



Ruído



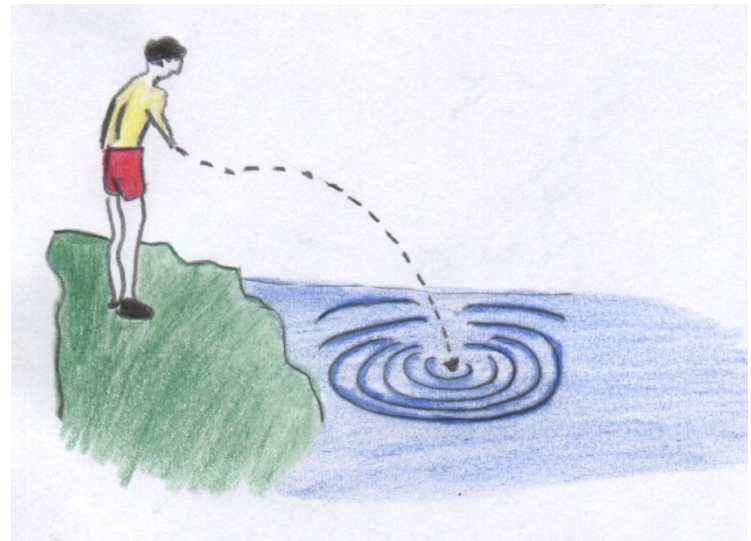
Objectivos

Classificação dos Sons

- Agradáveis
- Úteis
- Incómodos / Ruído

O som como uma Onda

O som propaga-se com um movimento ondulatório, no qual as cristas das ondas são substituídas por compressões e depressões invisíveis.

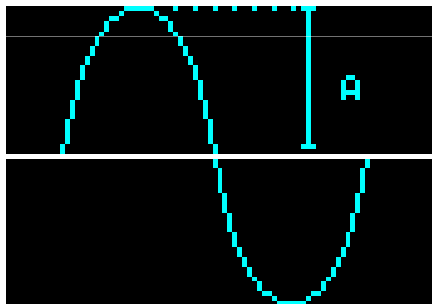


Características do Som

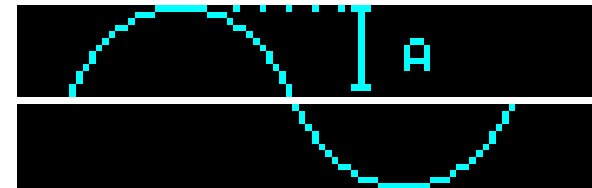
- Intensidade
- Altura
- Timbre

Intensidade

Quantidade de energia transportada (W/m^2), que permite ao ouvido diferenciar os sons fracos dos sons fortes.



Grande amplitude
(som forte)



Pequena amplitude
(som fraco)

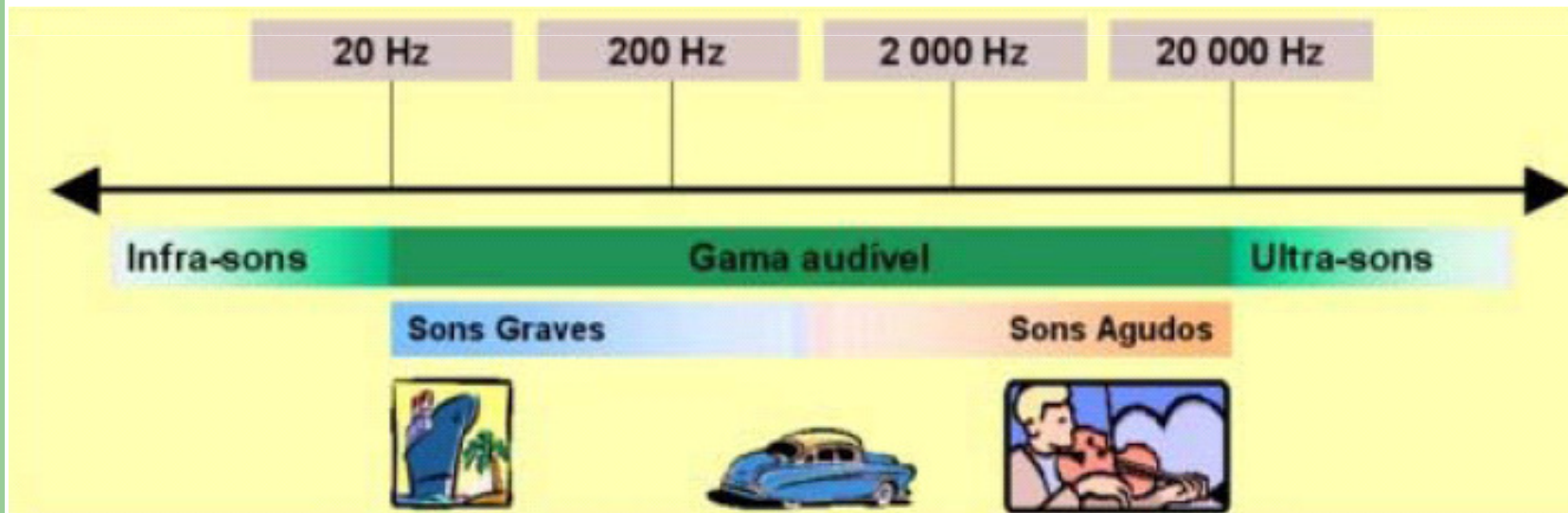
Altura

É a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons graves de sons agudos.

Agudo => maior frequência (ω)

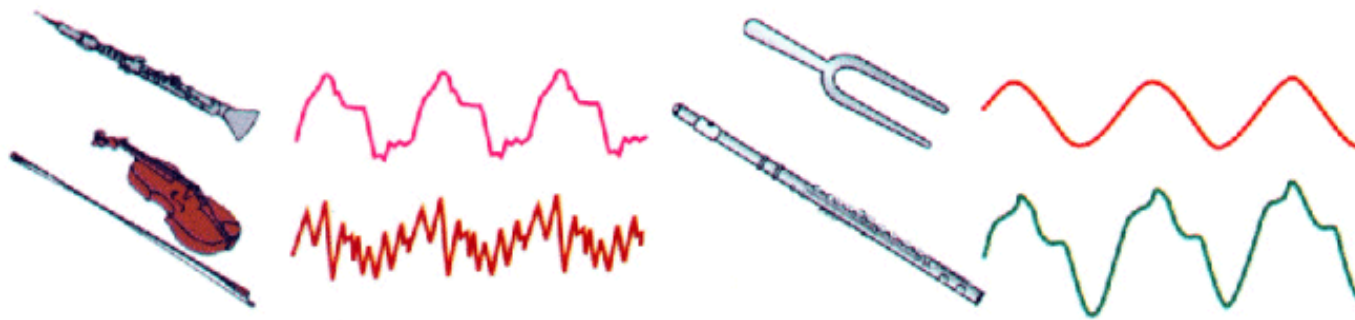
Grave => menor frequência (ω)

Altura



Timbre

Timbre : É a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons da mesma altura e intensidade emitidas por fontes diferentes. (A mesma nota em instrumentos diferentes soa de modo diferente.)



Sons com a mesma frequência mas harmónicos diferentes.

Velocidade de Propagação

Depende do meio de propagação

ar a 0°C	330 m/s	
ar a 20°C	343 m/s	
ar a 30°C	350 m/s	
água	1400 m/s	
betão	5000 m/s	

$$V_{\text{sólidos}} > V_{\text{líquidos}} > V_{\text{gases}}$$

v - velocidade do som num gás

γ - constante dependente do gás (1,4 para o ar)

R - constante universal dos gases (8,314 J/mol.K)

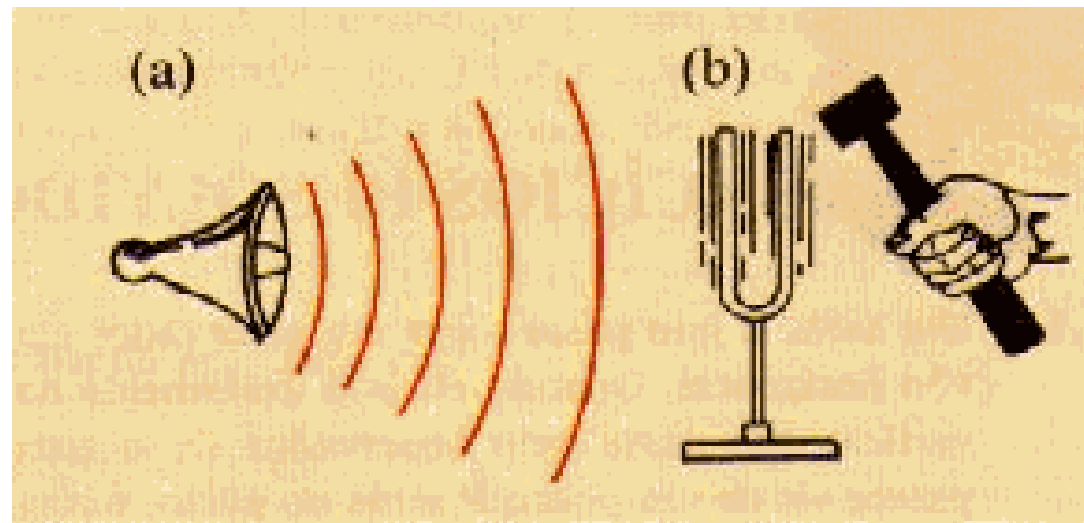
T - temperatura absoluta (K)

M - massa molecular do gás (29×10^{-3} Kg/mol.)

$$v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}$$

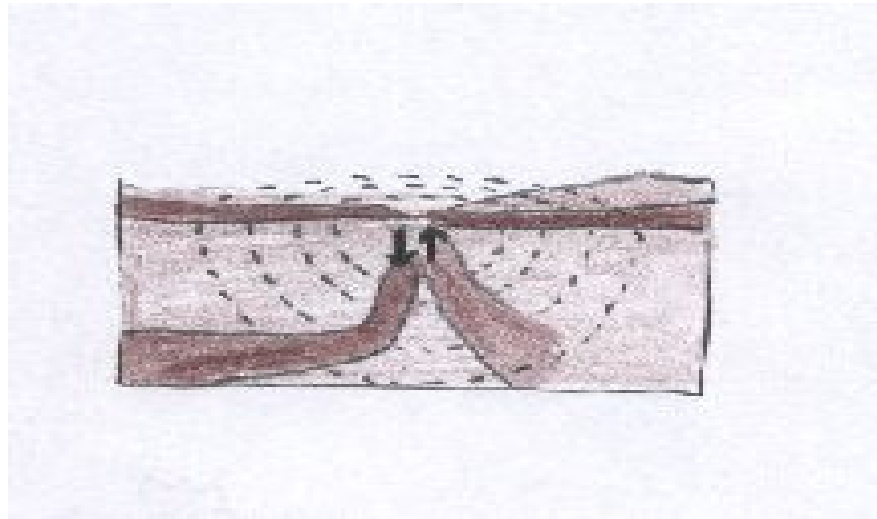
Fontes Sonoras

Qualquer corpo elástico capaz de vibrar pode produzir um som e nesse caso, recebe o nome de fonte sonora, alguns exemplos são o diafragma de alto-falante e o diapásão.



Sensibilidade Auditiva

Infra-som: Situam-se abaixo dos 20 Hz, como exemplo temos os movimentos sísmicos que dão origem a ondas mecânicas. Mas a frequência desses sons é demasiado baixa para que seja audível. Essas ondas são registadas pelos sismógrafos.



Sensibilidade Auditiva

Ultra-sons: estão situados acima dos 20 000 Hz, as vibrações mecânicas têm um campo muito amplo de frequências, o ecometro ou a sonda acústica são exemplos de como a reflexão dos ultra-sons serve para descobrir objectos não visíveis.



Sensibilidade Auditiva

O ouvido humano não tem a mesma sensibilidade a todas as frequências, sendo mais sensível à gama de frequências compreendidas entre 2 e 5 kHz, e menos sensível para as restantes gamas de frequências.

Por outro lado é conhecido que o eventual dano sofrido pelo indivíduo está relacionado com a sensibilidade do seu ouvido.

Tipos de Fontes Sonoras

Fontes Pontuais

Fontes Lineares

Fontes Planas

Fontes Pontuais

Uma fonte diz-se pontual se as suas dimensões forem pequenas quando comparadas com a distância a que se encontra do receptor.

Exemplo de fontes pontuais: aeronaves, uma fábrica, um automóvel isolado, um alto-falante no alto de um mastro.

Fontes Lineares

Emitem som de uma forma contínua ao longo de uma linha, como no caso de um fluído em regime turbulento a passar no interior de um tubo.

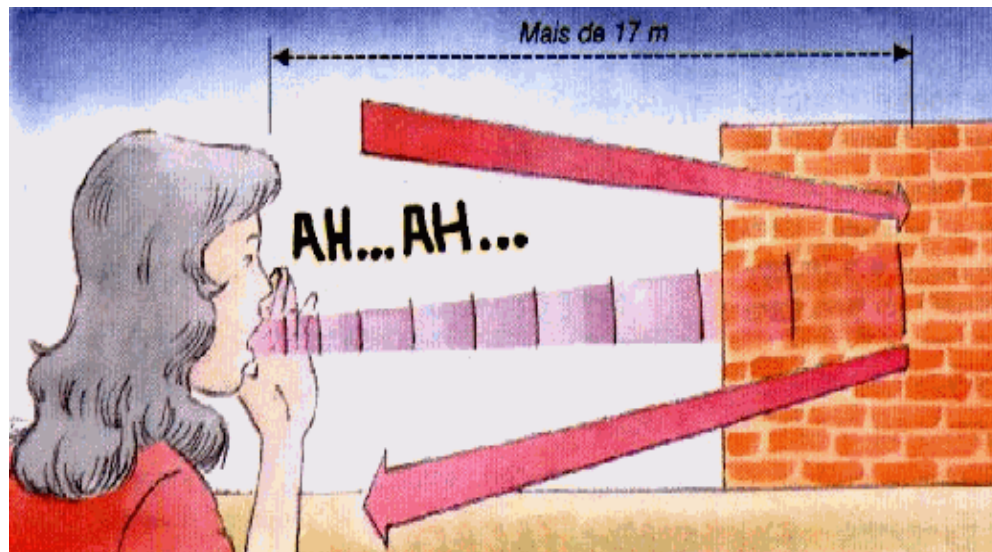
Exemplo de fontes Lineares: O caso de uma auto-estrada com trânsito intenso ou de uma linha férrea.

Fontes Planares

Uma onda plana tem propriedades acústicas (pressão, velocidade, potência, etc) iguais, em amplitude e fase, em planos perpendiculares à sua direcção de propagação. Podem ocorrer em tubos ou condutas em que as dimensões transversais são pequenas quando comparadas com o comprimento de onda do som.

Reflexão

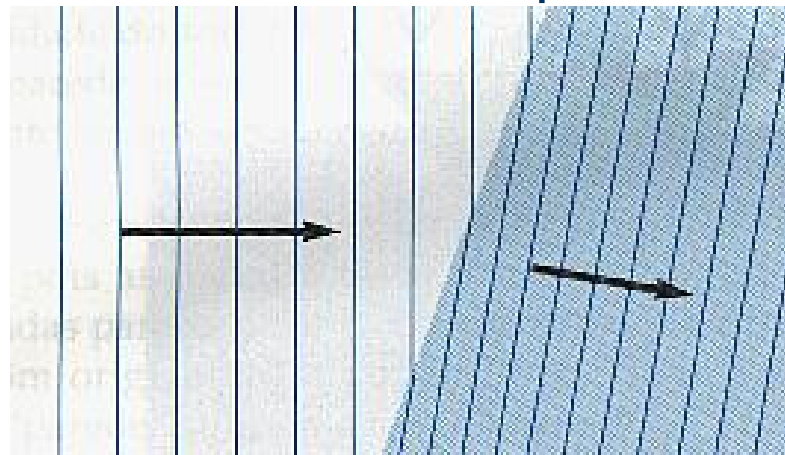
Eco - Consiste na repetição de sons emitidos diante um obstáculo, por exemplo uma parede, uma montanha, entre outros, ou seja resulta de reflexão do som.



Refracção

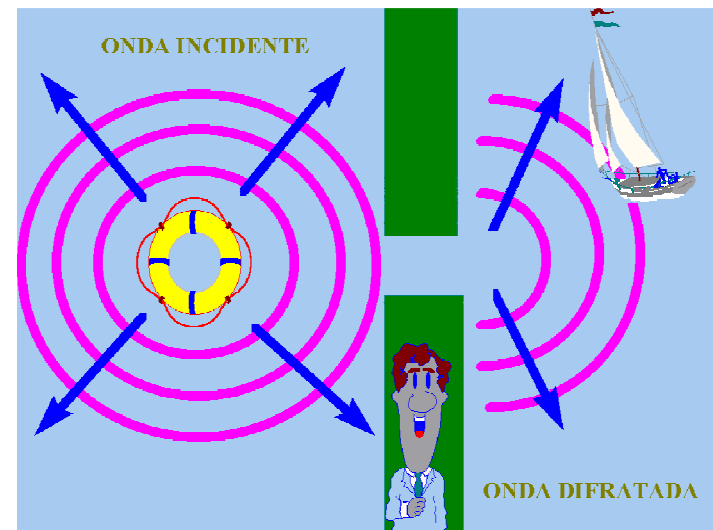
Refracção - Fenómeno que ocorre quando uma onda passa de um meio para outro onde se propaga com velocidade diferente.

Quando as ondas sonoras mudam de meio de propagação, mudam a velocidade, podendo mudar de direcção.



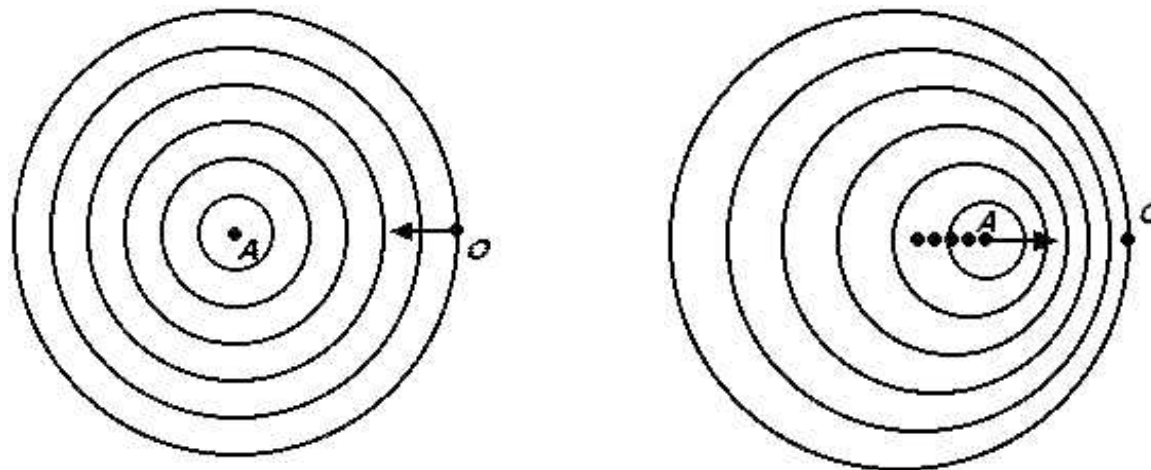
Difracção

Difracção - as ondas sonoras também podem contornar obstáculos. A difracção das ondas sonoras só é possível porque estas ondas estão constantemente a espalhar-se em todas as direcções. Se assim não fosse, não era possível ouvir uma pessoa que estivesse na sala ao lado ou a trás de uma esquina.



Efeito de Doppler

Quando uma fonte sonora ou o seu receptor se encontram em movimento, ocorre uma alteração na frequência percebida do som que é denominada *Efeito Doppler*.



Reverberação

Reverberação - consiste na chegada de ondas sonoras provenientes de uma mesma fonte em tempos diferentes, seguindo percursos diferentes, mesmo depois da fonte que lhe deu origem ser interrompida.

Tempo de reverberação - tempo necessário para que a energia sonora decaia de um milhar de vezes em relação à sua energia inicial, isto é, o tempo necessário para o nível em decibéis decair de 60 dB e expressa a capacidade de absorção do ambiente.

Unidade do Som

DECIBEL

É o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado e corresponde à mais pequena variação da pressão sonora que um ouvido humano normal pode distinguir nas condições normais de audição.

Decibéis – dB (em homenagem a Alexandre Bell, inventor de telefone (1847-1922))

Unidade do Som

Nível de pressão sonora,

L_p [dB]: **$L_p = 10 \log (p/p_0)^2$**

p – valor eficaz da pressão sonora sem protecção, em pascais, a que está sujeito um indivíduo

p_0 – pressão de referência (2×10^{-5} pascal = 20 μ Pa)

Nível sonoro ponderado A, **L_{p_A} [dB (A)] :**

$L_{p_A} = 10 \log (p_A/p_0)^2$

p_A – valor eficaz da pressão sonora ponderada A, em pascais, a que está sujeito um indivíduo

p_0 – pressão de referência (2×10^{-5} pascal = 20 μ Pa)

Escalas – A, B, C e D

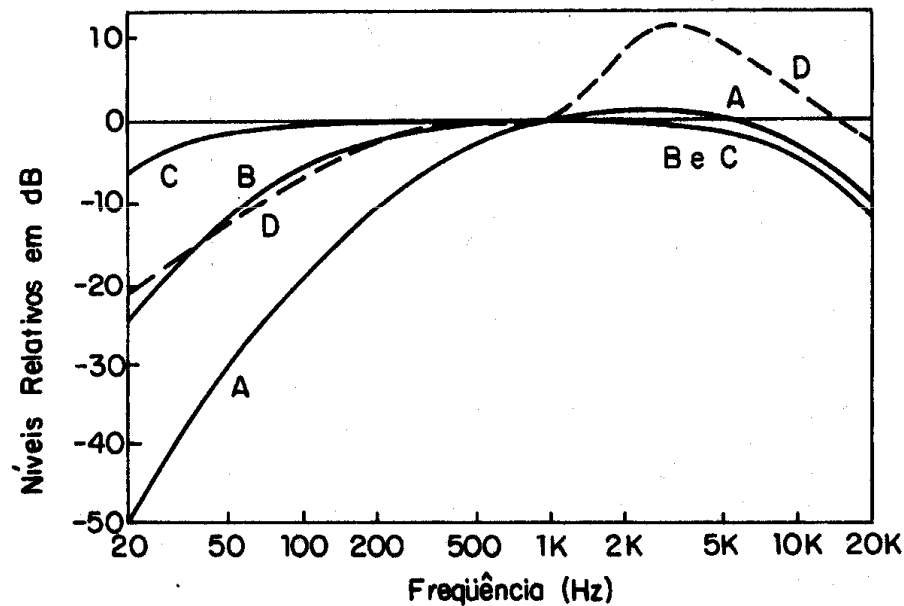
Existem quatro escalas de ponderação (A, B, C e D) para além da linear, isto é, da que não tem qualquer correcção.

As escalas A e B, actuam de forma a fornecer medidas dos níveis de pressão sonora que se aproxima da forma como o ouvido humano se apercebe desses níveis. Das duas escalas utiliza-se mais a A, sendo a B raramente utilizada.

A escala C, é essencialmente linear, embora com pequenas atenuações para as baixas e as altas frequências.

A escala D, muito particular, é usada apenas na medição de níveis de ruído associados à aviação.

Curvas de Atenuação da Percepção Auditiva



Frequência (Hz)	Curva A dB(A)	Curva B dB(B)	Curva C dB(C)
10	-70,4	-38,2	-14,3
12,5	-63,4	-33,2	-11,2
16	-56,7	-28,5	-8,5
20	-50,5	-24,2	-6,2
25	-44,7	-20,4	-4,4
31,5	-39,4	-17,1	-3,0
40	-34,6	-14,2	-2,0
50	-30,2	-11,6	-1,3
63	-26,2	-9,3	-0,8
80	-22,5	-7,4	-0,5
100	-19,1	-5,6	-0,3
125	-16,1	-4,2	-0,2
160	-13,4	-3,0	-0,1
200	-10,9	-2,0	0,0
250	-8,6	-1,3	0,0
315	-6,6	-0,8	0,0
400	-4,8	-0,5	0,0
500	-3,2	-0,3	0,0
630	-1,9	-0,1	0,0
800	-0,8	0,0	0,0
1000	0,0	0,0	0,0
1250	0,6	0,0	0,0
1600	1,0	0,0	-0,1
2000	1,2	-0,1	-0,2
2500	1,3	-0,2	-0,3
3150	1,2	-0,4	-0,5
4000	1,0	-0,7	-0,8
5000	0,5	-1,2	-1,3
6300	-0,1	-1,9	-2,0
8000	-1,1	-2,9	-3,0
10000	-2,5	-4,3	-4,4
12500	-4,3	-6,1	-6,2
16000	-6,6	-8,4	-8,5
20000	-9,3	-11,1	-11,2

Nível sonoro contínuo equivalente

Nível sonoro contínuo equivalente, L_{AeqT} , ponderada A de um ruído num intervalo de tempo T, [dB (A)]:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{[p_A(t)]^2}{[p_0]^2} dt \right\}$$

Em que:

$T = t_2 - t_1$ – tempo de exposição de um trabalhador ao ruído

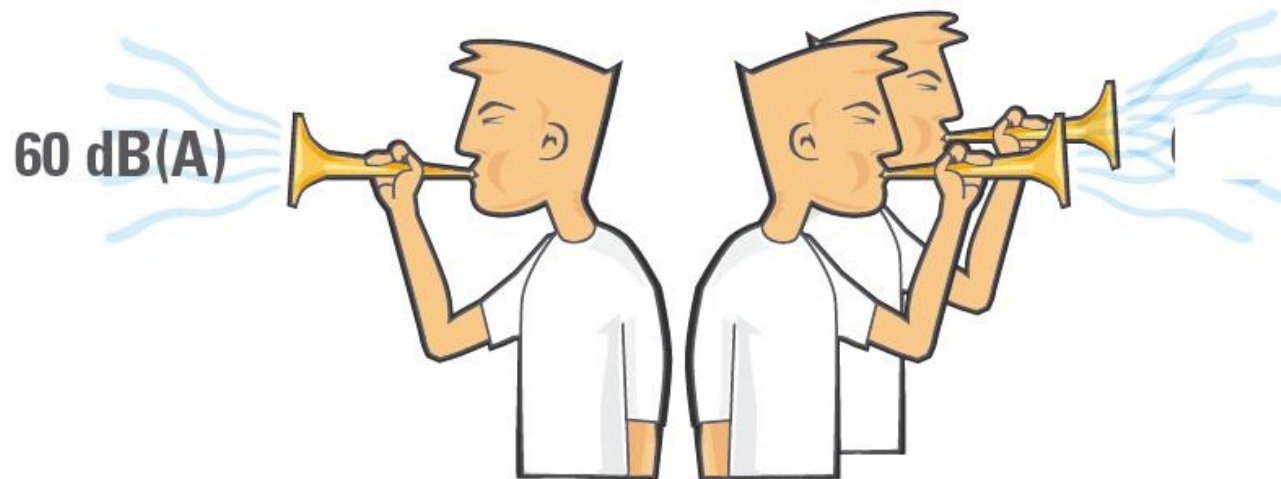
$p_A(t)$ – pressão instantânea ponderada A, expressa em pascais, a que o colaborador está exposto, com ar à pressão atmosférica

p_0 – pressão de referência (2×10^{-5} pascal = 20 μ Pa)

Soma e Subtracção de dB

$$Lp_1 + Lp_2 = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{Lp_1}{10}} + 10^{\frac{Lp_2}{10}} \right)$$

$$60 + 60 = \dots?$$



Média de N Amostras

$$LA_{eq, N} = 10 \text{Log} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n 10^{(LA_{eq, ni})/10} \right]$$