

Riscos Físicos

Ruído

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

Pretende-se com esta documentação o conhecimento dos conceitos básicos associados aos fenómenos do ruído.
Identificar as consequências destes fenómenos para a saúde dos trabalhadores.
Saber quais os requisitos legais aplicáveis. Conhecer as medidas preventivas e de monitorização associadas à exposição ocupacional ao ruído.

OBJECTIVOS

*** RUIDO**

- ♦ Conceitos básicos
- ♦ Anatomia e fisiologia da audição
- ♦ Consequências do ruído
- ♦ Parâmetros dos ruído
- ♦ Legislação e normas aplicáveis
- ♦ Medição
- ♦ Controlo

CONCEITOS BASICOS

- ♦ O que é o **som**?

O som é uma vibração de moléculas. Quando ele é produzido, faz com as moléculas do ar (ou de qualquer outro meio material) vibrem de um lado para o outro. Isso faz vibrar o grupo de moléculas seguintes, que por sua vez provoca a vibração de outro grupo, e assim o som se propaga.

- ♦ Propagação de ondas sonoras que causa uma **variação de pressão relativamente à pressão de equilíbrio, o som propaga-se no ar a velocidade de 340 m/s.**
- ♦ As ondas de pressão passam apenas a constituir o som, tal como o conhecemos, quando são detectadas pelo tímpano e enviadas ao cérebro.
- ♦ O que é o **ruído**?
- ♦ **Noção variável**
 - Circunstâncias e condições em que o som é produzido
 - Sensibilidade das pessoas
- ♦ O **ruído é todo o som não desejado** ou toda a energia acústica susceptível de alterar o bem estar fisiológico ou psicológico das pessoas.
- ♦

Generalidades sobre o som:

- Ondas que podem se propagar por vibrações em sólidos, líquidos e gases.
- O ouvido humano pode detectar intensidade sonora desde 10-12 W/m² até 1 W/m².

Devido a esse grande intervalo, utiliza-se uma escala logarítmica para definir o nível de intensidade (decibel - dB). Fig1.

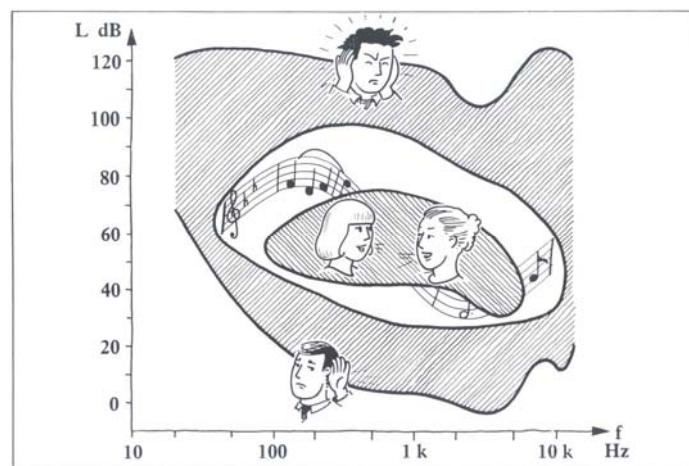


Fig1.

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

♦ ALGUNS EXEMPLOS

Som	Intensidade (W/m ²)	Nível de Intensidade (dB)
Limiar de audição	10^{-12}	0
Respiração normal	10^{-11}	10
Murmúrio (a 5 m)	10^{-9}	30
Conversação normal (a 1m)	10^{-6}	60
Tráfego pesado	10^{-5}	70
Metro (interior)	10^{-3}	90
Concerto de rock (limiar doloroso)	100	120
Descolagem de avião (nas vizinhanças)	10^3	150

PERDA AUDITIVA OCUPACIONAL

A perda da audição ocupacional tem como origem vários agentes causais, sendo os mais usuais:

- ♦ Ruído Industrial
- ♦ Produtos Químicos
 - Solventes aromáticos: tolueno, benzeno, tricloroetileno, álcool etílico
 - Metais: chumbo, arsénio, mercúrio
 - Asfixiantes: monóxido de carbono
 - Antibióticos ototóxicos
- ♦ Vibrações
- ♦ Acidentes com contactos físicos, perfuração do tímpano

ANATOMIA E FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO

♦ ÓRGÃO DE AUDIÇÃO

O sistema auditivo reage às variações de pressão, transformando os fenômenos acústicos exteriores em impulsos nervosos codificados.

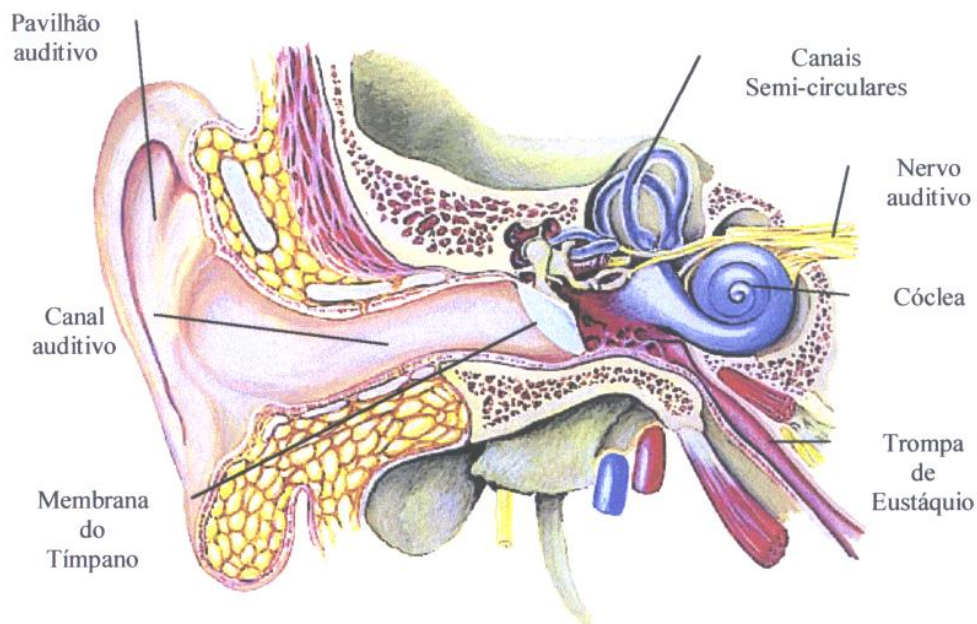
- ♦ O órgão de audição divide-se em **três partes**:

- Ouvido interno;
- Ouvido médio;
- Ouvido externo.

I. OUVIDO EXTERNO

O **ouvido externo** é a parte visível responsável pela captação dos sons.

- ♦ É constituído por:
 - Canal auditivo;
 - Pavilhão auricular.



As ondas sonoras penetram no pavilhão auricular e são transmitidas através do canal auditivo.

II. OUVIDO MEDIO

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

O **ouvido médio** é constituído pela bigorna, estribo, martelo, tímpano e trompa de Eustáquio, responsável pela recepção das ondas sonoras transmitidas pelo ouvido externo e transformação da energia acústica em energia mecânica.

- ♦ Estes ossículos vibram devido às ondas sonoras transmitidas pelo canal auditivo externo, gerando sinais mecânicos.



O **tímpano** é uma membrana semi-transparente.

As ondas sonoras atingem o tímpano e provocam a sua vibração. A cada movimento do tímpano, o martelo vibra e, por um efeito de alavanca, transmite a mensagem à bigorna e estribo.

Para que o tímpano seja sensível aos sons, o ar contido no ouvido médio tem de estar à mesma pressão que o ar do ouvido externo, sendo esta pressão regulada pela **trompa de eustáquio**.

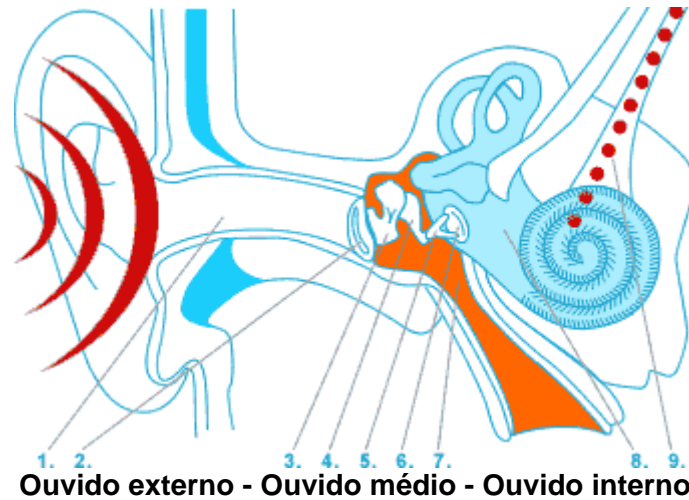
III. OUVIDO INTERNO

O **ouvido interno** transforma a energia mecânica das ondas sonoras em **impulsos nervosos**, que são posteriormente transmitidos ao cérebro.

- ♦ É constituído por:
 - **Cóclea;**
 - **Estruturas responsáveis pelo equilíbrio.**

A **cóclea** é o mecanismo central da audição, onde as ondas sonoras são convertidas em impulsos nervosos

Na cóclea encontra-se o **órgão de Corti**, que é composto por cerca de 20 000 células sensoriais ciliadas, responsáveis por captar o som a uma determinada frequência e enviar os impulsos nervosos ao cérebro. No momento de máxima vibração, as células sensoriais ciliadas estão dobradas por uma força, se este efeito se mantém, conduz ao cansaço e à paralisação temporária. Com o **esforço intenso, as células perdem a possibilidade de recuperação e acabam por morrer** não sendo possível a sua substituição, situação esta que conduz a surdez.



1) Canal auditivo 2) Tímpano 3) Martelo 4) Bigorna 5) Estribo 6) Janela oval 7) Tromba de Eustáquio 8) Cóclea 9) Nervo auditivo

CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO

Os efeitos do ruído sobre o Homem dependem de diversos factores como:

- Intensidade,
- Frequência,
- Tempo de exposição,
- Idade,
- Ambiente de trabalho,
- Sensibilidade do indivíduo, etc.

Os efeitos do ruído sobre o organismo são:

- Reacções psíquicas;
- Reacções fisiológicas;
- Trauma auditivo;
- Danos mecânicos.

Área dos efeitos	EFEITOS
Sistema cardiovascular	Aumento da pressão sanguínea, aceleração do pulso, contracção dos vasos sanguíneos

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

Aparelho digestivo	Distúrbios gastrointestinais
Visão	Dificuldade em distinguir cores, diminuição da percepção visual
Equilíbrio	Dores de cabeça, náuseas e vertigens
Sistema nervoso central	Nervosismo, insónias, perturbações no comportamento, mau humor, apatia, medo e irritação
Outros	Fadiga, interferência na comunicação

Principal efeito do ruído

Os tipos de lesões que provocam a diminuição da capacidade auditiva são:

- Lesões temporárias – lesão recuperável após um período de repouso (exemplo: exposição a um ruído, que pode ser intenso, mas de curta duração);
- Lesões permanentes – lesão que causa trauma auditivo e não recuperável. Em casos limite conduz à surdez profissional.

As pessoas que vivem ou trabalham em lugares muito ruidosos, ou aquelas que suportam ruídos intensos de forma regular, correm o risco de sofrer de **problemas de audição reversíveis**. **A surdez é a segunda doença profissional com mais expressão a nível nacional.**

PARÂMETROS E CARACTERÍSTICAS DO RUÍDO

Características do ruído

O ruído apresenta duas características principais:

Intensidade

Variável de acordo com a distância, orientação do receptor, temperatura, tipo de local, etc.

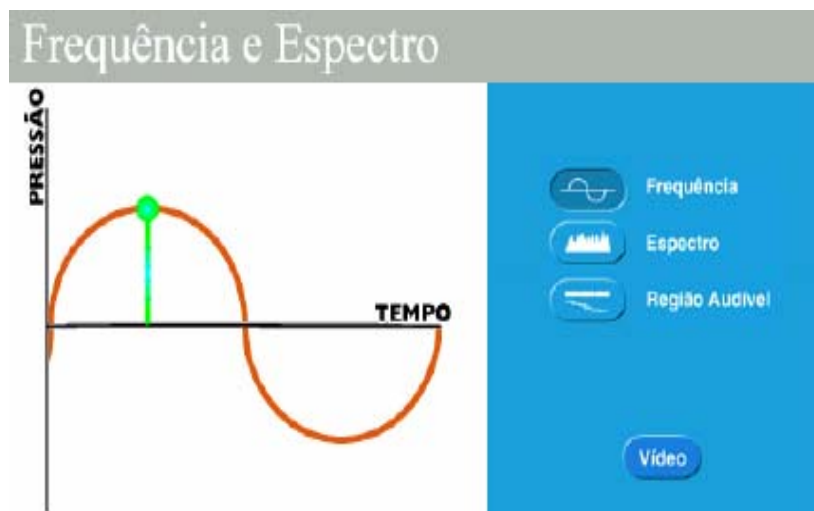
Exprime-se em unidades de pressão:

- Newtons por metro quadrado (N.m-2)
- Pascal (Pa)
- Utilização da unidade decibel (dB);
- Sensibilidade do ouvido aos sons é logarítmica;
- Escala mais pequena e de fácil utilização;
- Nível de pressão sonora $L_p = 10\log_{10}(P/P_0)^2$
- Zero decibel corresponde à variação de pressão sonora mais pequena que o ouvido humano pode distinguir (20 µPa)

Frequência

N.º de vibrações por segundo;

Exprime-se em ciclos por segundo ou Hertz.



ESCALA DE FREQUÊNCIAS

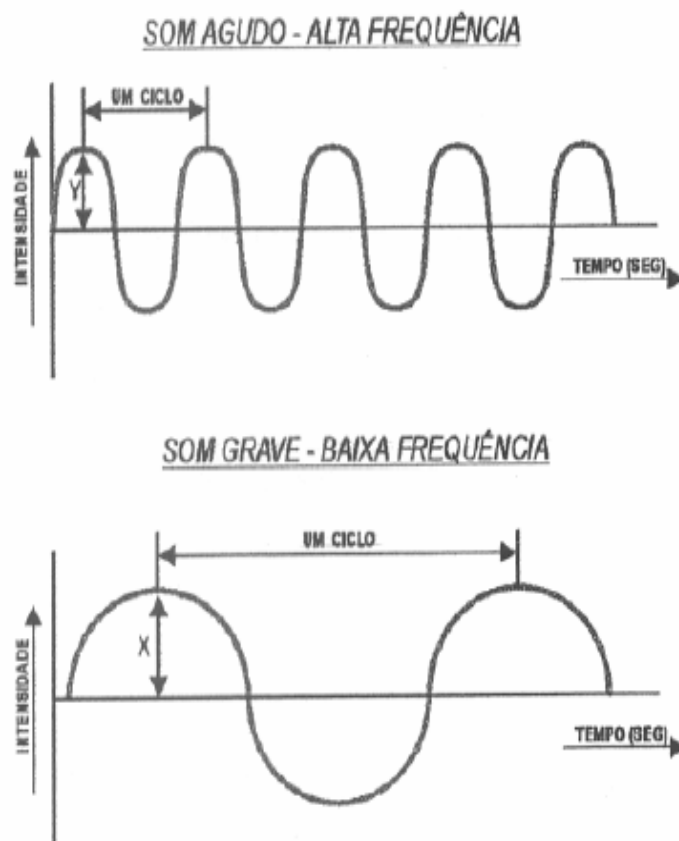
- ♦ Infra-sons – 0 a 20 Hz;
- ♦ Zona audível – 20 a 20 000 Hz;
- ♦ Ultra-sons – acima de 20 000 Hz

- ♦ O ouvido humano percebe frequências entre 20 Hz e 20 000 Hz.

PERCEPÇÃO DOS SONS, DE ACORDO COM AS FREQUÊNCIAS

Os sons de baixa frequência são percebidos como sons graves (partículas vibram lentamente);

Os sons de alta frequência são percebidos como sons agudos (partículas vibram rapidamente).



ANÁLISE POR FREQUÊNCIA

Destina-se a determinar com exactidão os diferentes componentes de um som; representa-se graficamente num sistema de eixos com as frequências e os respectivos níveis sonoros.

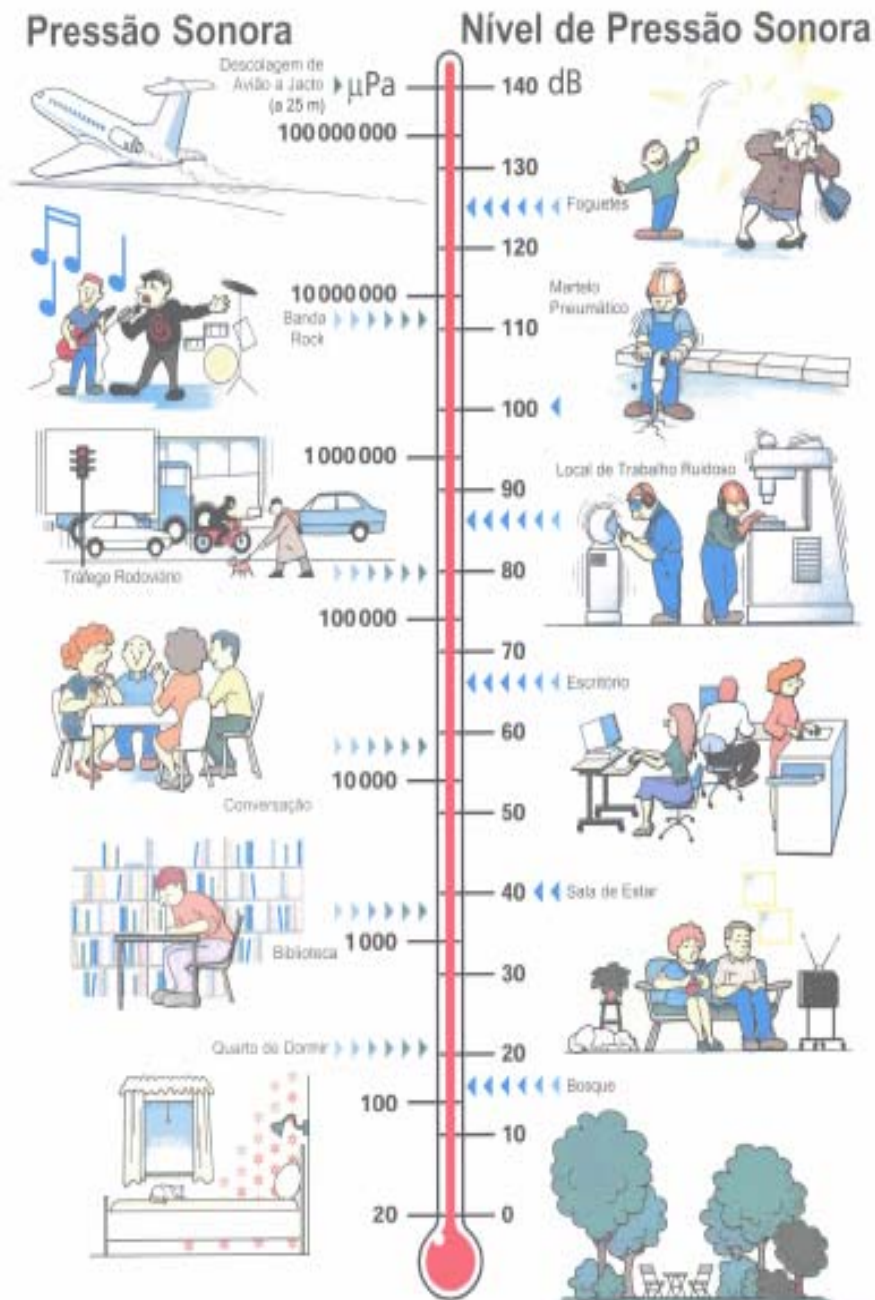
AUDIBILIDADE

- ♦ Dada a estrutura do aparelho auditivo e as características do sistema nervoso, o organismo reage de modo diverso aos sons de diferentes frequências, não obstante um mesmo nível de pressão sonora. Para níveis sonoros baixos, a

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

audibilidade é variável, de acordo com a frequência, tendendo a tornar-se linear com a elevação da mesma.

As curvas isofônicas são curvas com igual audibilidade obtidas através de estudos estatísticos permita determinar que a maior sensibilidade auditiva situa-se entre 250 e 5000 Hz.

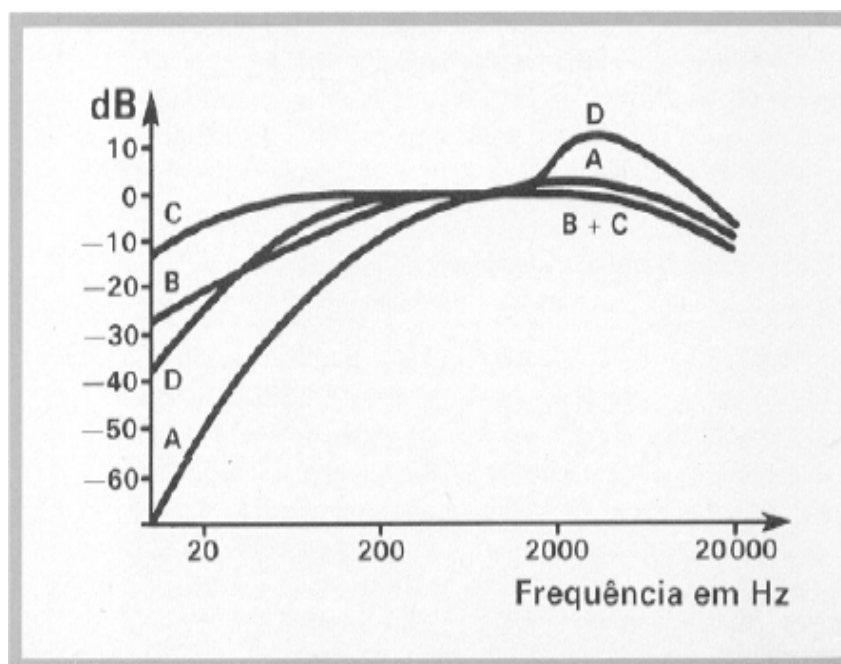


Malhas de ponderação

Devido ao comportamento do ouvido humano, foi necessário introduzir nos sonómetros filtros de correcção ou de atenuação denominados malhas de correcção que aproximam a resposta deste à do ouvido.

Existem vários tipos de filtros normalizados que correspondem de uma forma não linear às diferentes frequências, consoante a malha utilizada os resultados são expressos em dB(A), dB(B), dB(C) e dB(D). A nível laboral é utilizado a malha de ponderação A.

- ♦ **Malha A** – traduz aproximadamente a resposta ao ouvido humano. Atenuação nas baixas frequências.
- ♦ **Outras malhas** – A malha B atenua para níveis intermédios, enquanto que a C é para níveis elevados de pressão sonora. Existe ainda a malha D que atenua para valores muito elevados, acima de 120 dB.



Relativamente aos trabalhadores expostos ao ruído deve existir uma vigilância médica e audiométrica da função auditiva, procedendo-se exames periódicos como:

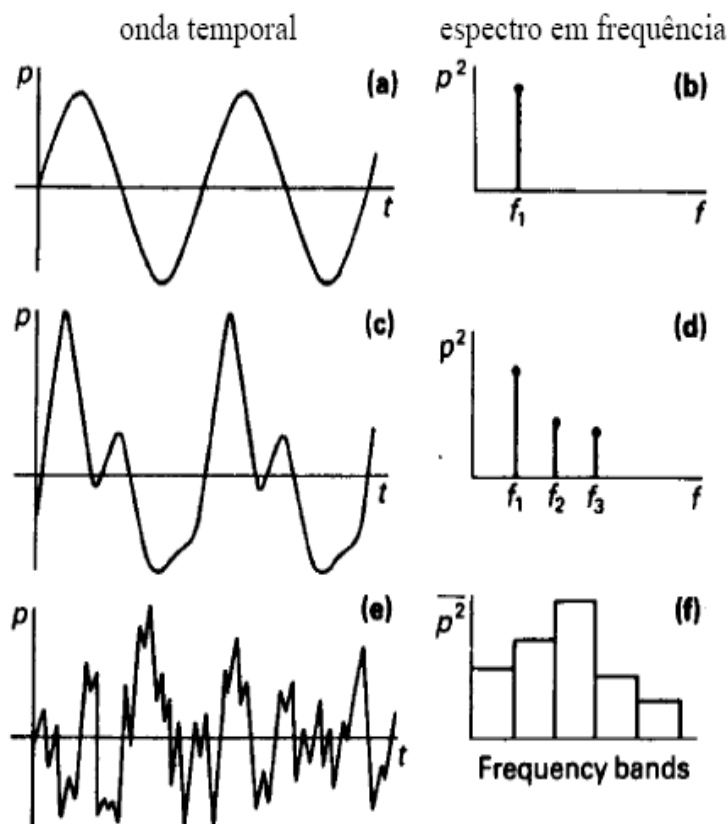
- ♦ **Testes audiométricos**
- ♦ **Audiogramas**
 - O ruído existente difere do espectro de frequência das variações de nível com o tempo; das características do campo sonoro. Isto porque as ondas sonoras se manifestam de formas diferentes de acordo com a sua amplitude, fase e frequência

Existem três tipos distintos de ondas acústicas:

Onda sinusoidal pura – a frequência e a amplitude estão bem definidas

Onda não sinusoidal periódica – a frequência é bem caracterizável; a amplitude no entanto não é tão fácil de caracterizar

Ruído – a frequência não é definida embora num sentido estatístico se possa afirmar que o ruído é a mistura de sons cobrindo uma gama de espectro de frequências



Se classificamos os sons segundo o espectro de frequência temos:

- **Som Contínuo** – Constituído por mais do que uma frequência pura;
- **Som puro** – Constituído por uma frequência pura.

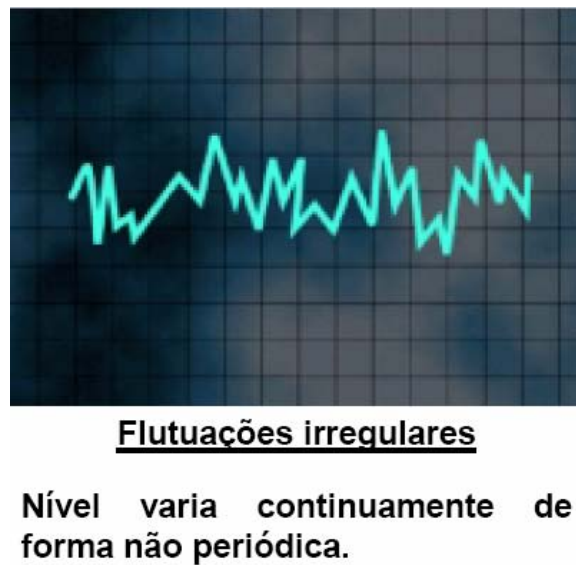
Classificação segundo variações com o tempo:

- Pequena variação;
- Flutuações irregulares;
- Intermitente.
- Flutuações longas;
- Impulsos similares;

- Impulso isolado.



- Flutuações mínimas durante o período de observação.
- Exemplo: Bombas, motores eléctricos, sistemas de ventilação.



- Nível varia continuamente de forma não periódica.
- Exemplos: Trabalho manual, trituração, montagem de componentes.



Intermitente

O seu nível desce abruptamente para o nível de ruído de fundo.

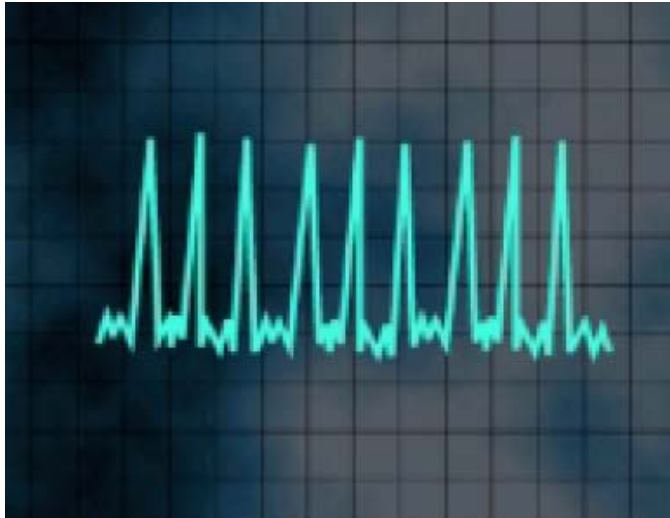
- O seu nível desce abruptamente para o nível de ruído de fundo.
- Exemplos: Compressores, maquinaria automática durante um ciclo de trabalho.



Flutuações longas

O seu nível varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação.

- O seu nível varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação.
- Exemplos: Produção em massa, tratamento de superfícies.



Impulsos similares ou repetidos

- Impulsos violentos de energia que se repetem em intervalos de tempo próximos.
- Exemplos: Prensas automáticas, brocas pneumáticas, montagem de componentes.



Impulso isolado

Impulsos violentos de energia que se repetem em intervalos de tempo mais distantes.

- Impulsos violentos de energia que se repetem em intervalos de tempo mais distantes.
- Exemplos: Martelada, manuseamento de materiais, actividades de manutenção.

O ruído pode ser também classificado pelas características do campo sonoro

- **Campo livre** – Campo sonoro numa área afastada de superfícies reflectoras.
- **Campo semi-reverberante** – Campo sonoro num recinto amplo com superfícies moderadamente reflectoras.

LEGISLAÇÃO

- ♦ **Portaria n.º 53/71, de 03 de Fevereiro** – Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais. Alterado pela Portaria n.º 702/80, de 22 de Setembro.
- ♦ **Decreto-Lei n.º 243/86, de 20 de Agosto** – Regulamento Geral dos Estabelecimentos Comerciais, de Escritórios e Serviços.
- ♦ **Portaria n.º 101/96, de 03 de Abril** – Regulamenta as prescrições mínimas de segurança e de saúde a aplicar nos estaleiros temporários ou móveis.
- ♦ **Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro** – Relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído
- ♦ **Decreto-Lei n.º 221/2006, de 08 de Novembro** - Relativo à aproximação das legislações dos Estados membros em matéria de emissões sonoras para o ambiente dos equipamentos para utilização no exterior
- ♦ **Decreto-Lei n.º 09/2007, de 17 de Janeiro** – Aprovação do Regulamento Geral do Ruído

Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro

A legislação específica a nível de ruído ocupacional (laboral) é o DL182/2006 como tal vamos aprofundar o desenvolvimento do mesmo. O DL 182/06 refere a conceitos importante para desenvolver um sistema de avaliação e controlo do risco de exposição ao ruído.

- ♦ **Exposição pessoal diária ao ruído**
 - Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas (T₀), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB(A) (maça de ponderação A), dado pela expressão

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,T_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

em que:

$$L_{Aeq,T_e} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\};$$

em que:

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

♦ Exposição pessoal diária ao ruído

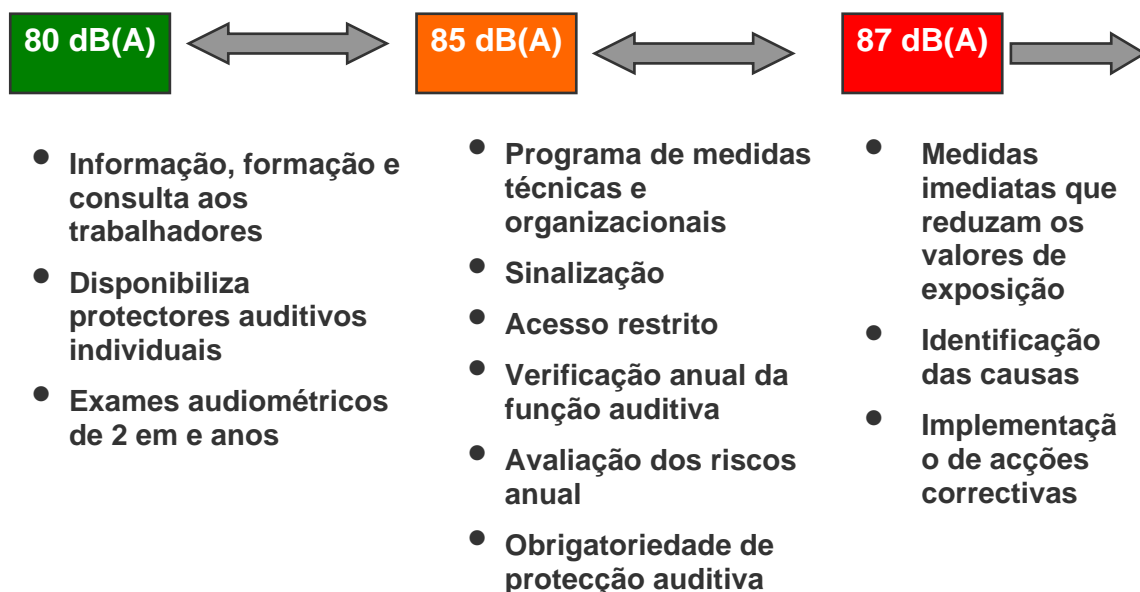
- T_e é a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;
- T_0 é a duração de referência de 8 horas (28 800 segundos);
- $P_A(t)$ é a pressão sonora instantânea ponderada A, expressa em pascal (Pa), a que está exposto o trabalhador
- P_0 é a pressão de referência

Valores limite e de acção:

Valores	Exposição pessoal diária ou semanal - dB(A)	Nível de pressão sonora de pico - dB(C)
Valor limite de exposição	87	140
Valor de acção superior	85	140
Valor de acção inferior	80	135

Para aplicação dos **valores limite de exposição**, na determinação efectiva do trabalhador ao ruído **é tida em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protectores auditivos**.

Para aplicação dos **valores de acção** a atenuação **não é considerada**.



**TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA
E HIGIENE DO TRABALHO**

QUADRO II

Espaço reservado para o logotipo ou carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço				
Quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho				
Empresa: Endereço:				
Descrição das actividades do trabalhador na empresa, estabelecimento ou serviço	Tempo de amostragem (minuto) na medição de ruído T_k Nota: Nestas medições com a máxima exactidão será: $T_s = T_k = T_e$	T_k Tempo de exposição (hora/dia) ao ruído "k" Nota: Quando seja necessário medir separadamente "k" ruídos diferentes será: $T_e = \sum T_k$	$L_{Aeq,Tk}$ em dB (A) Nota: Nestas condições calcular pela fórmula do nº6 do Anexo I o valor de: L_{EXH}	$L_{C,pico}$ Em dB(C)
a)				
b)				
c)				
d)				
e)				
f)				
g)				
h)				
VALORES FINAIS		Total de horas de trabalho $T_e =$ h/dia	Exposição pessoal diária $L_{EXH} =$ dB(A)	$L_{C,pico} =$ dB(C)
Nota: Os valores finais, em especial os da exposição pessoal diária ao ruído durante o trabalho, L_{EXH} e o valor máximo do nível do pico sonoro serão registados nesta página, desde que o trabalhador permaneça diariamente, durante o trabalho, na zona de trabalho nela referida. Caso contrário, haverá que preencher novas páginas e registar na última os valores finais apurados.				
Nome do autor da medição:				

Para a selecção de protectores auditivos, em função da atenuação por bandas de oitava, segue-se o seguinte método:

a) Medir o nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, em cada banda de oitava, L_{Aeq, f, T_k} do ruído a que cada trabalhador está exposto, para cada posto de trabalho que ocupa, definindo assim o espectro correspondente ao ruído k a que o trabalhador está exposto durante T_k horas por dia;

b) Determinar os níveis globais, em dB (A) por banda de oitava, $L_{63}, L_{125}, L_n, L_{8000}$, de acordo com a seguinte equação:

$$L_n = L_{Aeq, f, T_k} - Mf + 2sf$$

em que, sf é o valor do desvio padrão da atenuação e Mf o valor médio da atenuação dos protectores auditivos em cada banda de frequência, ambos indicados pelo fabricante;

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

c) Com os níveis globais, obtidos como indicado na alínea b), calcular o nível sonoro contínuo equivalente, $L_{Aeq,Tk,efect}$, de cada ruído que ocorra durante o tempo T_k , estando o trabalhador equipado com protectores auditivos pela equação:

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \lg \sum_n 10^{0,1L_{Aeq,Tk,efect}}$$

d) Aplicando ao conjunto destes valores, calculados como refere a alínea anterior, a equação dada no nº6 do anexo I para calcular a exposição diária, obtém-se a exposição efectiva, $L_{EX,8h,efect}$, em dB(A), de cada trabalhador que use protectores auditivos:

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1L_{Aeq,Tk,efect})} \right]$$

3- Nas situações em que o espectro do ruído não contenha componentes significativas de baixa frequência, podem ser utilizados os métodos de selecção dos protectores auditivos definidos na normalização aplicável, nomeadamente os métodos HML e SNR. Ver UNE-EN458

4- utilização do método por banda de oitava.

MEDIÇÃO DO RUÍDO

1. Detecção de eventuais níveis de ruído causadores de perturbações e lesões auditivas para os trabalhadores e terceiros.
2. Comparação dos níveis de ruído declarados pelos fabricantes de equipamentos com a radiação sonora efectiva.
3. Determinação das medidas de controlo a aplicar.

EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

Existe uma gama diversa de equipamentos para efectuar medições de ruído.

- **Sonómetro** Instrumento de medição mais utilizado.
 - Características do sonómetro são variáveis, de acordo com a frequência, duração, classe e precisão. Frequências
 - Filtros de ponderação diferentes – malhas A, B, C e D.
 - A duração dos sons também influencia a respectiva percepção.
 - F – Posição de resposta rápida (fast). Acompanha melhor as variações de pressão sonora.
 - S – Posição de resposta lenta (slow).
 - I (Impulse) – Medição de ruído impulsivo.
 - Peak – Modo de pico, que permite determinar a amplitude máxima do ruído.

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

♦ **Classe e precisão:**

- Classe 0 – Padrão de laboratório (precisão $\pm 0,4$ dB);
- Classe 1 – Utilização em laboratório e para uso geral (precisão $\pm 0,7$ dB);
- Classe 2 – Aplicações gerais (precisão $\pm 1,0$ dB);
- Classe 3 – Acções de fiscalização (precisão $\pm 1,5$ dB);

♦ **Normas internacionais:**

- CEI 651 – Sonómetros
- CEI 804 – Sonómetros integradores

♦ **Classes de aparelhos de medida:**

- Classe 0 – Utilização em laboratório para calibração
- Classe 1 – Utilização em laboratório e medições de campo precisas
- Classe 2 – Medições de campo de âmbito geral
- Classe 3 – Medições de campo de baixa precisão

- Dosímetro
- Analisador de frequência
- Registador gráfico
- Registador magnético

CONTROLO DO RUÍDO

♦ **Medidas de organização do trabalho**

- Limitação do tempo de exposição:

- Rotação dos trabalhadores;
- Intervalos.

Separação dos postos de trabalho. Emprego de máquinas ruidosas fora do horário de trabalho. Aquisição de equipamentos, tendo em conta o factor ruído.

♦ **Medidas de protecção colectiva**

- Actuação sobre a fonte

Substituição do processo, máquinas ou componentes, utilização de equipamentos pouco ruidosos, aplicação de silenciadores e atenuadores sonoros; dimensionamento correcto, acabamentos à máquina e uma escolha correcta dos materiais; diminuição da velocidade de rotação e choques entre componentes de equipamentos; manutenção regular.

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

- Actuação sobre a propagação e absorção

Redução de ruído nas estruturas ,revestimento das superfícies com materiais absorventes, colocação de amortecedores, isolamento contra vibrações, encapsulamento da máquina, silenciadores nos escoamentos gasosos e nos escapes.

♦ Medidas de protecção individual

A utilização de protectores auditivos deve ser a medida última ou temporária; É a medida mais económica, mas a menos eficiente.

Desvantagens de utilização de protectores:

- Incomodidade;
- Ocorrência de infecções e irritações;
- Incompatibilidade de uso de protectores com outros equipamentos;
- Selecção incorrecta.

Pode haver uma acomodação ao ruído, se os protectores não forem utilizados

♦ Tipos de protectores auriculares:

- Protectores de concha
- Tampões auditivos

Para a escolha dos protectores auditivos adequados é necessário conhecer o espectro do ruído, por oitavas de frequência.

Os fabricantes devem indicar a atenuação nas diferentes frequências, sendo a diferença entre ambos o espectro de ruído percebido pelos trabalhadores.

RISCOS FISICOS

VIBRAÇÃO

INTRODUÇÃO

1. Características das vibrações
2. Efeitos das vibrações sobre a saúde
3. Efeitos das vibrações sobre o conforto
4. Legislação
5. Medição das vibrações
6. Controlo das vibrações

Definição

Um corpo está em vibração quando descreve um movimento oscilatório em torno de um ponto fixo.

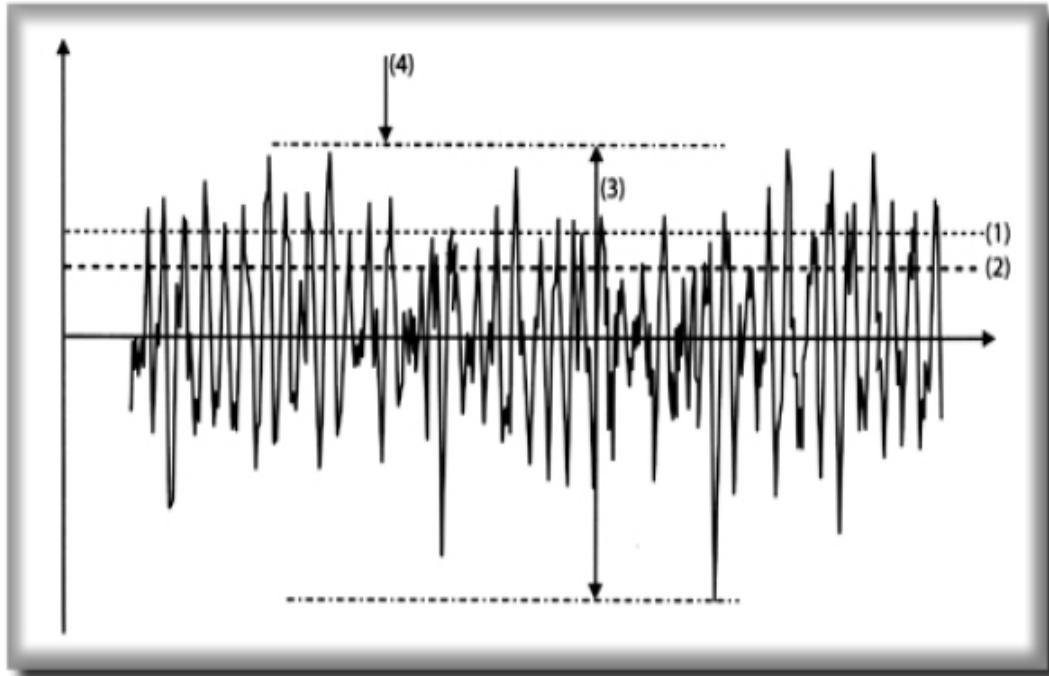
As vibrações são medidas em unidades de aceleração, ou seja, metros por segundo ao quadrado ($m.s^{-2}$)

Características das vibrações

As vibrações manifestam-se com frequência que variam entre 0,5 a 1000 Hz, a sua amplitude é relativamente a deslocação da matéria medida em metros, a sua velocidade de deslocação é expressa em m/s^2 . O referencial de direcção da vibração são os três eixos X,Y e Z.

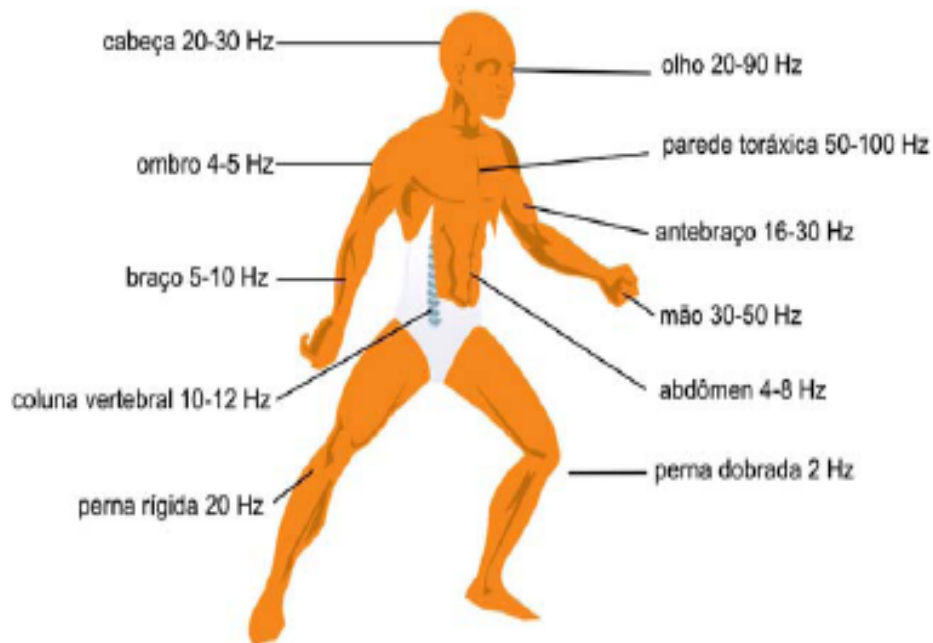
Algumas grandezas são importantes para analisar os comportamentos vibratórios:

- ♦ **Valores de pico** - indicam os valores máximos, mas não trazem qualquer informação acerca da duração ou tempo de movimento, é particularmente usado na indicação de níveis de impacto de curta duração.
- ♦ **Valores médios** - indicam a média da exposição sem qualquer relação com a realidade do movimento, é usado quando se quer levar em conta um valor da quantidade física da amplitude em um determinado tempo;
- ♦ **Valor da raiz média quadrática (RMS) ou valor eficaz** - raiz quadrada dos valores quadrados médios dos movimentos, é a mais importante medida da amplitude porque ele mostra a média da energia contida no movimento vibratório. Portanto, mostra o potencial destrutivo da vibração;
- ♦ **Factor de forma e o factor de crista** - permitem conhecer a homogeneidade do fenómeno em estudo ao longo do período. Valores de factor de forma próximos de 2 indicam fenómeno do tipo sinusoidal. Grandes valores para o factor de crista indicam a presença de algum pico destacado, provavelmente resultante de fenómenos repetitivos a intervalos regulares;
- ♦ **Valor pico-a-pico** - indica a máxima amplitude da onda e é usado, por exemplo, onde o deslocamento vibratório da máquina é parte crítica na tensão máxima de elementos de máquina.



- (1) RMS
- (2) nível médio
- (3) valor de pico a pico
- (4) valor de pico.

A vibração consiste num movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. O corpo humano possui uma vibração natural. Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica em amplificação do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos.



Alguns valores de vibração natural do nosso corpo

- ♦ O nosso corpo reage às vibrações de formas diferentes. A sensibilidade às vibrações longitudinais (ao longo do eixo z, da coluna vertebral) é distinta da sensibilidade transversal (eixos x ou y, ao longo dos braços ou através do tórax). Em cada direcção, a sensibilidade também varia com a frequência, eis que, para determinada frequência, a aceleração tolerável é diferente daquela em outra frequência. As vibrações transmitidas ao corpo humano podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com a região do corpo atingida:
 - **vibrações de corpo inteiro**: são de baixa frequência e alta amplitude, situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente 1 a 20 Hz. Estas vibrações são específicas para actividades de transporte e são afectas à norma ISO 2631.
 - **vibrações no conjunto mão braço** : são as mais estudadas, situam-se na faixa de 6,3 a 1250 Hz, ocorrendo nos trabalhos com ferramentas manuais e normalizadas pela ISO 5349.

Efeitos das vibrações sobre a saúde

As vibrações causam efeitos nefastos a saúde do trabalhador, as vibrações transmitidas aos membros superiores originam os seguintes sintomas:

- Crises de embranquecimento doloroso das falanges, em caso de exposição ao frio e/ou à humidade (fenómeno de Raynaud ou síndrome do dedo branco);
- Diminuição da sensação de tacto, calor e frio;
- Dores nos braços e mãos;
- Diminuição da funcionalidade das articulações (cotovelo, pulso, mão)

A nível do corpo temos também possibilidade de Lombalgias causadas pelas vibrações transmitidas quando o trabalhador permanece sentado durante longos períodos de tempo pode existir os seguintes quadros:

- Lombalgias;
- Excrecências ósseas;
- Hérnias discais.

A curto prazo os efeitos físicos manifestam-se sobre a forma de :

- Desconforto;
- Náuseas, vômitos e mal estar nos transportes, em que as frequências das vibrações são inferiores a 1 Hz;
- Diminuição, ou perda, da coordenação entre a visão e as mãos e a destreza manual;
- Fadiga visual quando o objecto observado vibra a frequências inferiores a 5 Hz.

Efeitos das vibrações sobre o conforto

A norma NP 1673:2000 indica os valores que relacionam a intensidade da vibração com a sensação de desconforto. Estes valores dependem de indivíduo para indivíduo, bem como da situação em que a pessoa se encontra e de outros factores como o ruído, temperatura e humidade etc..

Os valores apresentados a seguir são indicativos e resultam de um consenso de opinião entre os técnicos desta área.

O valor a considerado é o valor eficaz, ponderado em frequência, da aceleração registada durante um período de tempo representativo. Este valor não pode ser considerado se ocorrerem acelerações extremas no período de medição.

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

Aceleração (m.s-2)	Percepção de desconforto
< 0,315	Não é desconfortável
0,315 – 0,63	É um pouco desconfortável
0,5 – 1	Razoavelmente desconfortável
0,8 – 1,6	Desconfortável
1,25 – 2,5	Muito desconfortável
> 2,5	Extremamente desconfortável

Podemos considerar que 50% da população consegue detectar uma vibração ponderada com uma amplitude de pico de 0,015 m.s-2.
Há uma variação muito grande de indivíduo para indivíduo na capacidade de percepção das vibrações.

Legislação

- ♦ Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro

Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º [2002/44/CE](#), do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa às prescrições mínimas de protecção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devidos a agentes físicos (vibrações).

O Decreto –Lei define regras e linha de controlo para o problema das vibrações.

É definido que as entidades executante de estudo e medições das vibrações ocupacionais devem ser reconhecidas pelo Instituto Português de Acreditação (IPAC), com conhecimentos teóricos e práticos, bem como experiência suficiente para realizar ensaios, incluindo a medição dos níveis de exposição a vibrações. É definido que:

- **Média semanal de exposição** - a média semanal dos valores de exposição diária, calculada para um período de sete dias consecutivos, com uma duração de referência de quarenta horas;
- **Valor de acção de exposição** - o valor da exposição pessoal diária, calculado num período de referência de oito horas, expresso em metros por segundo quadrado, que, uma vez ultrapassado, implica a tomada de medidas preventivas adequadas;

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

- **Valor limite de exposição** - o valor limite da exposição pessoal diária, calculado num período de referência de oito horas, expresso em metros por segundo quadrado, que não deve ser ultrapassado;
- **Vibrações transmitidas ao corpo inteiro** - as vibrações mecânicas transmitidas ao corpo inteiro que implicam riscos para a saúde e a segurança dos trabalhadores, em especial lombalgias e traumatismos da coluna vertebral;
- **Vibrações transmitidas ao sistema mão-braço** - as vibrações mecânicas transmitidas ao sistema mão-braço que implicam riscos para a saúde e a segurança dos trabalhadores, em especial perturbações vasculares, neurológicas ou musculares ou lesões osteoarticulares.
- ♦ **Valores limite e valores de acção de exposição:**
 - Para as vibrações transmitidas ao **sistema mão--braço** são fixados os seguintes valores:
 - Valor limite de exposição: 5 m/s²;
 - Valor de acção de exposição: 2,5 m/s².
 - Para as vibrações transmitidas ao **corpo inteiro** são fixados os seguintes valores:
 - Valor limite de exposição: 1,15 m/s²;
 - Valor de acção de exposição: 0,5 m/s².
- ♦ **Avaliação dos riscos** tendo em conta os seguintes aspectos:
 - O nível, a natureza e a duração da exposição, incluindo a exposição a vibrações intermitentes ou a choques repetidos;
 - Os valores limite de exposição e os valores de acção de exposição;
 - Os efeitos eventuais sobre a segurança e saúde dos trabalhadores particularmente sensíveis aos riscos a que estão expostos;
 - Os efeitos indirectos sobre a segurança dos trabalhadores resultantes de interacções entre as vibrações mecânicas e o local de trabalho ou outros equipamentos;
 - As informações prestadas pelos fabricantes dos equipamentos de trabalho;
 - A existência de equipamentos de substituição concebidos para reduzir os níveis de exposição a vibrações mecânicas;
 - O prolongamento da exposição a vibrações transmitidas ao corpo inteiro durante a realização de períodos de trabalho superiores ao limite máximo do período normal de trabalho diário;

TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

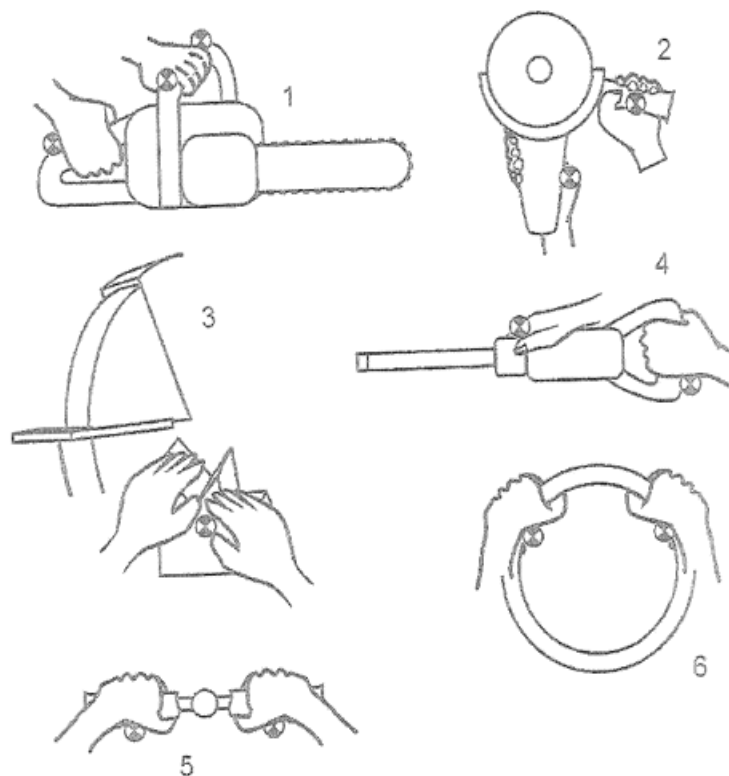
- Condições de trabalho específicas, designadamente o trabalho realizado a baixas temperaturas;
- A informação adequada resultante da vigilância da saúde, bem como informação publicada, caso exista, sobre os efeitos das vibrações na saúde.

Medição das vibrações

As medidas são realizadas na interface entre a pele e a fonte de vibração são essenciais a sua análise para compreender a origem e a sua evolução de modo a ser combatida na origem.

Existem dois tipos de sensores de vibração, os sem contacto directos com o trabalhador (capacitivo e indutivo) permitem a medição fora do sistema vibratório. Os com contacto directo com o trabalhador (electromagnético e piezoelétrico) estes são obrigatoriamente fixados no sistema vibratório.

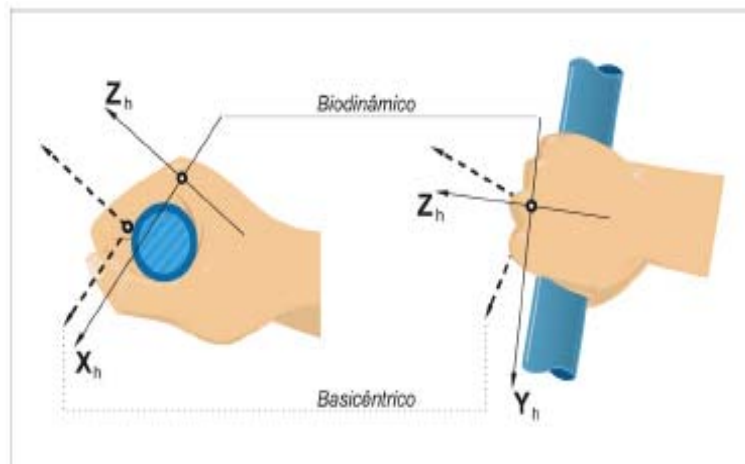
- ♦ O sistema básico para medição de vibrações é composto por sensor de vibração (transdutor), amplificador e um integrador ou diferenciador que permite a transformação da medida em sinal eléctrico. O sistema ainda pode ser dotado de filtro de bandas para seleccionar frequências específicas, ser monoaxial ou triaxial. A montagem do acelerómetro triaxial é muito importante e afecta a fiabilidade dos resultados obtidos conforme exemplos:



TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

Antes e depois de cada sequência de medições, o sistema de medição deve ser verificado através de um calibrador de vibrações. As recolhas de dados devem ser representativas da exposição do trabalhador às vibrações. As medições de vibrações devem ser realizadas independentemente para cada uma das mãos, e os respectivos valores de $A(8)$ calculados e indicados no relatório.

A medição da vibração nas três direcções deve ser realizada, preferencialmente, em simultâneo, e a localização do acelerómetro deve ser sempre indicada no relatório. A vibração deve ser medida de acordo com o sistema de coordenadas apresentado nas figuras seguintes:



A medição das vibrações deve ser feita no ponto de contacto entre a mão e a fonte da vibração, na direcção em que as mesmas se fazem sentir.



TECNICO SUPERIOR DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO

Conteúdo do Relatório de acordo com DL46/2006

- ♦ Informação de carácter genérico
- ♦ Condições ambientais no local de trabalho
- ♦ Rotina de trabalho diário para cada tarefa analisada
- ♦ Detalhes das fontes de vibração
- ♦ Sistema de medição
- ♦ Condições de medição das acelerações
- ♦ Resultados das medições
- ♦ Resultados da exposição diária às vibrações

Controlo das vibrações

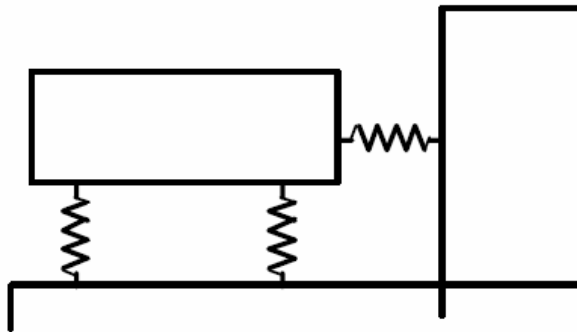
Devem ser criados métodos de trabalho alternativos, os equipamentos de trabalhos escolhidos devem estar isentos de vibrações, deve ser instalados equipamentos auxiliares que reduz os riscos de lesões provocadas pelas vibrações, nomeadamente assentos ou punhos que reduzam as vibrações transmitidas ao corpo inteiro ou ao sistema mão-braço, respectivamente. A manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e das instalações é essencial para controlar as condições de trabalho. A concepção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho deve estar isento de vibrações. Deve ser ministrado a nível da organização informação e formação adequada aos trabalhadores. Deve ser analisado e implementado a Limitação da duração e da intensidade da exposição através dos horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados. Os trabalhadores expostos devem receber vestuário apropriado para a protecção do frio e da humidade.

No controlo das vibrações podem ser utilizados materiais e métodos construtivos que permitem reduzir ou irradiar as vibrações, tais como.

- ♦ Materiais resilientes
 - Feltro, cortiça, borracha, etc.
 - Impedem a propagação das vibrações mecânicas
 - Se o material resiliente for fixo a materiais rígidos, este perde a sua eficácia na redução das vibrações
- ♦ Suspensões
 - Consiste em fixações não rígidas, colocadas entre os diferentes elementos, com a finalidade de reduzir a transmissão de vibrações a esse elementos.
 - A suspensão deve ser adequada à massa que irá suportar, sob pena de ser esmagada e perder a sua eficácia.
 - A selecção deve também ter em conta as frequências das vibrações que visa bloquear.

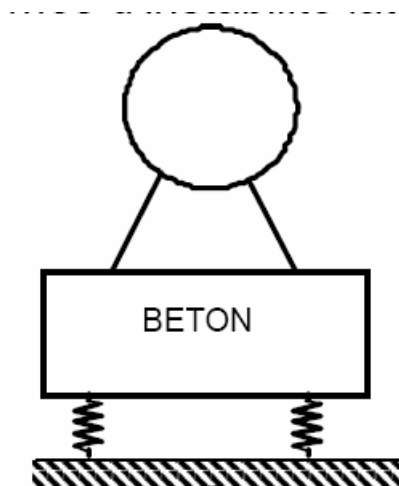
♦ Precauções a ter na selecção da suspensão

- Uma suspensão cuja frequência de ressonância é muito baixa (inferior a 5 Hz) pode tornar o sistema instável. Neste caso, pode ser necessário colocar suspensões nos eixos laterais.



♦ Suspensão de máquinas colocadas sobre uma superfície

- Fixar a máquina a um bloco de betão, pesado:
 - ♦ Aumenta a massa e baixa o centro de gravidade
 - ♦ Diminui o risco de instabilidade lateral



♦ **A suspensão perde eficácia:**

- Quando existem elementos rígidos entre a suspensão e o objecto a sujeito à suspensão, como tubos, canalizações, etc.
- Por degradação do material
- Envelhecimento natural
- Exposição a agentes químicos
- Por acumulação de resíduos entre a suspensão e o objecto suspenso.

♦ **Atenuação das vibrações em ferramentas manuais**

- Amortecimento interno na ferramenta;
- Inserção de material amortecedor entre a mão e a carcaça da ferramenta:
 - ♦ Introdução de material amortecedor entre a pega e a ferramenta
 - ♦ Forrar as pegas com borracha
 - ♦ Utilização de luvas de borracha para segurar a ferramenta
- Operação remota da ferramenta;
- Redução da exposição diária dos trabalhadores.

As vibrações registadas nos veículos dependem também de factores extrínsecos:

- Repartição da carga ao longo do veículo;
- Tipo e estado do pavimento de circulação;
- Velocidade de circulação;
- Equilíbrio e geometria das rodas.

O controlo das vibrações num veículo pesado passa pelo controlo de vários elementos tais como:

- Pneus
- Suspensão do chassis, relativamente ao eixo das rodas
- Suspensão do motor, relativamente ao chassis
- Suspensão da cabina
- Assento do condutor

Os assentos constituem um elemento particular da suspensão. Todos os assentos atenuam as vibrações de elevada frequência (acima de 5- 10 Hz). A selecção do assento deve ter em conta a frequência das vibrações produzidas pelo equipamento, ou seja, um assento pode ser eficaz num equipamento e não o ser noutro. Deve ser regulado em função do peso do condutor.