



**Seminário:** *Desempenho acústico de edifícios:  
soluções técnicas e de custos para atender as normas  
brasileiras.*

**Palestra:** *Desempenho acústico de paredes entre  
unidades e entre as unidades e áreas comuns.*

Marcelo de Mello Aquilino

Físico – Mestre em Tecnologia na Construção de Edifícios

[aquilino@ipt.br](mailto:aquilino@ipt.br)

Realização:

.....Conceitos sobre Acústica.....

## Som e Ruído!



O som é a sensação produzida no sistema auditivo resultante de vibrações das moléculas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes.

O Ruído é som sem harmonia ou som indesejável!

# .....Conceitos sobre Acústica.....



## O que caracteriza o ruído?

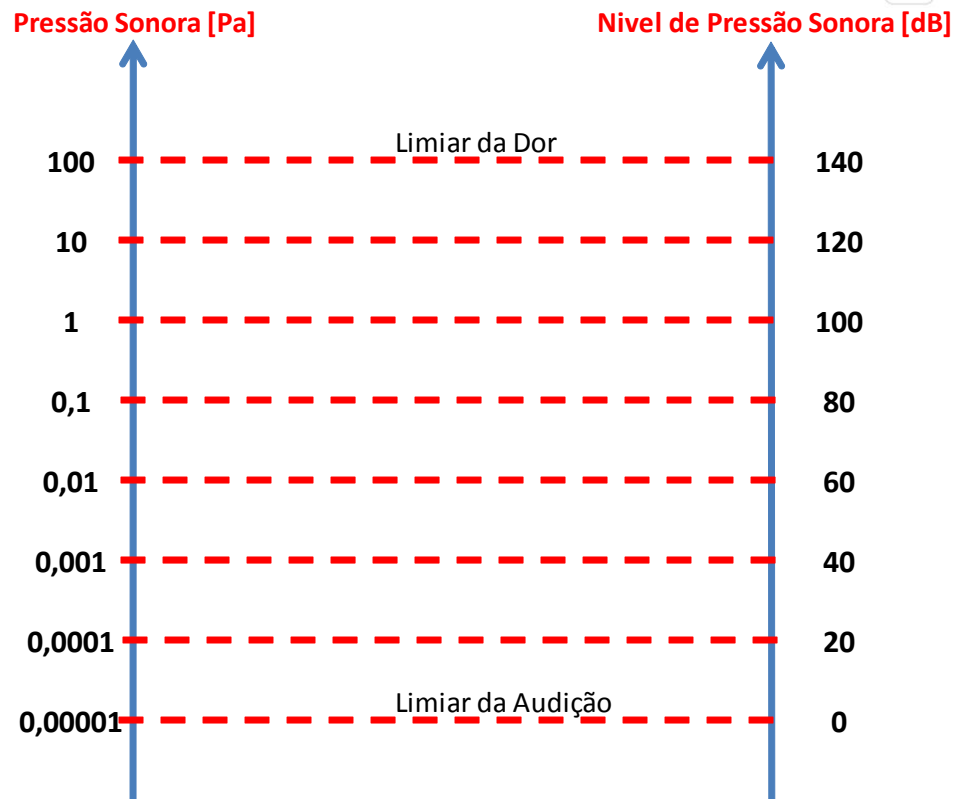
Duas grandezas:

Nível de ruído - dado em decibels (dB); e

Frequências - dadas em Hertz (Hz).

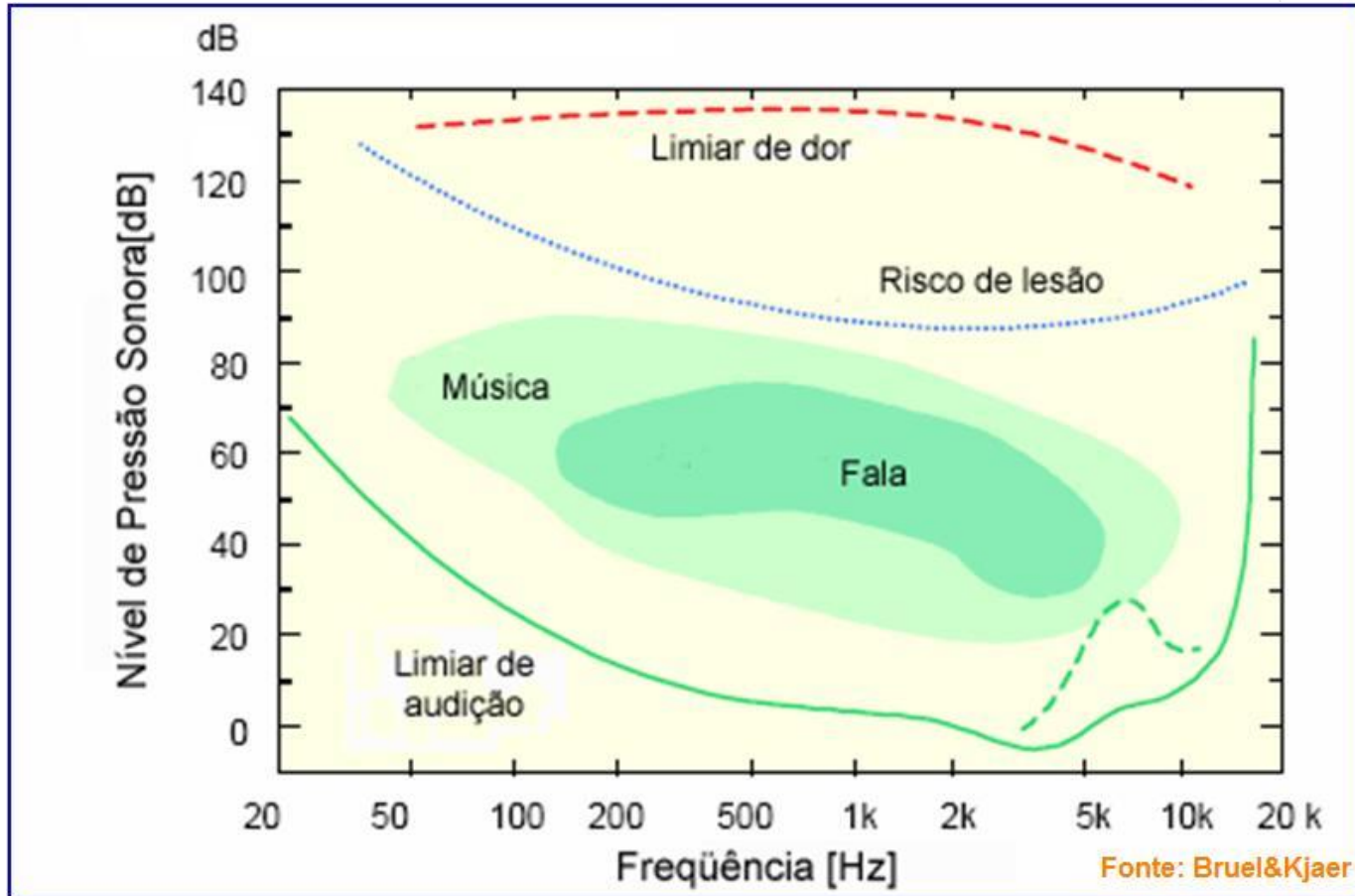
# .....Conceitos sobre Acústica.....

Pressões Sonoras entre limiar da audibilidade e limiar da dor



# .....Conceitos sobre Acústica.....

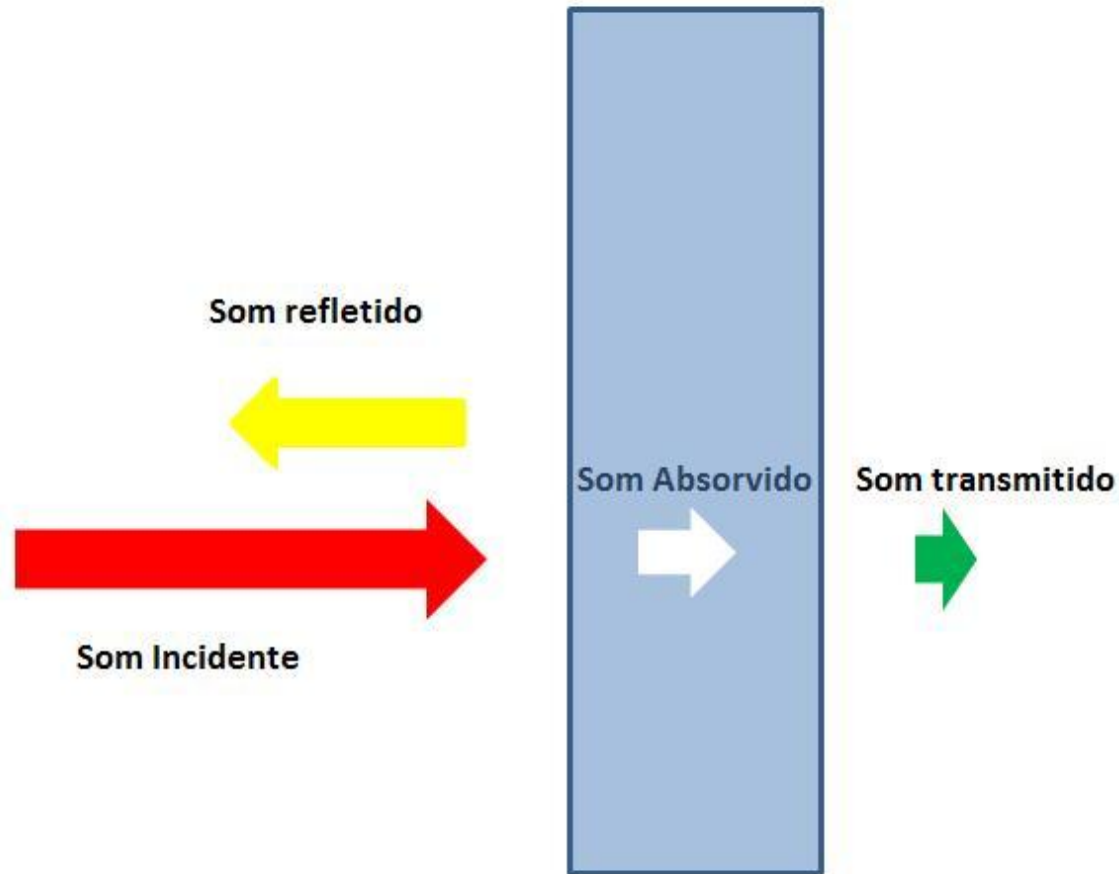
Área de audição dos seres humanos



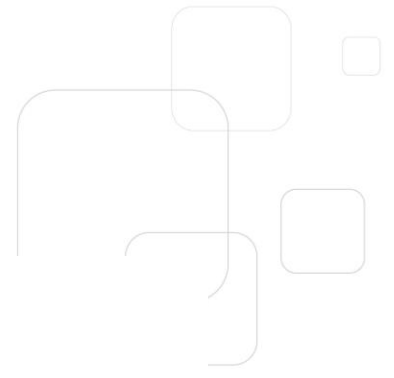
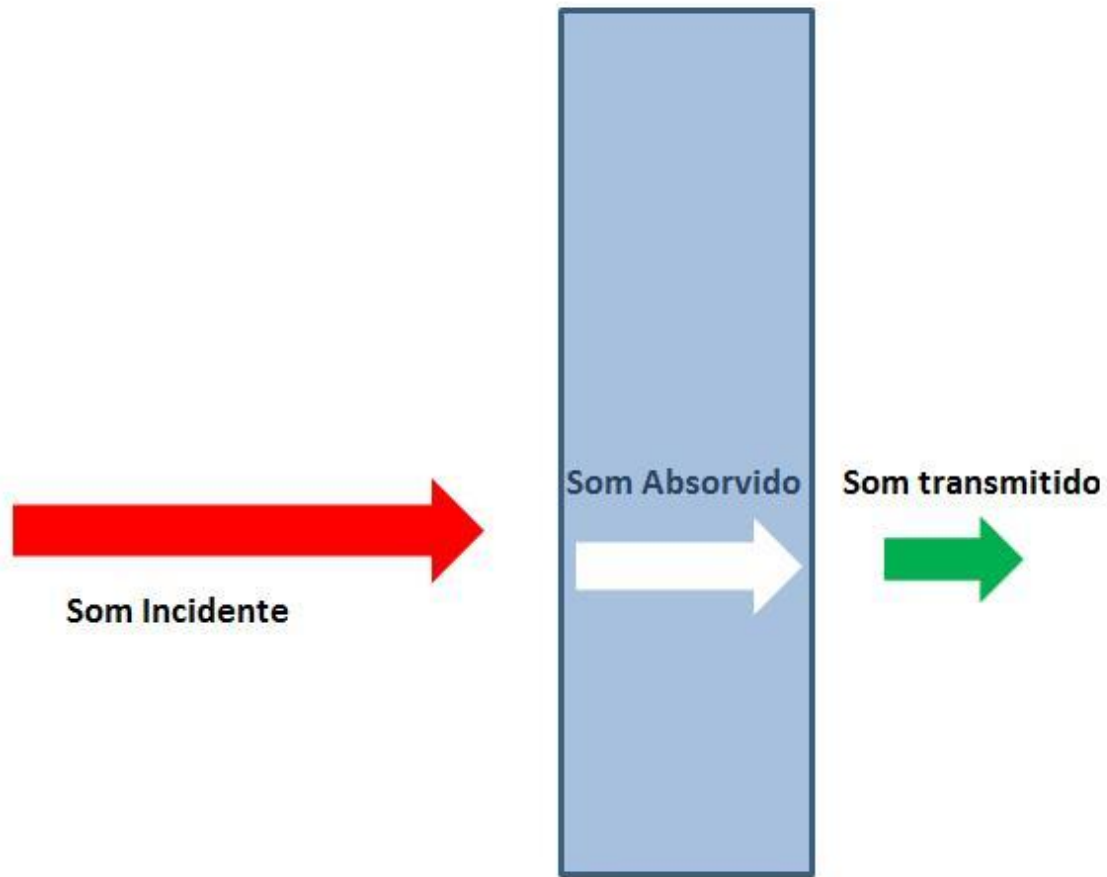
## .....Conceitos sobre Acústica.....

- **Isolantes acústicos** – servem para reduzir a energia do som transmitido através das estruturas para os ambientes vizinhos.
- **Absorvedores acústicos** – servem para reduzir a energia de um som refletido por uma superfície do mesmo ambiente.

# Isolação sonora



# Absorção Sonora





# Conforto e Desempenho em Ambientes



## Conforto

Uma pessoa está confortável em relação a um acontecimento ou fenômeno quando pode observá-lo ou senti-lo sem preocupação ou incômodo.

# Conforto Acústico

Boa percepção do som desejado

=

Baixo nível de ruído de fundo

Privacidade

=

Não entender a mensagem do ruído de fundo e  
garantir sigilo das suas informações

# Conforto Acústico



- Energia balanceada por toda a faixa de frequência;
- Ecos e reverberações – Correção da absorção sonora;
- Ruídos intrusivos (passagem de motos, aviões...);
- Ausência de ruídos tonais (apitos e assovios...);
- Ausência de batimentos e pulsações (bate estaca , torneira pingando...)

# Conforto e Desempenho em Ambientes



## Desempenho

Comportamento em uso de um edifício e de seus sistemas.

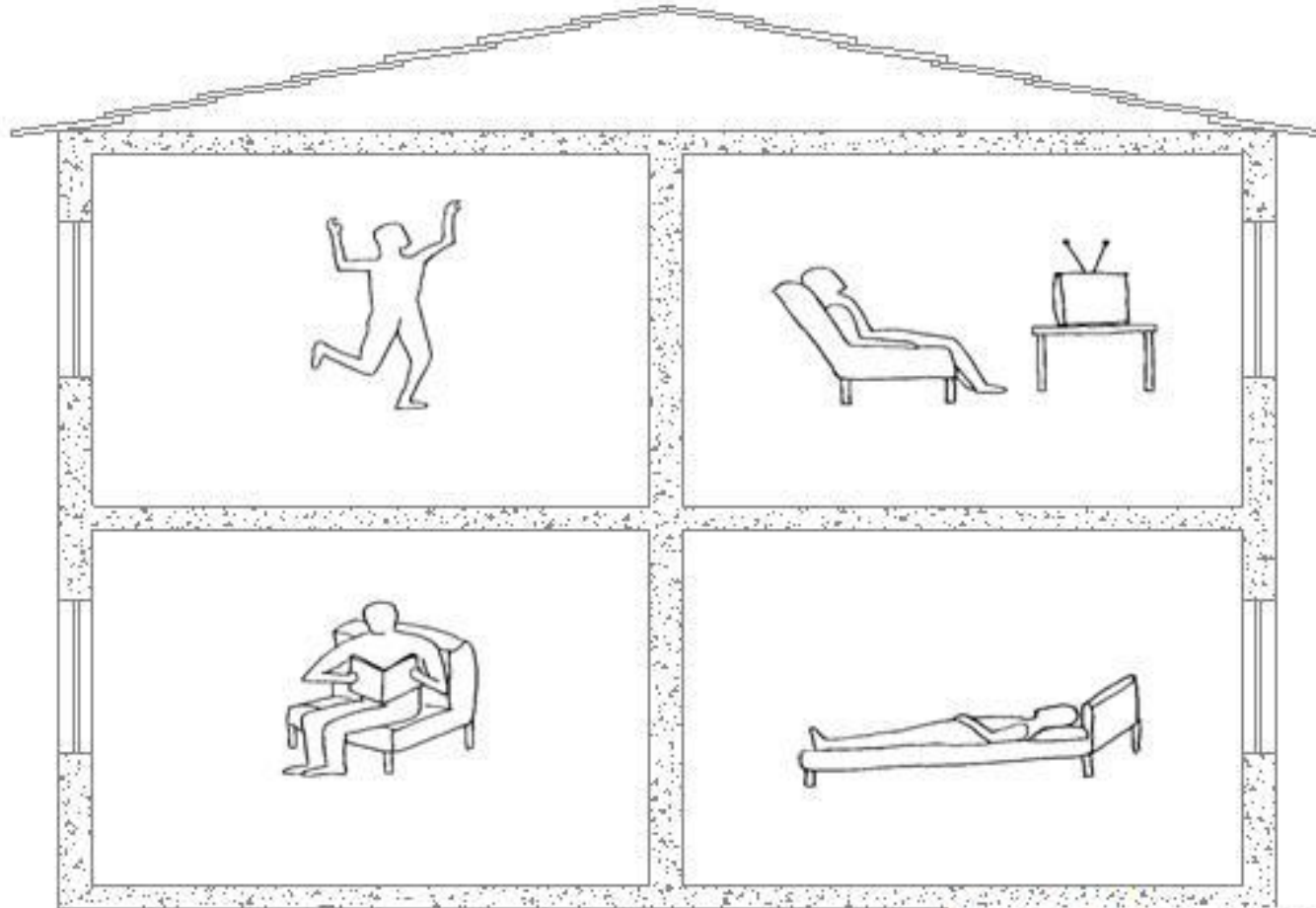
# Conforto e Desempenho em Ambientes

## Controle do Ruído

Para redução do ruído é necessário conhecer:

- A fonte de ruído;
- As características do ruído;
- O caminho que o ruído percorre; e
- O lugar onde se percebe o ruído.

# Certas atividades necessitam silêncio outras um nível adequado de ruído



Fonte: Peter Joseph Barry

# Conforto e Desempenho em Ambientes

## Redução do nível de Ruído

- Na fonte do ruído:
  - ✓ Anular ou reduzir.
  
- Na transmissão:
  - ✓ Distinguir se o ruído é transmitido pelo ar ou pela estrutura – isolar a fonte e/ou interromper a transmissão.

# Normas para Conforto Acústico

## NBR 10151



Esta Norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades.

Ela especifica um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos (de acordo com a duração, característica espectral e fator de pico) e uma comparação dos níveis corrigidos, com um critério que leva em conta os vários fatores ambientais.



**Tabela 1** – Nível Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

<b>Tipos de áreas</b>	<b>Diurno</b>	<b>Noturno</b>
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Vizinhanças de hospitais (200 m além divisa)	45	40
Área estritamente residencial urbana	50	45
Área mista, predominantemente residencial, sem corredores de trânsito	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa, sem corredores de trânsito	60	55
Área mista, com vocação recreacional, sem corredores de trânsito	65	55
Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	55
Área predominantemente industrial	70	60

# Normas para Conforto Acústico

## NBR 10152



Esta Norma fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

*Notas:*

- a) As questões relativas a riscos de danos à saúde em decorrência do ruído serão estudadas em normas específicas.*
- b) A aplicação desta Norma não excluem as recomendações básicas referentes às demais condições de conforto.*

# Valores de ruído – NBR 10152

LOCAIS	dB(A)	Curvas NC	Valores em discussão	
			dB(A)	NC
<b>Hospitais</b>				
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros Cirúrgicos	35 -45	30 -40		
Laboratórios, Áreas para uso público	40 - 50	35 -45		
Serviços	45 -55	40 -50		
<b>Escolas</b>				
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 -45	30 - 40		
Salas de aula, Laboratórios	40 -50	35 - 45		
Circulação	45 - 55	40 - 50		
<b>Hotéis</b>				
Apartamentos	35 - 45	30 - 40		
Restaurantes, Salas de estar	40 - 50	35 - 45		
Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55	40 - 50		
<b>Residências</b>				
Dormitórios	35 - 45	30 - 40	39	37
Salas de estar	40 - 50	35 - 45	48	40
<b>Auditórios</b>				
Salas de concerto, Teatros	30 - 40	25 - 30		
Salas de Conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 - 45	30 - 35		
<b>Restaurantes</b>	40 - 50	35 - 45		
<b>Escritórios</b>				
Salas de reunião	30 - 40	25 - 35		
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 - 45	30 - 40		
Salas de computadores	45 - 65	40 - 60		
Salas de mecanografia	50 - 60	45 - 55		
<b>Igrejas e Templos</b>	40 - 50	35 - 45		
<b>Locais para esportes</b>				
Pavilhões fechados para espetáculos e ativ. esportivas	45 - 60	40 - 55		

# Conforto e Inteligibilidade na NBR 15575

- A norma NBR 15575, aborda o aspecto do conforto sem levar em conta a qualidade acústica dos ambientes.
- O ajuste do tempo de reverberação de um ambiente é fundamental para garantir conforto acústico além de inteligibilidade.

# NBR 15575-1:2008....



## 12. Desempenho Acústico

### 12.1 Generalidades

De forma a gerar conforto acústico a seus ocupantes, o edifício habitacional deve apresentar *isolamento acústico* adequado das *vedações externas*, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da habitação, e *isolamento acústico entre ambientes*.

.....NBR 15575-1:2008....

### 12.3 Requisito – Isolação acústica entre ambientes

Propiciar condições de isolação acústica entre ambientes.

#### 12.3.1 Critério- Isolação ao som aéreo entre pisos e paredes internas

Os sistemas de pisos e vedações verticais que compõe o edifício habitacional devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-4.

##### 12.3.1.1 Método de avaliação

Métodos especificados nas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-4.

# Métodos de medição da isolação sonora



- Método de precisão, realizado em laboratório, conforme a ISO 140-3.
- Método de engenharia, realizado em campo, conforme a ISO 140-4, para vedações verticais internas.
- Método simplificado, realizado em campo, conforme ISO 10052.

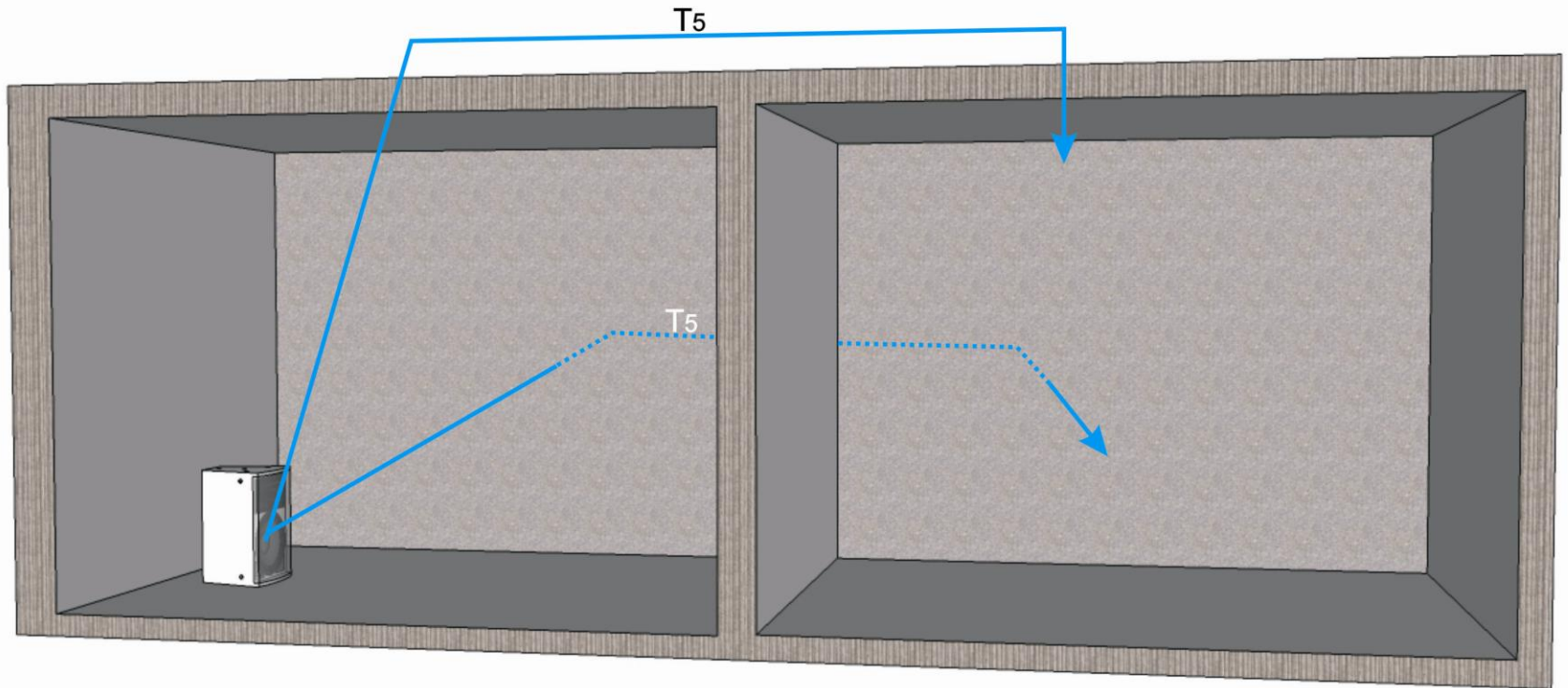
### 12.4.3 Premissas de projeto

#### O projeto deve considerar:

- a) o nível de ruído externo à edificação e os valores-limites estabelecidos para uso interno dos ambientes;
- b) a redução de ruído entre o lado externo e o lado interno de ambientes de uso específico, inclusive fachadas;
- c) as condições de geração, propagação e recepção dos sons na edificação;
- d) os ruídos contínuos, variáveis e de impactos, e das vibrações de equipamentos, como motores-bomba, elevadores, válvulas de descarga, motores geradores de energia, tubulações de água e esgoto, ventilação e ar-condicionado.

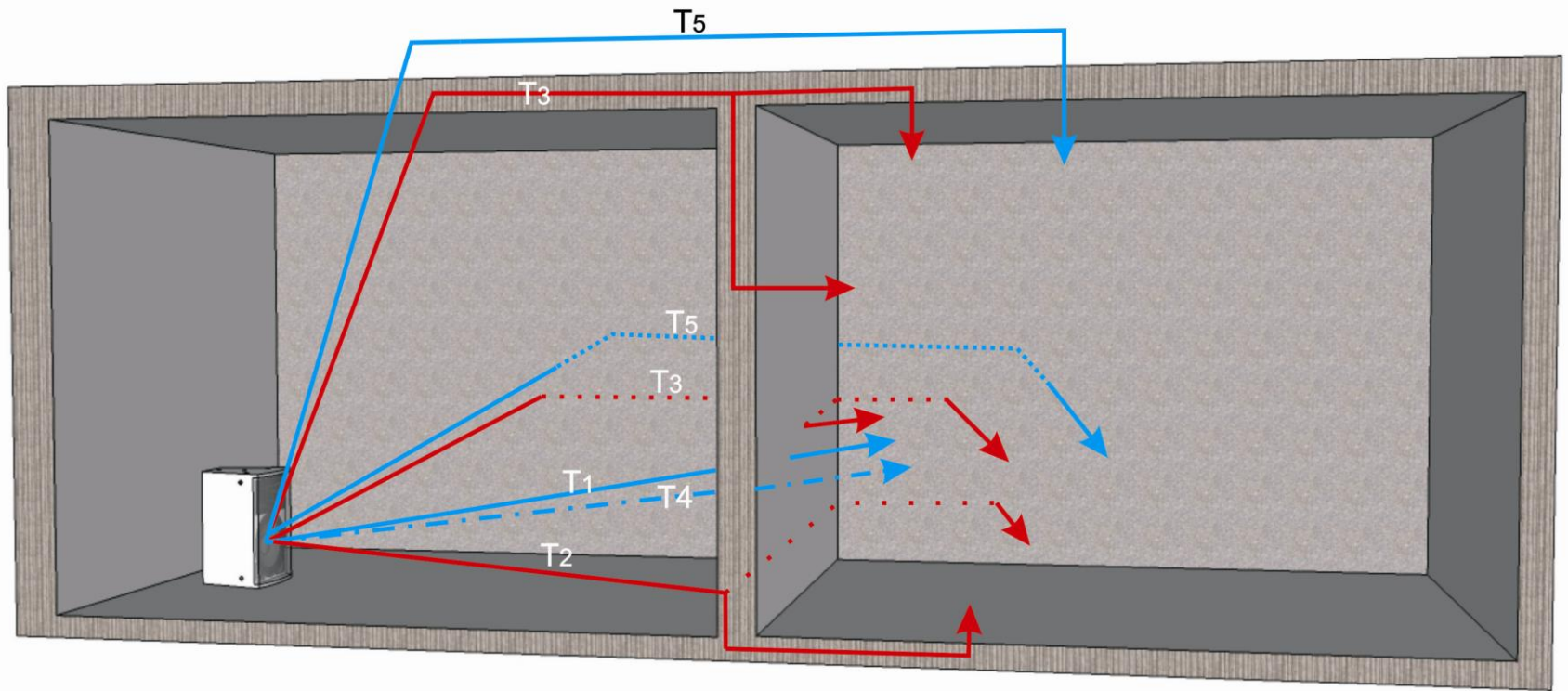


# Transmissão de ruído



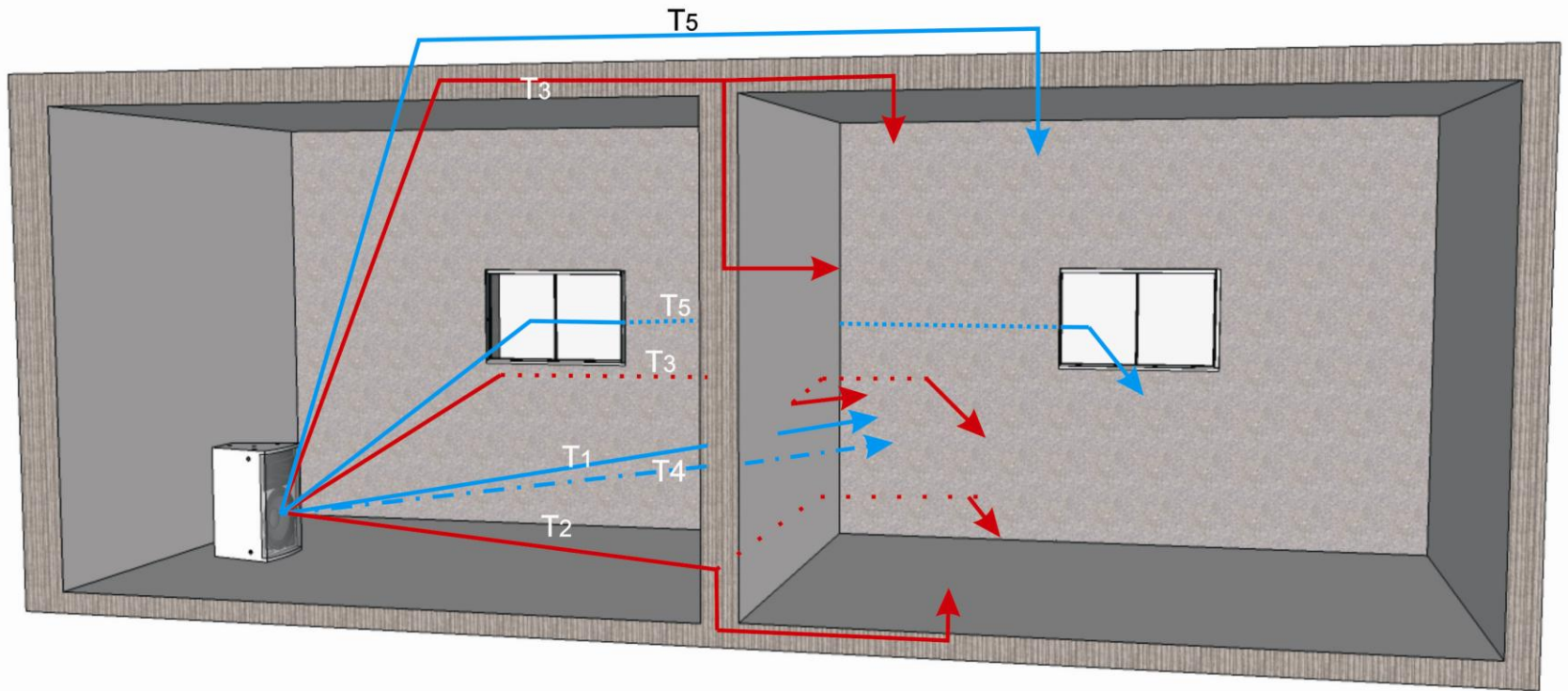
Fonte: Cristina Kawakita Ikeda

# Transmissão de ruído



Fonte: Cristina Kawakita Ikeda

# Transmissão de ruído



Fonte: Cristina Kawakita Ikeda

Marcelo de Mello Aquilino



# Exemplo de isolação sonora de paredes

Parede com área de  $10 \text{ m}^2$  e  $R_w = 50 \text{ dB}$

“Caixinha de elétrica” de  $10 \times 5 \text{ cm}$  ( $0,005 \text{ m}^2$ )

Poderá diminuir a Isolação Sonora para  $= 48 \text{ dB}$

# Exemplo de isolação sonora de paredes



Parede com área de  $10 \text{ m}^2$  e  $R_w = 50 \text{ dB}$

“compartimento como de uma caixa elétrica” com dimensões de  $25 \times 25 \text{ cm}$  ( $0,0625 \text{ m}^2$ )

Poderá diminuir a Isolação Sonora para  $= 41 \text{ dB}$

# NBR 15575-4:2008 (Sistemas de vedações verticais entre ambientes)

Tabela F.10 – Diferença padronizada de nível ponderado entre ambientes,  $D_{v,0,T,w}$ , para ensaios de campo

Elemento	$D_{v,0,T,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	30 a 34	M-Recomendado
	35 a 39	I
	$\geq 40$	S
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	40 a 44	M-Recomendado
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M-Recomendado
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40 a 44	M-Recomendado
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S

# NBR 15575-4:2008 (Sistemas de vedações verticais entre ambientes)

Tabela F.11 – Índice de redução sonora ponderado dos componentes construtivos,  $R_{w}$ , para ensaios em laboratório

Elemento da edificação	$R_{w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas de corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	35 a 39	M-Recomendado
	40 a 44	I
	$\geq 45$	S
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	45 a 49	M-Recomendado
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M-Recomendado
	55 a 59	I
	$\geq 60$	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	45 a 49	M-Recomendado
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S

# NBR 15575-4:2008 (Sistemas de vedações verticais entre ambientes)

Proposta de revisão da Norma – Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderado,  $D_{nT,w}$ , entre ambientes

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40 a 44	M-Recomendado
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M-Recomendado
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	30 a 34	M-Recomendado
	35 a 39	I
	$\geq 40$	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M-Recomendado
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades)	40 a 44	M-Recomendado
	45 a 49	I
	$\geq 50$	S



# NBR 15575-4:2008 (Sistemas de vedações verticais entre ambientes)

Proposta de revisão da Norma – Índice de redução sonora ponderado,  $R_{w}$ , de componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes

Elemento	$R_{w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	45 a 49	M-Recomendado
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	45 a 49	M-Recomendado
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	35 a 39	M-Recomendado
	40 a 44	I
	$\geq 45$	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M-Recomendado
	55 a 59	I
	$\geq 60$	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{w,DT,w}$ obtida entre as unidades)	45 a 49	M-Recomendado
	50 a 54	I
	$\geq 55$	S

# Como escolher uma parede ou divisória?

## Lei das massas:

Em geral quanto maior a massa da parede maior a sua isolação sonora !

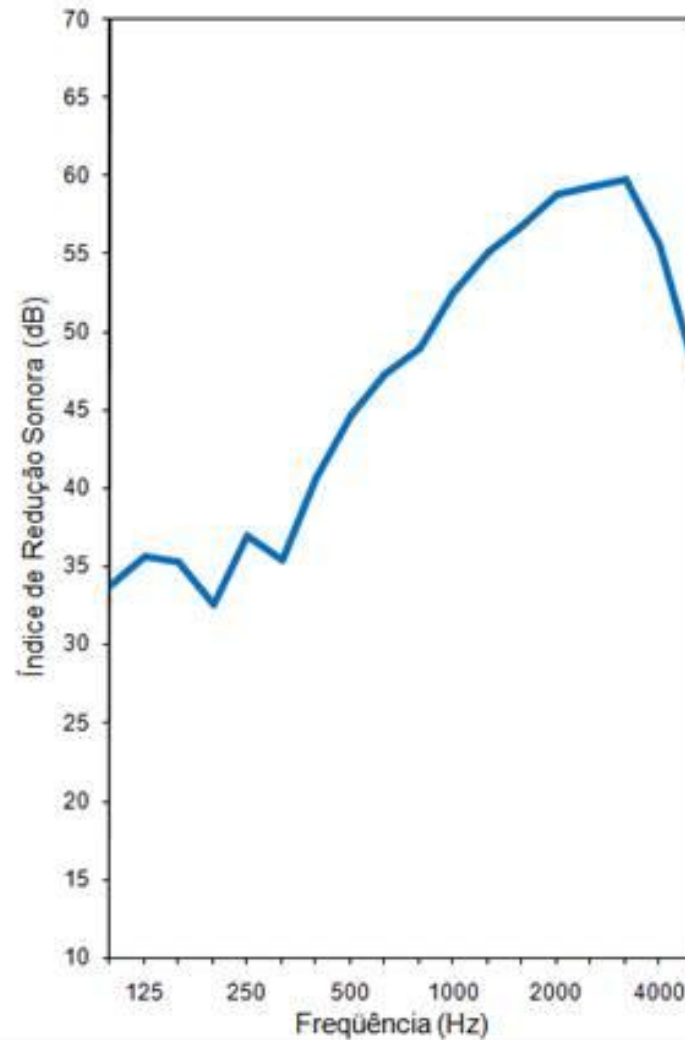
## Sistema massa + mola + massa:

Paredes leves compostas de “camadas” , quando dimensionadas corretamente e com boa estanqueidade (vedação das juntas) , podem atingir níveis altos de isolação sonora.

# Exemplo de medição de isolamento em laboratório - $R_w=48$ dB – Parede padrão do laboratório



# Gráfico de isolação acústica



Marcelo de Mello Aquilino

# Existe transmissão aérea também pelo piso



Para pisos, além da isolação para sons aéreos, é importante assegurar que não haja transmissão pela estrutura, evitando assim o indesejado “ruído de impacto de piso”.

# Garantia de bom isolamento acústico



É fundamental ter:

- qualidade acústica dos componentes, isto é  
isolação e absorção adequadas;
- Instalação/fabricação correta dos componentes.

# Alguns valores de isolação acústica

<b>Material</b>	<b>Isolação acústica (dB)</b>
Parede de tijolo maciço de 40 cm de espessura	51
Parede de tijolo maciço de 20 cm de espessura	45
Parede de tijolo maciço de 10 cm de espessura	39
Parede de concreto de 8 cm de espessura	43
Parede de concreto de 16 cm de espessura	49
Madeira maciça de 5 cm de espessura	30
Vidro de espessura de 3 mm	16
Vidro de espessura de 6 mm	22
Laje de concreto de 10 cm	39
Laje de concreto de 18 cm	50

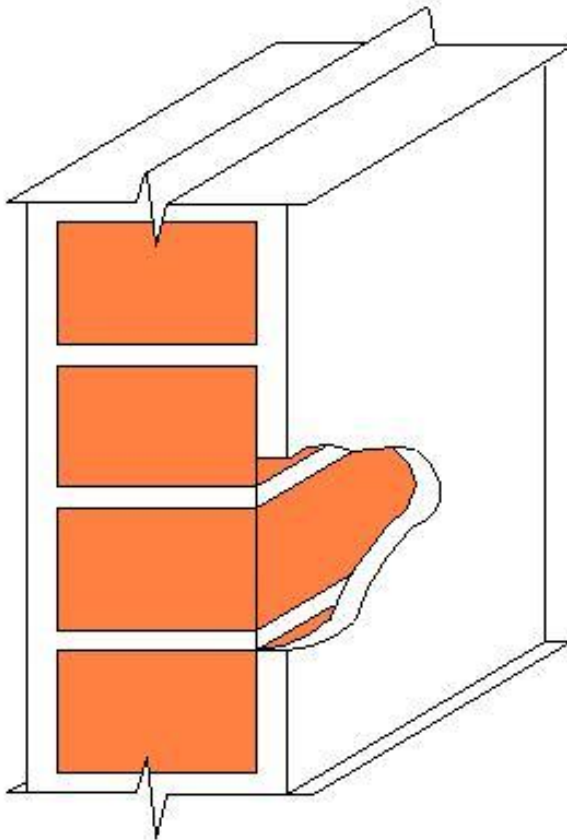
**Dados calculados teoricamente**



# **Acústica e Térmica. O que acontece?**

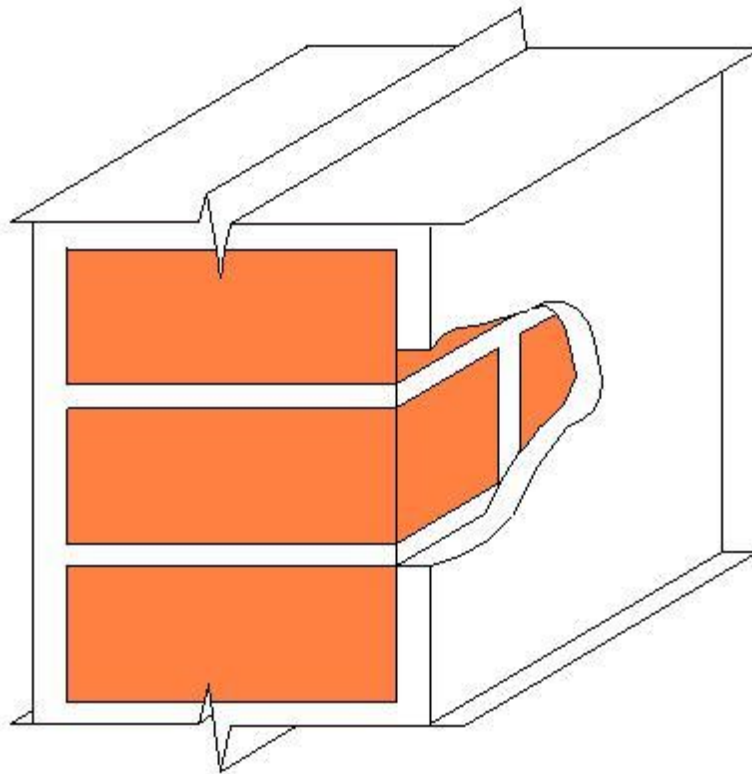


# Parede



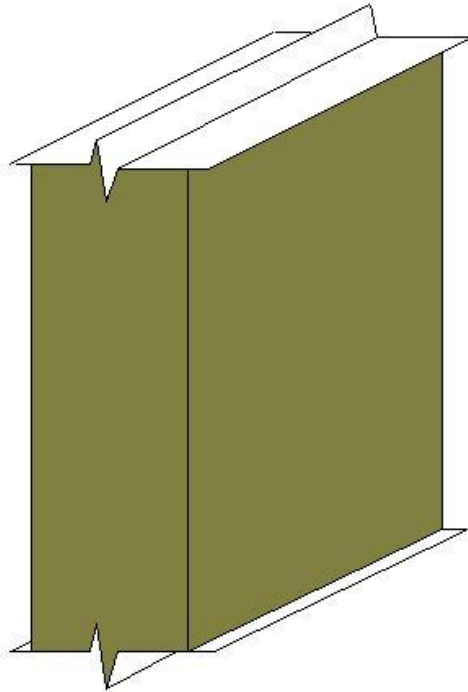
- Tijolo maciço Espessura de 10 cm e argamassa de revestimento
- $U = 3,13 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 255 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $R_w = 45 \text{ dB}$

# Parede



- Tijolo maciço  
Espessura de 20 cm  
e argamassa de  
revestimento
- $U = 2,25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $C_T = 445 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
- $R_w = 50 \text{ dB}$

# Parede



- Parede de concreto maciço -  
Espessura de 10 cm
- $R_w = 44$  dB (densidade 2200 kg/m<sup>3</sup>)
- $C_T = 240$  kJ/(m<sup>2</sup>.K) ;  $U = 4,40$  W/(m<sup>2</sup>.K)
- $R_w = 41$  dB (densidade 1600 kg/m<sup>3</sup>)
- $C_T = 175$  kJ/(m<sup>2</sup>.K) ;  $U = 3,80$  W/(m<sup>2</sup>.K)
- $R_w = 36$  dB (densidade 800 kg/m<sup>3</sup>)
- $C_T = 87$  kJ/(m<sup>2</sup>.K) ;  $U = 3,20$  W/(m<sup>2</sup>.K)



Obrigado pela atenção:

Marcelo de Mello Aquilino

[aquilino@ipt.br](mailto:aquilino@ipt.br)