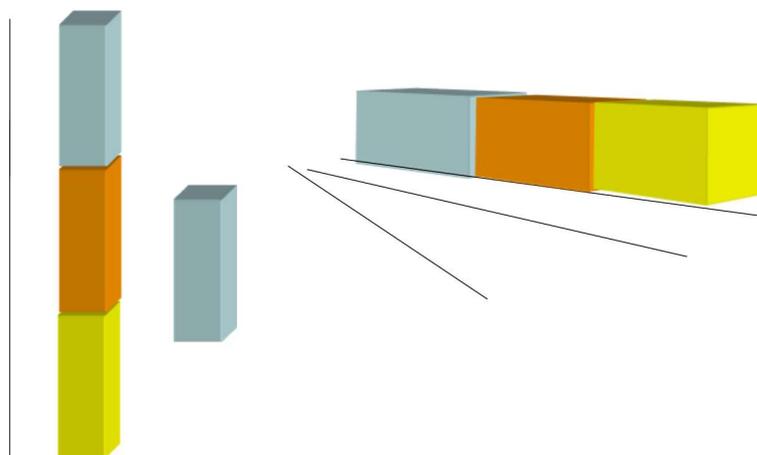


165

## Soluções

- **Permeabilidade da forma urbana**

- Edifícios paralelos à via: “muralha de proteção – interior da quadra.”



166

## Acústica de escritórios

### DENTSU AEGIS NETWORK

Edifício **BOX 298**, Vila Madalena, São Paulo

Projeto do Escritório: DMDV Arquitetos (2014)

Projeto de Acústica: Harmonia Acústica



177

### DENTSU AEGIS NETWORK

Edifício **BOX 298**, Vila Madalena, São Paulo

Projeto do Escritório: DMDV Arquitetos (2014)

Projeto de Acústica: Harmonia Acústica

#### Conceito:

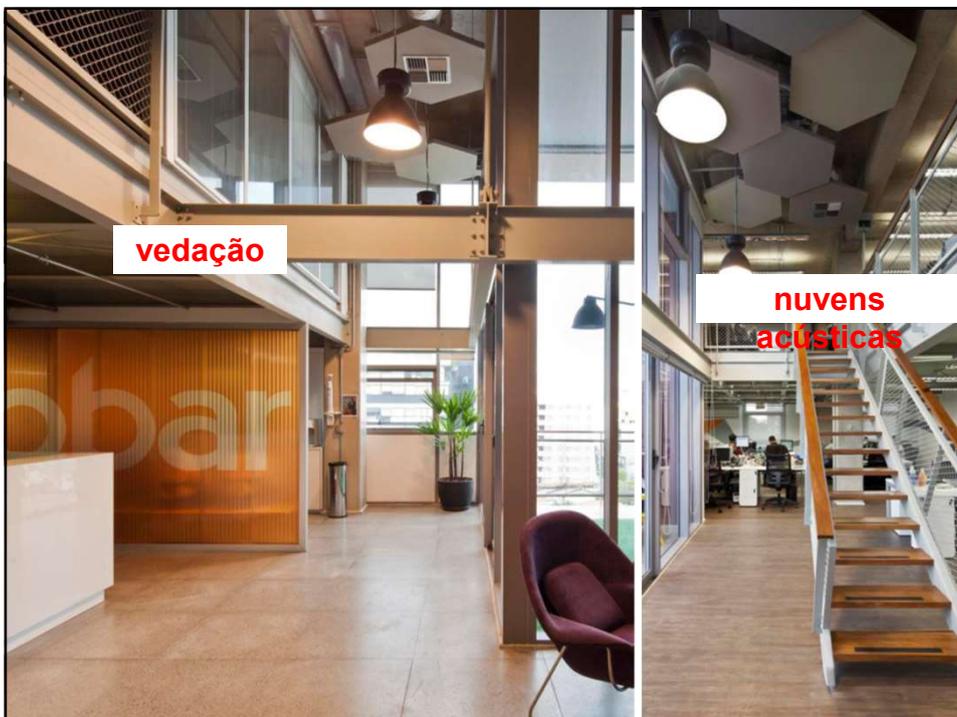
- preocupação com as atividades da empresa de comunicação
- privilegiar ambientes por critério de confidencialidade
- dinâmica *open plan* para o trabalho em equipe
  
- plantas irregulares com alturas variáveis
- salas fechadas e trechos de pé direito duplo

178

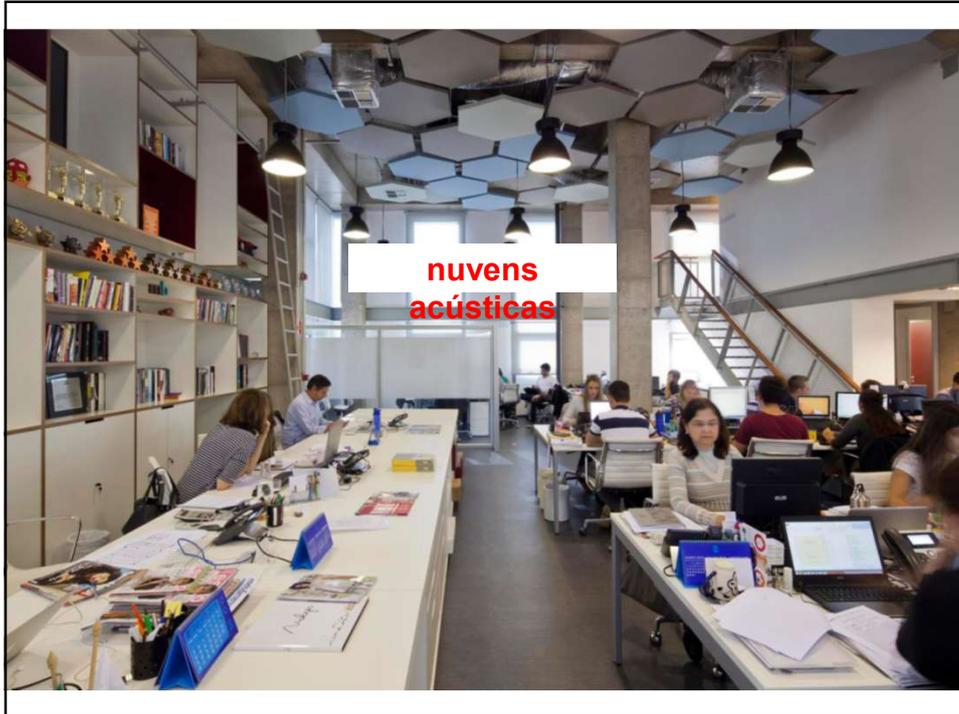
## Acústica de escritórios



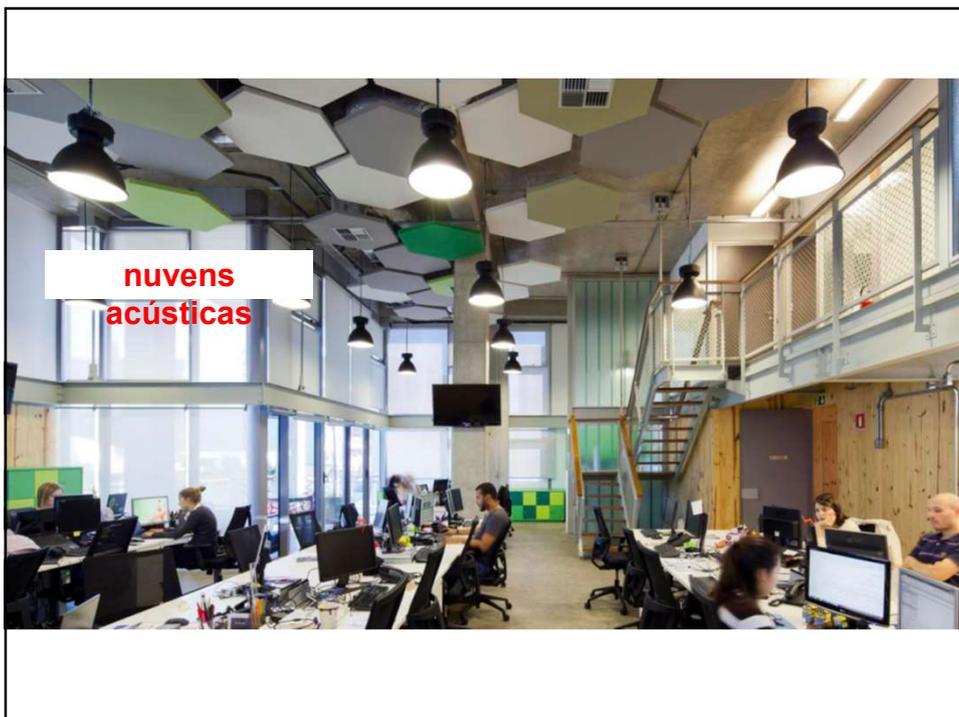
179



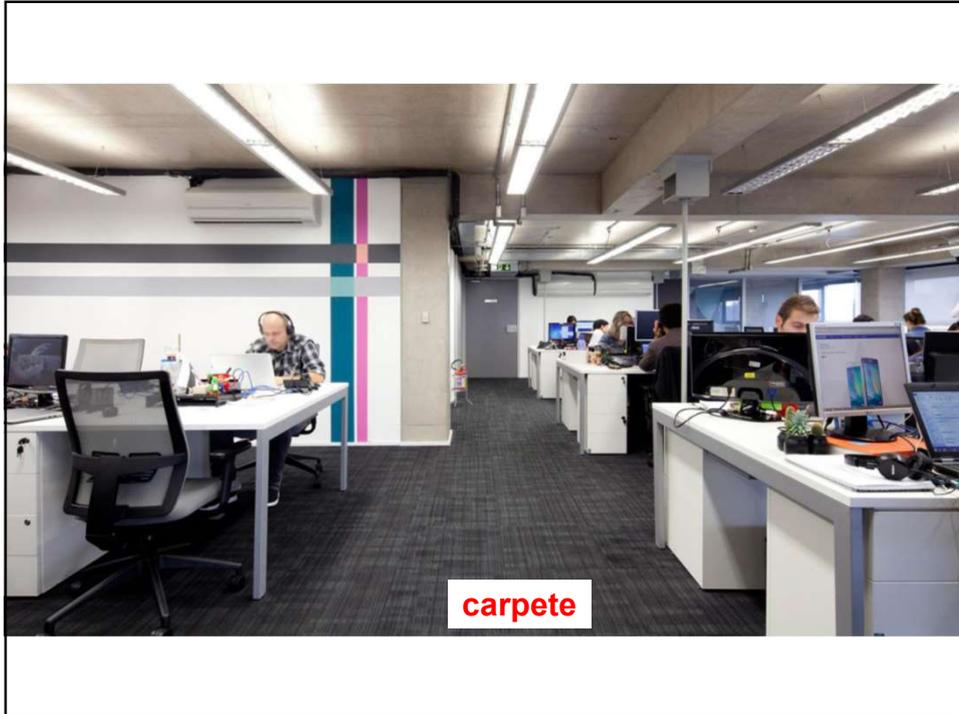
180



181



182



183

Arquivo em Excel

188

**projetus**  
SOFTWARE DE CÁLCULO PARA PROJETOS ACÚSTICOS

O Software Projetus é um programa completo de suporte na **simulação de projetos acústicos** de acordo com Normas Internacionais e a ABNT NBR 15575.

**BAIXE GRÁTIS!**

<http://multinova.ind.br/>

194

## No Stoa:

- **Arquivo em Excel**

- Planilha Acústica AUT0286**

- Tabela Coeficientes de Absorção

- Cálculo do TR

- Gráfico do TR

- Tabela de Perda na Transmissão

- Cálculo do isolamento global

- Cálculo do  $D_{nT}$

195

## **Exercício 05**

• **Qual o isolamento sonoro da parede divisória entre a sala de aula e o corredor?**

- de ruído aéreo
- de ruído de impacto



196



197