

AULA 4 – ISOLAMENTO ACÚSTICO

1) Nem todo som produzido é agradável:

Som?!

“... Toda e qualquer **vibração** ou onda mecânica que se propaga no **meio** dotado de forças internas, capaz de produzir no homem uma **sensação auditiva**” (ABNT): Estímulo sonoro que faça sentido;

Ruído?!

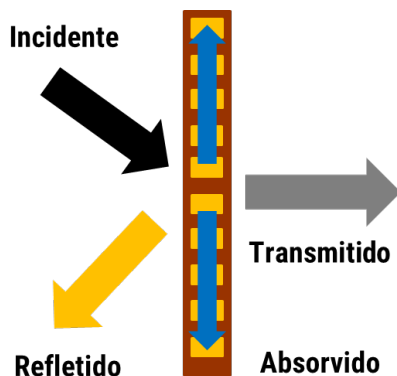
Estímulo sonoro que **NÃO** faça sentido; O som pode ser conceituado como qualquer diferença de pressão percebida pelo ouvido (menor alteração perceptível é da ordem de 1dB), enquanto que o ruído pode ser entendido como qualquer som indesejado, sendo um conceito subjetivo.

Definição subjetiva: ruído é toda sensação auditiva desagradável ou insalubre.

Definição física: ruído é todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos.

2) Propagação do som:

Pode ocorrer tanto ao ar livre, quanto em ambientes fechados. No caso de ambientes fechados, a propagação ainda depende da dimensão, forma e materiais das superfícies internas, e essas características são variáveis de acordo com a frequência.



3) Os ruídos em ambientes internos são oriundos de 2 principais fontes: atividade externas e atividades internas, que geram um ruído de fundo.

4) O tratamento desse ruído depende do foco de cada ambiente, ou seja, ambientes especiais (estúdios): ruído de fundo deve ser eliminado, já ambientes mais comuns (casas) é preciso diminuir a intensidade sonora transmitida para os ambientes – não a extinção total do ruído de fundo.

5) Tipos de ruídos:

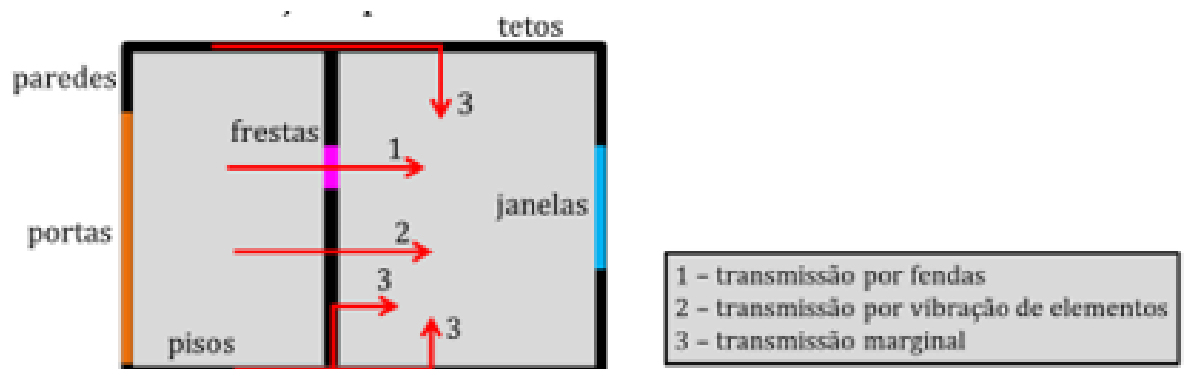
- a) Ruído aéreo: transmitido pelo ar. Superfícies mais expostas: paredes;
- b) Ruído de impacto/vibrações: transmitido por estruturas. Superfícies mais expostas: tetos e pisos;

6) Medidas de controle de ruído em ambientes internos:

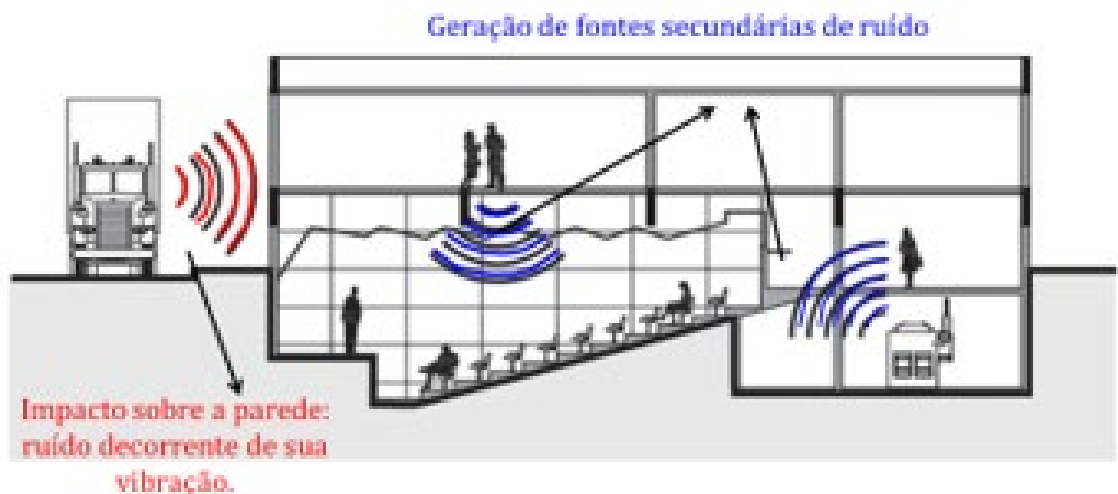
- a) Fonte: Escolha adequada de uma máquina (fonte de ruído); Substituição de fontes + ruidosas por fontes + silenciosas; Alteração do ritmo e do horário de funcionamento; Redução do número de fontes emissoras; e Distanciamento da fonte;
- b) Meio de propagação: Construção de superfícies; e Utilização de materiais apropriados;
- c) Receptor: Redução do tempo de exposição; e Uso de equipamentos de proteção;

7) Ruído Aéreo:

- a) Originados no ar e nele propagado;
- b) Originados no ar, provocando a vibração de 1 superfície – vibração do ar adjacente;



- c) Ruído aéreo na parede: processo vibratório: **massa da parede** é diretamente relacionada com sua capacidade de isolamento acústico;



- d) Ruído aéreo na parede: processo vibratório: **massa da parede** é diretamente relacionada com sua capacidade de isolamento acústico. Esse isolamento

promovido pela superfície depende: 1) massa; 2) inflexibilidade; c) capacidade de amortecimento das ondas sonoras;

Quanto maior a massa, menor a capacidade de vibração. Essa massa varia de acordo com a frequência sonora.

O processo vibratório acontece a partir de:



Variação da pressão acústica → superfícies vibram → outro lado da superfície: fonte sonora secundária;

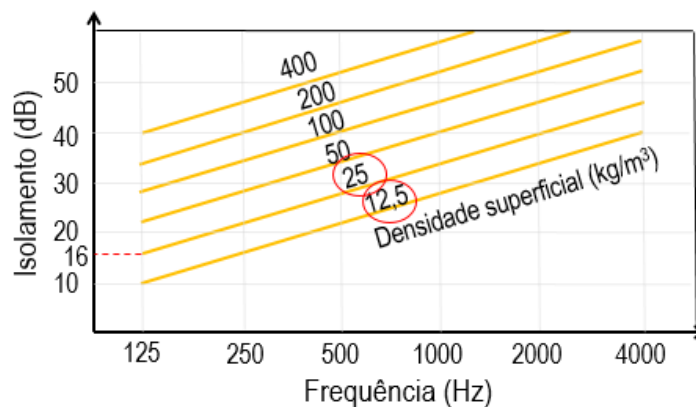
Ou seja:

Quanto maior a massa da superfície, menor a vibração e menor a transmissão de ruído;

8) Nível de isolamento acústico:

O nível de isolamento acústico (IA) de materiais e sistemas → Laboratório (tabelado). Entretanto, na falta de informações sobre o IA, pode-se aplicar a Lei de Massa, que consiste em: duplicar a massa de um material → + 6dB de isolamento.

Outra questão importante de considerar é que o isolamento varia de acordo com a frequência e com a densidade superficial dos materiais, portanto:



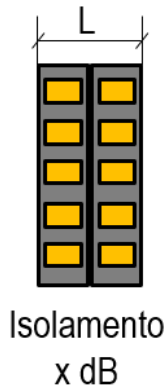
125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz
(x-12dB)	(x-06dB)	(x dB)	(x+06dB)	(x+12dB)

Materiais são **MELHORES** isolantes acústicos – frequências **MAIS ALTAS**

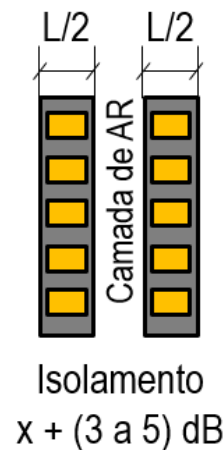
9) Efeito Massa / Mola / Massa:

Capacidade de isolamento acústico de **sistemas de materiais**:

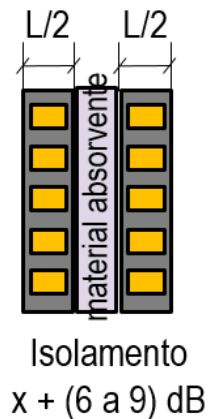
a) Material



b) Material + AR



c) Material + ABSORVENTE
ACÚSTICO



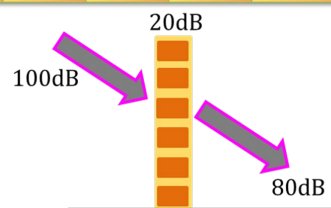
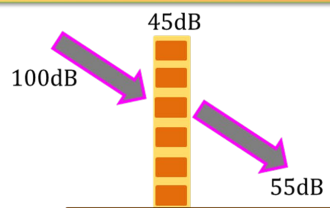
Quanto maior a massa da mola – maior o isolamento acústico do sistema. Ao mesmo tempo que, quanto maior o afastamento entre as placas externas – maior o isolamento acústico às baixas frequências.

As vantagens de se utilizar materiais absorventes no espaço do ar são: reduz a intensidade do som transmitido; sozinhos não são bons isolantes; ajuda na diminuição das reflexões sonoras.

Índices médios de redução sonora para alguns materiais (ABNT, 1992)

COMPONENTE CONSTRUTIVO	FREQÜÊNCIAS (Hz)				
	125	250	500	1000	2000
Parede de tijolo maciço (480 kg/m ²)	41	45	48	53	57
Parede de tijolo maciço (260 kg/m ²)	32	41	48	51	52
Janela de vidro simples 4 mm com boa vedação	19	22	25	28	27
Janela de vidro simples 6 mm com boa vedação	21	25	27	31	25
Porta simples oca sem vedação	12	13	14	16	18
Porta com recheio, 25 kg/m ² , sem vedação	16	20	20	21	19
Porta com recheio, 25 kg/m ² , com vedação	20	24	27	28	31
Telhado com forro (telhas de barro e estuque 9 mm)	21	26	33	32	35

Exemplo:



10) Esquadrias acústicas:

As edificações possuem aberturas como portas e janelas, entretanto, superfícies com aberturas sofrem uma grande redução na capacidade de isolamento. Pequenas frestas permitem a passagem do som e, portanto, pequenas aberturas provocam reduções no isolamento sonoro.

**** frestas na porta comprometem fortemente seu isolamento global**

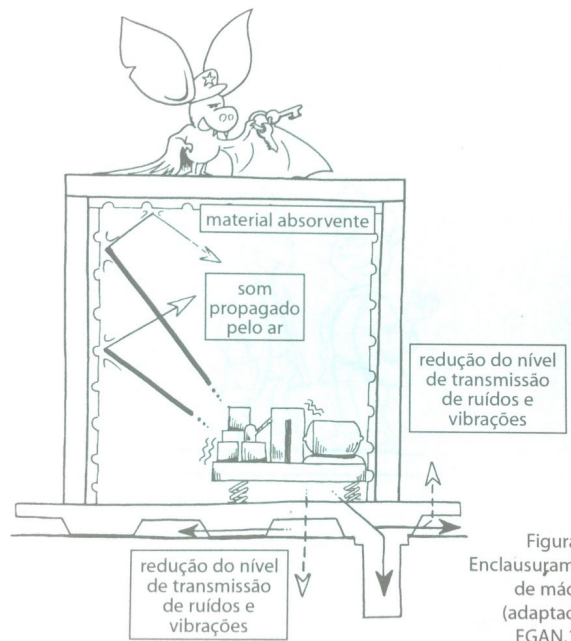
Largura da fresta (mm)	Isolamento sonoro (dB)
0,5	36
1,0	33
5,0	26

Esquadrias com capacidade de isolamento acústico **SUPERIOR** ao das esquadrias convencionais:

- Acréscimo de massa dos vidros (duplo, triplo, etc.);
- Afastamento entre os vidros;
- Esquadrias de abertura em giro tem **MELHOR** isolamento acústico que esquadrias de correr;

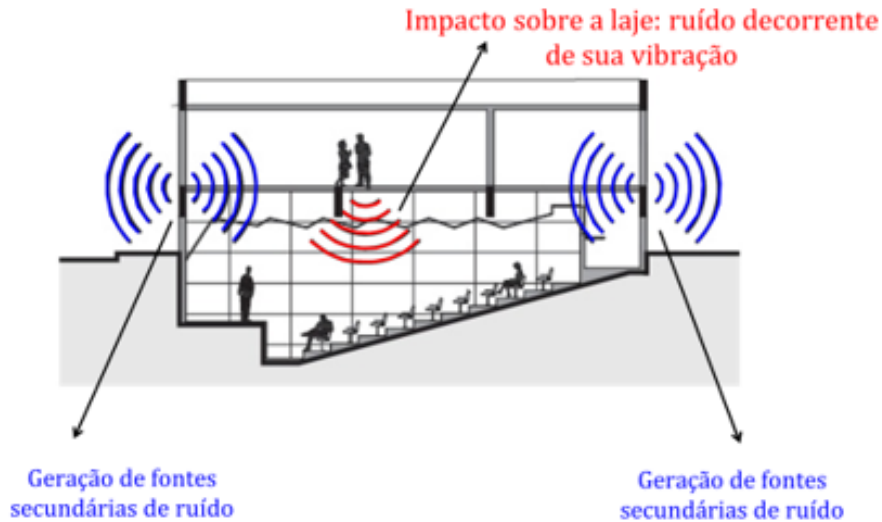
11) Ruído aéreo de motores

Tem o objetivo de isolar sonoramente uma máquina: enclausuramento. Construir superfícies ao redor das máquinas semelhantes aos pisos, tetos e paredes – blindagem acústica. Materiais resilientes: amortecimento das vibrações. Materiais absorventes (interior): diminuir os níveis de ruído.



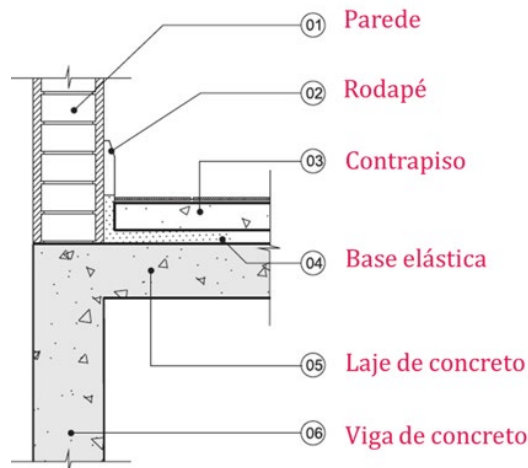
12) Ruído de impacto e vibrações:

Diretamente sobre uma estrutura → provocam a vibração do ar. Vibrações com grande quantidade de energia – propagam com pouca atenuação. Propagação do som: depende da dimensão da estrutura em relação ao comprimento de onda (↑dimensão - ↑transmissão).

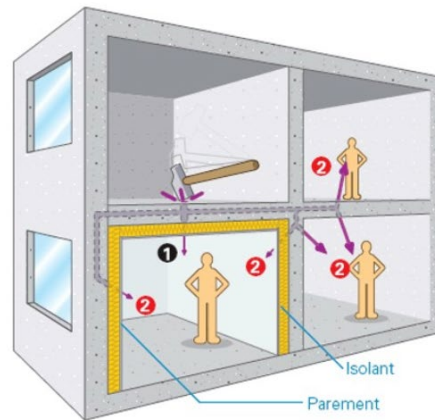


Isolamento das vibrações:

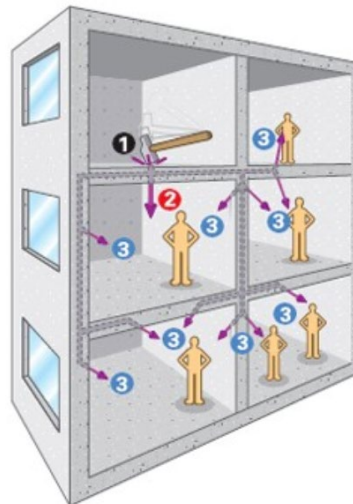
- a) Utilização de materiais resilientes: absorvem impacto de lajes e pisos.
- b) Uso de lajes-flutuantes: desconectando-se inteiramente os contrapisos e pisos de quaisquer elementos estruturais e/ou vedações.
- c) Descontinuidade da estrutura: emprego de junções resilientes.



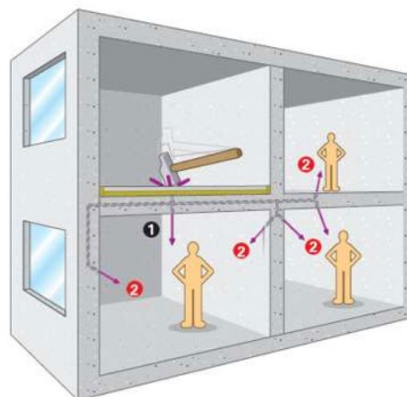
- Intervenção no ambiente inferior:
Efeito da colocação de um forro isolante no ambiente do piso inferior.



Nenhuma intervenção (piso sem isolante):



Intervenção no piso que recebe o impacto



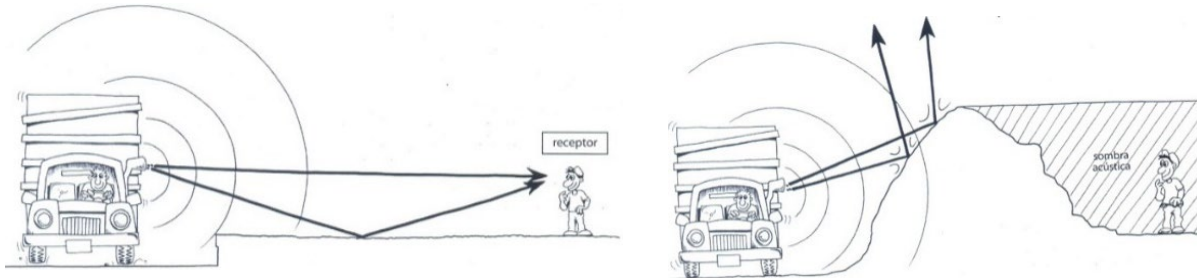
Ou seja,

ISOLAMENTO acústico é diferente de **ABSORÇÃO** acústica.

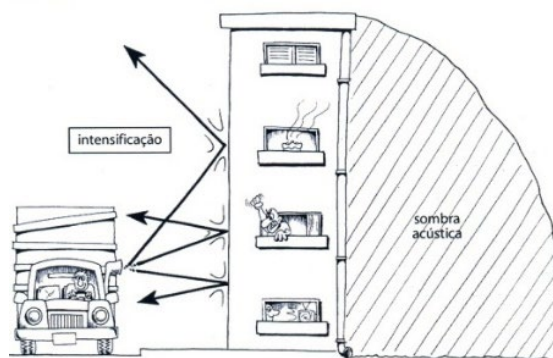
AULA 5 – BARREIRAS ACÚSTICAS

Elementos acústicos que interferem no campo acústico local:

a) Conformação topográfica



b) Edificações do entorno



c) Rede viária

d) Zoneamento

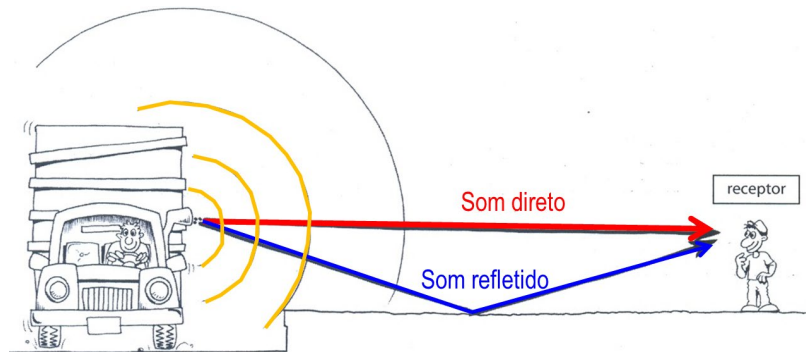


1) Conformação topográfica:

Solo: age como uma superfície em que parte do som é absorvido e parte refletida. Existem 03 tipos de perfis topográficos básicos no entorno urbano: perfil plano, perfil convexo e perfil côncavo.

a) Perfil Plano:

Distribuição sonora mais homogênea. Facilita a chegada do som direto e refletido no receptor. Atenuação para esse caso: distância percorrida, características climáticas e absorção do solo.



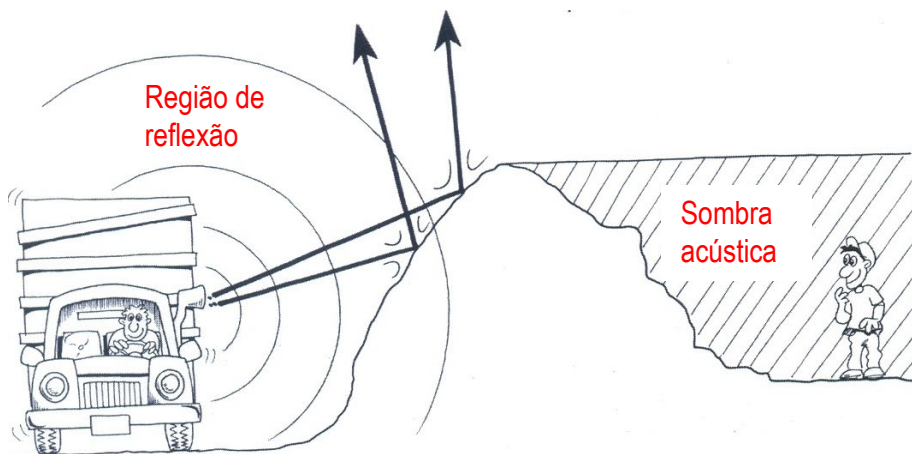
Solo como elemento refletor

Solo revestido com grama: atenua MAIS o som refletido;

Solo com pavimentação impermeável: atenua MENOS o som refletido;

b) Perfil Convexo:

O som se distribui diferencialmente: 02 regiões distintas → Reflexão acústica e Sombra acústica.



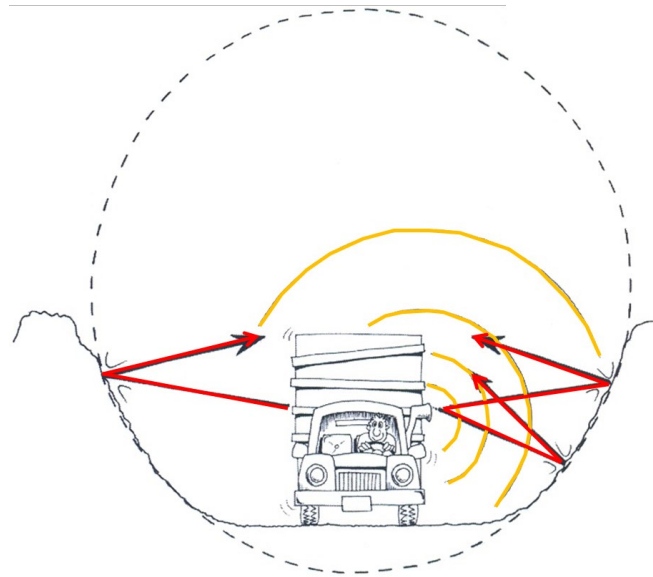
Receptor: Não é alcançado pelos raios emitidos pela fonte.

Área da sombra acústica: depende da altura do perfil e da proximidade da fonte ao perfil.

Raios sonoros incidem **diretamente no solo** e são difundidos de acordo com o perfil do terreno: som + intenso

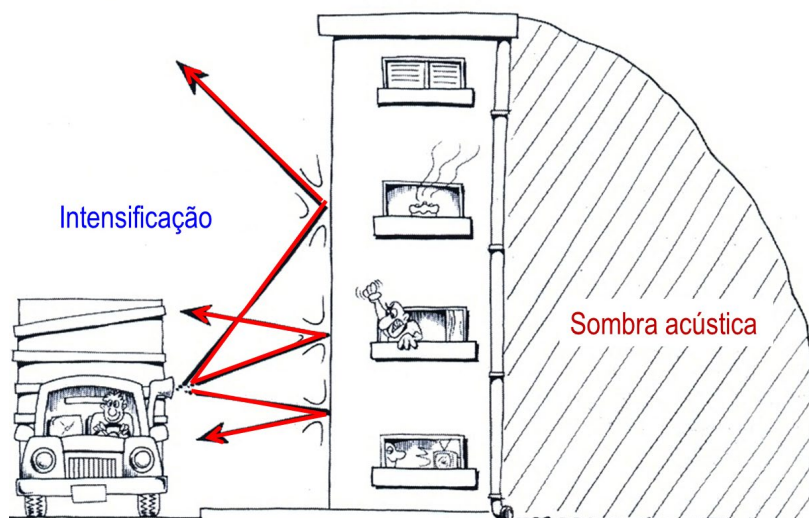
c) Perfil Côncavo

Propicia a concentração sonora. **Dependendo da curvatura**, os raios são convergidos e tem-se a **sobreposição de sons**. Posição entre: **centro da curvatura – fonte – receptor**: determina o campo sonoro.

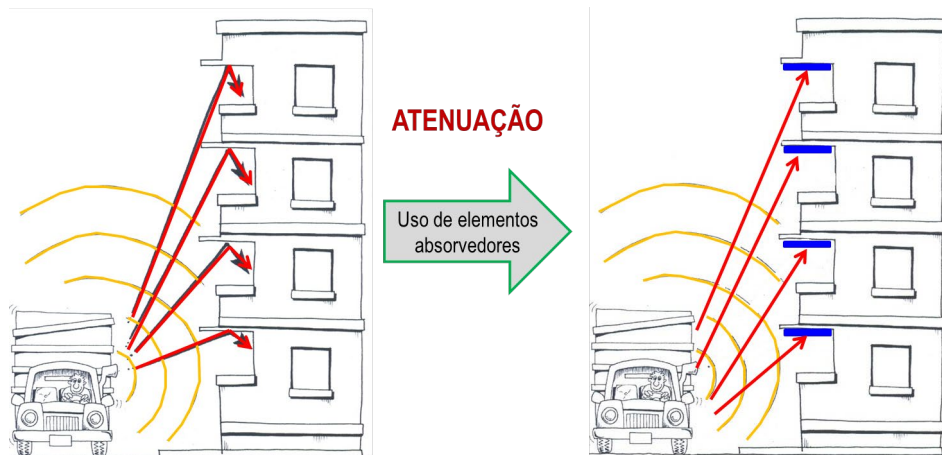


2) Edificações do entorno:

Interferem no campo acústico local: Intensificando o som e gerando sombras acústicas.

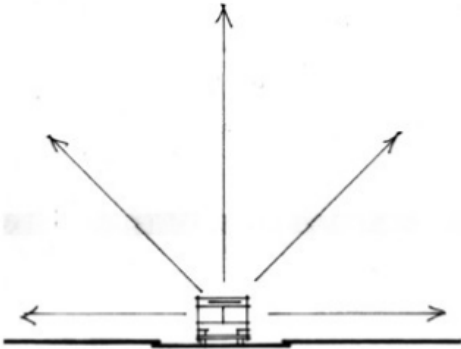
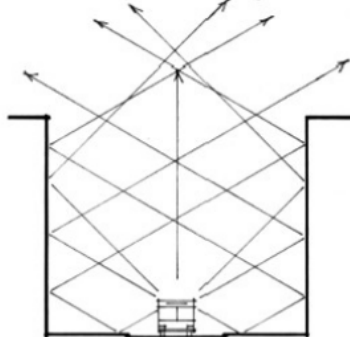


- a) **Sacadas, Lajes, Protetores Solares e Varandas:** Elementos que podem ser responsáveis pela captação interna dos ruídos urbanos.

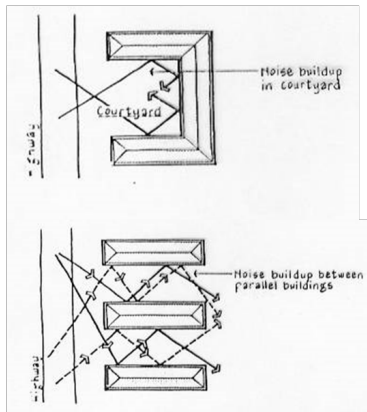


- b) **Edificações do entorno:** Promover o agrupamento de áreas de projeto que tenham classificação acústica semelhante às áreas do entorno. Importante **EVITAR** áreas sensíveis a ruídos próximas de áreas com geração de ruídos intensos: Hospital X Fábricas.

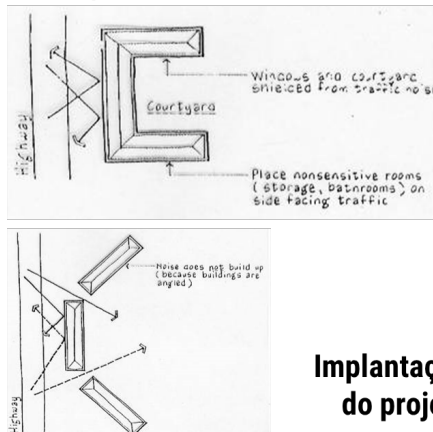
c) **Soluções projetuais urbanas**

ESPAÇO ACÚSTICO ABERTO	ESPAÇO ACÚSTICO FECHADO
 • Campo sonoro direto (sem reflexões) • Onda sonora se dispersa na atmosfera • NS aumento quando a fonte se aproxima do receptor	 • Campo sonoro reverberante (inúmeras reflexões) • NS decai em função da perda de energia a cada reflexão

PIOR

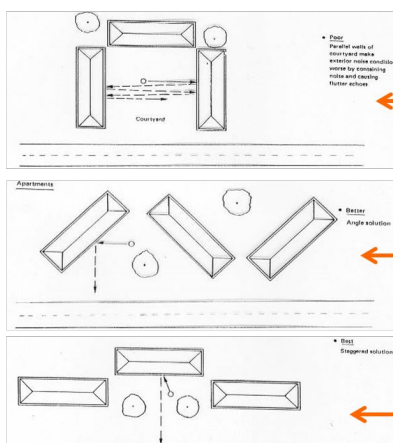
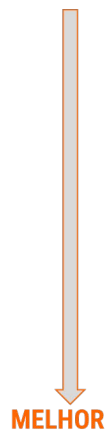


MELHOR



Implantação do projeto

PIOR



Implantação do projeto

← Paredes paralelas

← Soluções em ângulos

← Soluções escalonadas

3) Zoneamento:

Principal referência para estabelecer critérios para classificação acústica das áreas de projeto: conhecer LEIS (muitas consideram aspectos acústicos): **Leis com fundamentos científicos: não como fator limitante, mas um fator de auxílio ao processo criativo do arquiteto.** Toda questão legislativa influencia no projeto. É um instrumento que quando bem elaborado e cumprido direciona a qualidade ambiental.

- a) LIMITES DE NPS em diferentes tipos de áreas habitadas e períodos (NBR 10151-2020):

Tabela 3 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período

Tipos de áreas habitadas	RLAeq Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

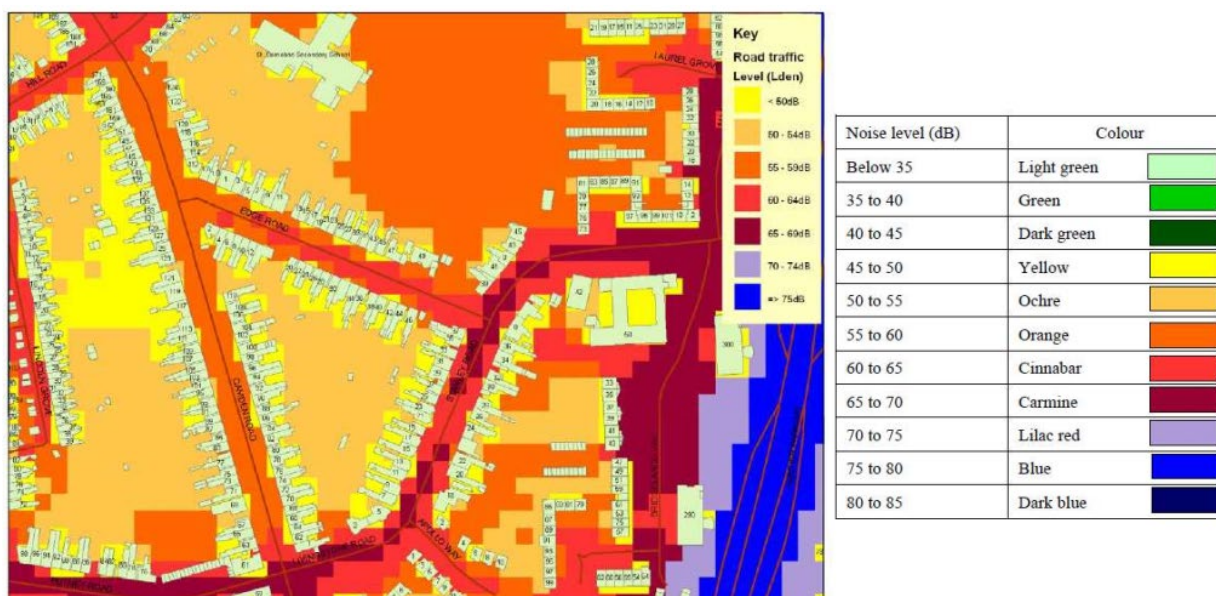
- b) Valores de referência para **ambientes internos** de acordo com o uso (NBR 10152-2020):

Bibliotecas	40	45	35
Museus (exposições)	40	45	35
Estúdios de gravação audiovisual	25	30	20
Educacionais			
Circulações	50	55	45
Berçário	40	45	35
Salas de aula	35	40	30
Salas de música	35	40	30
Escritórios			
Centrais de telefonia (<i>call centers</i>)	50	55	45
Circulações	50	55	45
Escritórios privativos (gerência, diretoria etc.)	40	45	35
Escritórios coletivos (<i>open plan</i>)	45	50	40
Recepções	45	50	40
Salas de espera	45	50	40

- c) **Mapa acústico ou mapa de ruído:**

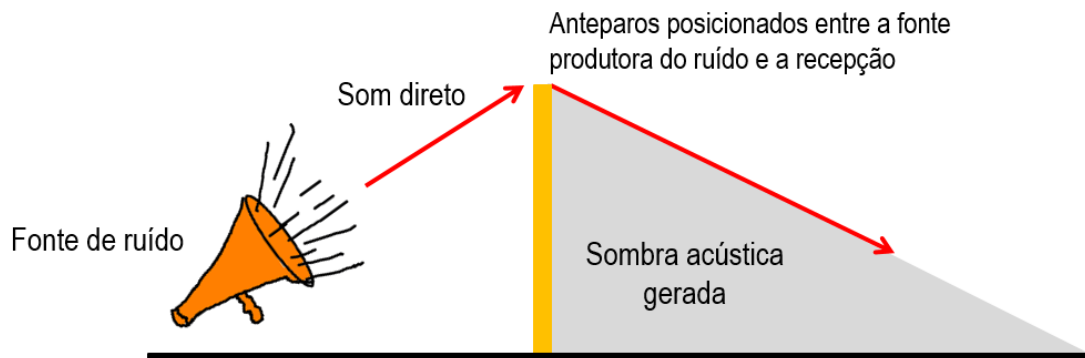
Fornece informação visual do comportamento acústico de uma área geográfica, num determinado momento. Informações em mapas de ruído: diferentes fontes de ruído – tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo, indústria, entretenimento e lazer – usos do solo, ocupação humana, terrenos, objetos – edificações, outras construções com muros, pontes e viadutos.

Além disso, servem para: 1) determinar o número de pessoas e de habitações em uma zona específica expostas a determinados níveis de ruído; 2) identificar **onde** e em **qual intensidade** estão as pessoas expostas a **níveis excessivos** de ruído; 3) auxiliar no projeto de **soluções mitigadoras** do problema; 4) ferramenta de apoio às decisões de planejamento e ordenamento urbano com relação à gestão de ruído na cidade. São elaborados a partir de: medições, e modelos matemáticos preditivos, ou uma combinação de ambos.



4) BARREIRAS ACÚSTICAS:

O isolamento acústico dos ruídos aéreos urbanos é feito por meio de elementos arquitetônicos que promovem a queda de intensidade sonora. As formas e os materiais das barreiras podem ser: 1) Materiais absorventes: amenizar a energia sonora dos raios refletidos; 2) Forma das barreiras: direcionar os raios.

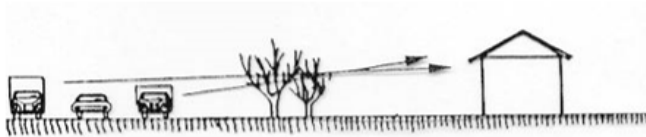


Podem ser promovidas por meio de elementos como: 1) muros e paredes; 2) taludes; 3) topografia; 4) vegetação.



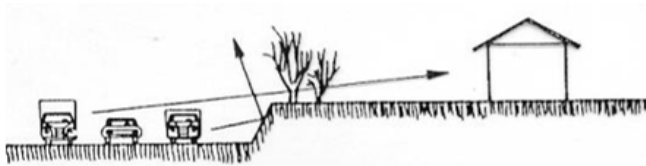


- a) Vegetação como barreira acústica: árvores isoladas não tem valor como barreira acústica, enquanto que muitas fileiras de árvores têm valor como barreira acústica.



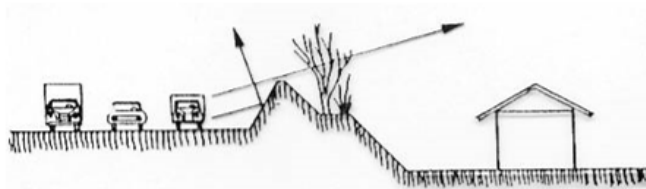
PIOR CONFIGURAÇÃO

sem blindagem acústica para o entorno



MELHORIA NO DESEMPENHO

Via em nível inferior em relação à massa edificada: Inclusão do talude



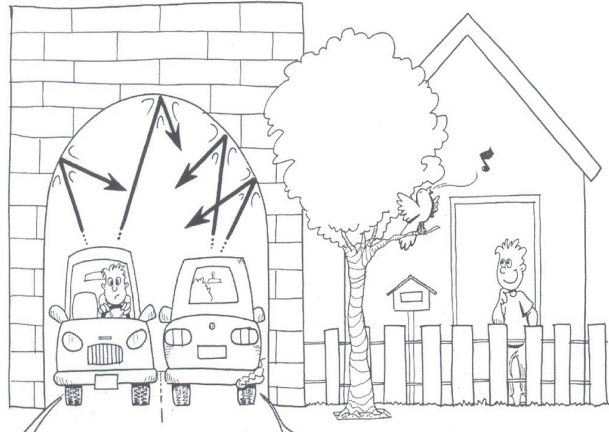
MELHOR CONFIGURAÇÃO

Via em posição elevada em relação à massa edificada: Inclusão de uma barreira elevada

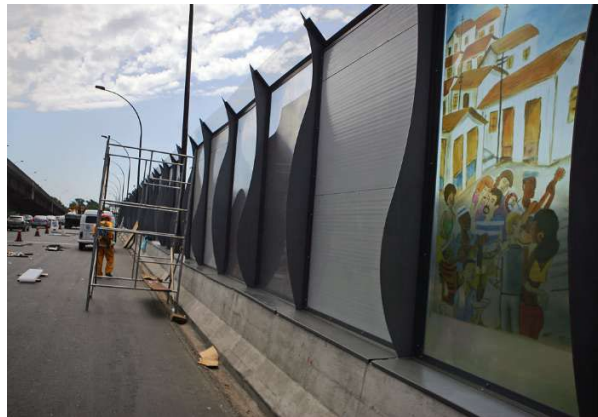
- b) Eficiência de uma barreira acústica depende: 1. Frequência do som; 2. Proximidade desta em relação à fonte ou ao receptor; 3. Altura do elemento utilizado; 4. Massa da estrutura; 5. Estanqueidade; 6. Aspectos subjetivos; 7. Movimentação do ar.

As soluções de barreiras acústicas:

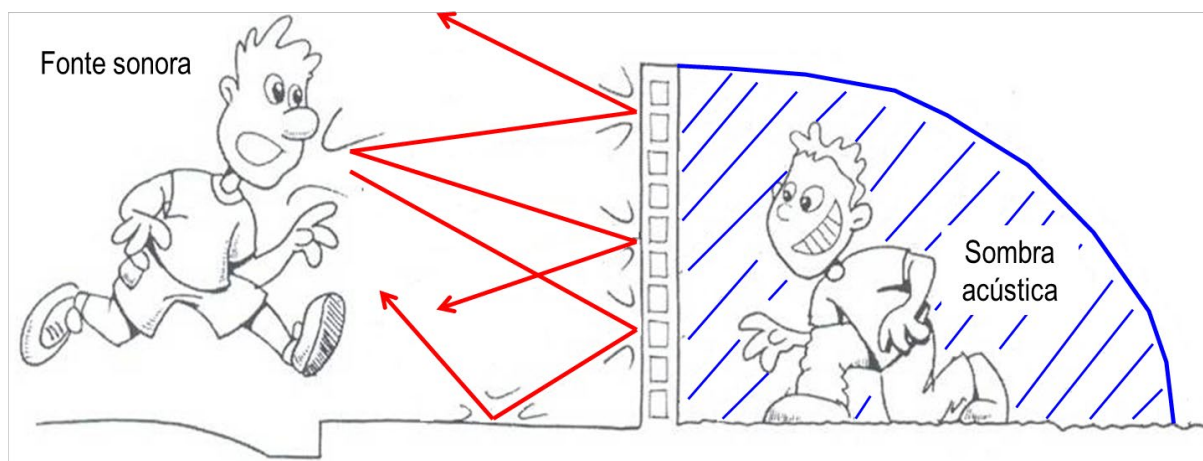
- muitas vezes tem a eficiência superestimada: é difícil uma atenuação maior que 10dB para situações de ruídos de transportes rodoviários;
- Desníveis do solo + elementos de barreira: resultados acústicos favoráveis;
- Edificações como barreiras acústicas: posicionamento – sombras acústicas;
- **Construção de túneis:** ruído de tráfego de veículos: Internamente: ↑ intensidade sonora: reflexões promovidas por suas superfícies.



- Conhecimento + criatividade = várias alternativas de barreiras acústicas:

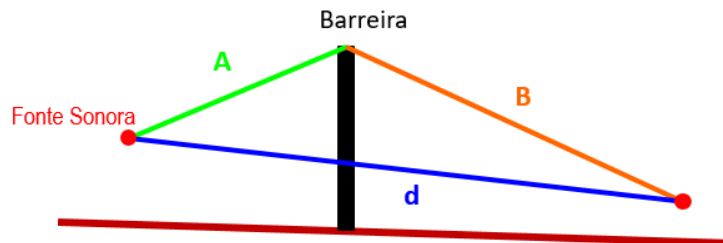


c) 02 aspectos importantes no PROJETO de barreiras acústicas: Redução da captação sonora pelo ouvinte. Intensificação sonora na região voltada para a fonte.



d) CÁLCULO DE UMA BARREIRA ACÚSTICA:

Número de Fresnel (N): é função direta da diferença entre o A e B de contorno e o caminho direto d e inversa ao comprimento de onda considerado. Na prática o limite máximo de atenuação obtido por barreira é 30 dB. Quando $N = 0$ há uma atenuação de 6dB.



$$\text{Número de Fresnel (N)} = \frac{2(A + B - d)}{\lambda}$$

*** Lembrando que $C = f \cdot \lambda$, onde $C = 340\text{m/s}$ (velocidade do som)

