

# Os Fundamentos da ACÚSTICA

## Controle de Ruídos e Qualidade do Som



Bill Tolliver

Gerente de Suporte Técnico America do Sul

# Acústica

- O que é Som?
  - ✉ Propriedades
    - Ondas, frequência, dB, absorção, reflexão
- Controle de Ruídos
  - ✉ *Reduzindo sons indesejáveis entre ambientes*
- Qualidade do Som
  - ✉ *Melhorando sons desejáveis dentro ambientes*
- Montagens de Pisos Soluções Acústicas
- Informação de Referência

---

O Que é Som?

# O que é Som?

- Som é o movimento ou vibração de moléculas causadas por perturbações físicas
  - ✉ Por exemplo:
    - Alto falantes
    - Fogos de artifício
    - Motor de carro
- O som viaja através do ar, líquidos e sólidos, em todas as direções

# O que é SOM?

O som viaja através do ar a uma velocidade constante, a uma determinada temperatura do ar: 342,9 m por segundo (em um dia com temperatura média).

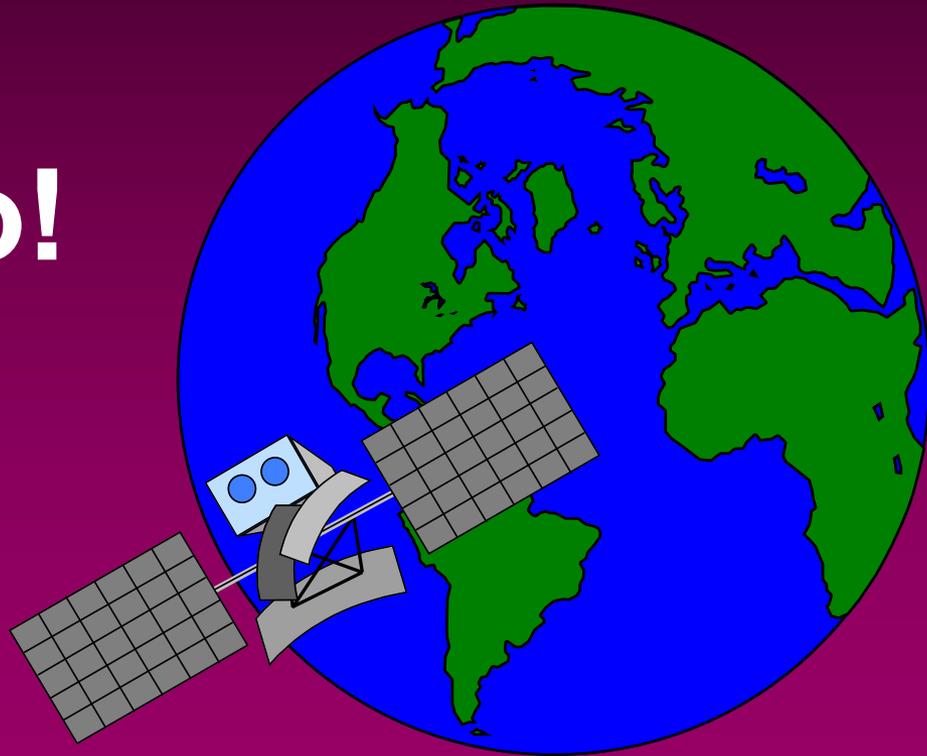
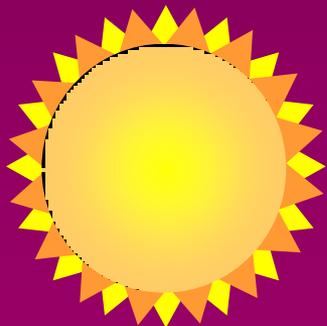


As ondas sonoras se afastam da fonte, diminuindo de intensidade com a distância.

# O que é Som?

- Onde não existe som?

**No vácuo!**



# O que é Som?

O **SOM** é uma perturbação física num meio (ar) e é uma combinação de dois componentes:

## 1) FREQUÊNCIA (Hz)

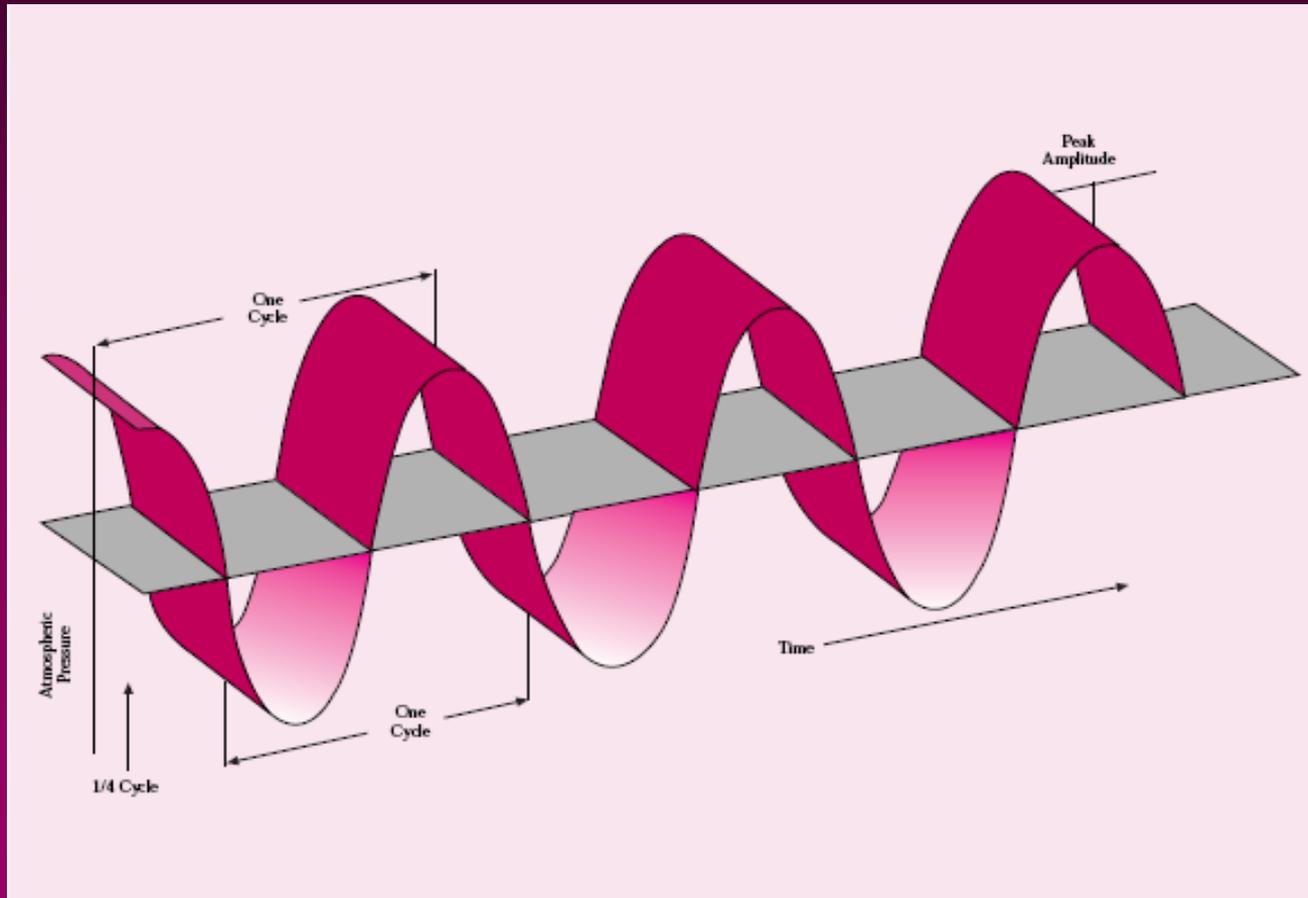
- Determina o tom ouvido.
- Intervado auditivo humano - 20 Hz to 20.000 Hz
- A frequência é o número de eventos de um fenómeno oscilatório que ocorre na unidade de tempo. É, assim, resultante da relação entre a velocidade do som ( $C$ ) e seu comprimento de onda ( $\lambda$ ), dada pela frequência ( $f$ ) em ciclos por segundo (hertz). O som dito "comum" é analisado em faixas de oitavas ou terços de oitavas de frequência

## 2) INTENSIDADE (Pa)

- Determina o volume ouvido
- Mede as flutuações de pressão do ar acima e abaixo da pressão atmosférica normal (100 kPa)
- A Intensidade é a amplitude das ondas sonoras reflete a intensidade dos estímulos sonoros e determina a sensação subjetiva de ruído do som para a pessoa que o ouve. Sua unidade básica é o bel, uma razão entre duas intensidades, sendo freqüente a utilização de medida de intensidade dB (decibel).

# O que é SOM?

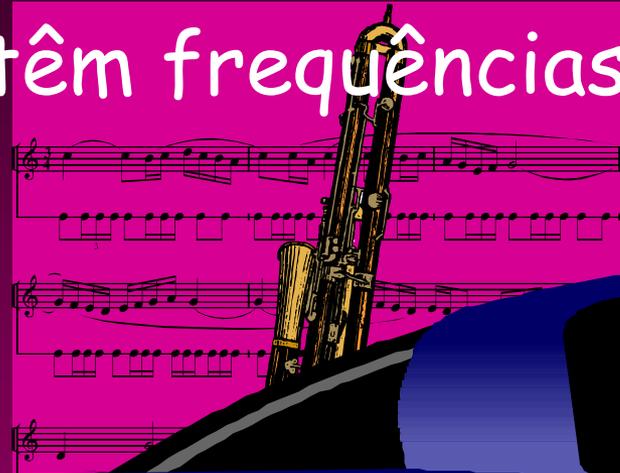
## FREQUÊNCIA E INTENSIDADE



# O que é Som?

## Frequência

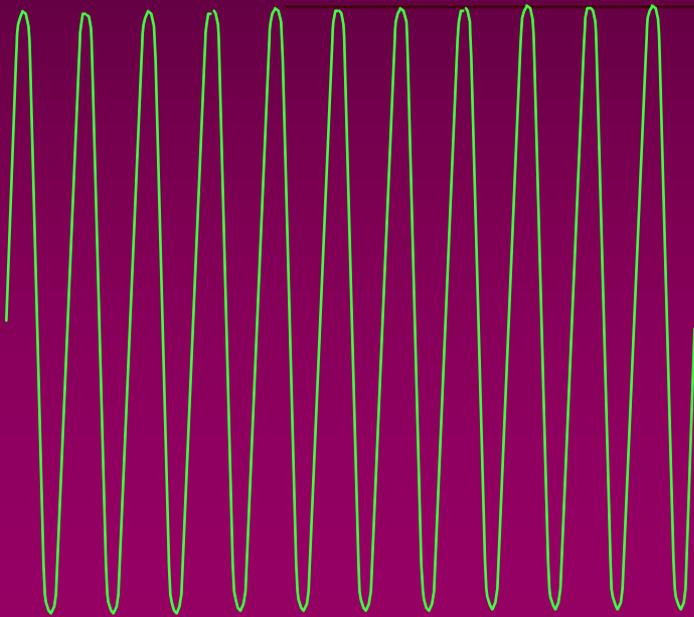
- As ondas sonoras têm frequências diferentes



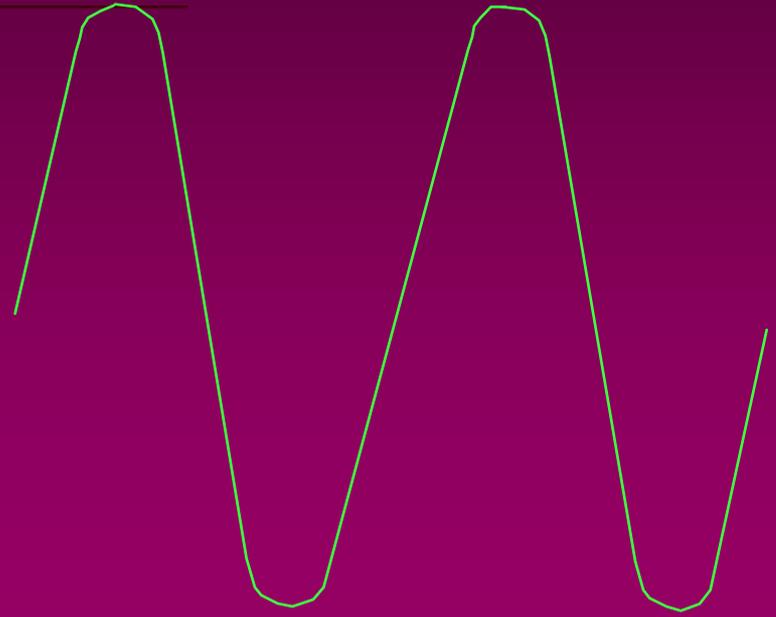
# O que é Som?

## Frequência

- Som de alta frequência

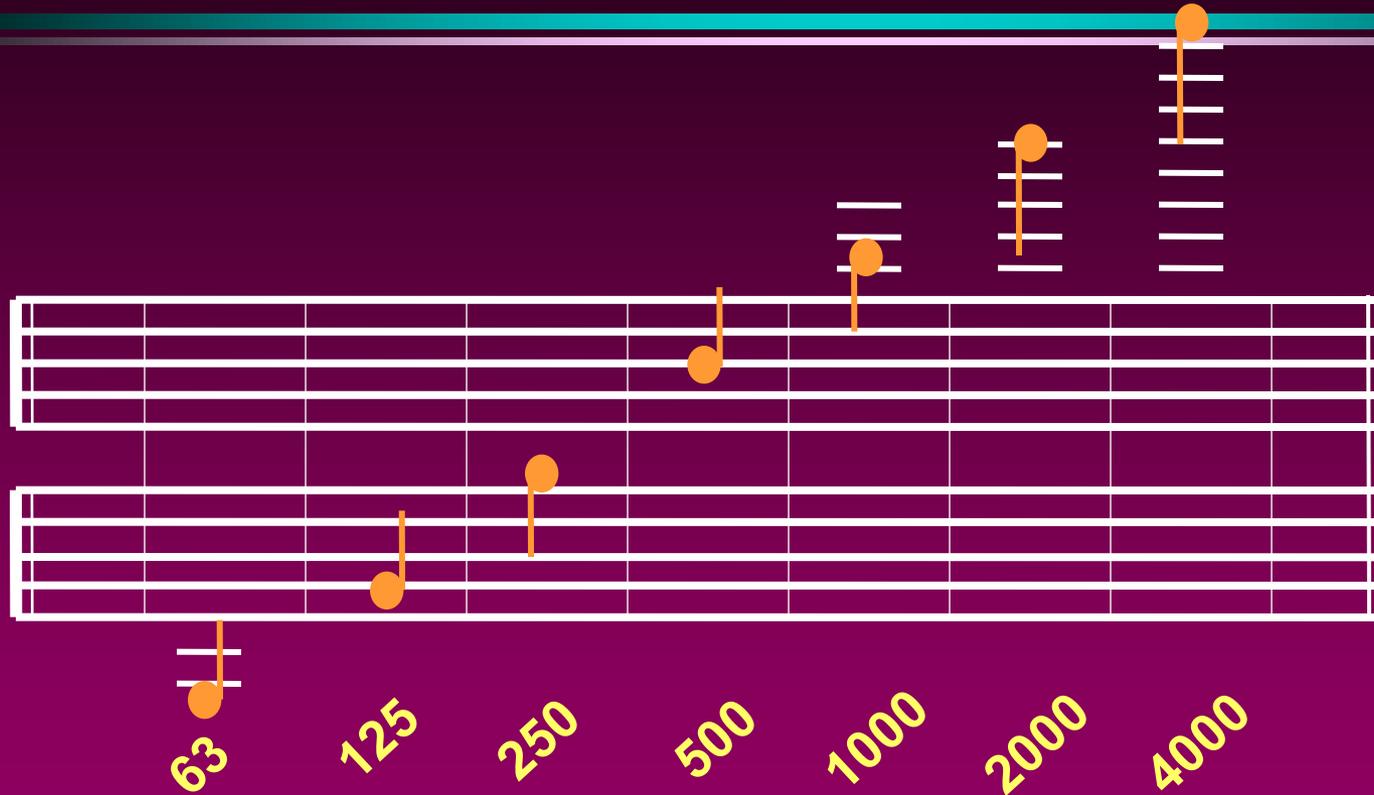


- Som de baixa frequência



# O que é Som?

O Som é Composto por Várias Frequências



**Tudo em Hertz (ciclos por segundo)**

# O que é Som?

## Intensidades

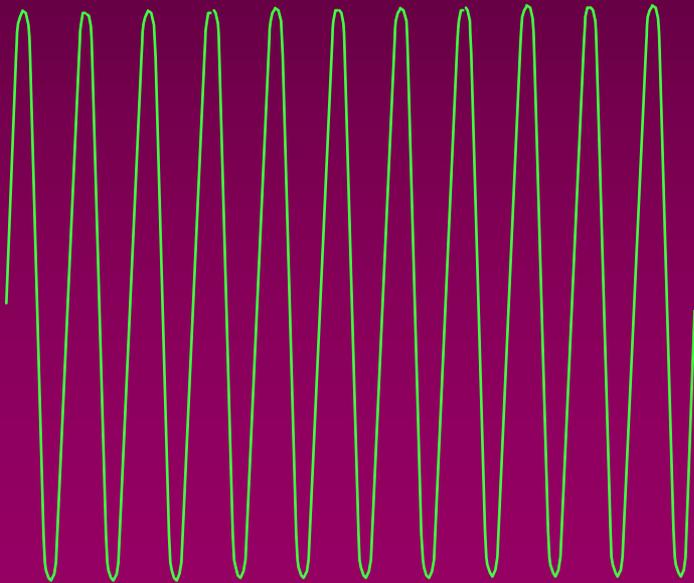
- As ondas sonoras têm diferentes intensidades



# O que é Som?

## Intensidade

- Sons altos = altas pressões sonoras



- Sons discretos - baixas pressões sonoras



# O que é Som?

## Intensidade

---

- Definição de dBs:
- Alexander Graham Bell, o "B" do dB, descobriu que ao medir o som obtinha números muito altos, como 10a à 13a potência.

# O que é Som?

## Intensidade

- Este tipo de escala não fazia sentido relativamente à nossa escuta; então, ele a comprimiu usando uma escala logarítmica.
- Portanto, bel = 10 decibéis
  - ✉ dois béis = 20 decibéis
- Zero dB é o ponto de partida de onde um bebê escuta o mais leve dos sons.

# O que é Som?

## Intensidade

Fonte do Som	dB's	Pressão (Pa)
Foguete para Saturno	194	100,000
Avião a Jato	160	2,000
Limiar da dor	135	
Rebitadeira	120	20
Trânsito Pesado	80	0.2
Fala em Tom de Conversa	60	0.02
Escritório	50	
Residência	40	0.002
Folhas farfalhando	20	0.0002
Limiar da Escuta	0	0.00002

# O que é Som?

- O som resulta da vibração de moléculas
- No ar, essas vibrações formam áreas de alta e baixa pressão, resultando em "ondas sonoras"
- Essas ondas sonoras variam por:
  - ✉ Frequência (número de ciclos por unidade de tempo)
  - ✉ Pressão (intensidade, dB)

# O que é Som?

Dispositivos para medir som.



---

# Controle de Ruídos

# Controle de Ruídos

## O que são os efeitos do ruído?

O excesso de ruído pode ser encontrado em qualquer lugar.

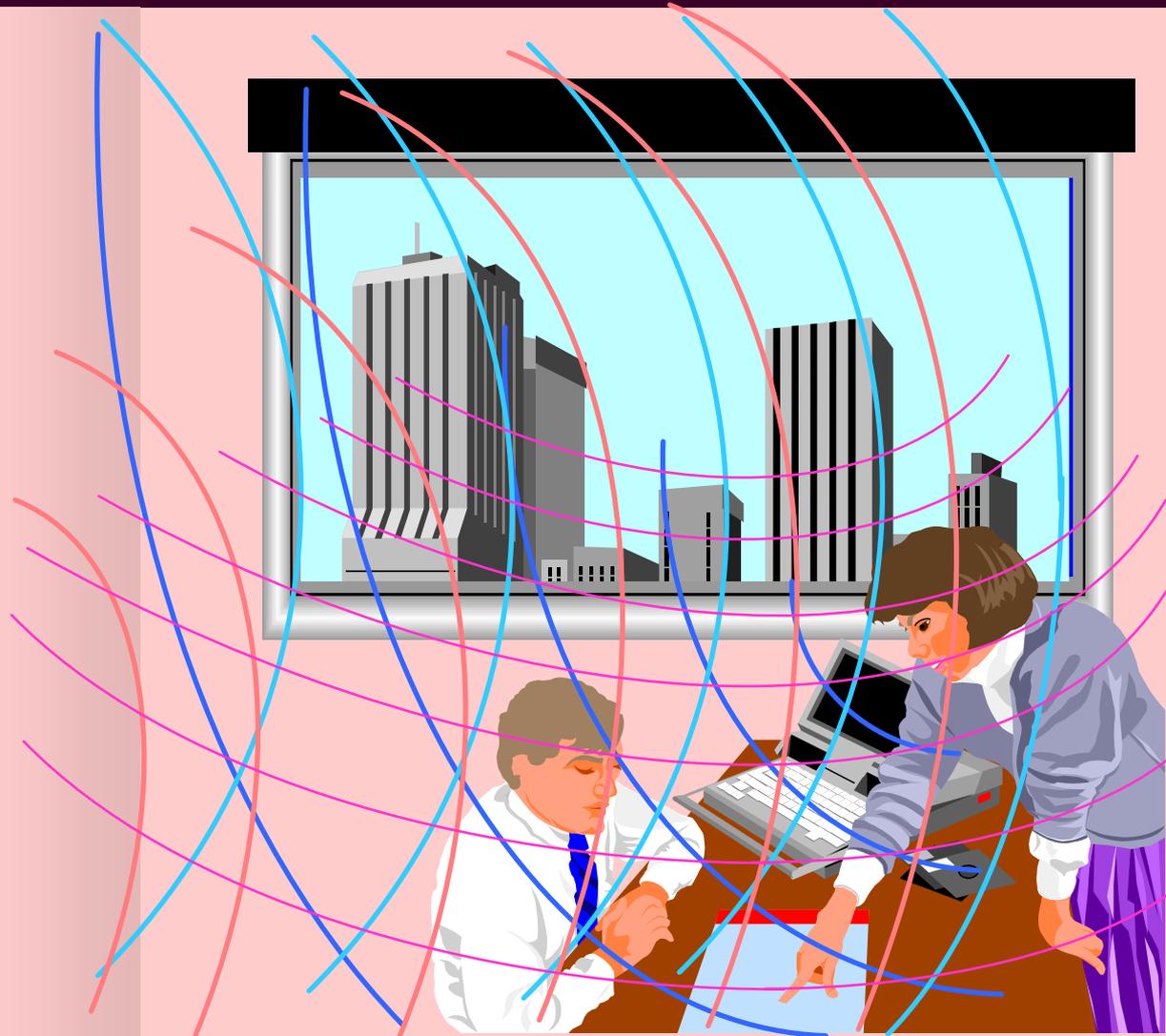
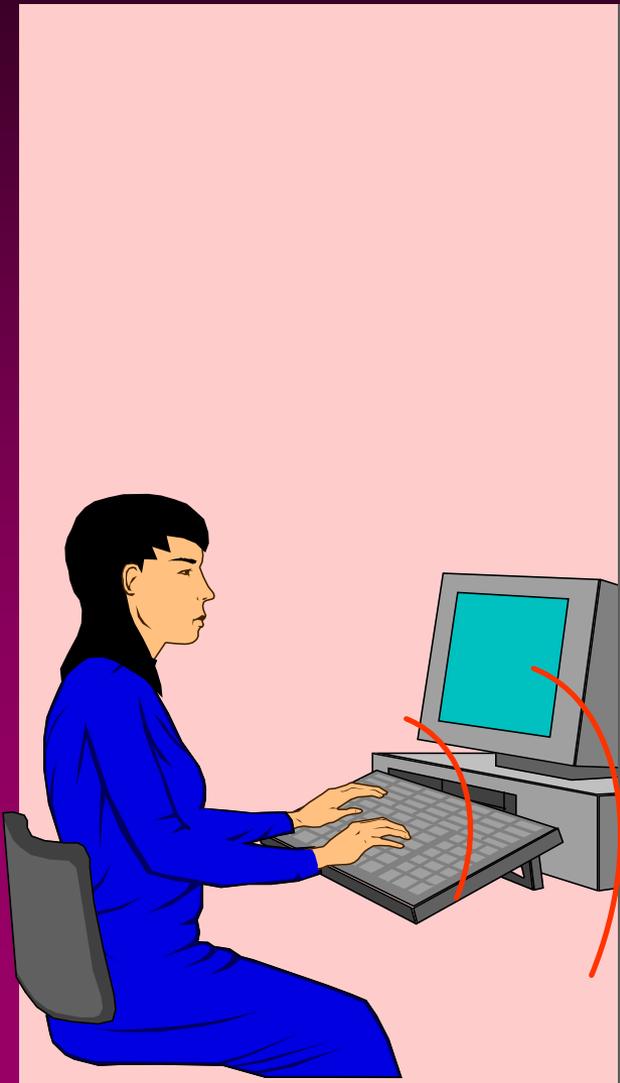
Pode causar:

- Cansaço
- Diminuição da produtividade dos trabalhadores
- Em casos extremos, perda de audição



# Controle de Ruídos

## Onde está o ruído?



# Controle de Ruídos

- Reduzindo sons indesejáveis



# Controle de Ruídos

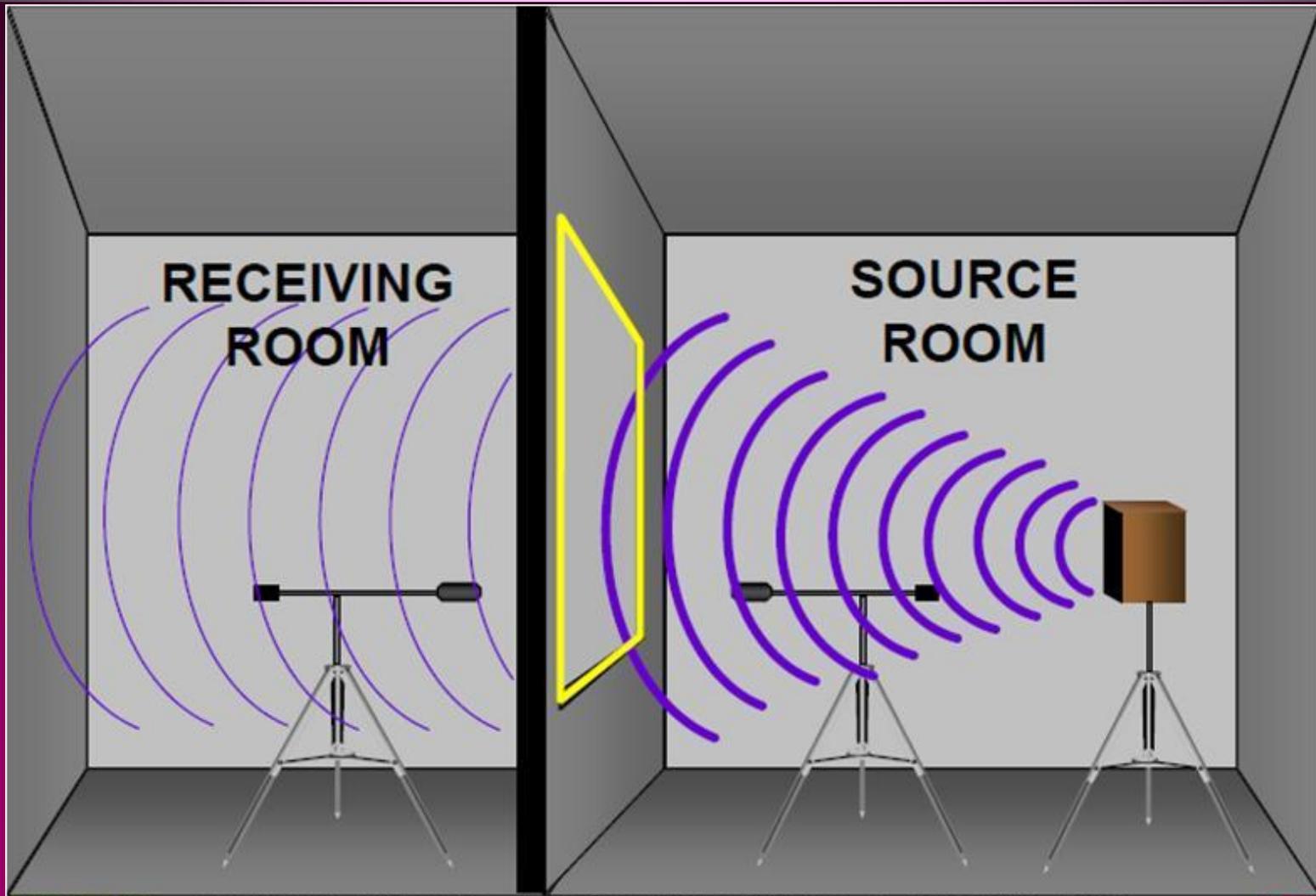
---

Dois métodos para controlar ruídos

1. Na fonte... Geralmente não será possível
2. Na engenharia do projeto do prédio

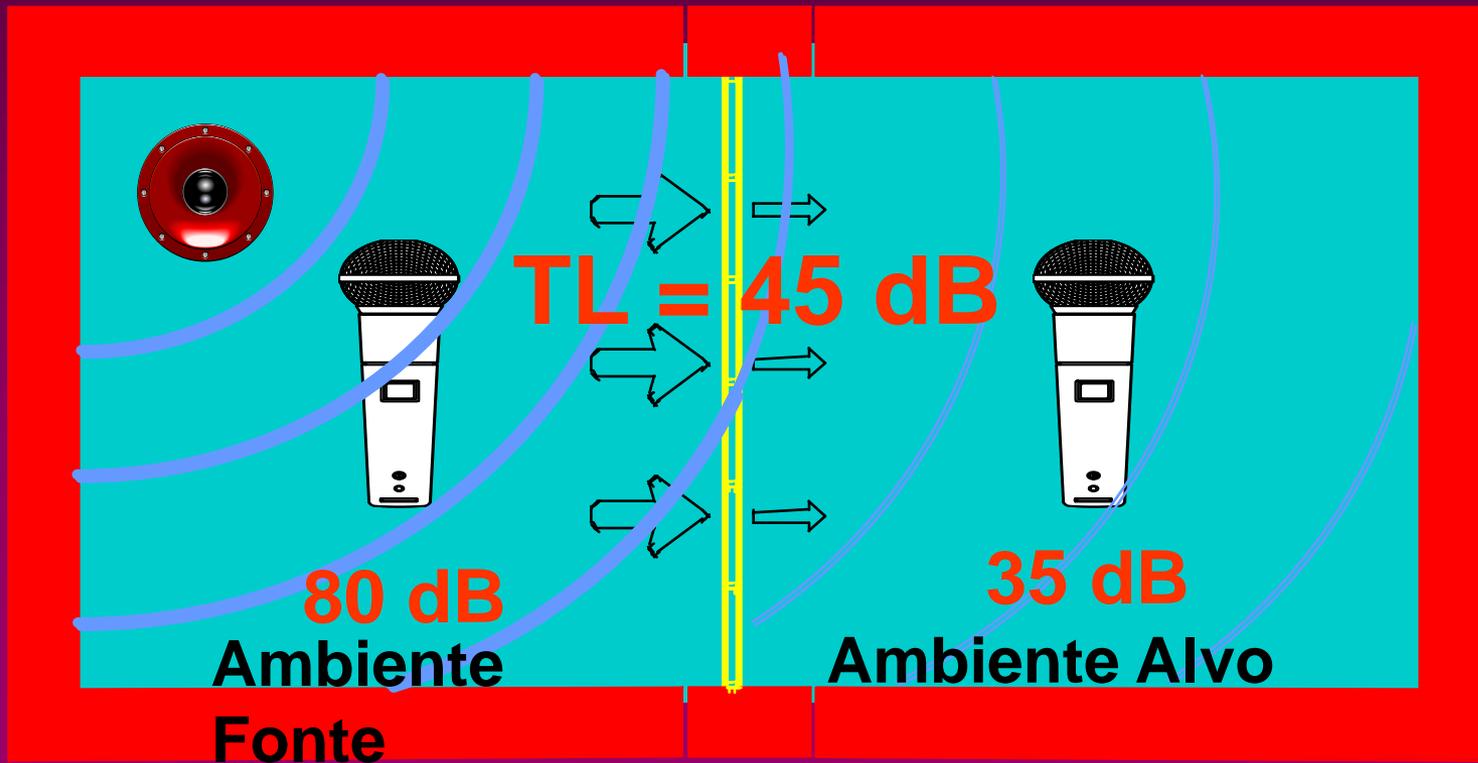
# Como Podemos Medir a Atenuação do Som?

ASTM E413 ou ISO 717/1



# Como Podemos Medir a Atenuação do Som?

- Como se mede a capacidade de isolamento acústico de uma parede?.....
- ASTM E 90 - Medição da Perda da Transmissão do Som



# Controle de Ruidos

## Rw : Índice Ponderado de Redução Sonora

**Índice Ponderado de Redução Sonora - Rw** - Índice de redução do som transportado pelo ar medido em laboratório. Este índice é determinado de acordo com a EN ISO 717-1 a partir de medições efectuadas de acordo com EN 20140-3 sobre a banda da terceira octava da banda de frequência 100-3150 Hz.

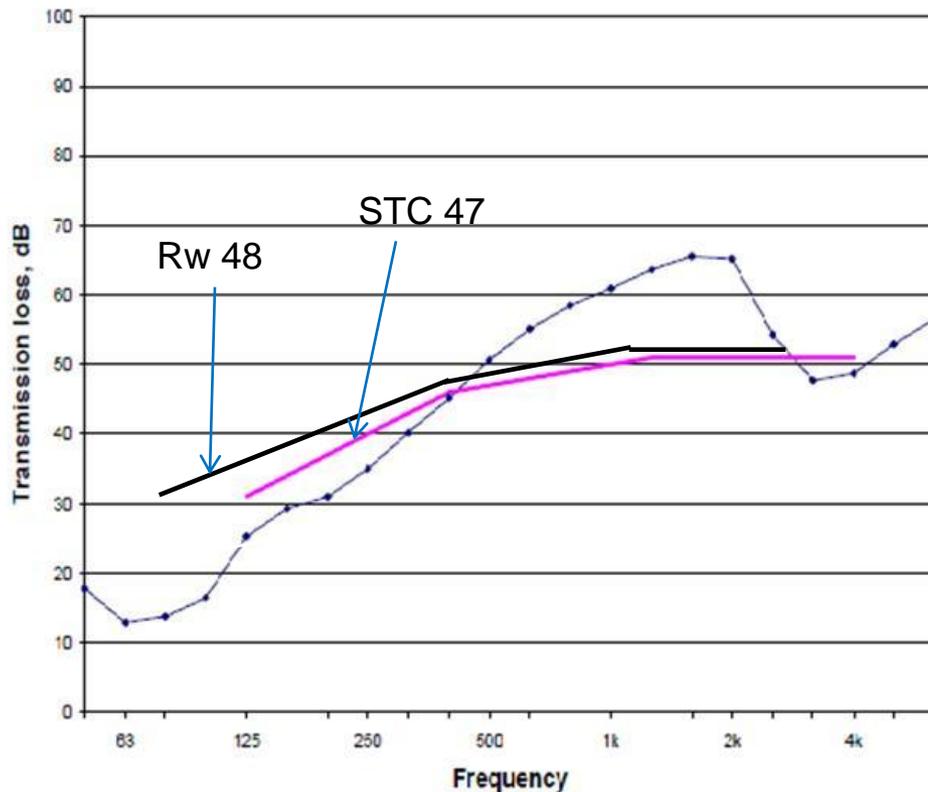
**Classe de transmissão do Som STC** - índice da perda de transmissão de som transportado pelo ar medido em laboratório. É calculado de acordo com a ASR 413-87 usando valores de perda de transmissão de som medidos de acordo com ASTM E 90-90 sobre uma gama de frequência 125-4000 Hz.

Em general, os valores de Rw e STC dão o mesmo número (ou apresentam menos de 1-2dB de diferença). O valor Rw (ou STC) é um valor numérico que descreve a capacidade que têm os elementos de construção, como a parede, piso, teto, porta ou janela, de minimizar a transmissão de ruídos de uma área para outra.

A perda real de transmissão de som depende das frequências específicas no ambiente

# Controle de Ruidos

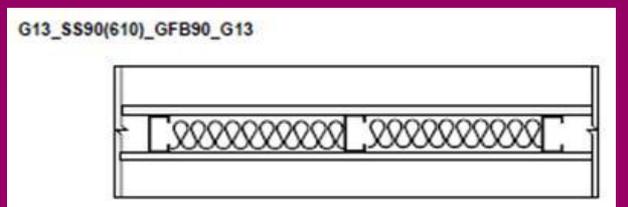
## Resultados das Provas-Exemplo



TestID	TL-92-413
STC	47
50 Hz	17.6
63 Hz	12.9
80 Hz	13.6
100 Hz	16.5
125 Hz	25.3
160 Hz	29.3
200 Hz	31.0
250 Hz	35.0
315 Hz	40.2
400 Hz	45.2
500 Hz	50.6
630 Hz	55.1
800 Hz	58.5
1000 Hz	60.9
1250 Hz	63.7
1600 Hz	65.5
2000 Hz	65.2
2500 Hz	54.2
3150 Hz	47.7
4000 Hz	48.7
5000 Hz	52.9
6300 Hz	56.5

Element	Description:
1	single layer of 13 mm gypsum board
2	90 mm steel studs at 610 mm on centre
3	90 mm of glass fibre insulation in cavity
4	single layer of 13 mm gypsum board

TL-92-413				
	element 1	element 2	element 3	element 4
type	gypsum board	stud	insulation	gypsum board
material	B	steel	G1	B
thickness mm	13	90	90	13
gauge		25		
spacing mm		610		
surface density kg/m <sup>2</sup>	8.3		1.2	8.2
linear density kg/m		0.6		
total weight kg	61.4	13.0	8.7	61.1
fastener spacing - edge mm	305			305
fastener spacing - field mm	305			305
fastener top track pattern	c			c
fastener base track pattern	c			c
stud attached to top track		yes		
double header				
orientation	vertical			vertical



# Grau de Transmissão Sonora - Rw

Valores Rw	Audibilidade das conversas	Grau de controle sonoro
15 - 25	Voz normal, de fácil compreensão	Ruim
25 - 35	Voz alta de fácil compreensão	Regular
35 - 45	Voz normal apenas ouvida mas não entendida	Boa
45 - 55	Voz alta apenas ouvida mas não entendida	Muito boa
55 - acima	Voz alta geralmente inaudível	Excelente

# A Percepção dos Decibéis por Pessoa Varia

---

- 0-3dB Quase imperceptível
- 4-5dB Perceptível e significativo
- 6dB Nível de som resultante  $1/4$  do nível inicial
- 7-9dB Redução importante recebida
- 10dB Nível de som resultante  $1/2$  do nível inicial

# Controle de Ruídos

## Os princípios de Controle de Ruídos



### #1 Aumente a massa.

- ✘ Espessura de Drywall  
- 12,5mm → 15mm
- ✘ Numero de camadas de Drywall.

# Controle de Ruídos

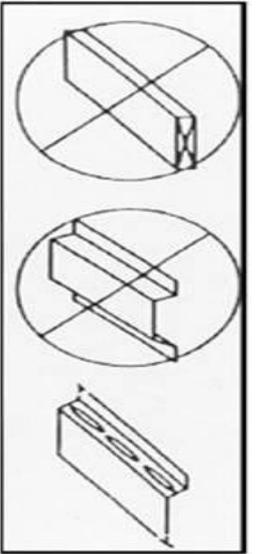
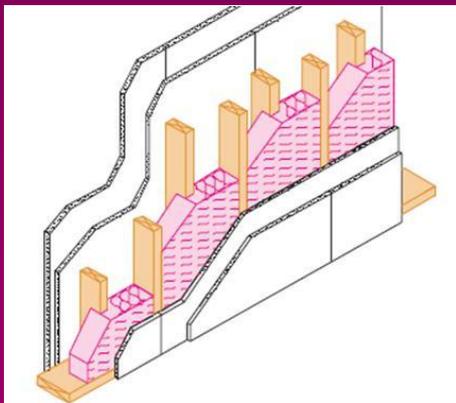
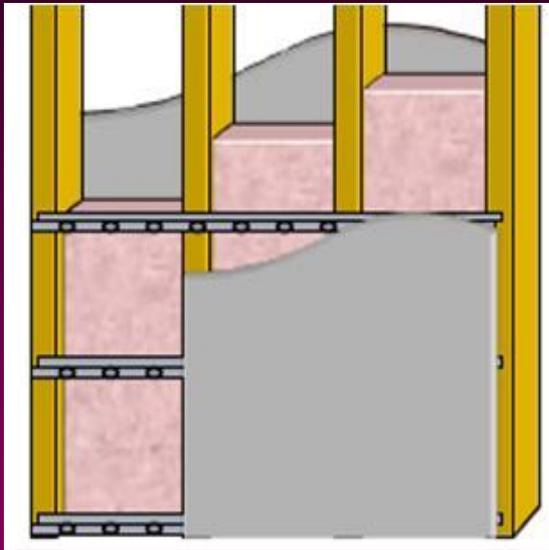
## Os princípios de Controle de Ruídos

### #2 Quebre o caminho.

☒ Use montantes de aço em vez de madeira.

☒ Use pefis para quebrar caminho.

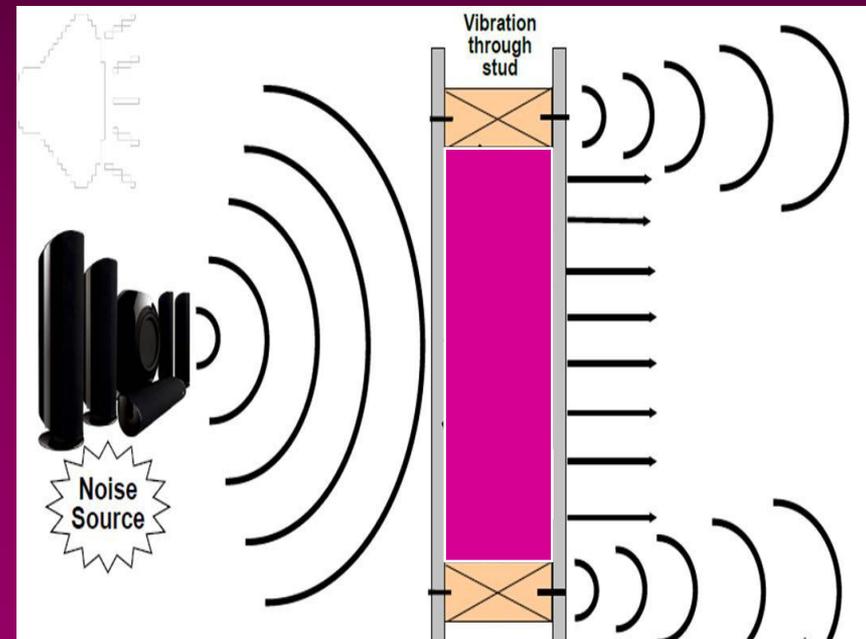
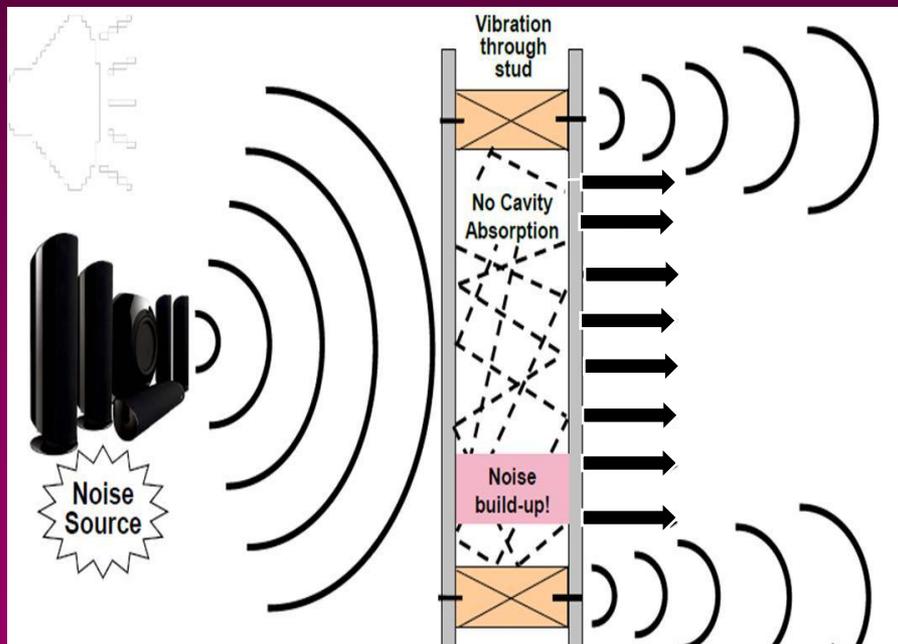
☒ Paredes duplas.



# Controle de Ruídos

## Os princípios de Controle de Ruídos

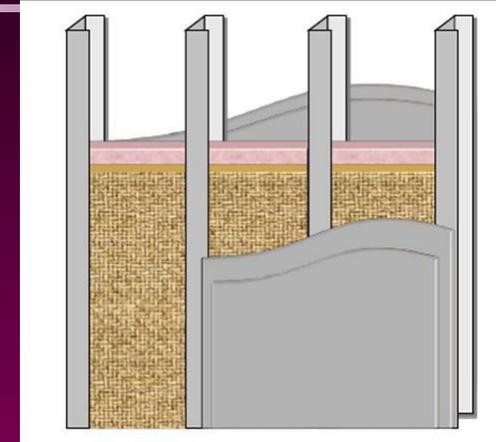
### #3 Absorção na cavidade.



Encher cavidade com fibra de vidro.

# A importância de densidade de isolamento em cavidade

- Só a densidade do isolamento não significativamente muda o valor de  $STC/R_w$  da assembléia.
- A resistência de fluxo de ar e o fator que contribui com a perda de transmissão e depende do...
  - ☒ Diâmetro de fibra (menor e melhor)
  - ☒ Densidade (maior e melhor).
- Lã de rocha tem densidade maior ( $33\text{kg/m}^3$ ) mas também diâmetros de fibra maiores (9 microns).
- Lã de vidro geralmente tem densidades menores ( $10$  a  $12\text{ kg/m}^3$ ) mas com um diâmetro de fibra menor (6 microns).
- Então....A resistência de fluxo de ar para lã de rocha e fibra de vidro são similares.
- A verdade é que a diferença entre provas é maior que a diferença dos valores de  $R_w$  de lã de rocha e fibra de vidro.



## Fonte:

National Research Council Canada,  
Reporte IRC-IR-693 Oct 1995

# A importância de densidade de isolamento em cavidade



			
<b>3-1/2" Mineral Wool</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	<b>55</b>
<b>3-1/2" Fibre Glass</b>	<b>49</b>	<b>52</b>	<b>56</b>

Fonte: National Research Council Canada, Reporte IRC-IR-693 Oct 1995

# A importância de espessura de isolamento em cavidade

Fonte: National Research Council Canada, Reporte IRC-IR-693 Oct 1995

A quantidade (espessura) de absorção na cavidade tem um efeito significativo na transmissão de som- Quanto maior a fração da cavidade preenchida com material de absorção, maior a perda de transmissão de som (STC e  $R_w$ )."

"The amount (thickness) of absorption in the cavity has a significant effect on the sound transmission-the greater the fraction of the cavity filled iwth absorption, the higher the sound transmission loss (STC and  $R_w$ )."

# A importância de espessura de isolamento em cavidade

Fonte: National Research Council Canada, Reporte IRC-IR-693 Oct 1995.

"A diminuição de transmissão de som continua a aumentar com espessura crescente do material de absorção. Com o cavidade preenchida pela metade com material de absorção, a perda de transmissão de som fica em um STC 5dB (ou  $R_w$  3dB) menos que obtido enchendo a cavidade completamente".

"The sound transmission loss continued to increase with increasing thickness of the absorptive material. With the cavity half-filled with absorptive material, the sound transmission loss was about 5dB STC (or 3dB  $R_w$ ) less than obtained by filling the cavity completely."

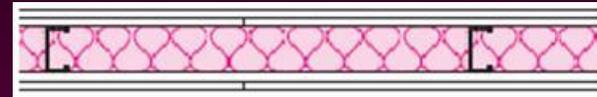
# Controle de Ruídos

Parede de Concreto Maciço vs. Steel Frame + Drywall + Fibra de Vidro

Porque Steel Frame + Fibra de vidro?

Veja exemplo ao direito....

- Mesma desempenho acústica  $R_w=54$  dB.
- Apenas 11% do peso de uma parede de concreto maciço.
- Mais espaço na ambiente com menos espessura de parede.
- Melhor desempenho termico. Precisa 770 mm de espessura de concreto maciço para ter o igual valor R.
- Construção rápida.
- A parede facilita a instalação de elétrico e tubos.



Parede de Steel Frame com Drywall  
Montantes 90mm (61cm C-C)  
Duas chapas de Drywall 15,0mm cada lado  
Owens Corning R11 89mm Fibra de vidro

- $R_w=54$  dB
- Peso= 45 kg/m<sup>2</sup>
- Desempenho Termico (com ponte térmico)

$$U=0,81 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$R=1,23 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$



Parede de Concreto-189mm

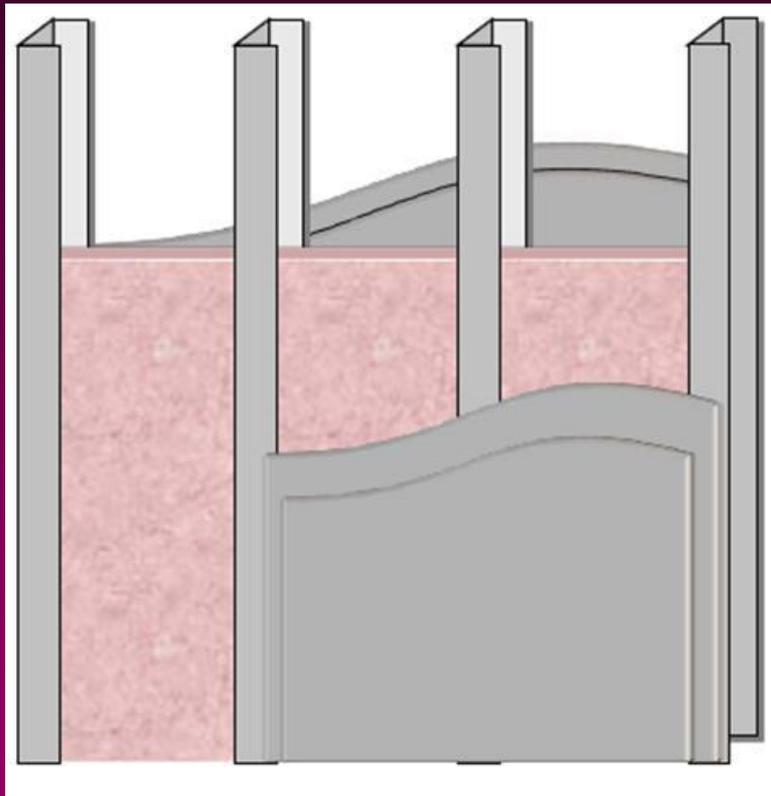
- $R_w=54$  dB
- Peso= 400 kg/m<sup>2</sup>
- Desempenho Termico

$$U=3,46 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$R=0,29 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

# Rw: Índices de Redução Sonora Ponderado

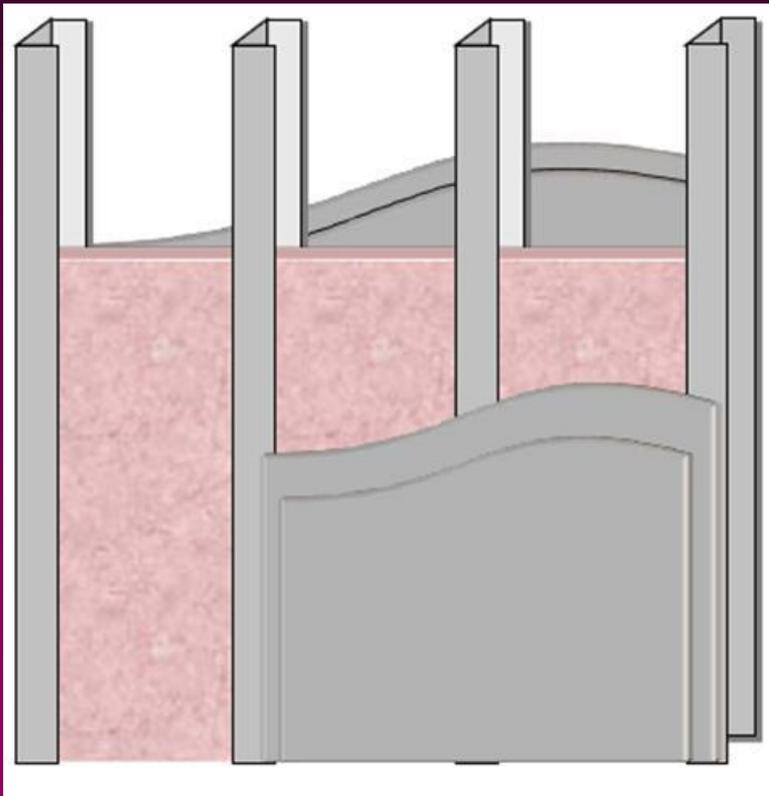
Montantes: 48mm, Drywall: 12,5mm



- **Sem Isolante** Rw 34  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Sem Isolante** Rw 42  
(**Duas** chapas de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** Rw 43  
(Owens Corning R1,22 50mm)  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** Rw 50  
(Owens Corning R1,22 50mm)  
(**Duas** chapas de Drywall ambos lados)

# Rw: Índices de Redução Sonora Ponderado

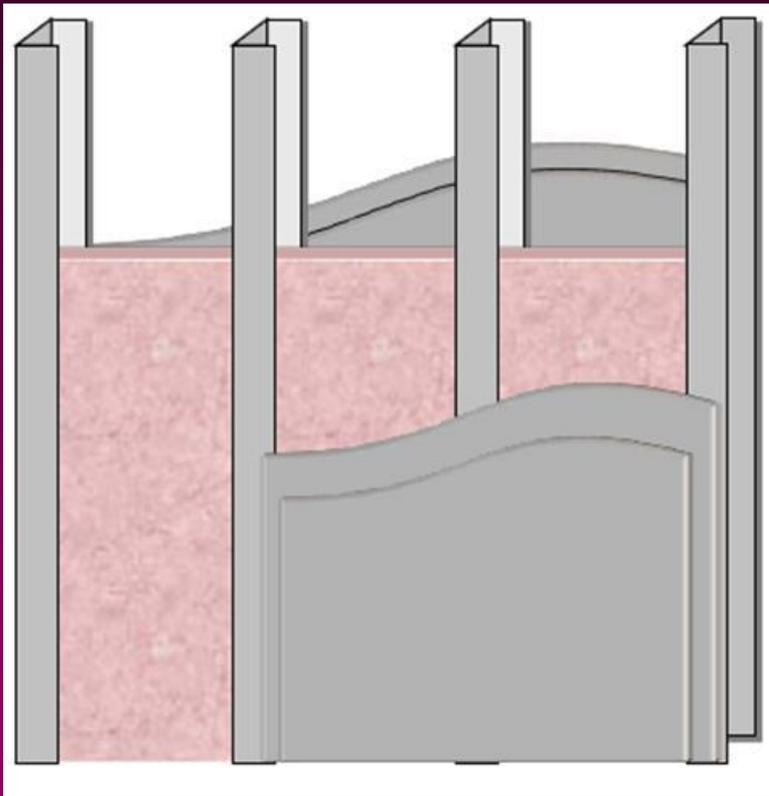
Montantes: 48mm, Drywall: 15,0mm



- **Sem Isolante** **Rw 36**  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** **Rw 47**  
(Owens Corning R1,22 50mm)  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** **Rw 53**  
(Owens Corning R1,22 50mm)  
(Duas chapas de Drywall ambos lados)

# Rw: Índices de Redução Sonora Ponderado

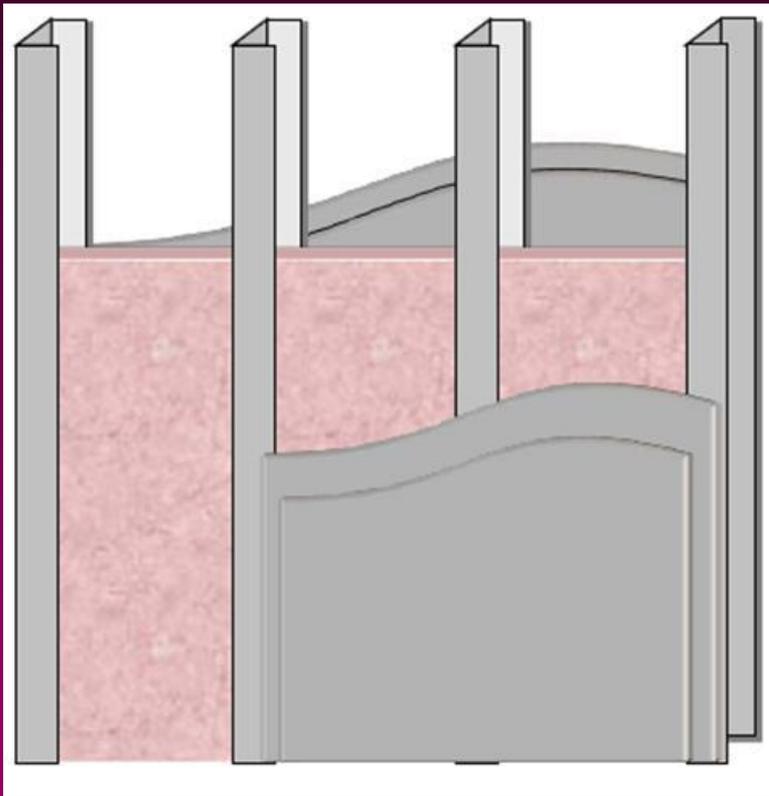
Montantes: 70mm, Drywall: 12,5mm



- **Sem Isolante** Rw 38  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** Rw 44  
(Owens Corning R1,83 70mm )  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** Rw 51  
(Owens Corning R1,83 70mm)  
(**Duas** chapas de Drywall ambos lados)

# Rw: Índices de Redução Sonora Ponderado

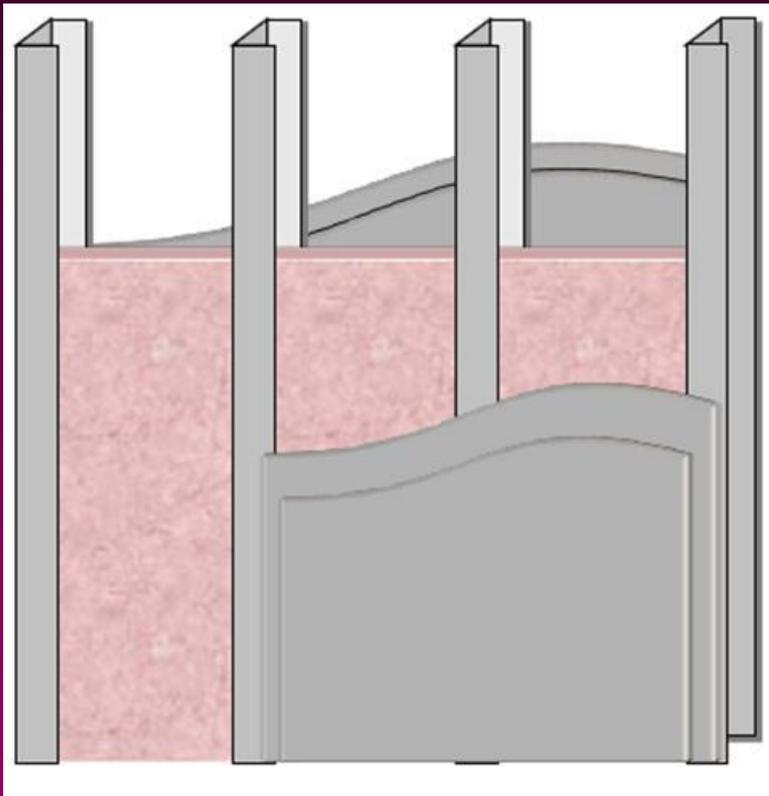
Montantes: 70mm, Drywall: 15,0mm



- **Sem Isolante** Rw 43  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** Rw 48  
(Owens Corning R1,83 70mm)  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** Rw 54  
(Owens Corning R1,83 70mm)  
(**Duas** chapas de Drywall ambos lados)

# Rw: Índices de Redução Sonora Ponderado

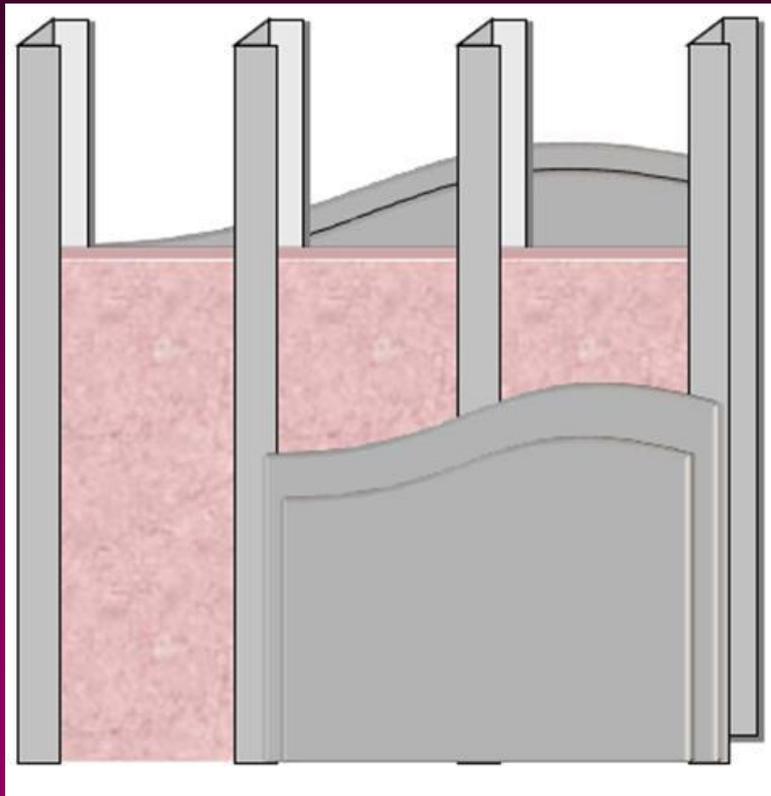
Montantes: 90mm, Drywall: 12,5mm



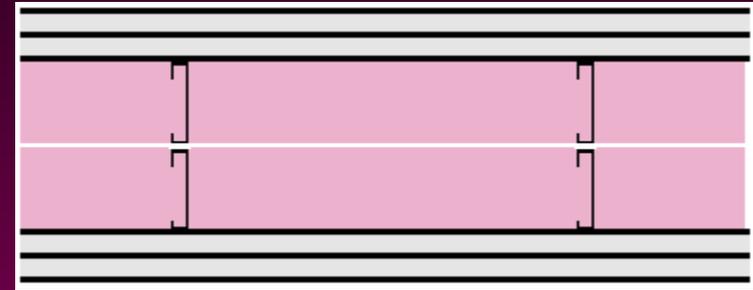
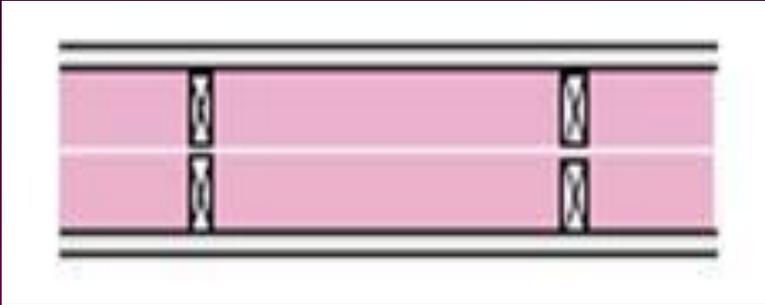
- **Sem Isolante** **Rw 39**  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** **Rw 45**  
(Owens Corning R2,05 90mm)  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** **Rw 52**  
(Owens Corning R2,05 90mm)  
(**Duas** chapas de Drywall ambos lados)

# Rw: Índices de Redução Sonora Ponderado

Montantes: 90mm, Drywall: 15mm



- **Sem Isolante** Rw 43  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** Rw 48  
(Owens Corning R2,05 90mm)  
(Uma chapa de Drywall ambos lados)
- **Com Isolante** Rw 54  
(Owens Corning R2,05 90mm)  
(Duas chapas de Drywall ambos lados)



Parede dupla 90mm **montantes de madeira**

Duas camadas de fibra de vidro

Owens Corning R1,94 89mm

**Uma** chapa de Drywall ambos lados

15mm de espessura

Espessura da parede=235mm

Rw=60dB

Parede dupla 90mm **montantes de Aço**

Duas camadas de fibra de vidro

Owens Corning R1,94 89mm

**Duas** chapas de Drywall ambos lados

15mm de espessura

Espessura da parede=265mm

Rw=69+ dB

# Controle de Ruídos

- Outras considerações de design

Caminhos Paralelos.....

Selagem de Perímetros...

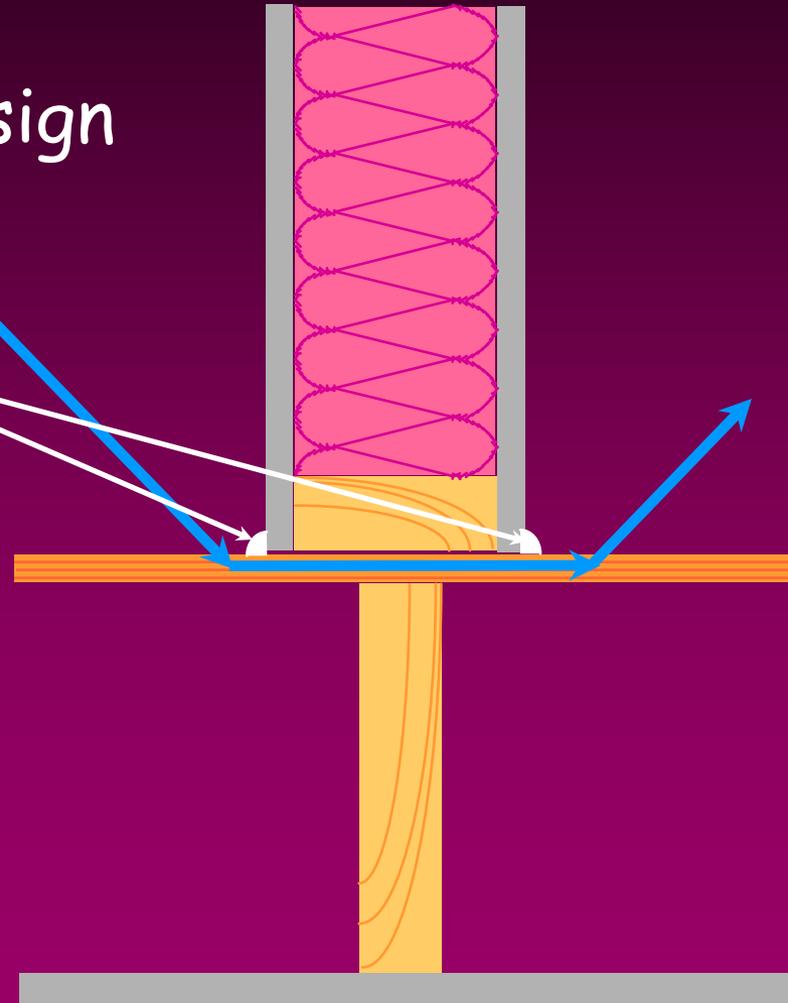
Portas

Janelas

Parte elétrica

Parte hidráulica

Dutos



# Recomendações para ajudar a reduzir a transmissão sonora

## PAREDES:

- Selar o perímetro da parede.
- Aplicar selante adesivo resistente na base dos 2 lados da parede.
- Instalar telefones, campainhas, etc. em paredes interiores, não em paredes que separam áreas sociais.
- Pendurar prateleiras e quadros, isso aumenta a difusão do som em um ambiente.

## PORTAS:

- Em um corredor, não colocar uma porta na frente da outra.
- Preferir portas que não sejam de correr.
- Usar portas sólidas.
- Em piso de cerâmica ou tapetes, usar um capacho de proteção em portas externas.

# Recomendações para ajudar a reduzir a transmissão sonora

## JANELAS:

- Diminuir o tamanho das janelas frente a áreas ruidosas.
- Assegurar que as janelas móveis fechem bem.
- As janelas de folha dupla e as cortinas ajudam a reduzir a transmissão sonora.

## PISOS E FORROS:

- Selar frestas no contrapiso.
- Instalar carpete grosso.
- As aberturas dos encanamentos de gás e linhas elétricas devem estar seladas com selante adesivos.

- Os valores de  $R_w$  e  $STCs$  tratam o som de ambiente para ambiente.
- A Qualidade do Som trata o som dentro do ambiente
- Falamos do  $STC$  e  $R_w$ , agora vamos falar..
  - ☒ dos  $NRCs$  e
  - ☒ o Tempo de Reverberação

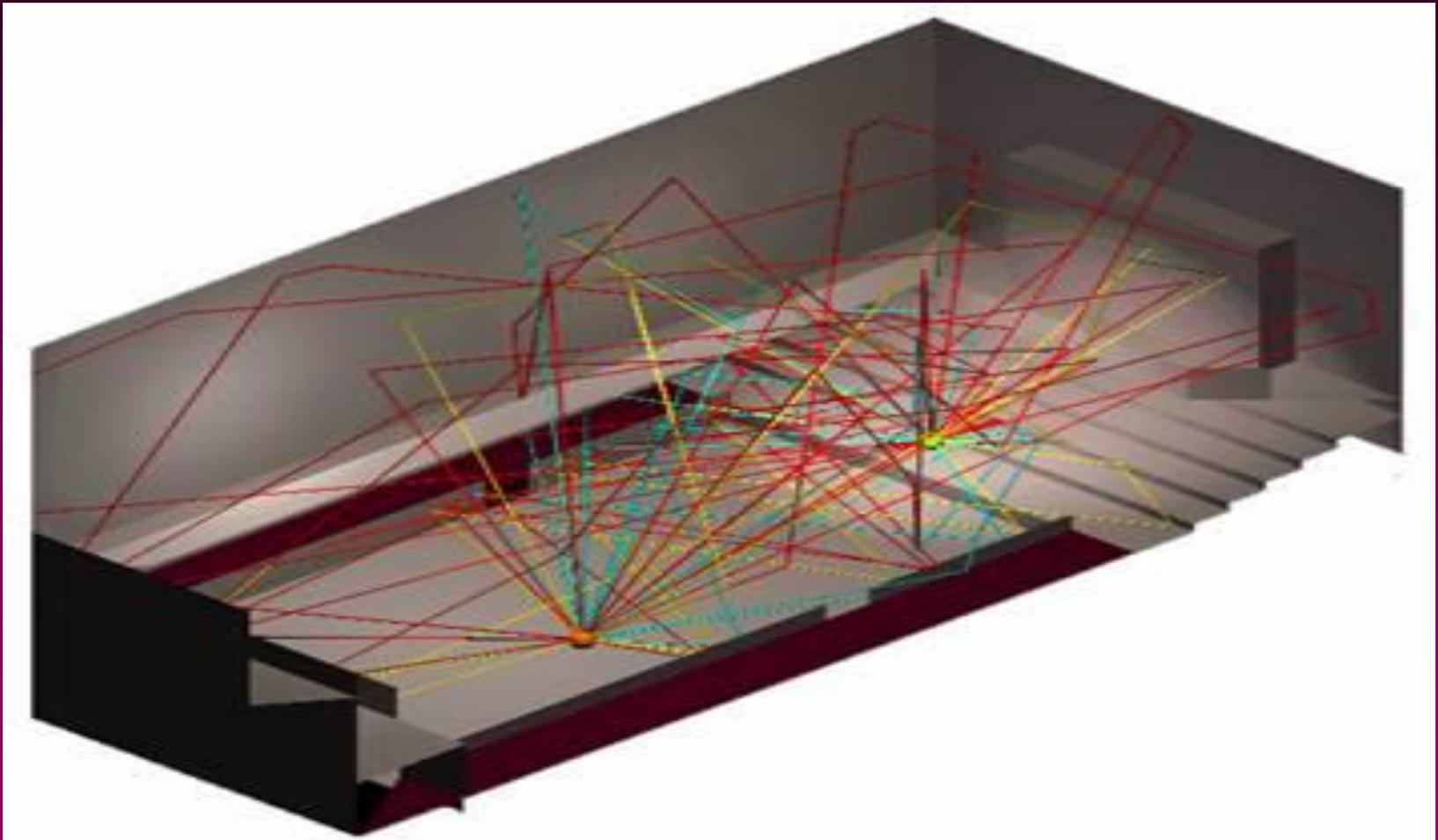
Objetivo.....

Melhoria de qualidade de som no ambiente interno.

---

Qualidade de  
Som no  
Ambiente  
Interno

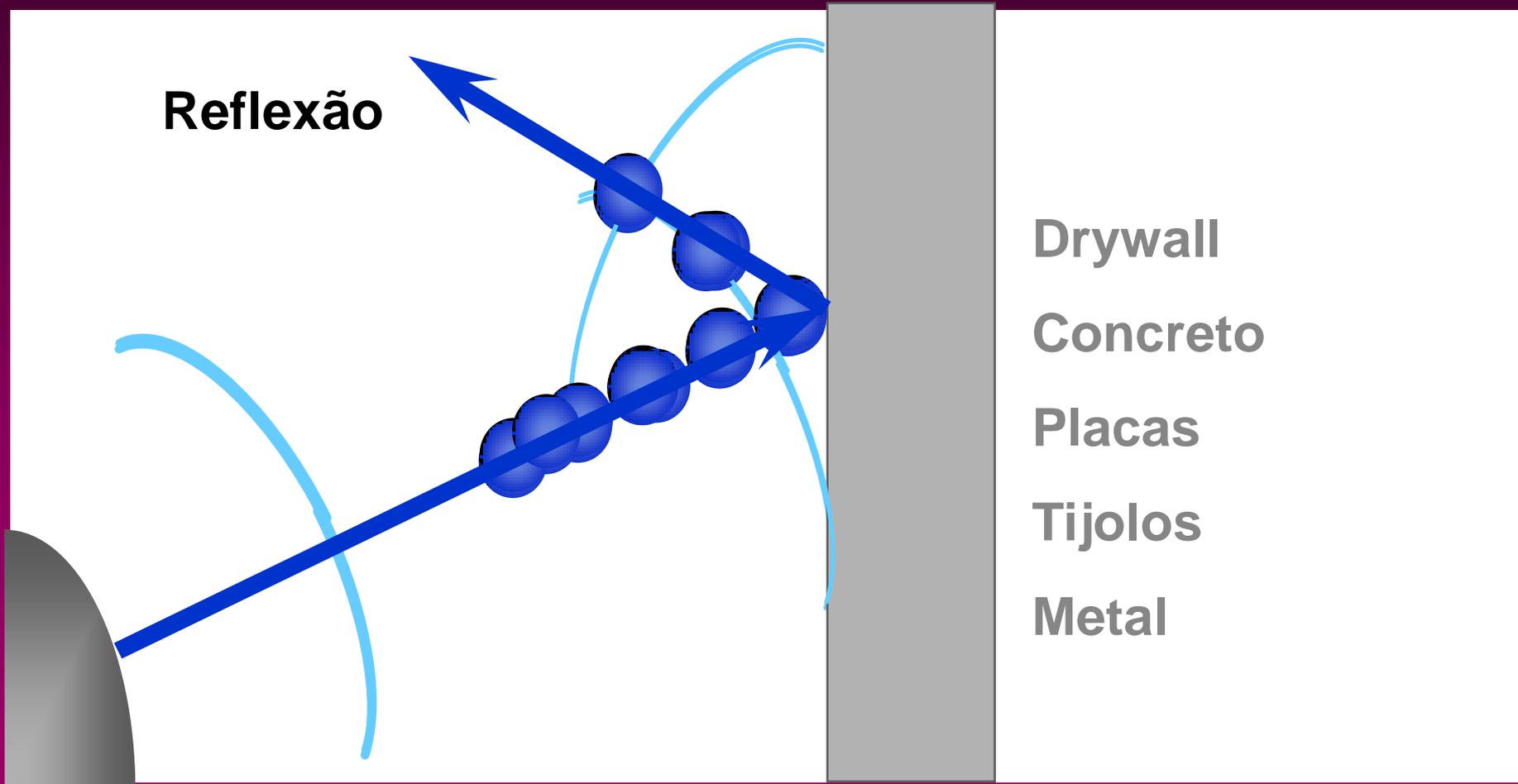
# Qualidade de Som No Ambiente Interno



# Qualidade de Som

## Superfícies Duras

As ondas sonoras refletem em superfícies “duras”



# Qualidade de Som

Superfícies Duras com materiais de alta absorção

As ondas sonoras perdem Energia na medida que passam por materiais de alta absorção (“soft”)

Menor Reflexão

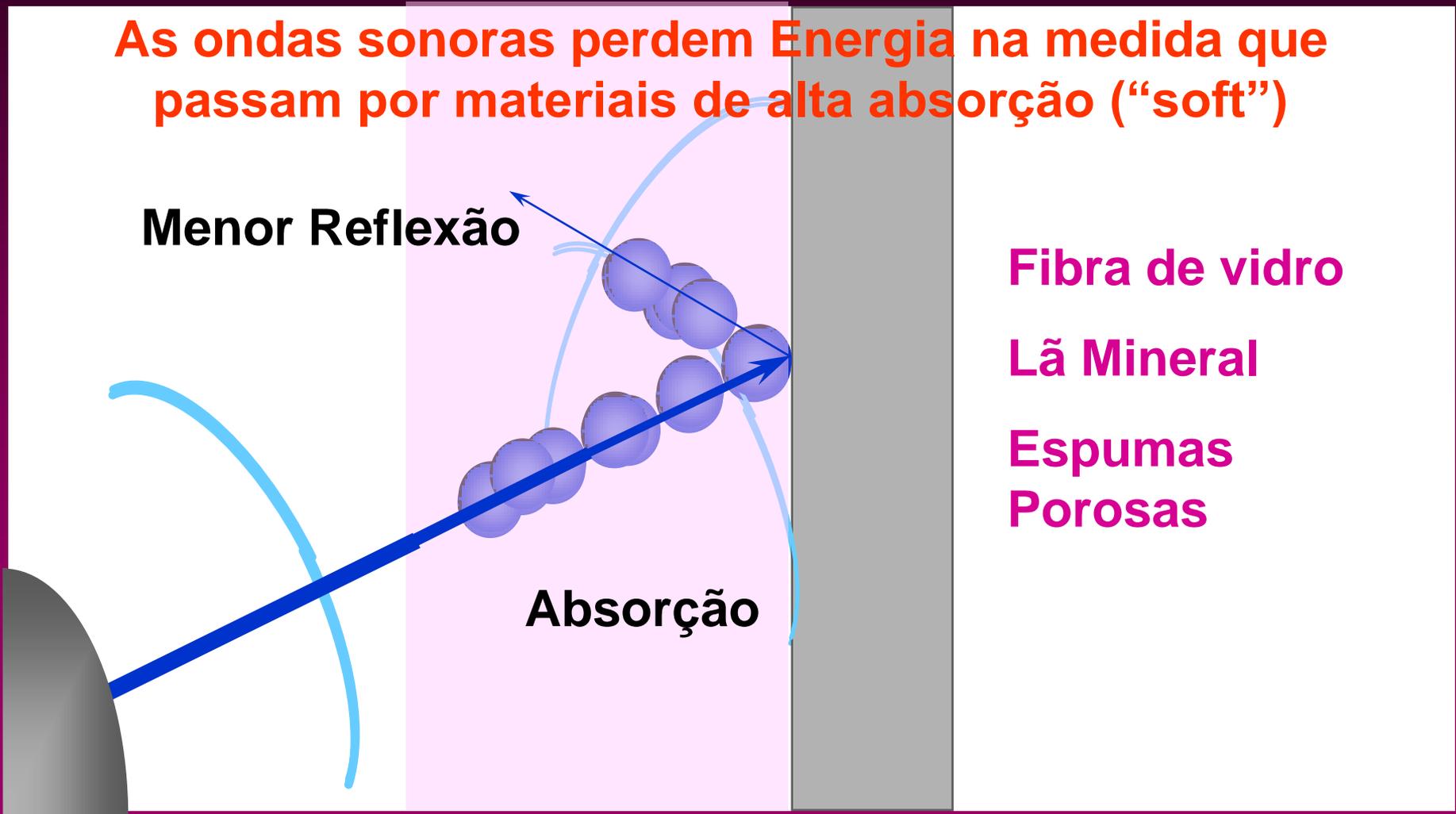
Absorção

Fibra de vidro

Lã Mineral

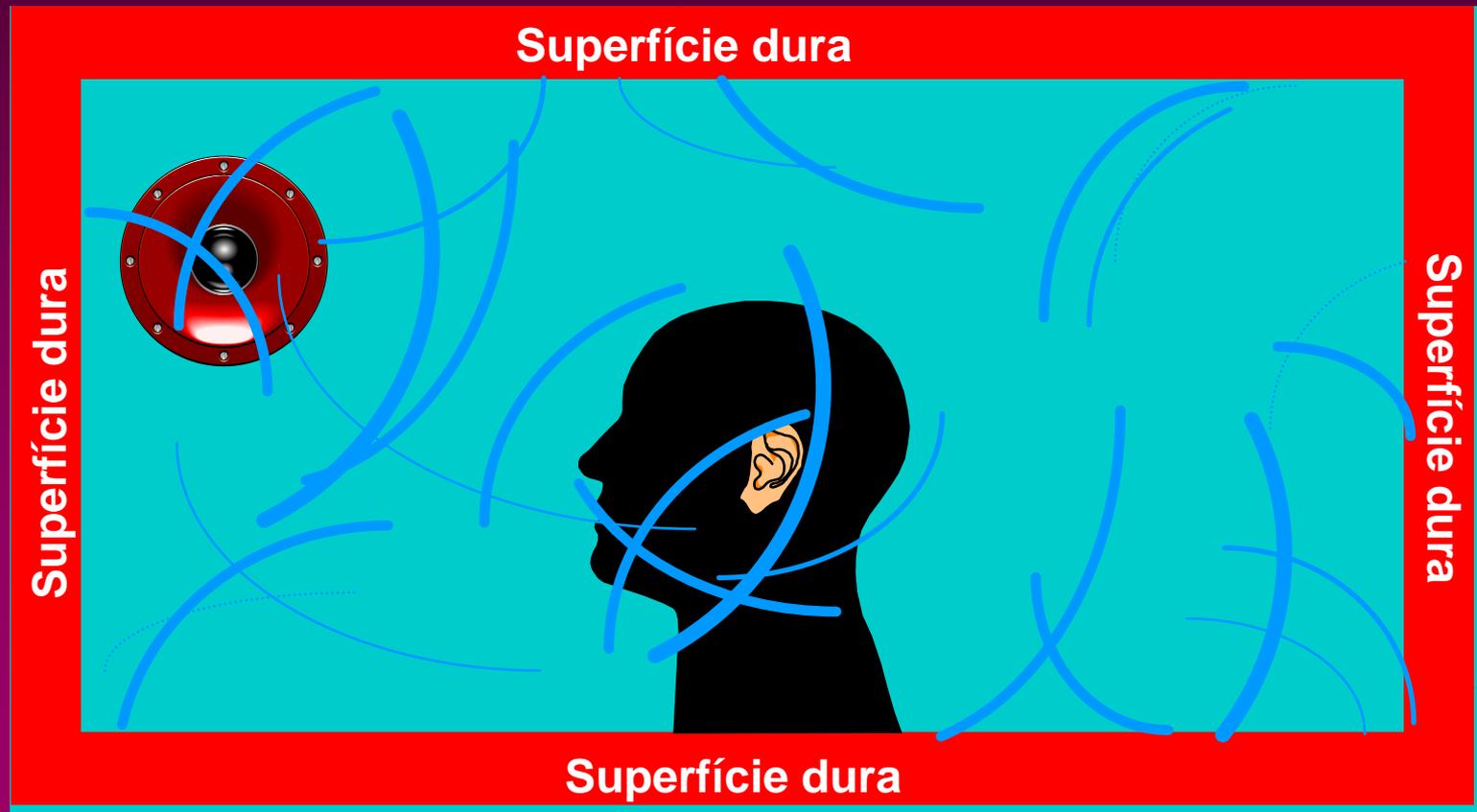
Espumas

Porosas



# Qualidade do Som

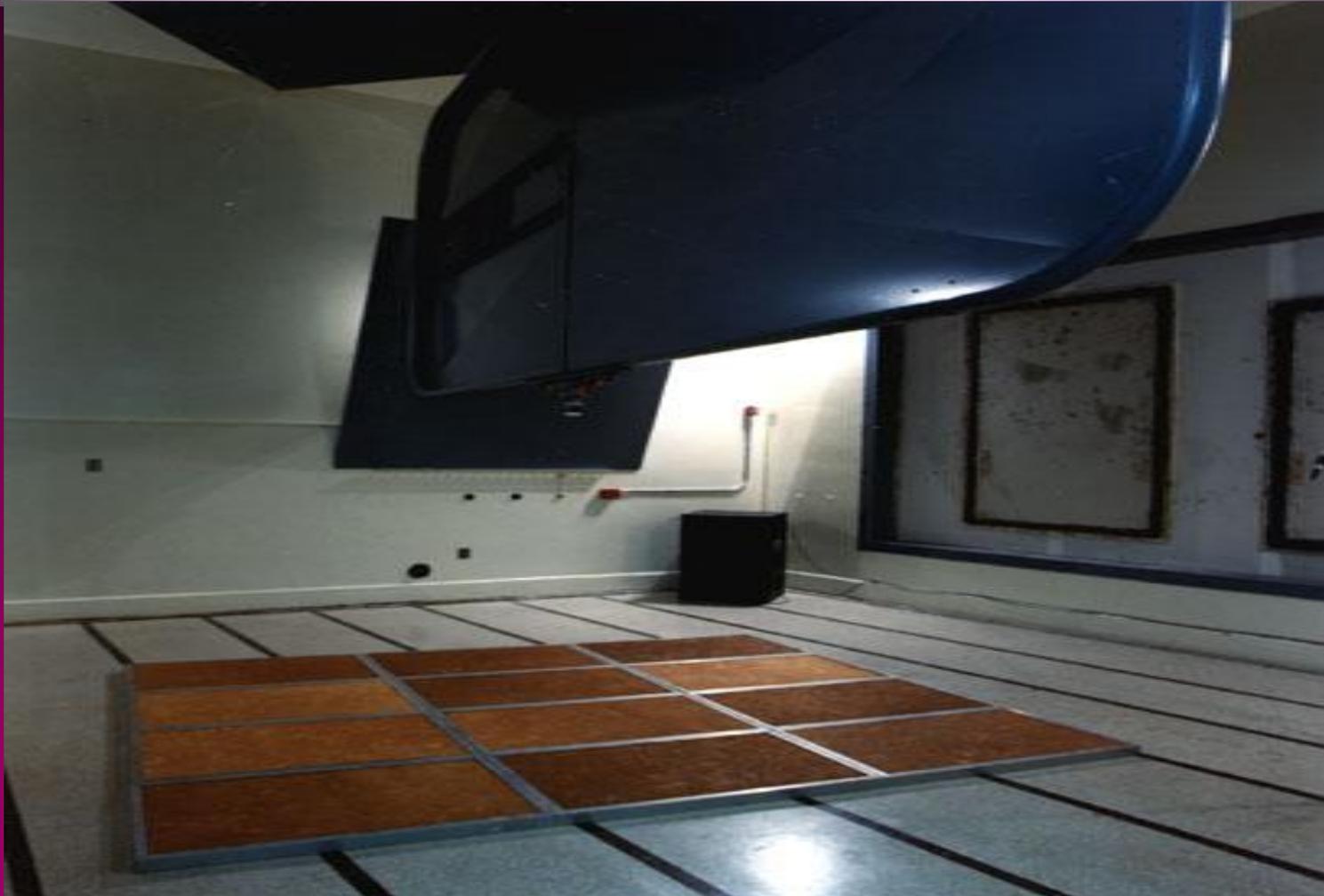
O excesso de reflexes (reverberação) reduz a qualidade do som (mais eco e mais barulho)



# SACs e NRCs

- Os SACs ou Coeficientes de Absorção de Ruídos são registrados em diferentes frequências (125, 250, 500, 1000, 2000, e 4000 Hz)
- NRCs (Coeficiente de Redução de Ruídos) é a média dos quatro SACs com frequências 250, 500, 1000, e 2000 Hz.
- O NRC é expresso em um simples valor de porcentagem de 0.0 a 1.0 que é uma fração da energia sonora absorvida pelo material.
- (Referência: ASTM C423).
- **Os valores NRC são importante nos cálculos para baixar o nível de ruído dentro de um ambiente por meio da absorção do ruído e redução do tempo de reverberação (eco)... assim melhorar a qualidade de som dentro do ambiente.**

# Sala de de Reverberação (ASTM C423 ou ISO354)



Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room

# Comparação dos NRCs de Materiais

• Mármore	0,00
• Placa de Gypsum	0,05
• Vidro	0,05
• Piso de Madeira	0,10
• Bloco de Concreto sim pintar	0,25
• OC Serie 705 50mm com FSK	0,60
• OC Serie 703 25mm com FSK	0,65
• OC Serie 703 25mm Simples	0,70
• OC Serie 703 50mm com FSK	0,75
• OC Serie 703 50mm Simples	1,00

Consideramos que um material é ABSORVENTE de sons quando o valor de NRC é superior a 0,4.

# Informação de Referência

## Guias de Design da Qualidade do Som

### Calculating Change in Sound Levels

Once the total sabins of absorption in a room are known, the reduction in noise levels produced by adding sound absorbers can be determined.

To determine the reduction in noise levels produced by adding sound absorbers:

#### Example 3:

1. Determine the volume of the room in cubic feet.

to the volume of the room = 10800

2. Line 1 by .05 = 540

3. Line total sabins for room = 159

4. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

5. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

6. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

7. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

8. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

9. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

10. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

11. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

12. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

13. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

14. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

15. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

16. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

17. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

18. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

19. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

20. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

21. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

22. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

23. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

24. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

25. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

26. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

27. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

28. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

29. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

30. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

31. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

32. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

33. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

34. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

35. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

36. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

37. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

38. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

39. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

40. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

41. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

42. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

43. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

44. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

45. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

46. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

47. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

48. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

49. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

50. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

51. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

52. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

53. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

54. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

55. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

56. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

57. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

58. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

59. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

60. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

61. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

62. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

63. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

64. Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds = 3.40

Table 2:  
Sound Absorption Coefficients of General Building Materials

Materials	Octave Band Center Frequencies, Hz.							NRC
	125	250	500	1000	2000	4000		
Brick								
Unglazed	.03	.03	.03	.04	.05	.07	.05	
Unglazed, painted	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.00	
Carpet								
1/8" Pile height	.05	.05	.10	.20	.30	.40	.15	
1/4" Pile height	.05	.10	.15	.30	.50	.65	.25	
3/8" Combined pile and foam	.05	.10	.10	.30	.40	.50	.25	
1/2" Combined pile and foam	.05	.15	.30	.40	.50	.60	.35	
Ceilings								
1/2" Mineral Board Ceiling	.31	.29	.51	.70	.71	.71	.55	

Table 2:  
Sound Absorption Coefficients of General Building Materials

Materials	Octave Band Center Frequencies, Hz.							NRC
	125	250	500	1000	2000	4000		
Brick								
Unglazed	.03	.03	.03	.04	.05	.07	.05	
Unglazed, painted	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.00	
Carpet								
1/8" Pile height	.05	.05	.10	.20	.30	.40	.15	
1/4" Pile height	.05	.10	.15	.30	.50	.65	.25	
3/8" Combined pile and foam	.05	.10	.10	.30	.40	.50	.25	
1/2" Combined pile and foam	.05	.15	.30	.40	.50	.60	.35	

As frequências mais altas são mais fáceis de absorver do que as mais baixas.

7. Perception and actual equivalent reduction in terms of changes in the dB for various decibel reductions.

Subjective Perception	Sound Change
Barely perceptible	50%
Perceptible and significant	69%
Resultant sound level is 1/2 less than the original sound	75%
Major reduction in sound level	87%
Resultant sound is 1/3 less than the original sound	90%

# Câmara Anecóica

Quase não reverberação, Calibração de equipo



# Qualidade do Som

## Cálculo da redução do nível sonoro, *ASPL*

$$ASPL = 10 \log \left( \frac{SA_{novo}}{SA_{original}} \right)$$

Onde:  $SA_{novo}$  = sabins de absorção depois do tratamento

$SA_{original}$  = sabins de absorção antes do tratamento

Cálculo de sabins:

Multiplicar os coeficientes de absorção sonora de todos os tipos diferentes de materiais de um ambiente a uma frequência particular, pela área de cobertura de cada material.

# Qualidade do Som

## Tempo de Reverberação

- Embora os tempos de reverberação “excessivamente altos” sejam indesejáveis
  - ✉ As palavras e sons se tornam mascarados pelas reflexões
- Os tempos de reverberação “baixos demais” também são indesejáveis
  - ✉ As primeiras reflexões podem ajudar a reforçar a clareza
  - ✉ As reflexões de alcance médio podem ajudar a reforçar a sensação de espaço

# Qualidade do Som

## Tempo de Reverberação

- O tempo de reverberação  $RT_{60}$  ótimo depende de:

- ☒ Tamanho do ambiente/sala

- Ambientes menores - tempos de reverberação menores

- ☒ Uso do ambiente e valores de  $RT_{60}$

- Ginásio (1,2 a 1,6)
- Música sinfônica (1,1 a 1,5+)
- Restaurante (0,8 a 1,2)
- Area publica (0,5 a 1,0)
- Sala de reunião (0,6 a 0,8)
- Sala de aula (0,4 a 0,6)
- Estudio de gravação (0,0 a 0,3)

**Mais alto**



**Tempos de  
reverberação**

**Mais baixo**

# Qualidade do Som

## Tempo de Reverberação

Para a maioria das aplicações gerais, o tempo de reverberação em um ambiente deve ser determinado acordo de tipo de ambiente, com a finalidade de evitar ecos que interfiram na clareza da voz e incrementam barulho.

Utiliza-se um analisador de tempo real para medir o tempo de reverberação ou o tempo em segundos que um som leva para diminuir 60 dB. A equação para o tempo de reverberação é....

$$RT_{60} = \left( \frac{0.16 \times Volume}{SA} \right)$$

Onde:

- $RT_{60}$  é o tempo de reverberação, s
- Volume é o volume do ambiente em  $m^3$
- SA é o valor de sabins do ambiente em  $m^2$

# QUALIDADE DE SOM

---

## EXEMPLO #1

### SALA DE REUNIÃO

TEMPO DE REVERBERAÇÃO

E

DIMINUIÇÃO DE SOM

# Exemplo-Sala de Reunião (Sem Tratamento)

Conceito	Material	Area m <sup>2</sup>	NRC	Sabines
Parede 1	Gesso-Pintado	13.32	0.05	0.67
	Porta-Madeira	1.68	0.10	0.17
Parede 2	Bloco-Pintado	24.00	0.05	1.20
Parede 3	Bloco-Pintado	13.79	0.05	0.69
	Janela	1.21	0.10	0.12
	Sem Cortinas	0.00	0.00	0.00
Parede 4	Bloco-Pintado	24.00	0.05	1.20
Piso	Azulejos-Ceramica	40.00	0.00	0.00
Teto	Gesso-Pintado	40.00	0.05	2.00
				6.04

Sala: 5m x 8m x 3m

Porta: 800mm x 2100mm

Janela: 1100mm x 1100mm

Volume: 120m<sup>3</sup>

Tempo do Reverberação =  $RT_{60}$

$$RT_{60} = (0,16 \text{ s/m}) * (\text{Volume m}) / Se$$

$$RT_{60} = (0,16 \text{ s/m}) * (120\text{m}^3) / (6,04\text{m}^2)$$

$$RT_{60} = 3,2 \text{ sec}$$

Sala de Reunião: Especificação do  $RT_{60}$

$$0,4 > RT_{60} < 0,6$$

- O tempo do reverberação ( $RT_{60}$ ) será muito alto e fora de especificação para uma sala de reuniões.
- A qualidade de som será ruim com problemas de eco e barulho excessivo.

# Exemplo-Sala de Reunião (Tratamento-Cortinas + Carpete)

Conceito	Material	Area m <sup>2</sup>	NRC	Sabines
Parede 1	Gesso-Pintado	13.32	0.05	0.67
	Porta-Madeira	1.68	0.10	0.17
Parede 2	Bloco-Pintado	24.00	0.05	1.20
Parede 3	Bloco-Pintado	13.52	0.05	0.68
	Janela	0.48	0.10	0.05
	Sem Cortinas	1.00	0.55	0.55
Parede 4	Bloco-Pintado	24.00	0.05	1.20
Piso	Azulejos-Ceramica	40.00	0.30	12.00
Teto	Gesso-Pintado	40.00	0.05	2.00
				18.51

Sala: 5m x 8m x 3m

Porta: 800mm x 2100mm

Janela: 1100mm x 1100mm

Volume: 120m<sup>3</sup>

Tempo do Reverberação =  $RT_{60}$

$$RT_{60} = 1,0 \text{ sec}$$

Diminuição de Som indesejável

$$10\text{Log} (SB_{\text{novo}}/SB_{\text{original}})$$

$$10\text{Log} (18,51/6,04)$$

$$4,86\text{dB}$$

- O tempo do reverberação ( $RT_{60}$ ) será melhor mas fora de especificação para uma sala de reuniões.
- A melhora de qualidade de som será perceptível e significativo mas segue com alguns problemas de eco e barulho excessivo.

# Exemplo-Sala de Reunião

## (Tratamento-Cortinas + Carpete + 703 na Parede)

Conceito	Material	Area m <sup>2</sup>	NRC	Sabines
Parede 1	Gesso-Pintado	13.32	0.05	0.67
	Porta-Madeira	1.68	0.10	0.17
Parede 2	Bloco-Pintado	24.00	0.05	1.20
Parede 3	Bloco-Pintado	13.52	0.05	0.68
	Janela	0.48	0.10	0.05
	Sem Cortinas	1.00	0.55	0.55
Parede 4	Bloco-Pintado	24.00	1.00	24.00
Piso	Azulejos-Ceramica	40.00	0.30	12.00
Teto	Gesso-Pintado	40.00	0.05	2.00
				41.31

Sala: 5m x 8m x 3m

Porta: 800mm x 2100mm

Janela: 1100mm x 1100mm

Volume: 120m<sup>3</sup>

Tempo do Reverberação =  $RT_{60}$

$$RT_{60} = 0,5 \text{ sec}$$

Diminuição de Som indesejável

$$10\text{Log} (SB_{\text{nov}}/SB_{\text{original}})$$

$$10\text{Log} (41,31/6,04)$$

$$8,35\text{dB}$$

- O tempo do reverberação ( $RT_{60}$ ) atende a especificação.
- A qualidade de som será excelente e sem problemas de eco e barulho excessivo.
- É importante dizer que neste simples exemplo não consideramos a presença de pessoas, móveis, etc., que também podem baixar o tempo de reverberação.

# QUALIDADE DE SOM

---

## EXEMPLO #2

OBSERVADOR  
SEM E COM TRATAMENTO ACÚSTICO  
DIMINUIÇÃO DE SOM

# Exemplo-Observador Sem e Com Tratamento Acústico

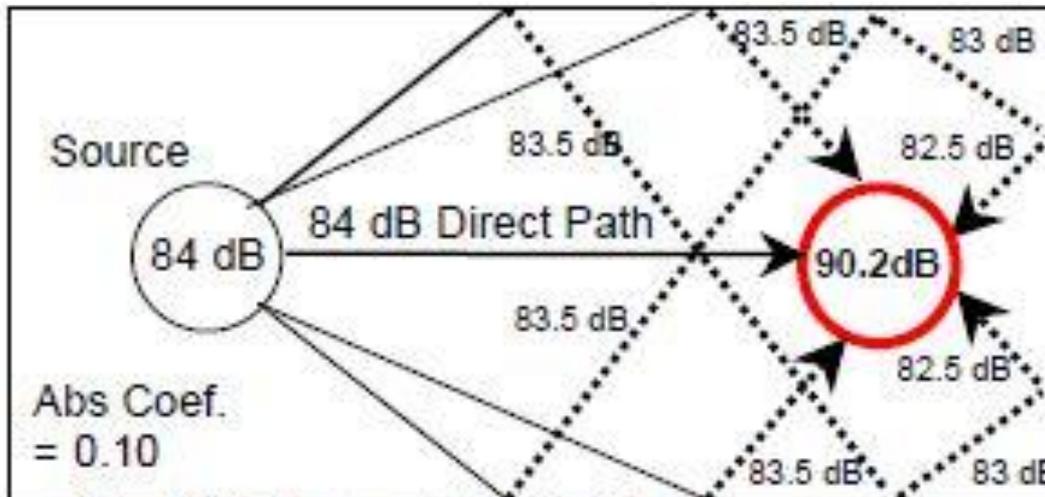


Fig. 1 Hard, untreated wall reflections cause the employee (listener) noise level to rise above 90 dB.

- Mudança de Som por absorção  
 $= 10 \log(1/1 - \text{abs})$   
 $= 10 \log(1/1 - 0.1)$   
 $= 0,5 \text{ db}$

Então ...

$$84,0 - 0,5 = 83,5 \text{ dB}$$

$$83,5 - 0,5 = 83,0 \text{ dB}$$

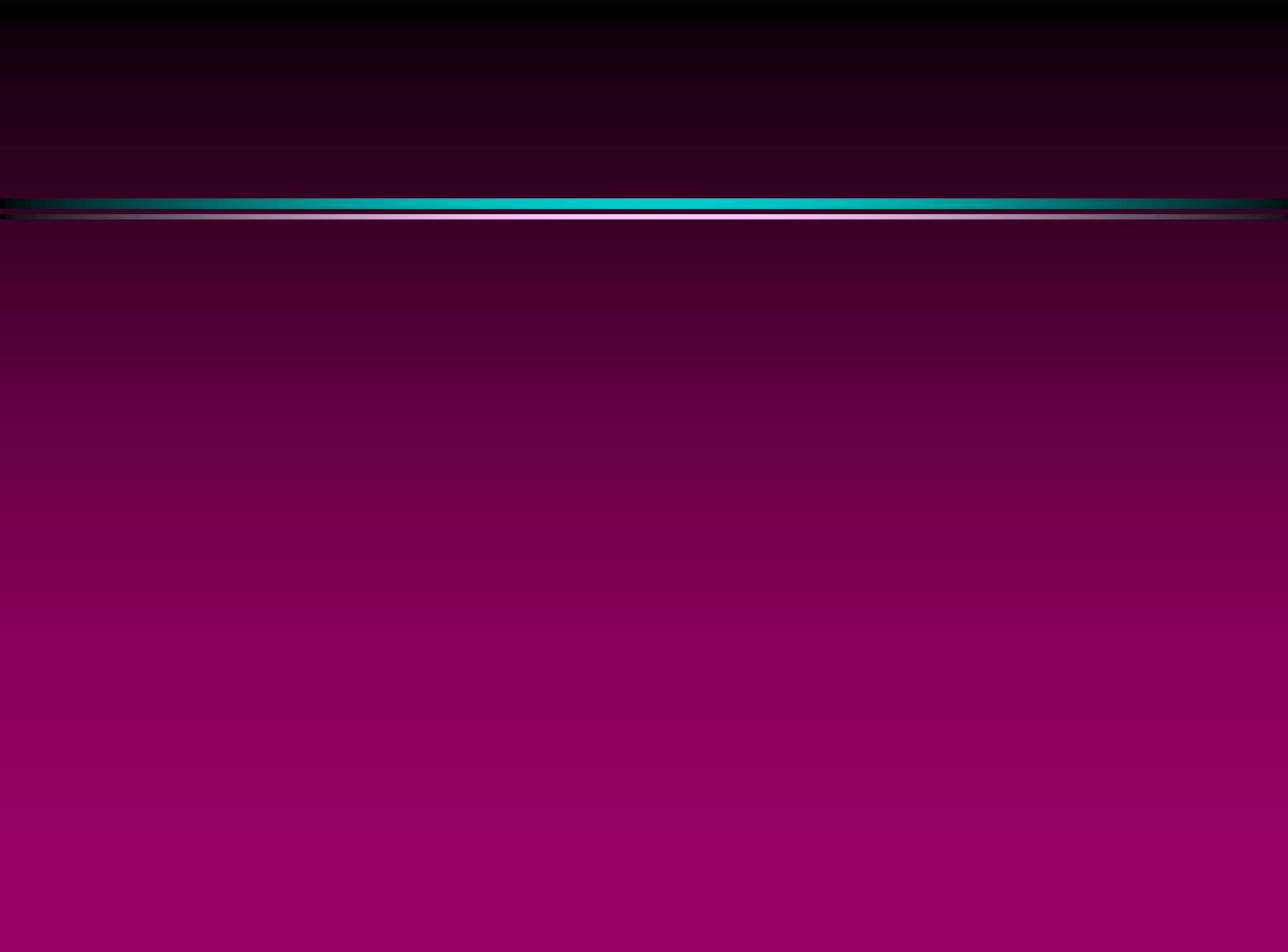
$$83,0 - 0,5 = 82,5 \text{ dB}$$

Etc. Etc..Etc..

- $\text{dB Observador} = 10 * \text{LOG}(10^{(S1/10)} + 10^{(S2/10)} + 10^{(S3/10)} + 10^{(S4/10)} + 10^{(S5/10)})$
- Onde  $S1=84,0 \text{ dB}$ ,  $S2=83,5 \text{ dB}$ ,  $S3=83,5 \text{ dB}$ ,  $S4=82,5 \text{ dB}$ , e  $S5=82,5 \text{ dB}$
- **dB Observador = 90,2 dB**
- Se usamos um tratamento acústico na superfície e o valor de NRC (abs Coef) = 0,95
- **dB Observador = 84,4 dB**

---

# Montagens de Piso



# Informação de Referência

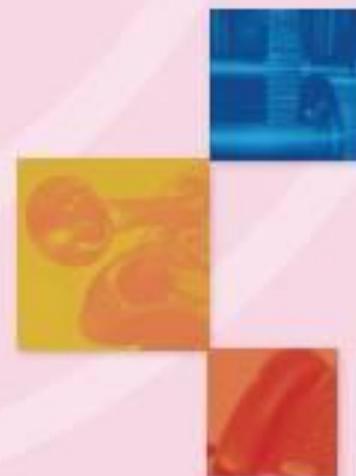
# Guías Acústicas para maiores informações

## Guía de Control de Sonido

Recomendaciones para  
Instalación de Aislamiento  
Acústico de Fibra de Vidrio



## CONTROL DE RUIDO



## GUÍA DE DISEÑO

# Produtos OWENS CORNING



**Aislhogar**



**BATTS IN BAGS (BIB)®**



**Serie 700**

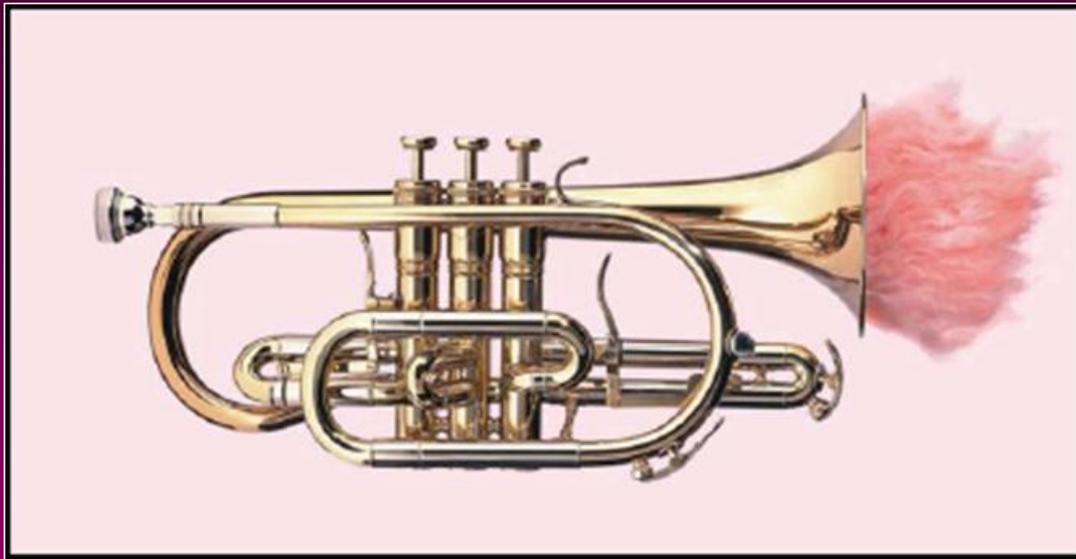


**BLACK ACOUSTIC BOARD**



**ACOUSTIC BOARD**

Obrigado pela seu atenção



Perguntas?