

# *Mestrado em Engenharia Geológica*

## *Recuperação Ambiental*

**Sofia Capelo**

(Prof<sup>a</sup>. Auxiliar)

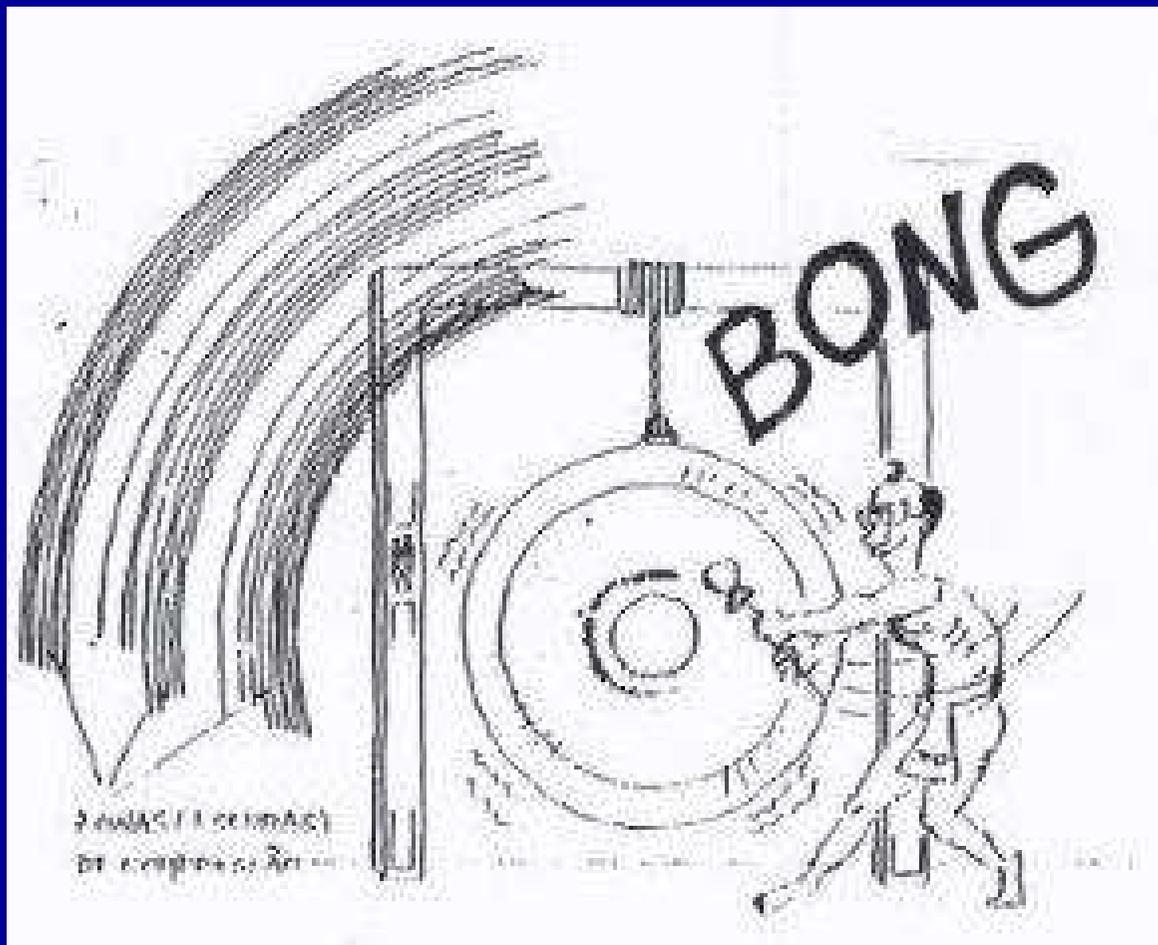
Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento

# O Ruído e a Indústria Extrativa

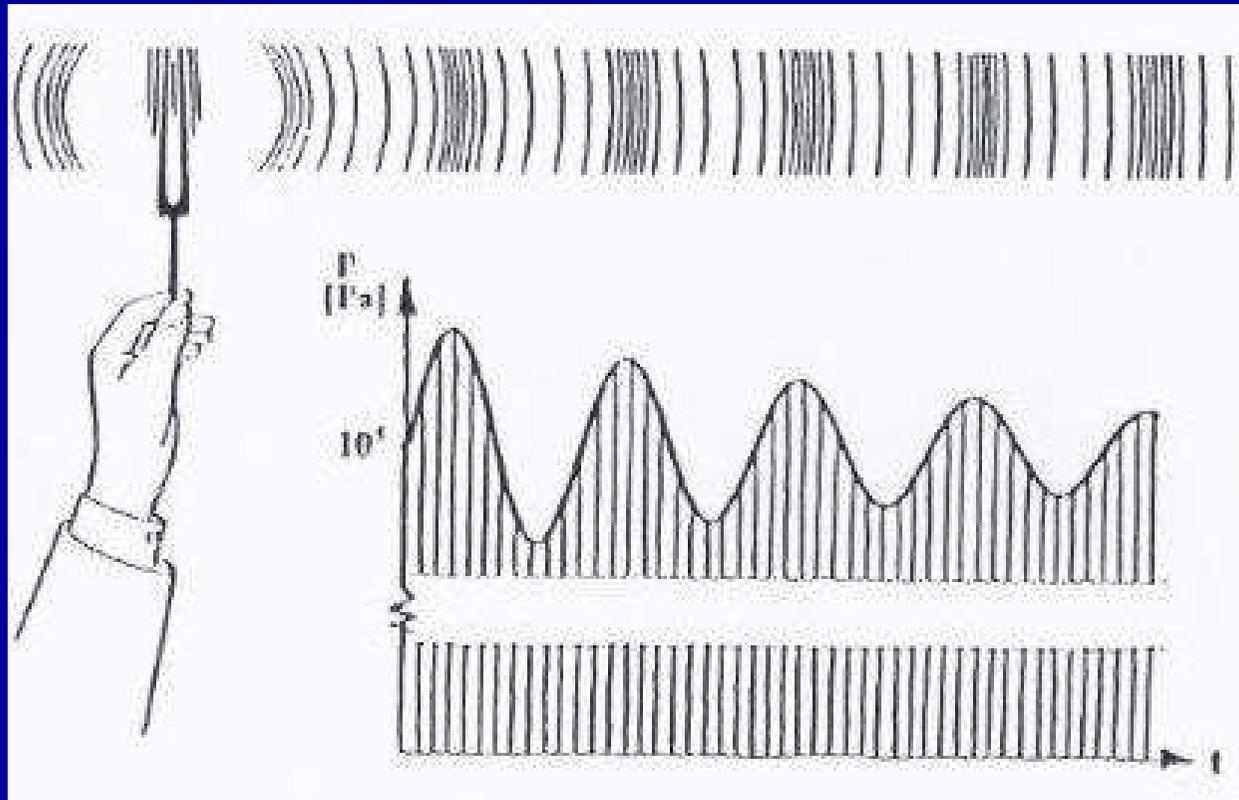
As operações de exploração e beneficiação de minérios, em pedreiras e minas, em especial a céu aberto, geram ruído que motivam incomodidade junto de habitantes ou outros receptores sensíveis presentes na envolvente das unidades extrativas.

A exploração de pedreiras e de minas a céu aberto nas suas diferentes fases, desde as operações preparatórias, como sejam a desmatação e decapagem, passando pelas atividades de desmonte, carregamento e transporte, até à expedição dos minérios, envolve um conjunto de trabalhos e equipamentos que geram níveis elevados de ruído.

O **som** é a sensação auditiva resultante de variações de pressão de ar, tendo sempre origem numa qualquer fonte de vibração.



O controle do ruído passa pelo conhecimento dos **conceitos fundamentais da natureza do som**, da sua **propagação**, da sua **medição** quer no laboratório, quer no ambiente fabril ou no campo, **dos critérios e normas existentes**, da sua prevenção e atenuação dos seus efeitos.



# Definição e conceitos básicos

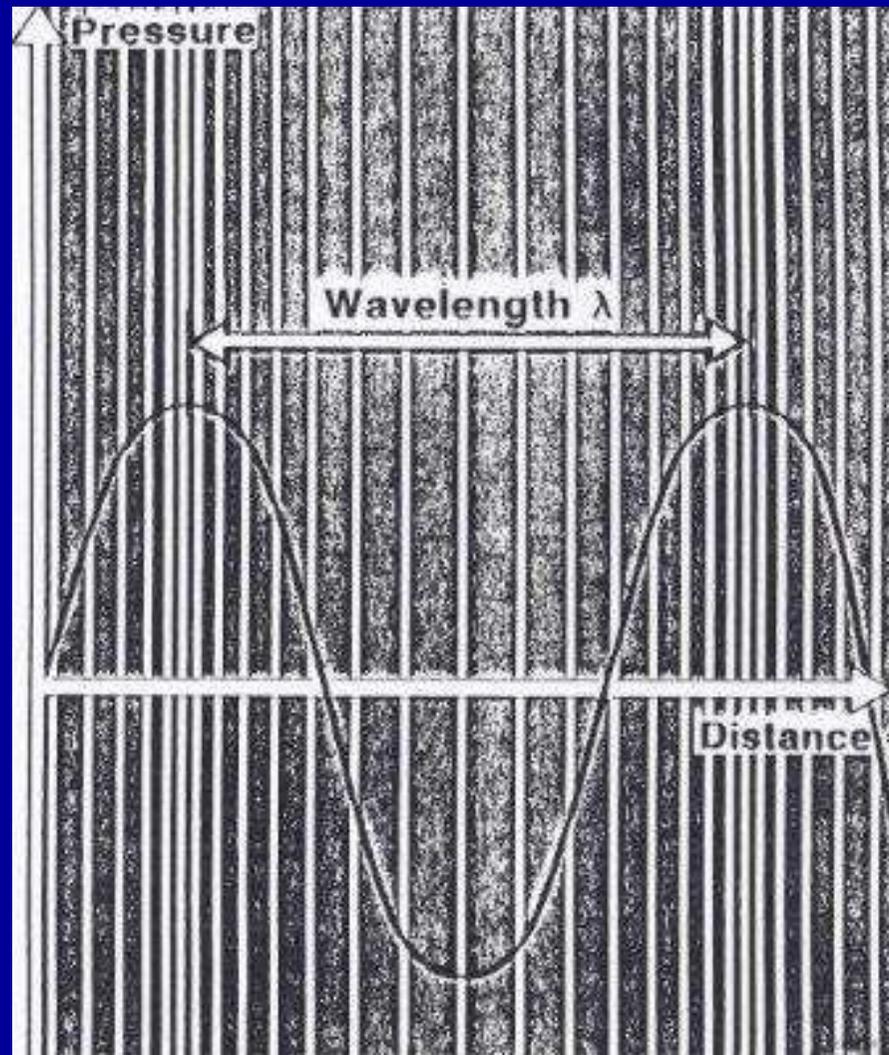
**Som** – é o movimento de uma onda que se produz quando uma fonte sonora põe em oscilação as partículas de ar mais próximas.

O movimento transmite-se gradualmente às partículas de ar cada vez mais afastadas.

No ar o som propaga-se a uma velocidade de ~ 340 m/s; na água (20 °C) a 1500 m/s; no vidro a 5170 m/s e no ferro a 5120 m/s.

Emissão → Propagação → Recepção  
(vibrações dum objecto) (onda de som) (ouvido – membrana)

<b>Material</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Velocidade (ms<sup>-1</sup>)</b>
<b>Ar (20°C)</b>	<b>1.20</b>	<b>344</b>
<b>CO<sub>2</sub> (0°C)</b>	<b>1.98</b>	<b>259</b>
<b>H<sub>2</sub> (0°C)</b>	<b>0.0899</b>	<b>1284</b>
<b>Álcool Et. (20°C)</b>	<b>790</b>	<b>1207</b>
<b>Água (20°C)</b>	<b>998</b>	<b>1498</b>
<b>Alumínio (20°C)</b>	<b>2700</b>	<b>5000</b>
<b>Cobre (20°C)</b>	<b>8930</b>	<b>3750</b>
<b>Vidro (20°C)</b>	<b>2320</b>	<b>5170</b>
<b>Ferro (20°C)</b>	<b>7900</b>	<b>5120</b>



A sociedade moderna tem multiplicado as fontes de ruído e aumentado o seu nível sonoro.

Em 1984, a surdez era a segunda maior doença profissional em Portugal.

**Distribuição dos pensionistas por doenças profissionais  
em 31/12/84**

Tipos de doenças	Pensionistas	
	número	%
Pneumatoses	10 765	79,2
Surdez	1 716	12,6
Dermatoses	353	2,6
Outras	187	1,4
Não codificadas	574	4,2
	12 747	100,0

Fonte: Ricardo Macedo, *Manual de Higiene do Trabalho na Indústria*, Fundação Calouste Gulbenkian, 1988.

# Efeitos do ruído

O ruído afecta o homem simultaneamente nos planos físico, psicológico e social.

Pode, com efeito:

- Lesar os órgãos auditivos;
- Perturbar a comunicação;
- Provocar irritação;
- Ser fonte de fadiga;
- Diminuir o rendimento do trabalho.

O risco de lesão auditiva aumenta com o nível sonoro e com a duração da exposição, mas depende também das características do ruído.

Além disso, a sensibilidade ao ruído varia segundo os indivíduos.

As mesmas condições de ruído podem ter efeitos completamente diferentes em pessoas diferentes.

# Efeitos fisiológicos do ruído sobre o organismo



O conceito de som incómodo é, pois, subjectivo, e depende de questões como a susceptibilidade ou predisposição da pessoa.

Podemos ficar incomodados pelo barulho produzido pelo vizinho, mais pelo facto de acharmos que ele não o devia fazer do que propriamente pelo barulho em si.

Também se verifica que um som não tem que ser alto para incomodar: **um simples disco riscado ou o chiar de uma roda pode ser bastante perturbador.**

É habitual classificar-se o som em três categorias essenciais: **agradável, útil e incomodo.**

**Som agradável**, por exemplo, poderá ser ouvir música ou manter uma boa conversa.

**Som útil** será o som de um alarme, de um telefone ou de uma buzina.

**Som incómodo**, ou mesmo **ruído**, é um pouco mais discutível, pois pode depender do ponto de vista: a música de Mozart às três horas da madrugada pode ser bastante incómoda; para um adepto das competições automóveis, o ruído da passagem dos mesmos pode ser bastante agradável.

# Características do ruído

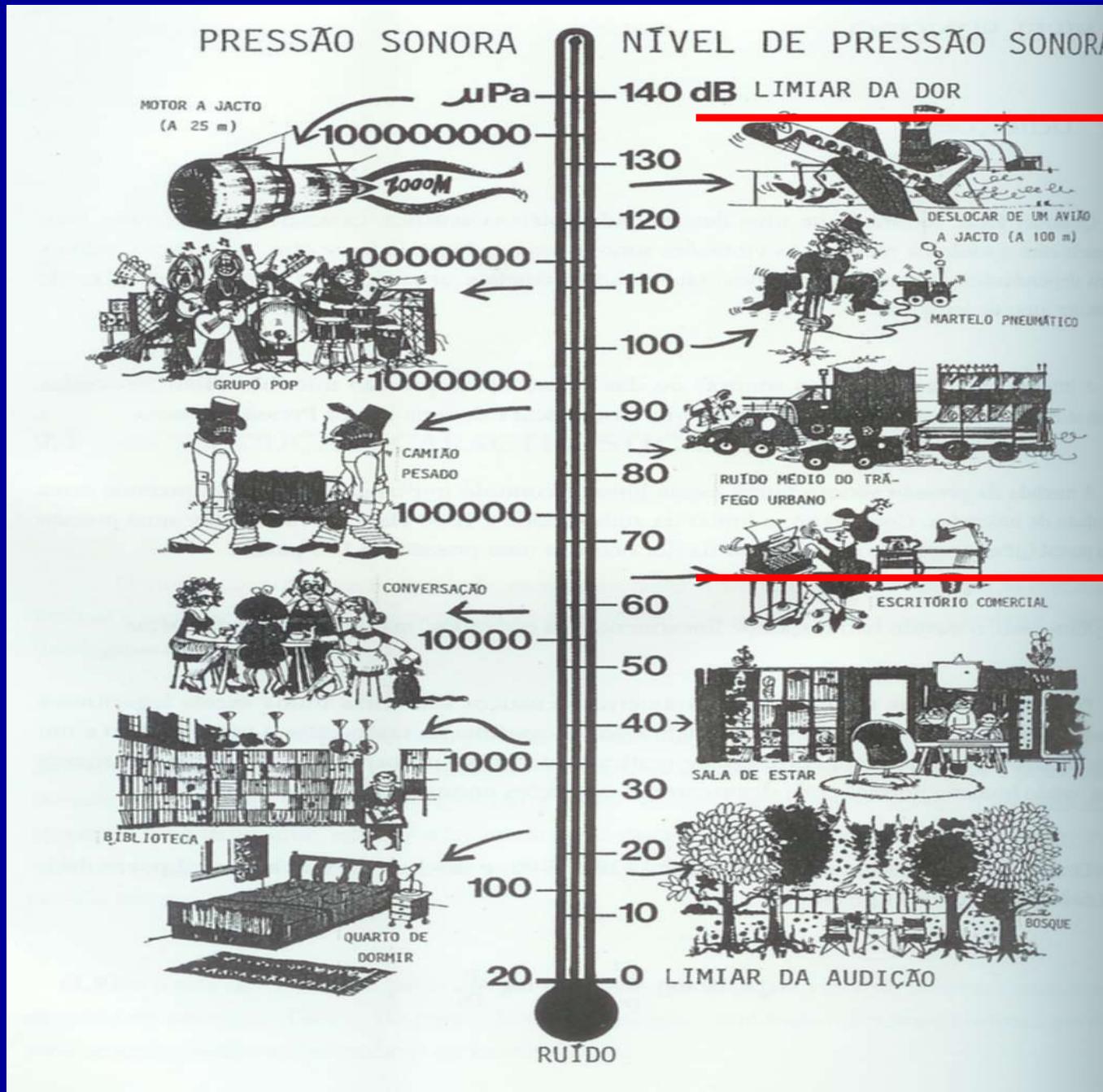
- o nível sonoro
- a frequência (se se trata de um som puro) ou a composição ou espectro (se se trata de um som complexo)

**Diapasão** é um instrumento metálico em forma de forquilha, que serve para afinar instrumentos e vozes através da vibração de um som musical de determinada altura. Foi inventado por John Shore (1662-1752) em 1711, trompetista de Georg Friedrich Haendel. A forquilha é afinada em uma determinada frequência (atualmente o mais comum é o Lá de 440 Hz).

O **metrônomo** é um relógio que mede o tempo (andamento) musical.

$$L_P = 20 \log \frac{P}{P_0} \text{ em decibels (abreviatura: dB)}$$

# Pressão sonora e nível de pressão sonora



Intervalo detetado nas operações mineiras

# Conversa nos locais de trabalho

O ruído reduz consideravelmente a facilidade de conversar directamente ou por telefone.

Por exemplo, duas pessoas só podem conversar a uma distância de 1,5 m se o nível sonoro for de 60 dB(A). Para conversarem a 3 m no mesmo ambiente sonoro, têm de gritar.

Se o nível sonoro for de 85 dB(A) ou mais, é necessário gritar directamente no ouvido do vizinho.

Nível de pressão sonora

$$L_p = 20 \log \left( \frac{p}{p_0} \right) \text{ com } p_0 = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$$

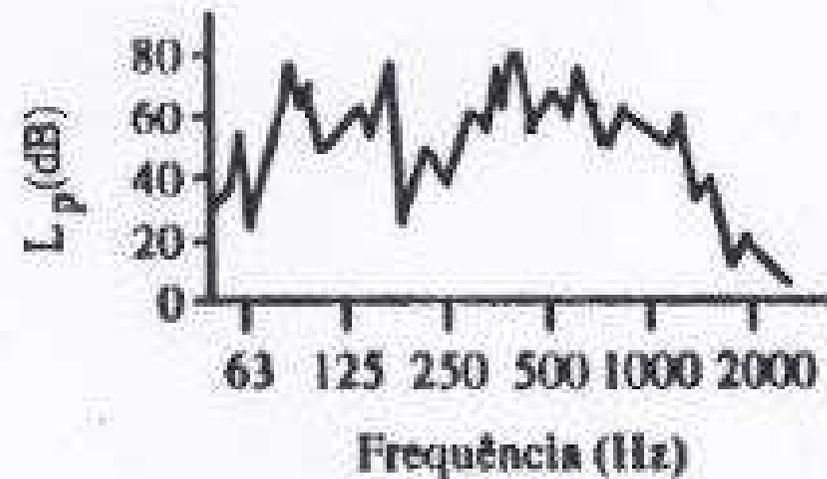
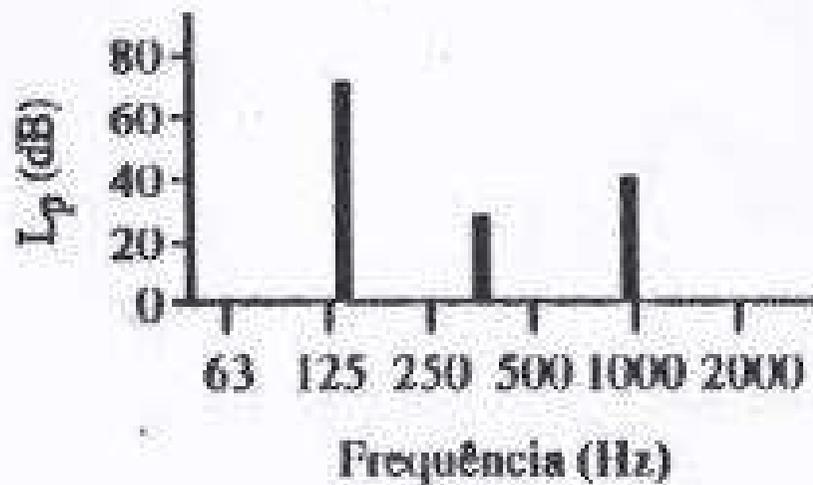
Nível de intensidade sonora

$$L_I = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ com } I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Nível de potência sonora

$$L_W = 10 \log \left( \frac{W}{W_0} \right) \text{ com } W_0 = 10^{-12} \text{ W}$$

# Espetros sonoros



# Frequência

A perturbação por um som não depende unicamente do seu nível, mas também da frequência.

As frequências elevadas são mais perigosas que as frequências baixas.

Para um mesmo nível sonoro, os tons puros perturbam mais que um som complexo composto de vários tons.

# Infrassom e ultrassom

Um som cujas frequências são inferiores a 20 Hz (infrassom) e superiores a 20 000 Hz (ultrassom) é inaudível.

Não se conhecem ainda bem os efeitos dos infrassons sobre o homem. Sabe-se que os infrassons intensos (nível sonoro a 100 dB e frequência de 10 Hz) podem provocar dores de cabeça e fadiga.

# Ultrassom

Quanto aos ultrassons, considera-se hoje que não têm efeitos nocivos sobre o homem em intensidades moderadas.

Para as muito altas intensidades raramente atingem o homem pois são fortemente absorvidas no decurso da sua propagação no ar. Todavia se os olhos são expostos aos ultrassons, o líquido do cristalino pode tornar-se viscoso.

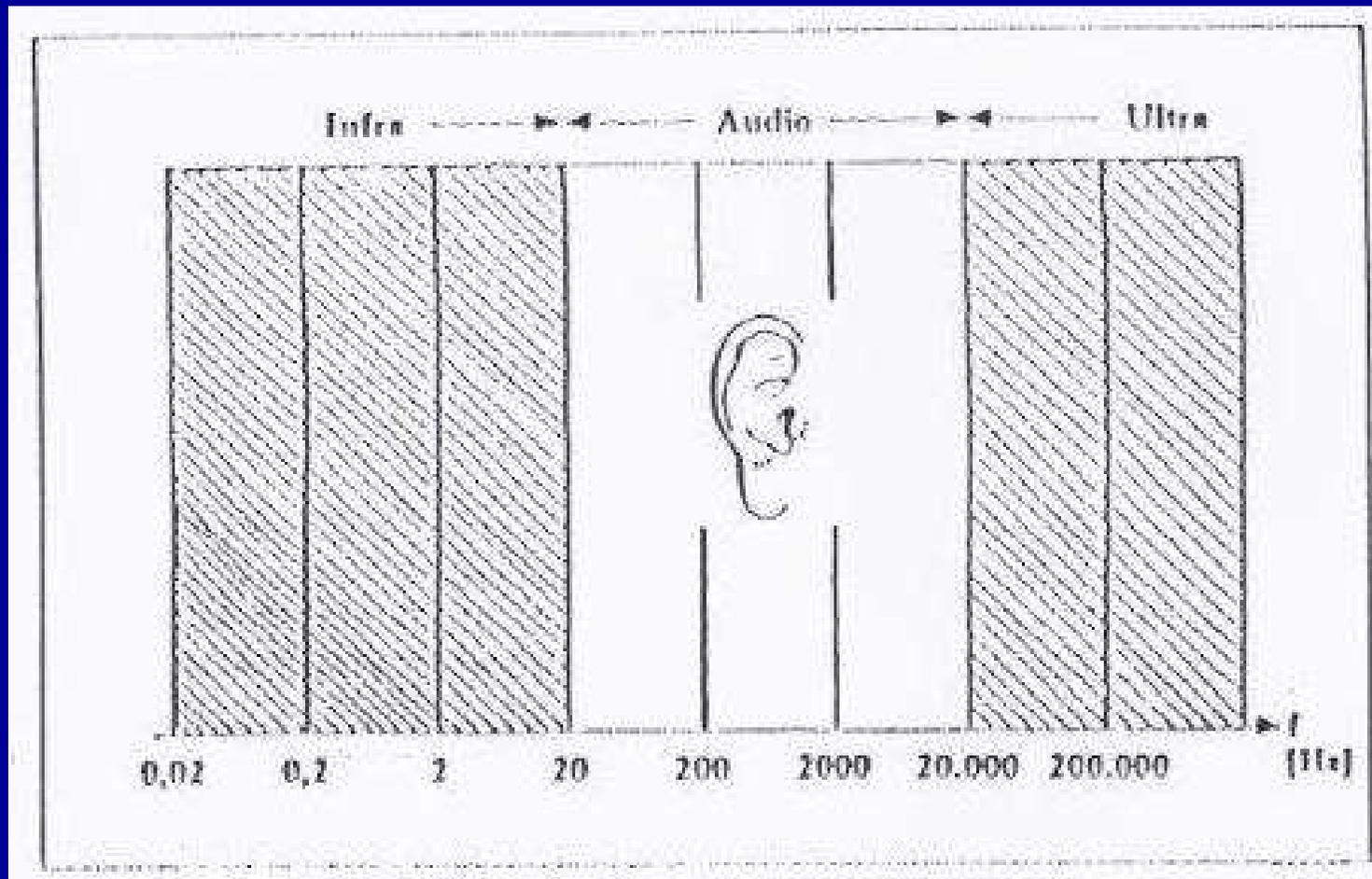
# Frequência

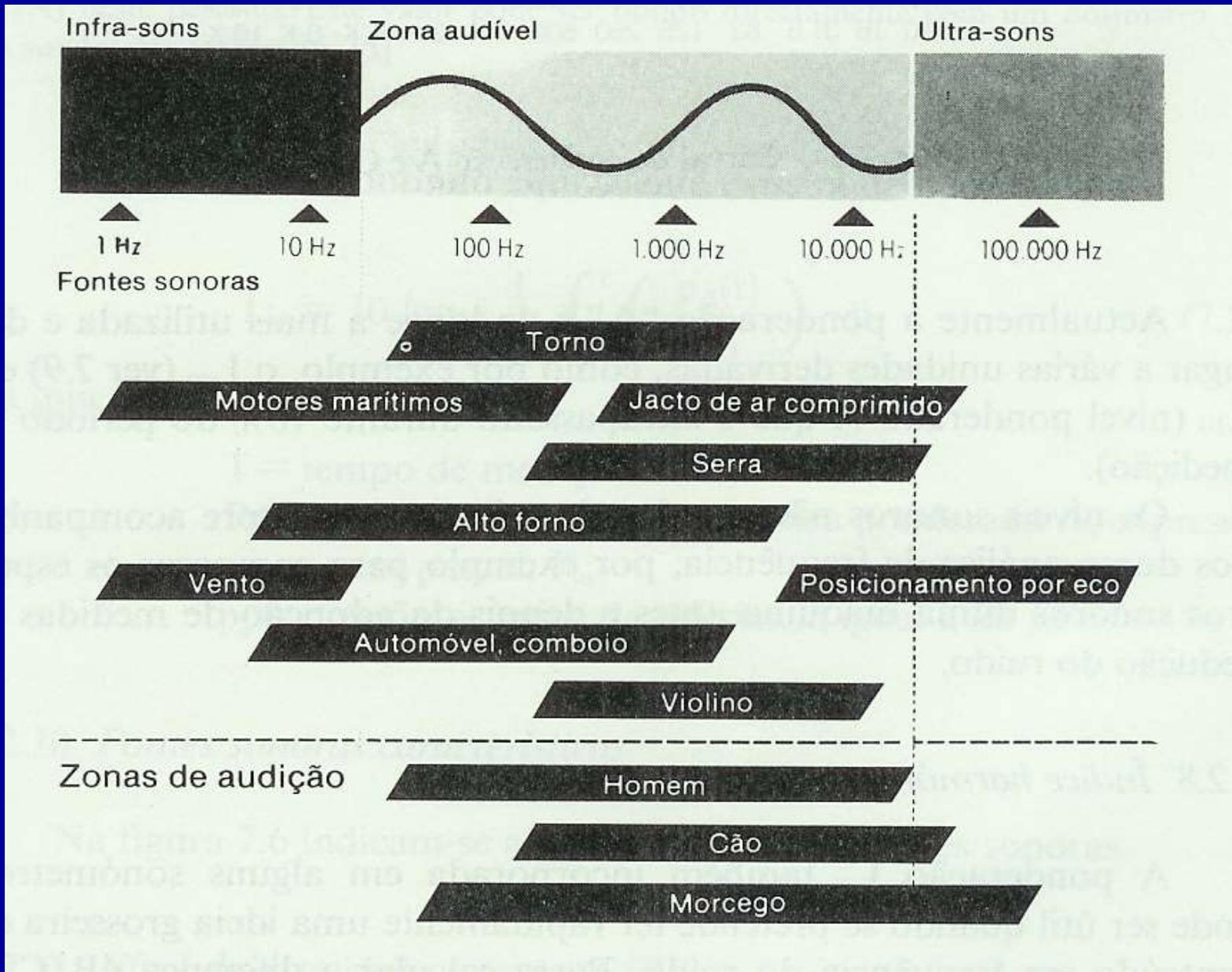
A frequência da onda sonora é o **número de vibrações por segundo** expresso em Hz.

Para as pessoas jovens, a gama de frequência audível situa-se entre **20 a 20 000 Hz**.

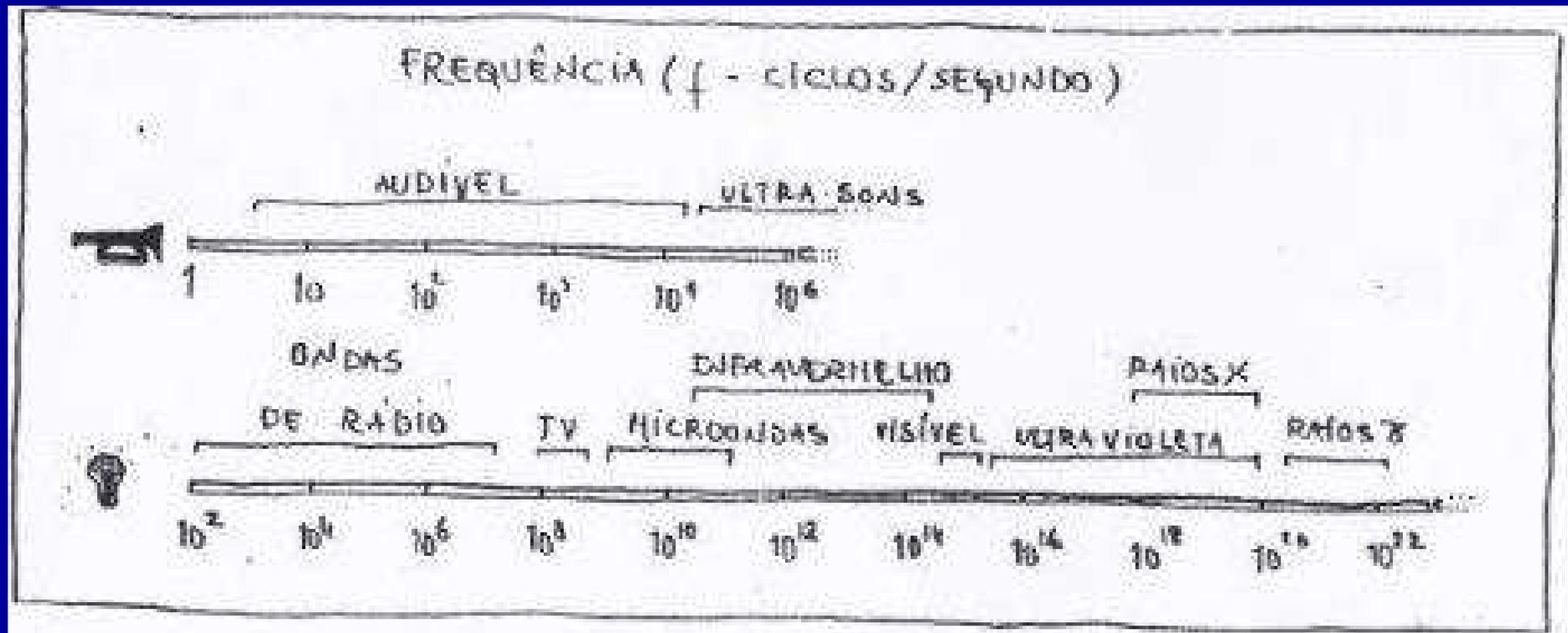
Nas **baixas frequências** as partículas de ar vibram lentamente e produzem **sons graves**.

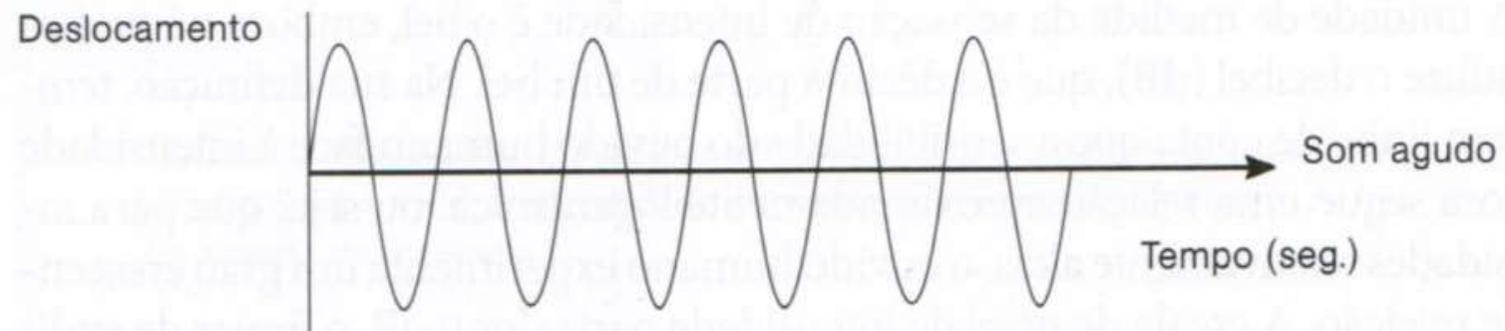
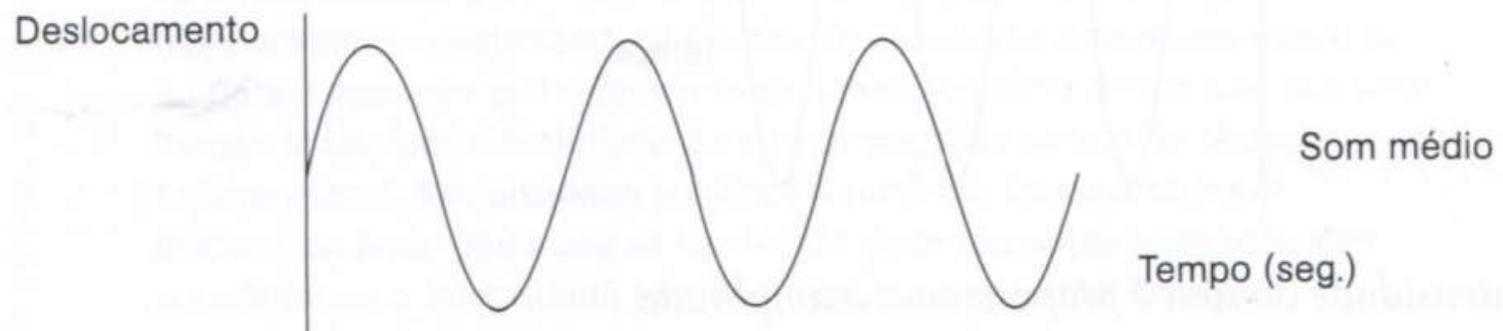
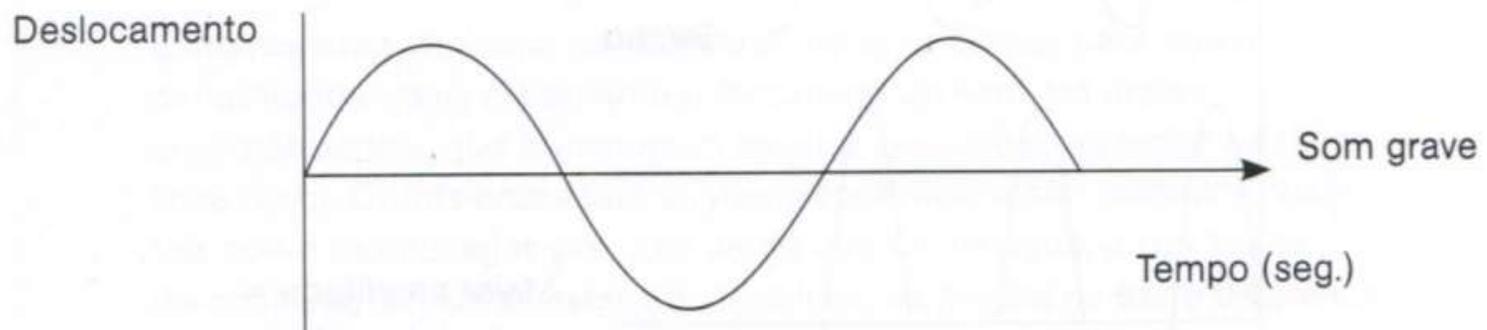
Nas **frequências elevadas** as partículas vibram rapidamente e dão **sons agudos**.



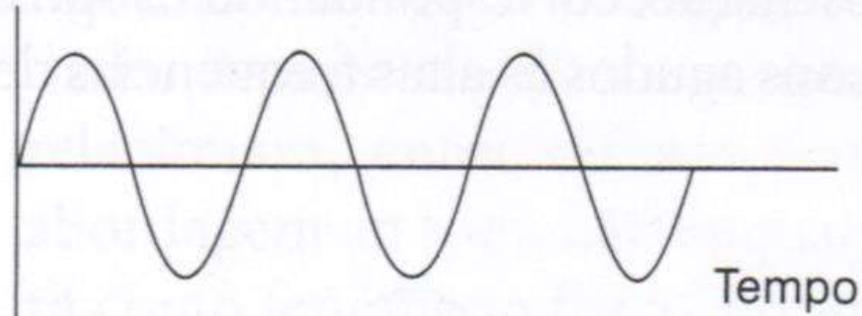


	AMPLITUDE		FREQUÊNCIA	
	Grande	Pequena	Grande	Pequena
Som	Forte	Fraco	Agudo	Grave
Luz	Intensa	Fraca	Azul	Vermelha

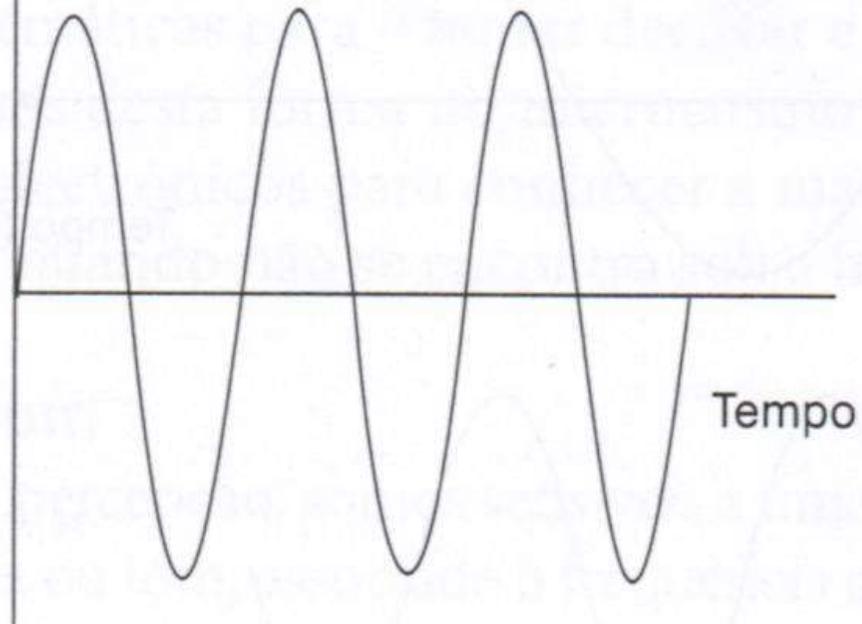




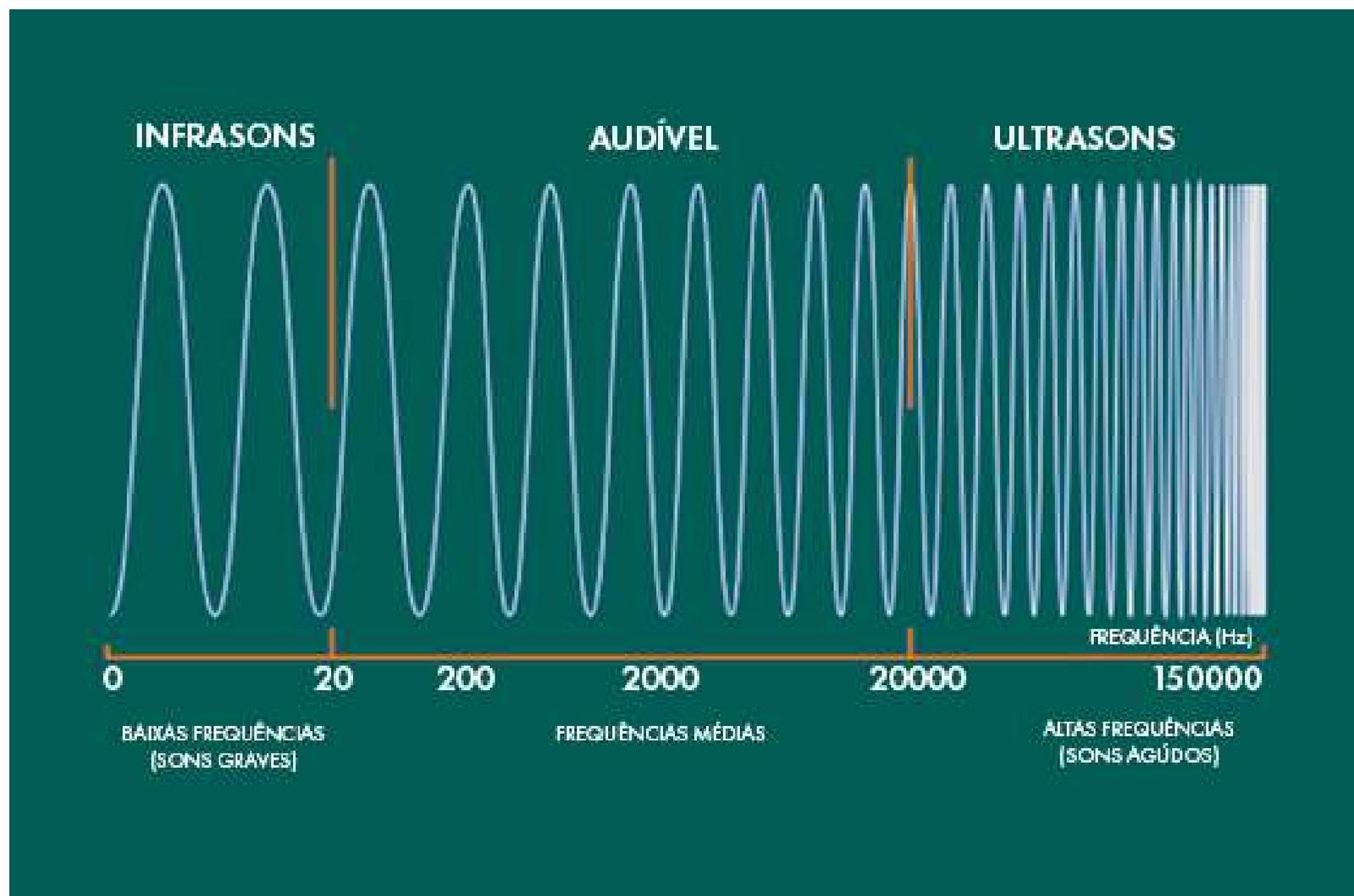
Amplitude



Menor amplitude =  
menor intensidade



Maior amplitude =  
maior intensidade



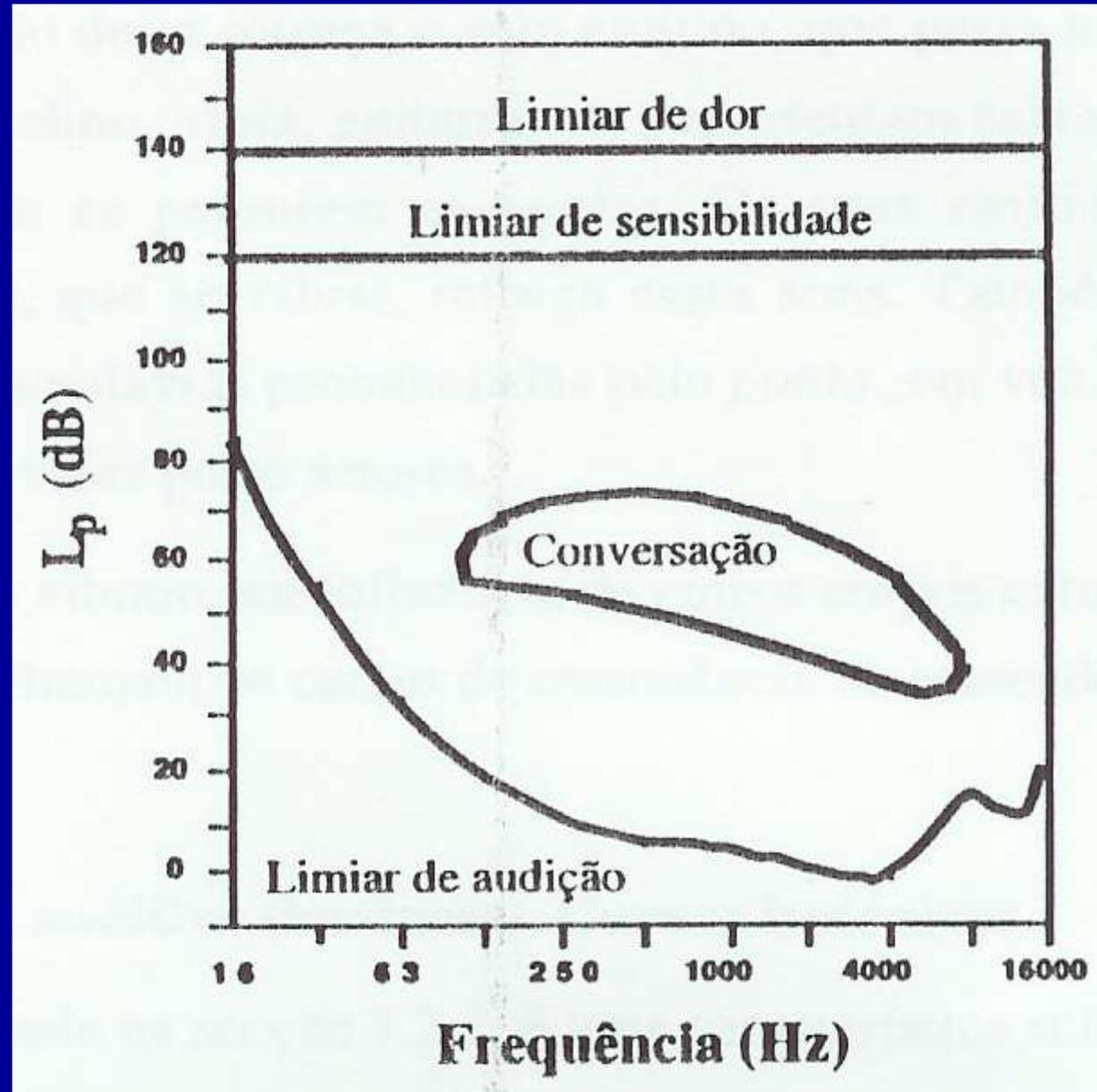
# Gama audível

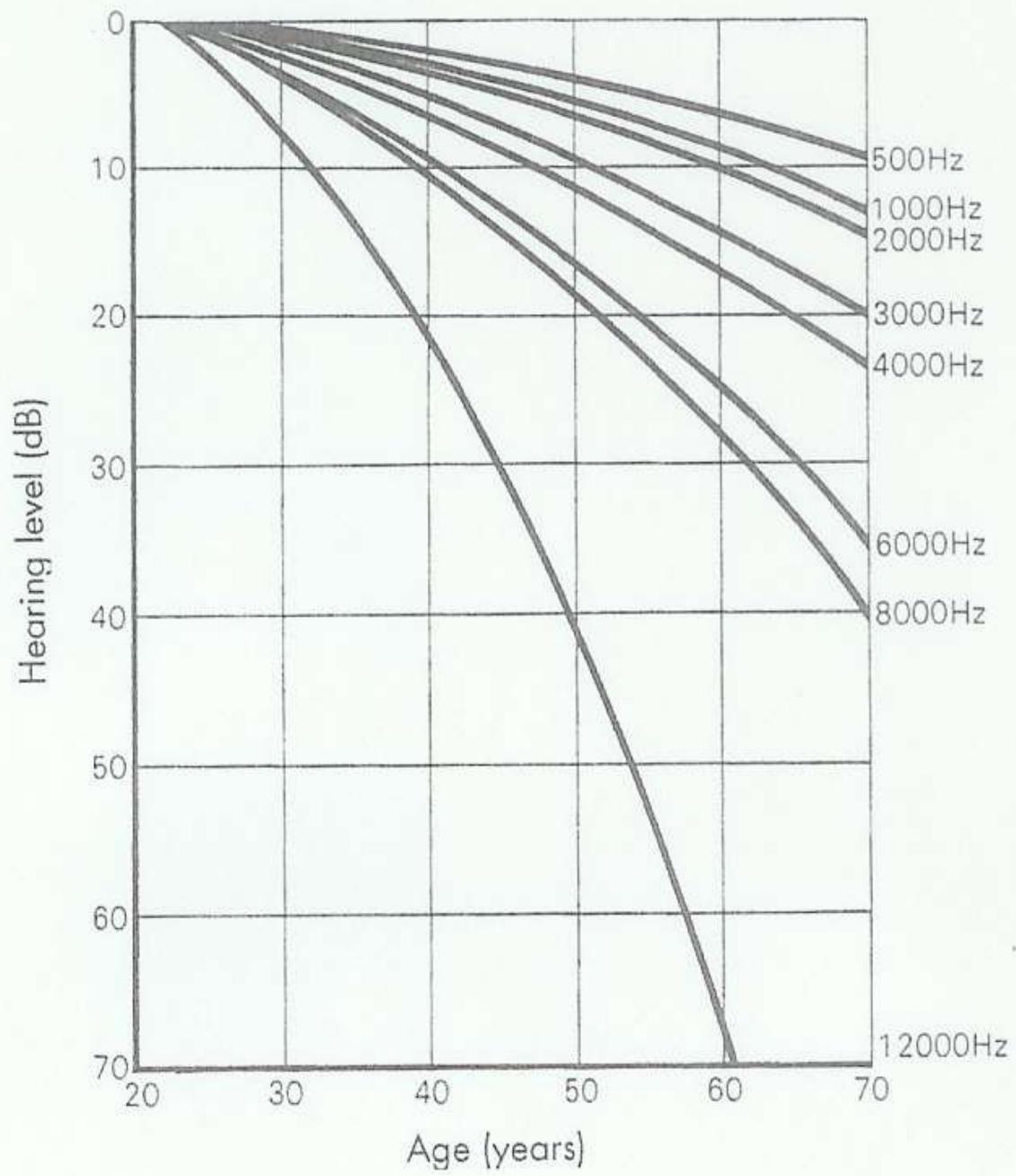
A gama audível depende da idade e das condições físicas de cada pessoa, variando, em condições normais de 20 Hz a 20 kHz.

A sensibilidade auditiva varia consideravelmente ao longo desta vasta gama de frequências, sendo maior entre 2 kHz e 5 kHz e particularmente junto ao limiar de audição, onde há uma variação da ordem dos 70 dB.

Variações nos valores do limite inferior de audição permitem ajuizar da progressão da surdez de um indivíduo.

# Gama audível



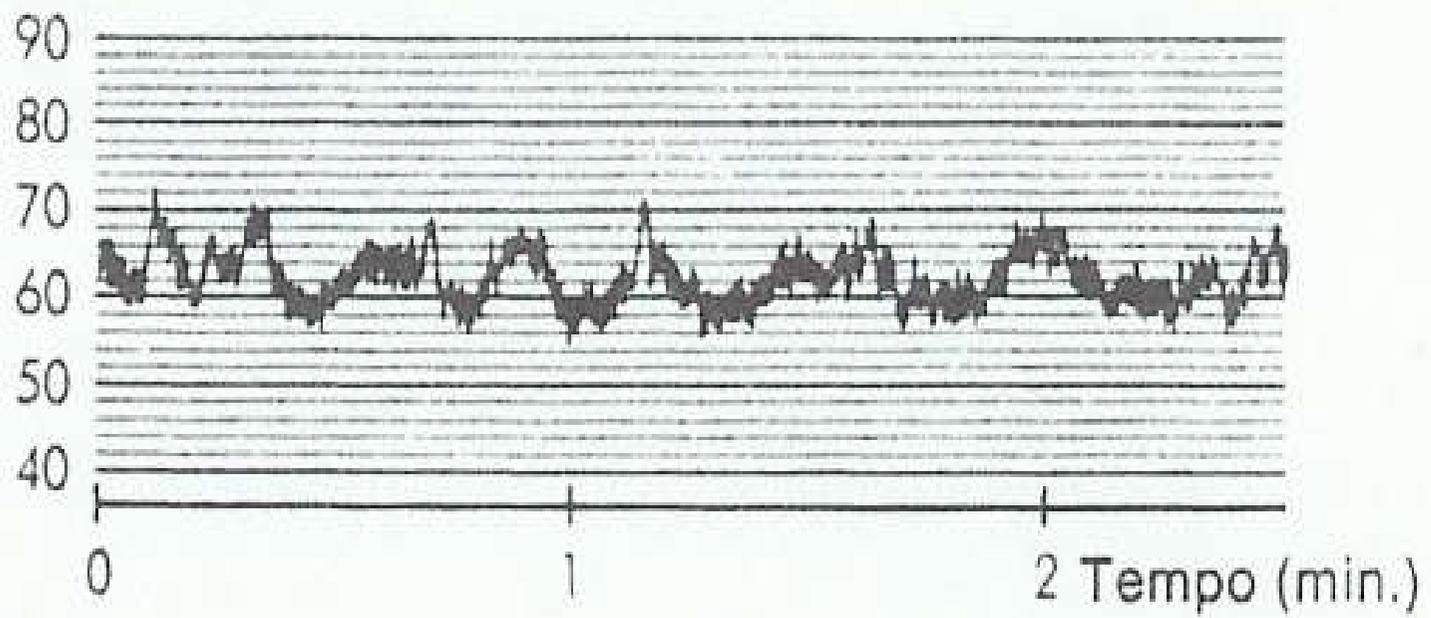


# Nível sonoro contínuo equivalente (Leq)

Os níveis sonoros industriais e exteriores flutuam ou variam de maneira aleatória com o tempo.

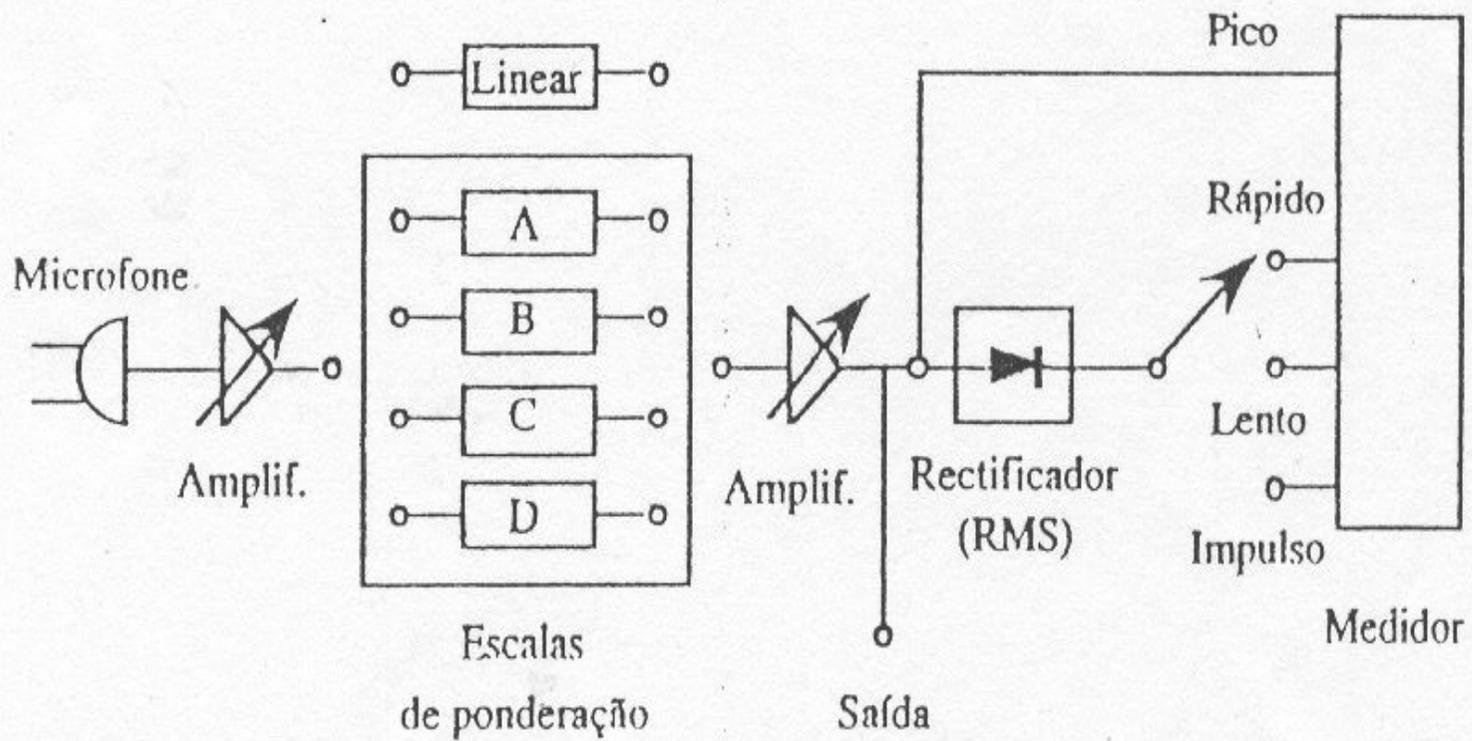
Pode-se todavia medir naquele tempo um valor médio chamado Leq (nível sonoro contínuo equivalente), expresso em dB(A), que produziria a mesma energia sonora que o verdadeiro som durante o mesmo tempo.

Nivel  
sonoro  
dB(A)

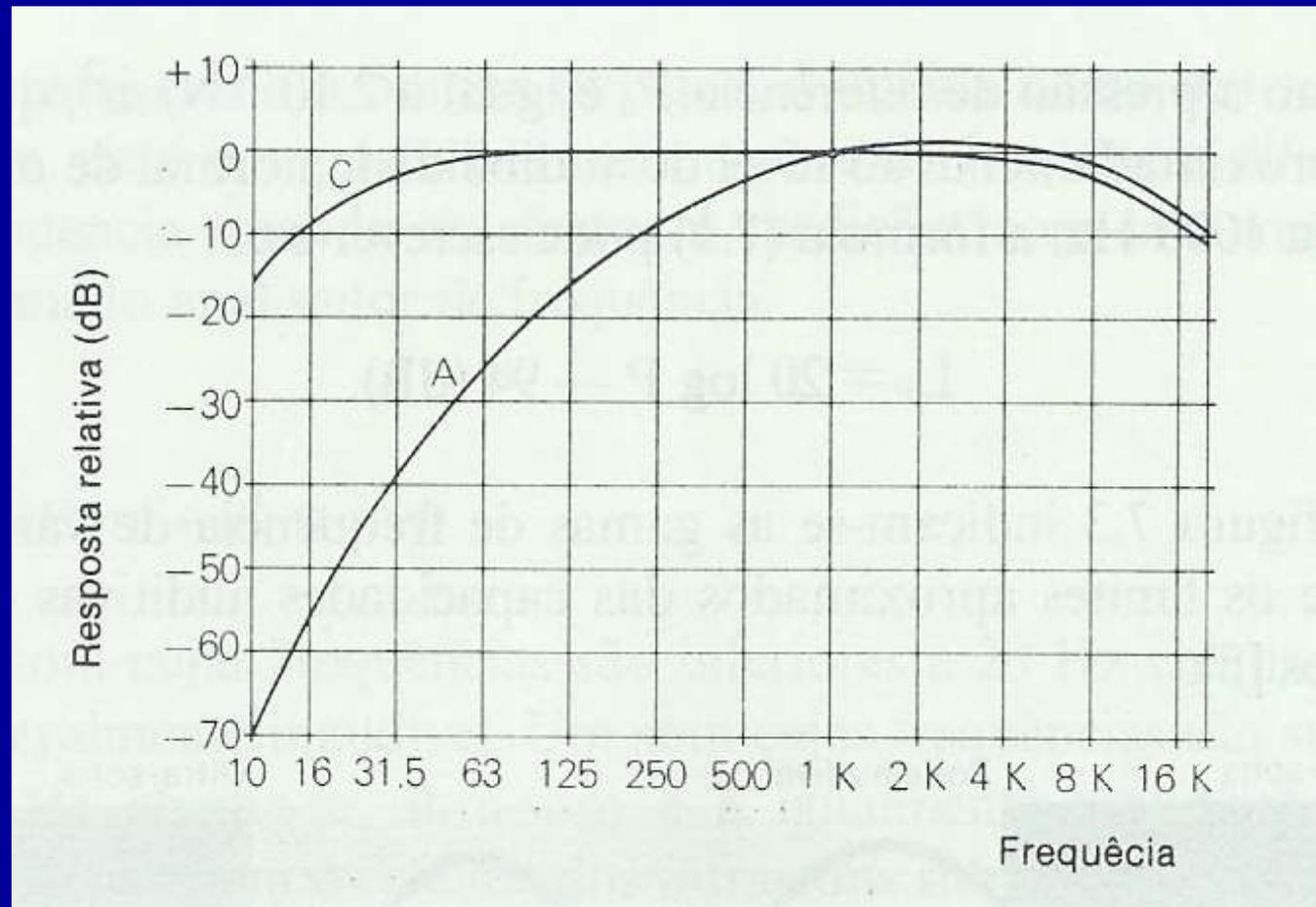




Sonómetro



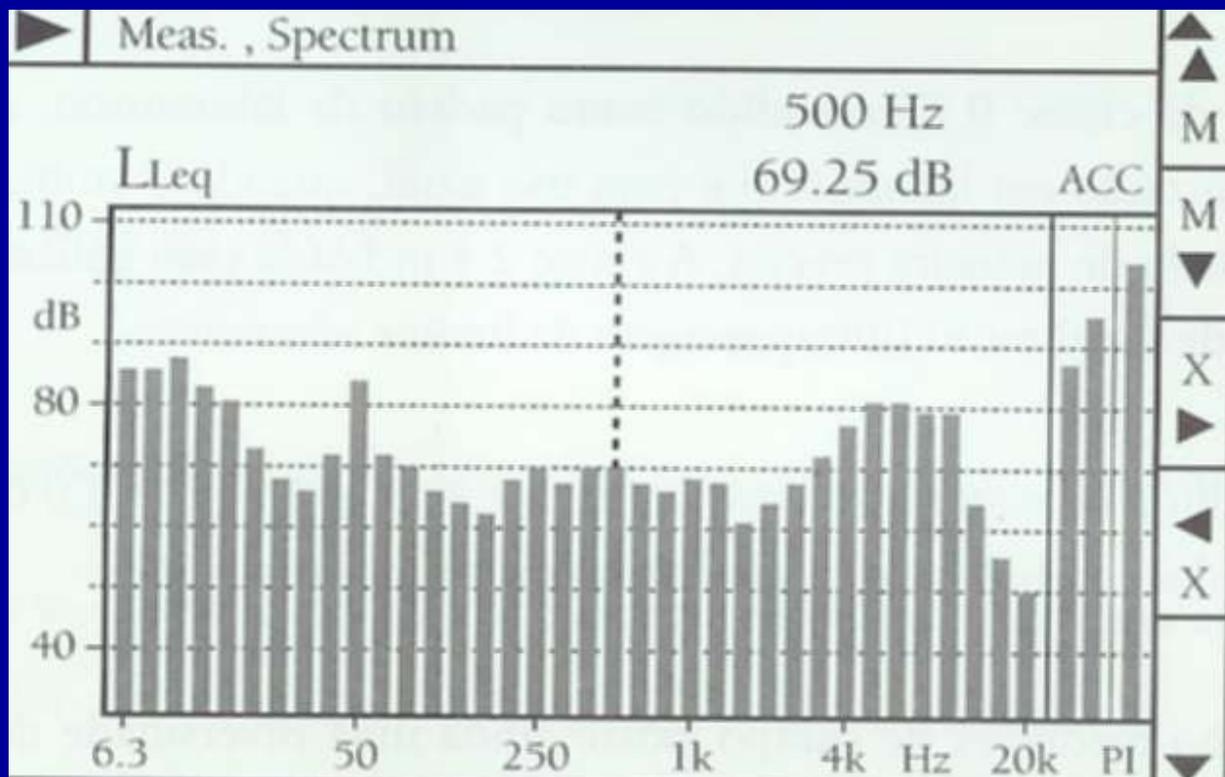
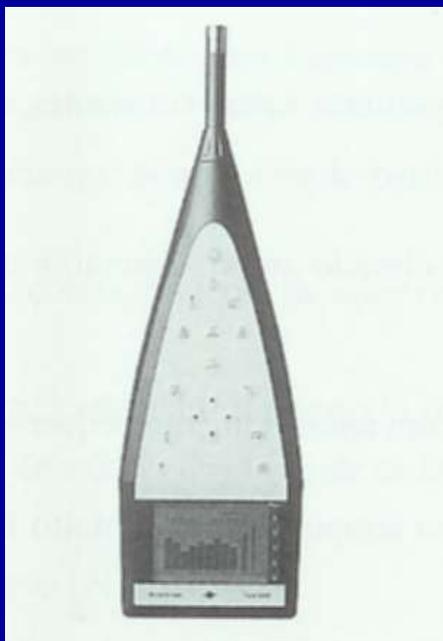
# Curvas de ponderação A e C



# Medição do ruído

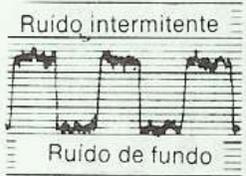
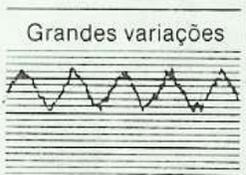
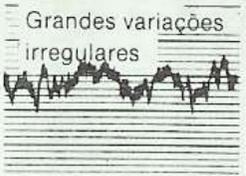
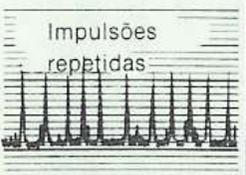
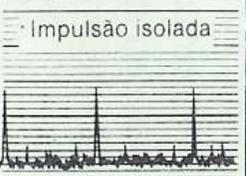
- . *slow* (resposta lenta), com elevado amortecimento e um tempo de integração de, aproximadamente, **1 s**
- . *fast* (resposta rápida), com um amortecimento pequeno e tempo de integração de **125 ms**
- . *impulse* (impulso), tempo de subida muito rápido e um tempo de descida amortecido, **35 ms**
- . *peak* (pico), com um tempo de subida muito rápido e sem tempo de descida.

## Mostrador indicando um espectro de 1/3 oitava, em tempo real



Sonómetro de precisão com análise espectral em tempo real

# Tipos de ruído, de fontes sonoras, de medições e de instrumentos

	Tipos de ruído	Tipos de fontes	Tipos de medições	Tipos de instrumento	Observações
 <p>Pequenas variações</p>	Ruído contínuo constante	Sistemas de ventilação, bombas, motores eléctricos, transportadores	Leitura directa do valor ponderado A	Sonómetro	Análise por oitava ou terço de oitava se o ruído for excessivo
 <p>Ruído intermitente</p> <p>Ruído de fundo</p>	Ruído constante mas intermitente	Compressores, máquinas automáticas durante um ciclo	Valor em dB(A) e tempos de exposição ou $L_{eq}$	Sonómetro Sonómetro integrador	
 <p>Grandes variações</p>	Ruído flutuante periódico	Produção em série, esmerilagem	Valor em dB(A), $L_{eq}$ ou dose de ruído	Sonómetro Sonómetro integrador	
 <p>Grandes variações irregulares</p>	Ruído flutuante não periódico	Trabalho manual, esmerilagem, soldadura	$L_{eq}$ ou dose de ruído, análise estatística	Dosímetro Sonómetro integrador	Medições durante períodos longos habitualmente necessárias
 <p>Impulsões repetidas</p>	Ruído impulsivo de ritmo rápido	Prensas automáticas, martelo picador, rebitagem	$L_{eq}$ ou dose de ruído. Nível "impulsão" e valor "pico"	Sonómetro por impulsos ou Sonómetro com retenção de "pico"	Difícil de caracterizar. Perigoso para o ouvido
 <p>Impulsão isolada</p>	Impulsão isolada	Martelagem, manutenção	$L_{eq}$ e valor "pico"	Sonómetro por impulso ou Sonómetro por retenção de "pico"	Difícil de caracterizar. Muito perigoso para o ouvido sobretudo a pequena distância.

# Tipos de ruído

- **Perfuração** (ruído gerado pela interação broca/rocha e pelo funcionamento da perfuradora)
- **Detonação** (ruído gerado, essencialmente, pelos movimentos do terreno, pela libertação de gases, pela detonação do cordão detonante e pela colisão de pedras)
- **Remoção** (ruído gerado pelos equipamentos utilizados na remoção, geralmente pás carregadoras, escavadoras giratórias e *dumpers* ou camiões)
- **Beneficiação** - britagem e lavagem (ruído gerado pela laboração dos britadores e moinhos, tambores de lavagem, crivos, tapetes transportadores, motores eléctricos, etc.)
- **Expedição** (ruído gerado pela circulação de viaturas pesadas que procedem ao transporte dos materiais)

# Principais fontes de ruído

## Emprego de explosivos

A detonação e as operações a montante e a jusante desta, como:

- a **perfuração** (consiste na fragmentação localizada da rocha para aplicação dos explosivos),
- a **remoção** (consiste na limpeza do material desmontado e transporte para a instalação de beneficiação),
- a **beneficiação do minério** (central de britagem, de lavagem, entre outras).

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>NÍVEIS TÍPICOS</b>
<b>Desmatação e Decapagem</b> <i>Remoção de espécies vegetais e de terras superficiais</i>	65 - 85 dB (*)
<b>Perfuração</b> <i>Fragmentação localizada da rocha para aplicação dos explosivos</i>	85 - 100 dB (*)
<b>Detonação dos explosivos</b> <i>Iniciação dos explosivos e consequente desmonte da rocha</i>	70 - 140 dB (**)
<b>Remoção</b> <i>Carregamento e transporte do material desmontado</i>	65 - 85 dB (*)
<b>Beneficiação</b> <i>Beneficiação dos materiais através de processos de britagem, classificação e lavagem</i>	85 - 100 dB (*)
<b>Expedição</b> <i>Transporte dos agregados em viaturas pesadas</i>	65 - 85 dB (*)

(\*) - Níveis de ruído junto do equipamento, mas fora da cabina;

(\*\*) - Níveis de ruído medidos a cerca de 20 m da pega de fogo.

## Nível de exposição sonora (SEL)

O nível de exposição sonora é o valor do  $L_{eq}$  relativo a um segundo.

É útil para comparar ruídos individuais de diferente duração, como, por exemplo, o ruído de passagem dum comboio de mercadoria e o de um comboio de passageiros.

# Dose de ruído

A dose de ruído é uma variante do Leq para o qual o tempo de medição é fixado de 8 horas.

A única diferença entre a dose de ruído e um Leq de 8 horas é que a dose de ruído é expressa em percentagem de exposição diária tolerada.

A dose de ruído mede-se por meio de **dosímetros**.

# Dose de ruído

Assim, e segundo a norma ISO R 1999, a dose de ruído 100% corresponde a :

$Leq = 90 \text{ dB(A)}$  e uma exposição de 8 horas

$Leq = 93 \text{ dB(A)}$  e uma exposição de 4 horas

$Leq = 96 \text{ dB(A)}$  e uma exposição de 2 horas

Para se obter a mesma dose de ruído de 100%, a exposição ao ruído deve diminuir de metade quando o  $Leq$  aumenta de 3 dB(A).

# Análise de frequências

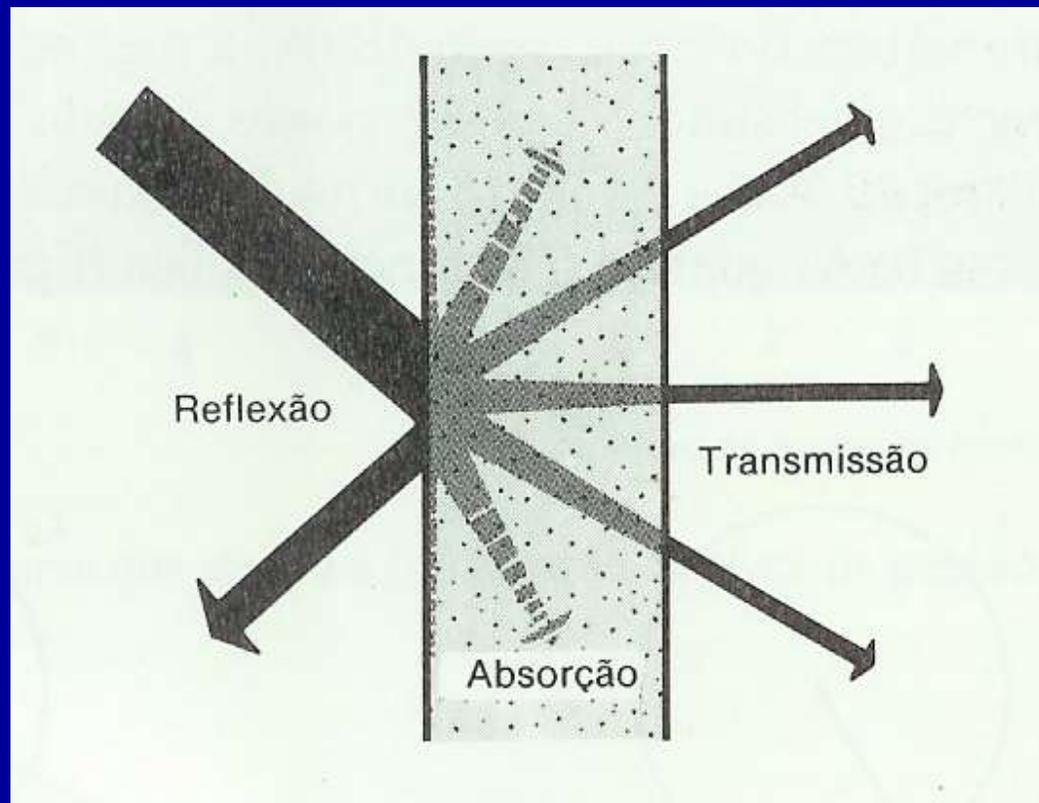
As técnicas de redução de ruído dependem quase sempre da frequência pelo que é necessário fazer uma análise em frequência para identificar as fontes de ruído mais nocivas e para escolher uma blindagem da máquina ou material absorvente.

# Atenuação do som com a distância

Pode admitir-se a regra empírica segundo a qual numa grande sala, ou ao ar livre, o nível sonoro diminui  $\sim 5$  a  $6$  dB quando a distância duplica.

O nível sonoro duma máquina de dimensões médias permanece, porém, constante até uma distância de  $1,5$  m, começando depois a diminuir.

No interior de um local a atenuação é menor porque as paredes e o tecto produzem a reverberação de uma parte do som e este som reflectido junta-se ao directo.



Em geral, o objecto deve ser maior que o comprimento de onda do som para se conseguir um isolamento significativo.

**Por exemplo:**

A **10 KHz** o comprimento de onda do som é **3,4 cm** e então um pequeno objecto (o microfone da medição por exemplo) perturbará o campo sonoro e, por isso, a absorção e o isolamento podem ser facilmente realizados.

Mas a **100 Hz**, o comprimento de onda é de **3,4 m** e o isolamento acústico torna-se difícil.

# Filtros de oitava

Para definir completamente a composição de um som é necessário determinar os níveis sonoros de cada frequência. Habitualmente, estes valores são dados por oitava.

A região das frequências audíveis é dividida em dez oitavas em que as frequências centrais e as larguras da banda são fixadas por normas internacionais.

A frequência central de cada oitava é igual ao dobro da frequência central da oitava precedente e a frequência superior de cada oitava ao dobro da frequência inferior.

As oitavas são geralmente caracterizadas pela sua frequência central. As frequências centrais são as seguintes:

31,5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 16000 Hz

# Bibliografia Recomendada



Alberto Sérgio S.R. Miguel, **Manual de Higiene e Segurança do Trabalho**, 13ª edição, Porto Editora, 2014.

**(Conciso e ideal para uma primeira abordagem à poluição sonora)**



Ricardo Macedo, **Manual de Higiene do Trabalho na Indústria**, 3ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, 2006.

**(Conciso e completo)**

# Bibliografia Recomendada

Nuno Ferreira e Humberto Guerreiro, **O Ruído e a Indústria Extractiva**, Visa Consultores, S.A., Oeiras (Fonte: Google)

## O RUÍDO E A INDÚSTRIA EXTRACTIVA

**Ferreira, Nuno**

Eng. do Ambiente - Visa Consultores, S.A., Oeiras.

**Guerreiro, Humberto**

Eng. de Minas - Visa Consultores, S.A., Oeiras.

### RESUMO

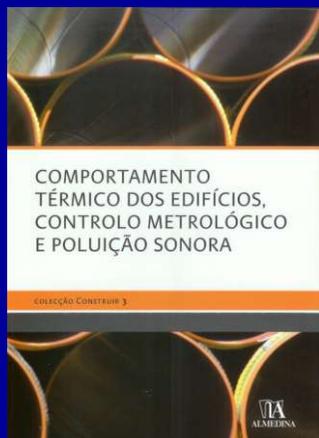
As operações de exploração e beneficiação de minérios, em pedreiras e minas, em especial a céu aberto, geram ruído que, em muitos casos, motivam incomodidade junto de habitantes ou outros receptores sensíveis presentes na envolvente das unidades extractivas.

A existência de um plano de monitorização ambiental contemplando o ambiente sonoro, numa fase inicial dos empreendimentos mineiros, permite o controlo dos níveis de ruído gerados e a sua análise face à evolução espacial dos trabalhos.

A comparação dos valores obtidos para os níveis de ruído medidos junto dos receptores sensíveis, existentes na vizinhança das pedreiras e minas, com os valores limite definidos na legislação vigente nesta matéria é essencial para o controlo de ruído emitido pelas actividades extractivas e para a definição das medidas de minimização e controlo aplicáveis.

As actividades de monitorização permitem prever antecipadamente situações de reclamação das populações, conduzindo de imediato à aplicação de medidas de minimização capazes de resolver os problemas detectados. Além disso, os valores coligidos das medições de ruído constituem uma base de dados que representa uma mais-valia em caso de conflito.

# Bibliografia Recomendada



**Comportamento Térmico dos Edifícios, Controlo Metrológico e Poluição Sonora, Coleção Construir, Almedina, 2008.**

**(Legislação completa sobre Poluição Sonora)**

Para obter as normas, consultar o site do  
**Instituto Português da Qualidade**

[www.ipq.pt](http://www.ipq.pt)