

# **Instituto Politécnico de Setúbal**



**Escola Superior de Ciências Empresariais**

**Escola Superior de Tecnologia de Setúbal**

## **Ruído e Vibrações no Corpo Humano**

**Avaliação de Ruído e Vibrações - LAUAK PORTUGUESA – Indústria  
Aeronáutica, LDA**

**Sara Cristina Domingos Simões**

**PROJETO INDIVIDUAL**

**MESTRADO EM SEGURANÇA E HIGIENE NO TRABALHO – 1º  
ANO (7ª EDIÇÃO)**

**Orientador: Nuno Nunes**

**Setúbal, 2014**

Projeto realizado sob a orientação de

**Nuno António Neves Nunes**

Professor Doutor

do Departamento de Engenharia Mecânica

da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Setúbal

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Nuno António Neves Nunes, meu orientador, pela sua dedicada orientação, paciência e estímulo em todas as etapas deste projeto.

Aos Diretores da LAUAK Portuguesa Armando Gomes e Filipe Gomes pela oportunidade de poder realizar este projeto na empresa.

À Eng.<sup>a</sup> Márcia Carvalho, funcionária na LAUAK Portuguesa por todo o apoio prestado no decorrer no projeto, pois a sua colaboração foi fulcral para a realização deste projeto.

Estendo os meus agradecimentos a todos os professores do 1º Ano de Mestrado em SHT pelas suas valorosas contribuições didáticas e pessoais, assim como aos colegas, pelo companheirismo, pela interajuda e por tornarem agradáveis os momentos em que estivemos juntos, apesar dos vários contratemplos que tivemos ao longo do ano letivo.

## RESUMO

O presente projeto individual sobre ruído e vibrações no corpo humano trata da avaliação do ruído e vibrações nos diferentes postos de trabalho na Empresa LAUAK Portuguesa Indústria Aeronáutica, Lda, tendo sido efetuado no âmbito do 1º Ano do Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho. O objetivo geral deste projeto é de servir de componente de avaliação e de consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

O ruído é um importante fator de risco para os trabalhadores, originando perturbações fisiológicas e psicológicas, assim como a sua segurança, ao mesmo tempo que diminui a qualidade do trabalho e a produtividade.

As vibrações, tal como o ruído, também é um importante fator de risco para os trabalhadores, originando perturbações músculo-esqueléticas, neurológicas e vasculares, além de outras patologias.

O objetivo específico deste projeto consiste em avaliar os níveis de ruído e vibrações nos diferentes postos de trabalho e caso os valores registados sejam superiores aos níveis legalmente estipulados, proceder-se-á à apresentação de um conjunto de medidas que visem proteger os trabalhadores expostos.

**Palavras-chave:** Ruído, Vibração, Sonómetro, Acelerómetro, Análise de Frequência.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE EQUAÇÕES</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.    A ESCOLHA DO TEMA .....	1
1.2.    OBJETIVOS DO PROJETO .....	2
1.3.    ESTRUTURA DO PROJETO.....	2
<b>2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS</b> .....	<b>4</b>
2.1.    RUÍDO .....	4
2.1.1.    DEFINIÇÃO DE RUÍDO .....	4
2.1.3.    TIPOS DE RUÍDO .....	5
2.1.4.    PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO RUÍDO .....	6
2.1.4.1.    POTÊNCIA SONORA, INTENSIDADE SONORA E PRESSÃO SONORA .....	6
2.1.4.2.    FREQUÊNCIA E ESPECTRO .....	9
2.1.4.4.    CURVAS DE PONDERAÇÃO.....	13
2.1.5.    O OUVIDO HUMANO E OS EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO .....	14
2.1.5.1.    ANATOMIA E FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO .....	14
2.1.5.2.    EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO .....	15
2.1.5.2.1.    EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O APARELHO AUDITIVO.....	15
2.1.5.2.3.    EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O ORGANISMO .....	16
2.3.    VIBRAÇÃO.....	17
2.3.1.    DEFINIÇÃO DE VIBRAÇÃO .....	17
2.3.2.    TIPOS DE VIBRAÇÕES .....	17
2.3.2.2.    VIBRAÇÃO NATURAL DO SER HUMANO .....	18
2.3.2.3.    EFEITOS DA VIBRAÇÃO SOBRE O ORGANISMO.....	18
<b>3. ENQUADRAMENTO LEGAL</b> .....	<b>21</b>
3.1.    ENQUADRAMENTO LEGAL DE RUÍDO .....	21
3.1.1.    OBJETO E ÂMBITO .....	21
3.1.2.    DEFINIÇÕES .....	21
3.1.3.    VALORES LIMITE DE EXPOSIÇÃO E VALORES DE AÇÃO.....	23
3.1.4.    REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO .....	24

3.2.	ENQUADRAMENTO LEGAL DE VIBRAÇÕES .....	26
3.2.1.	OBJETO E ÂMBITO .....	26
3.2.2.	DEFINIÇÕES .....	27
3.2.3.	VALORES LIMITE DE EXPOSIÇÃO E VALORES DE AÇÃO.....	30
3.2.4.	REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO .....	31
<b>4.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....</b>	<b>33</b>
4.1.	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	33
4.2.	ATIVIDADE E EXPERIÊNCIA DA LAUAK PORTUGUESA .....	34
4.3.	LOCALIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES .....	36
4.4.	ORGANIGRAMA FUNCIONAL DA LAUAK .....	37
4.5.	POLÍTICA DA QUALIDADE E SEGURANÇA .....	38
4.6.	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO LABORAL.....	39
<b>5.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS E MÉTODOS DE MEDIÇÃO .....</b>	<b>42</b>
5.1.	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	42
5.1.1.	MEDIÇÃO DE RUÍDO .....	42
5.1.2.	MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES .....	44
5.2.	METODOLOGIAS UTILIZADAS.....	45
5.2.1.	MEDIÇÃO DE RUÍDO .....	45
5.2.2.	MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES .....	46
5.3.	RESULTADOS OBTIDOS.....	47
5.3.1.	MEDIÇÃO DE RUÍDO .....	47
5.3.2.	MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES .....	54
5.4.	INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS.....	57
5.4.1.	MEDIÇÃO DE RUÍDO .....	57
5.4.2.	MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES .....	60
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>66</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Intensidade sonora (Sons Fortes e Sons Fracos) .....	7
Figura 2 – Escala de pressão sonora (Pa) e Nível sonoro (dB) .....	8
Figura 3 – Sons agudos e graves .....	9
Figura 4 – Comprimento de onda .....	10
Figura 5 – Espectro sonoro .....	11
Figura 6 – Infra-sons .....	11
Figura 7 – Ultra-sons .....	12
Figura 8 – Ouvido Humano .....	14
Figura 9 – Frequências de ressonância do Corpo Humano .....	18
Figura 10 – Eixos basicêntricos mão-braço .....	27
Figura 11 – Eixos basicêntricos do corpo inteiro .....	29
Figura 12 – LAUAK Portuguesa .....	33
Figura 13 – Localização das Instalações da LAUAK Portuguesa .....	36
Figura 14 – Organigrama Funcional da LAUAK Portuguesa .....	37
Figura 15 – Sonómetro utilizado .....	43
Figura 16 – Medidor de vibração no corpo humano .....	44
Figura 17 – Acelerómetro SEN020 –CBL .....	45
Figura 18 – Acelerómetro SEN027-CBL .....	45
Figura 19 – Cabo ligação aos acelerómetros .....	45
Figura 20 – Empilhador Nissan 2000 .....	46
Figura 21 – Embases (bocais) .....	46
Figura 22 – Protetor Auditivo 3M – Modelo H510A .....	50
Figura 23 – Protetor Auditivo 3M – Modelo 1100 sem cordão .....	51
Figura 24 – Protetor Auditivo 3M – Modelo 1271 .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeitos fisiológicos e psicológicos do ruído sobre o organismo .....	16
Tabela 2 - Efeitos da vibração no organismo .....	18
Tabela 3 – Efeitos da vibração no organismo, segundo a frequência .....	19
Tabela 4 - Número de trabalhadores por secção de trabalho em função do sexo .....	40
Tabela 5 – Número de trabalhadores por grupos etários .....	40
Tabela 6 – Número de trabalhadores por regime contratual .....	41
Tabela 7 – Nível de antiguidade dos trabalhadores .....	41
Tabela 8 – Valores de $L_{Aeq, T_k}$ e $L_{Cpico}$ obtidos com o sonómetro .....	48
Tabela 9 - Valores de $L_{EX, 8h}$ e $L_{Cpico}$ obtidos .....	49
Tabela 10 – Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo H510A .....	51
Tabela 11 – Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo 1100 sem cordão .....	52
Tabela 12 – Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo 1271 .....	53

Tabela 13 - Valores de $L_{EX, 8h}$ obtidos em função do tipo de protetor auditivo utilizado ...	54
Tabela 14 – Medição de vibração no empilhador.....	54
Tabela 15 – Medição de vibração nas embases (bocais) .....	55
Tabela 16 – Interpretação de resultados .....	57
Tabela 17 – Interpretação de resultados das vibrações no empilhador durante 30 minutos	60
Tabela 18 – Interpretação de resultados das vibrações no empilhador durante 8 horas.....	61
Tabela 19 – Interpretação de resultados das vibrações nas embases (bocais) durante 30 minutos .....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise Espectral (dB) .....	11
Gráfico 2 - Representação gráfica das curvas isofónicas .....	13
Gráfico 3 - Curvas de Ponderação .....	13
Gráfico 4 – Número de trabalhadores por sexo .....	39
Gráfico 5 - Número de trabalhadores por secção de trabalho em função do sexo .....	39
Gráfico 6 – Exposição diária às vibrações no empilhador durante 30 minutos .....	60
Gráfico 7 – Exposição diária às vibrações no empilhador durante 8 horas.....	61
Gráfico 8 – Exposição diária às vibrações nas embases (bocais) durante 30 minutos.....	62

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Potência Sonora .....	6
Equação 2 – Nível de Potência sonora .....	6
Equação 3 – Intensidade sonora .....	7
Equação 4 – Intensidade sonora .....	7
Equação 5 – Nível de Intensidade sonora.....	7
Equação 6 - Nível de Intensidade sonora .....	8
Equação 7 – Frequência.....	9
Equação 8 – Período .....	9
Equação 9 – Velocidade de propagação do som .....	10
Equação 10 – Comprimento de onda.....	10
Equação 11 – Exposição pessoal diária ao ruído.....	21
Equação 12 – Estimativa de exposição pessoal diária ao ruído .....	22
Equação 13 – Média semanal dos valores diários de exposição pessoal ao ruído .....	22
Equação 14 – Níveis globais, por banda de oitava .....	22
Equação 15 – Nível sonoro contínuo equivalente efetivo do ruído.....	22
Equação 16 – Exposição pessoal diária efetiva ao ruído.....	23
Equação 17 – Exposição pessoal diária efetiva ao ruído.....	23
Equação 18 – Exposição diária às vibrações .....	27
Equação 19 – Valor total da vibração.....	28





Equação 20 – Exposição diária às vibrações .....	28
Equação 21 – Exposição diária às vibrações .....	29
Equação 22 – Valor total da vibração.....	29
Equação 23 – Exposição diária às vibrações .....	30
Equação 24 – Média semanal de exposição às vibrações.....	30

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A ESCOLHA DO TEMA

A exposição ao ruído no local de trabalho é a causa direta da segunda mais importante doença profissional no nosso país – a surdez – originando também outras perturbações fisiológicas e psicológicas. Tais perturbações podem conduzir a estados de fadiga física e psíquica que, para além de custos sociais evidentes, se acabam por traduzir também em custos económicos para as empresas, devido a perdas de produtividade e de qualidade de trabalho, desmotivação e absentismo.

A exposição a vibrações mecânicas é um tema atual para o qual muitas pessoas ainda não estão suficientemente sensibilizadas, mas que tal como o ruído, também tem efeitos sobre a saúde e segurança dos trabalhadores. As vibrações podem originar perturbações músculo-esqueléticas, neurológicas e vasculares, além de outras patologias.

Como forma de prevenção à exposição ao ruído e às vibrações, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, deliberou e aprovou a Diretiva n.º 2003/10/CE de 6 de Setembro de 2003 e a Diretiva n.º 2002/44/CE de 25 de Junho de 2002, respetivamente. Em Portugal estas diretivas deram origem ao Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro de 2006 (Ruído) e ao Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro de 2006 (Vibrações). Em ambos os Decretos-Lei foram adotadas prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos.

A realização deste projeto, em contexto do 1º Ano do Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho, surgiu, como uma oportunidade de estudar o tema já mencionado: exposição ao ruído e vibrações a que estão expostos os trabalhadores da empresa LAUAK Portuguesa Indústria Aeronáutica, Lda.

## 1.2. OBJETIVOS DO PROJETO

Na perspetiva de um maior conhecimento da realidade existente no que diz respeito ao ruído e às vibrações no corpo humano, este projeto tem os seguintes objetivos:

- Avaliar os níveis de ruído na empresa, tendo por base o Decreto-lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro;
- Analisar a eficácia dos protetores auditivos utilizados pelos trabalhadores;
- Avaliar os níveis de vibração no corpo humano na empresa, tendo por base o Decreto-lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro.

## 1.3. ESTRUTURA DO PROJETO

Este projeto encontra-se dividido por capítulos:

No Capítulo I faz-se uma breve introdução sobre a escolha do tema e enumeram-se os objetivos do projeto.

No Capítulo II define-se os conceitos fundamentais do ruído e das vibrações no corpo humano. Nos conceitos fundamentais do ruído define-se o ruído, classifica-se os tipos de ruído existentes e descreve-se as propriedades e características do ruído. Neste último estão incluídas a potência sonora, intensidade sonora, pressão sonora, a frequência e espectro e as curvas de ponderação. Na anatomia e fisiologia da audição faz-se referência aos efeitos que o ruído provoca sobre o aparelho auditivo e sobre o organismo. Nos conceitos fundamentais das vibrações define-se a vibração, classifica-se os tipos de vibrações existentes, faz-se referência à vibração natural do ser humano e aos efeitos da vibração sobre o organismo.

No Capítulo III faz-se o enquadramento legal do ruído e das vibrações no corpo humano, fazendo-se referência ao objeto e âmbito desses enquadramentos legais, definições, valores limite de exposição, valores de ação e medidas de redução da exposição.

No Capítulo IV caracteriza-se a empresa onde foi efetuado o estudo do ruído e das vibrações no corpo humano. Essa caracterização passa por apresentar a empresa e referir onde esta está localizada, quais as atividades que empresa exerce e qual a sua experiência no mercado de trabalho, apresenta-se o organigrama funcional da empresa e a sua política da qualidade e segurança, assim como se faz a caracterização do agregado laboral.

No Capítulo V são definidas as características e métodos de medição utilizados durante o estudo do ruído e vibrações no corpo humano. Neste capítulo refere-se quais os tipos de equipamentos utilizados para a medição de ruído e de vibrações, refere-se quais as metodologias utilizadas, é efetuada a análise dos resultados obtidos tanto para o ruído como para as vibrações e interpreta-se esses mesmos resultados.

No Capítulo VI são apresentadas as conclusões sobre o estudo efetuado ao nível do ruído e das vibrações no corpo humano.

Em Anexos encontram-se as listagens de dados recolhidos e outros dados considerados importantes.

## 2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

### 2.1. RUÍDO

#### 2.1.1. DEFINIÇÃO DE RUÍDO

O ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma auditivo e alterações fisiológicas extra-auditivas.

As ondas sonoras podem transmitir-se da fonte até ao ouvido, tanto diretamente pelo ar, como indiretamente por condução nos materiais – estruturas sólidas, paredes, pavimentos e tetos, que funcionam como fontes secundárias. Quando o ruído atinge determinados níveis, o aparelho auditivo apresenta uma fadiga que, embora inicialmente seja suscetível de recuperação, pode em casos de exposição prolongada ao ruído intenso transformar-se em surdez permanente devido a lesões irreversíveis do ouvido interno.

Do ponto de vista físico pode definir-se o ruído como toda a vibração mecânica estatisticamente aleatória de um meio elástico. Do ponto de vista fisiológico, será todo o fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa.

É geralmente aceite que a perceção individual do ruído depende das características do mesmo, isto é, da intensidade, do espectro e da frequência com que ocorre. Até certo ponto, são fatores como a idade do indivíduo, o seu estado emocional, os gostos, as crenças ou o modo de vida que determinam o grau de incomodidade do ruído.

Em Portugal, o número de trabalhadores identificados com doenças profissionais é bastante elevado, sendo a surdez profissional uma das doenças profissionais mais frequentes, embora nem sempre seja fácil de diagnosticar. A dificuldade no diagnóstico prende-se com a falta de provas que comprovem a exposição do trabalhador a níveis de ruído elevado no trabalho e que a surdez não se deve a outros tipos de ruído (não originados pelo trabalho).

O Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro estabelece as prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

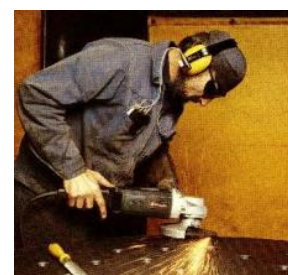
### 2.1.3. TIPOS DE RUÍDO

O ruído pode ser classificado em 5 tipos:

**Ruído Contínuo** – Ruído com um nível que varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação. É produzido por máquinas que funcionam sem qualquer tipo de interrupção (ex: martelo pneumático).



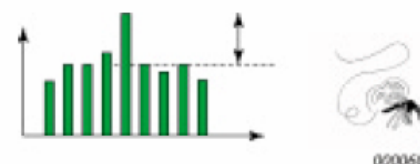
**Ruído Intermitente** – Ruído cujo nível varia continuamente de um valor apreciável (superior a  $\pm 3$  dB) durante o período de observação. O nível de som aumenta e diminui rapidamente, como em máquinas que operam em ciclos ou quando passa um veículo (ex: avião).



**Ruído de Impacto ou Impulsivo** – Ruído que consiste em um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração  $\leq$  a 1 segundos e separados por mais de 0,2 segundos. É breve e abrupto, podendo provocar grandes danos e ser bastante incomodativo (ex: explosões ou ruído de martelar).



**Ruído Tonal** - Ruído cujo nível de uma das bandas, no espectro de 1/3 de oitava, excede em 5dB ou mais o nível das bandas adjacentes.



000060

**Ruído de Baixas Frequências** - Ruído de baixa frequência (audível) entre o 20 Hz e 500 Hz e o inaudível (infrassons), que ocorre entre os 0 Hz e os 20 Hz.



000061

## 2.1.4. PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO RUÍDO

### 2.1.4.1. POTÊNCIA SONORA, INTENSIDADE SONORA E PRESSÃO SONORA

As fontes sonoras são todos os dispositivos que emitem som. Muitos corpos podem servir como fontes sonoras, todavia, há um pré-requisito indispensável para que ele funcione como tal: precisa ser capaz de vibrar. Para que um corpo seja posto em movimento vibratório, é imprescindível que exista uma relação bem definida entre duas características importantes da matéria que o compõe: densidade e rigidez.

As fontes sonoras são caracterizadas pela sua potência sonora,  $W$ , expressa em Watts, que quantifica a energia sonora,  $E$ , em Joules, emitida por uma fonte, por unidade de tempo,  $t$ , em segundos, cuja expressão é:

$$W = \frac{E}{t} [W] \quad \text{Equação 1 – Potência Sonora}$$

Onde:  $W$  – potência sonora [W],  $E$  – energia sonora [J] e  $t$  – tempo [s]

O nível de potência sonora,  $L_W$ , é dado pela expressão:

$$L_W = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0} [dB] \quad \text{Equação 2 – Nível de Potência sonora}$$

Onde:  $L_W$  – nível de potência sonora [dB],  $W$  – potência sonora [W] e Potência de referência  $W_0 = 10^{-12}W$

A intensidade sonora está relacionada com a amplitude da onda sonora e com a quantidade de energia que a fonte sonora transmite ao meio de propagação do som:

- ❖ Quanto maior a intensidade sonora, maior a amplitude da onda sonora e maior a energia transmitida ao meio de propagação do som;
- ❖ Quanto menor a intensidade sonora, menor a amplitude da onda sonora e menor a energia transmitida ao meio de propagação do som.

O som produzido pelo motor de um avião é completamente diferente do som produzido pelo bater de asas de uma mosca. Para além disso, o som produzido pelo motor do avião ouve-se muito bem, mesmo que estejamos bastante afastados dele. Pelo contrário, o som produzido pelas asas da mosca só se ouve se estivermos muito próximos dela. Por esse motivo, diz-se que os sons produzidos têm intensidades sonoras diferentes (Figura 1):

- ❖ O som produzido pelo avião é um som forte;
- ❖ O som produzido pela mosca é um som fraco.

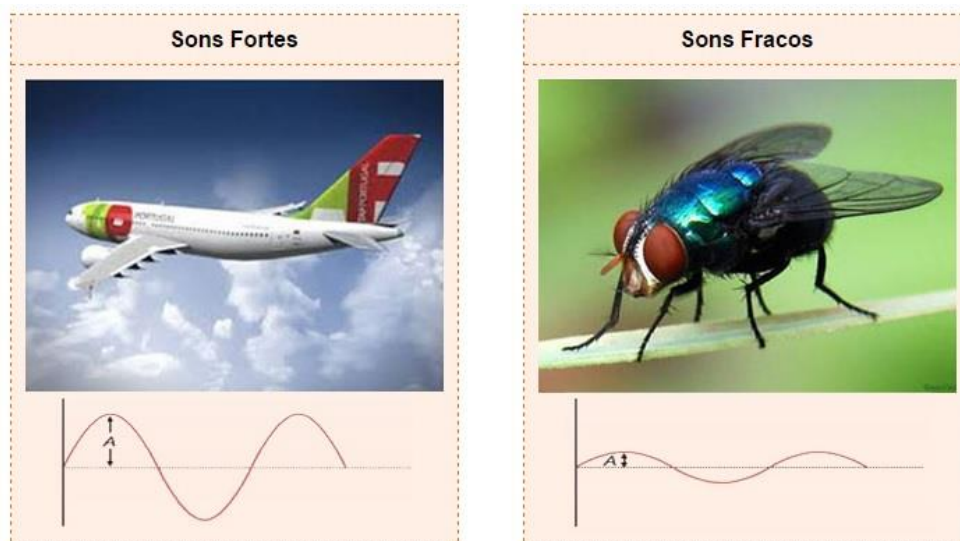


Figura 1 – Intensidade sonora (Sons Fortes e Sons Fracos)

À medida que o som se propaga, a energia associada à vibração das partículas do meio vai diminuindo, logo a amplitude de vibração vai diminuindo também. Por esse motivo, quanto mais afastados da fonte sonora, mais dificuldade se tem em ouvir o som produzido.

A intensidade sonora é a qualidade que permite caracterizar se um som é forte ou fraco e depende da energia que a onda sonora transfere. A intensidade sonora, **I**, é definida fisicamente como a potência sonora recebida por unidade de área de uma superfície, ou seja:

$$I = \frac{W}{A} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \text{Equação 3 – Intensidade sonora}$$

Onde: I – intensidade sonora [W/m<sup>2</sup>], W – potência sonora [W] e A – área superfície [m<sup>2</sup>]

Também é possível calcular a intensidade sonora, **I**, através da expressão:

$$I = I_0 10^{\frac{L_I}{10}} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \text{Equação 4 – Intensidade sonora}$$

Onde: I – intensidade sonora [W/m<sup>2</sup>], I<sub>0</sub> – 10<sup>-12</sup>W/m<sup>2</sup> (limiar da audibilidade) e L<sub>I</sub> – nível de intensidade sonora [W/m<sup>2</sup>]

O nível de intensidade sonora, **L<sub>I</sub>**, é dado pela expressão:

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \text{ [dB]} \quad \text{Equação 5 – Nível de Intensidade sonora}$$

Onde: L<sub>I</sub> – nível de intensidade sonora [dB], I – intensidade sonora [W/m<sup>2</sup>] e I<sub>0</sub> – 10<sup>-12</sup>W/m<sup>2</sup> (limiar da audibilidade)



A pressão sonora é a amplitude da onda sonora correspondente à variação de pressão, em relação à pressão estática do ar, produzida pela propagação do som. A sua medição é fácil, pois tem uma boa correlação com a percepção humana da audibilidade, pois esta é o efeito da potência sonora que é captada pelos ouvidos. A pressão sonora é um parâmetro utilizado quando o objetivo é avaliar a situação de incomodidade ou risco de trauma auditivo e é expressa em Pascal (Pa).

O ouvido humano consegue distinguir variações de pressão, em que o limiar da audibilidade a 4000Hz é provocado por uma pressão de 20µPa, enquanto o limiar da dor ocorre a uma pressão sonora de 100Pa (Figura 2).

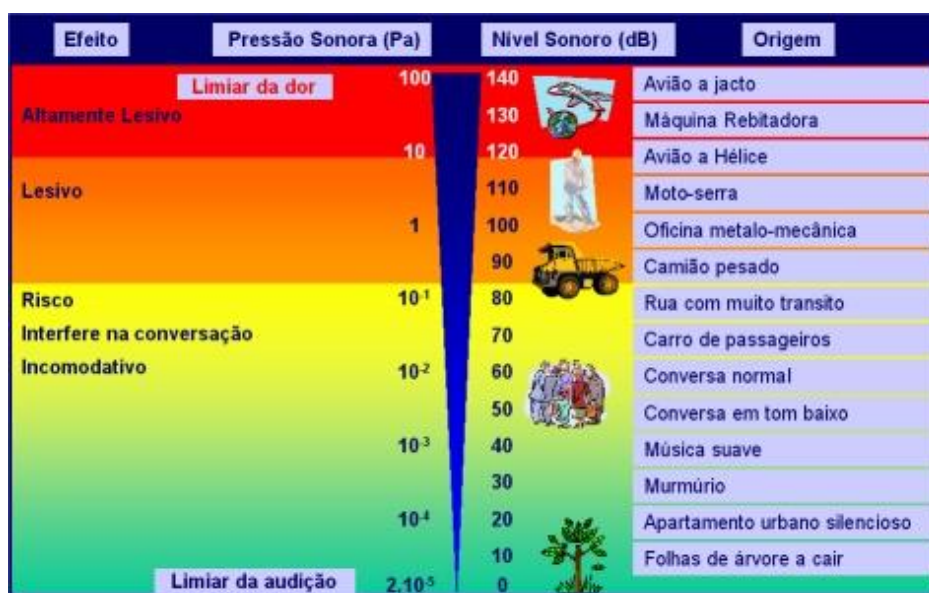


Figura 2 – Escala de pressão sonora (Pa) e Nível sonoro (dB)

O nível de pressão sonora,  $L_P$ , é dado pela expressão:

$$L_P = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0} \quad \text{Equação 6 - Nível de Intensidade sonora}$$

Onde:  $L_P$  – nível de pressão sonora [dB],  $p$  – pressão sonora [Pa] e pressão de referência  $p_0$  – 20 µPa (limiar da audição)

O ouvido humano não responde linearmente aos estímulos, mas sim logaritmicamente. Por estas razões, o nível de potência sonora ( $L_W$ ), o nível de intensidade sonora ( $L_I$ ) e o nível de pressão sonora ( $L_P$ ) são feitas numa escala logarítmica expressa em decibéis (dB). O decibel é por definição, o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado e corresponde praticamente à mais pequena variação da pressão sonora que um ouvido humano normal pode distinguir nas condições normais de audição.

### 2.1.4.2.FREQUÊNCIA E ESPECTRO

A frequência é uma característica das grandezas físicas de natureza ondulatória que indica o número de ocorrências de um evento, num determinado intervalo de tempo. Em acústica, a frequência, **f**, de uma onda refere-se ao número de flutuações ou períodos por segundo, cuja expressão é:

$$f = \frac{1}{T} \text{ [1ciclo.segundo}^{-1} \text{ ou Hz]} \quad \text{Equação 7 – Frequência}$$

Onde: **f** – frequência [1ciclo.segundo<sup>-1</sup> ou Hz] e **T** – período [s]

O período, **T**, é o período de tempo correspondente a um ciclo e é o inverso da frequência, **f**, sendo dado pela expressão:

$$T = \frac{1}{f} \text{ [s]} \quad \text{Equação 8 – Período}$$

Onde: **T** – período [s] e **f** – frequência [1ciclo.segundo<sup>-1</sup> ou Hz]

A frequência é a característica através da qual o ouvido distingue um som agudo ou alto de um som grave ou baixo. Assim, um som com uma frequência elevada denomina-se agudo e com uma frequência reduzida denomina-se grave (Figura 3).

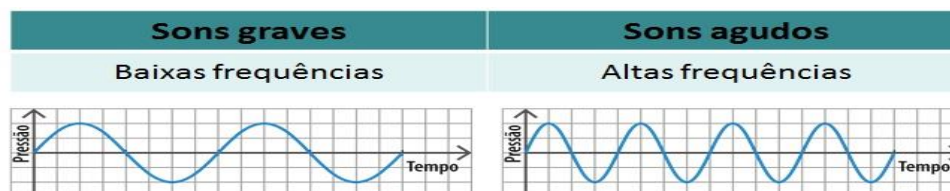


Figura 3 – Sons agudos e graves

O comprimento de onda corresponde à distância entre dois pontos consecutivos da mesma fase de um movimento ondulatório que se propaga em linha reta e representa-se pela letra grega lambda ( $\lambda$ ). O ponto mais alto do movimento ondulatório denomina-se crista da onda e o ponto mais baixo denomina-se vale da onda. A distância entre uma crista e um vale consecutivos de uma onda periódica é igual a meio comprimento de onda ( $\lambda/2$ ); a distância entre uma crista ou um vale à posição de equilíbrio é igual a um quarto do comprimento de onda ( $\lambda/4$ ) (Figura 4).

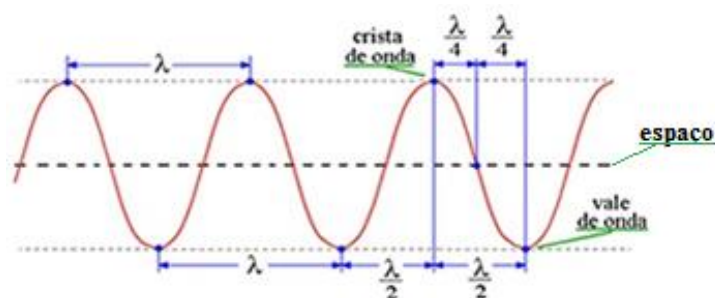


Figura 4 – Comprimento de onda

A velocidade de propagação do som,  $c$ , depende do meio de propagação. A velocidade média de propagação do som no ar (à pressão de 1 atm e temperatura de 25°C é cerca de 340  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). A velocidade de propagação do som ( $c$ ) depende do gama ( $\gamma$ ), da pressão atmosférica ( $p$ ) e da densidade do meio ( $\rho$ ), cuja expressão é:

$$c = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} \text{ [m}\cdot\text{s}^{-1}\text{]}$$

Equação 9 – Velocidade de propagação do som

Onde:  $c$  – velocidade de propagação do som [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ],  $\gamma$  – razão entre o  $C_p$  (calor específico a pressão constante) e  $C_v$  (calor específico a volume constante),  $p$  – pressão atmosférica [ $\text{newton}/\text{m}^2$ ] e  $\rho$  – densidade do meio [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

O comprimento de onda e a frequência tem uma relação inversa, pois quanto maior é o número de vezes que se completa um ciclo, em determinado intervalo de tempo, menor será a distância entre esses ciclos, uma vez que a velocidade é constante. A relação é dada pela expressão:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \text{ [m]}$$

Equação 10 – Comprimento de onda

Onde:  $\lambda$  – comprimento de onda [m],  $c$  – velocidade de propagação do som [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ],  $T$  – período [s] e  $f$  – frequência [Hz]

Na gama audível, o comprimento de onda está compreendido entre 0.017m e 17m.

Para se ter uma noção exata da composição do ruído é necessário determinar o nível sonoro para cada frequência. Este tipo de análise chama-se *análise espectral*, *análise por frequência* ou *análise de Fourier* (FFT – Fast Fourier Transform) e costuma ser representada graficamente num sistema de eixos onde as frequências se situam no eixo das abcissas e os níveis sonoros no eixo das ordenadas (Gráfico 1).

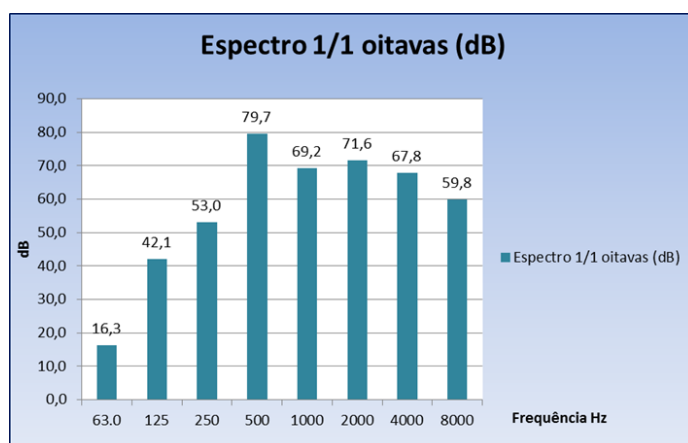


Gráfico 1 - Análise Espectral (dB)

A escala das frequências é usualmente dividida em três grupos: Infra-sons, Gama audível e Ultra-sons (Figura 5).

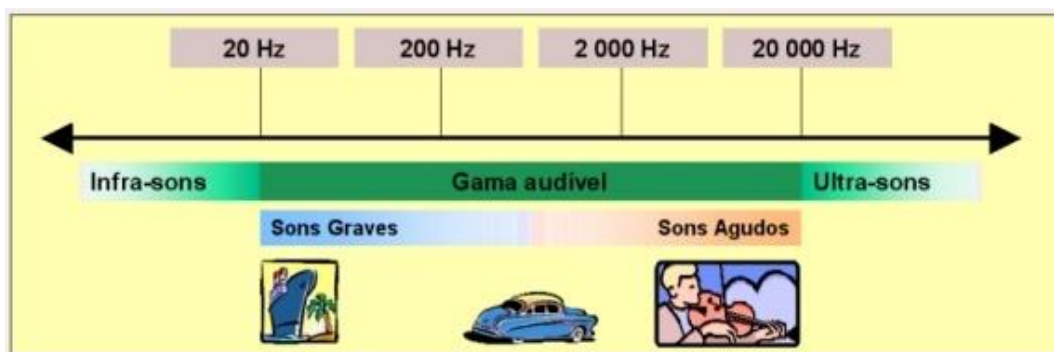


Figura 5 – Espectro sonoro

### Infra-sons

Designam-se por Infra-sons todos os sons com frequência inferior a 20Hz. Estes sons não são captados pelo ouvido humano, embora possam ser captados por outros animais. (Figura 6).



Durante um sismo ocorre produção de infra-sons.

Durante uma erupção vulcânica ocorre produção de infra-sons.

Figura 6 – Infra-sons

### Gama audível

Designam-se por sons audíveis aqueles que o Ser Humano é capaz de ouvir. O Ser Humano apenas consegue captar vibrações compreendidas entre os 20Hz e os 20000Hz. Os sons de 20Hz são os mais graves que os nossos ouvidos captam, enquanto os sons de 20000Hz são os mais agudos que os nossos ouvidos captam.

A gama audível está dividida em 10 filtros passa-banda designados por filtros de oitavas. Cada oitava, por seu turno, está subdividida em 3 filtros de terços de oitava.

### Ultra-sons

Designam-se por ultra-sons todos os sons com frequência superior a 20000Hz. Estes sons não são captados pelo ouvido humano, embora possam ser captados por outros animais (Figura 7).

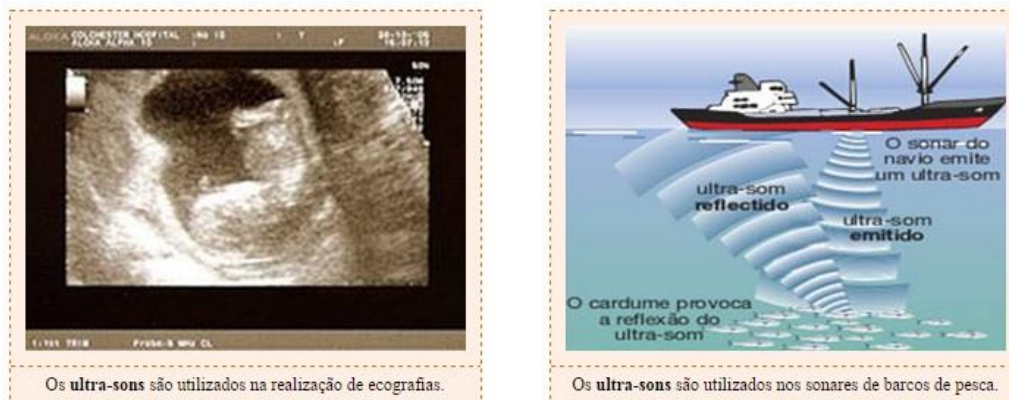


Figura 7 – Ultra-sons

### 2.1.4.4. CURVAS DE PONDERAÇÃO

As curvas de ponderação correspondem a inversões das curvas isofónicas (Gráfico 2).

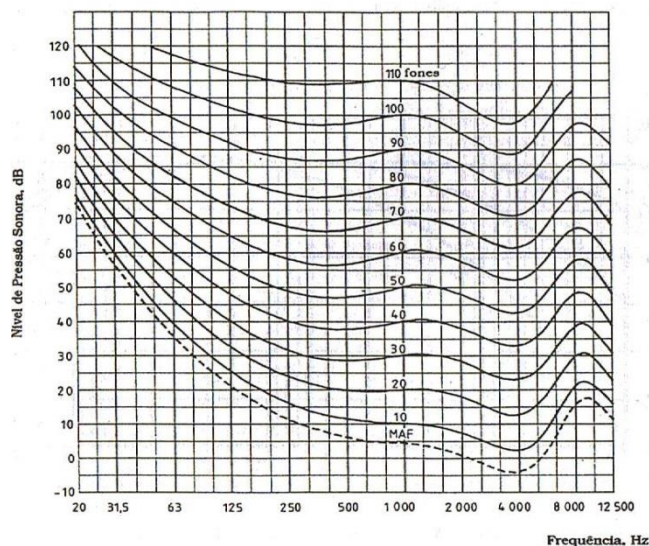


Gráfico 2 - Representação gráfica das curvas isofónicas

As curvas de ponderação surgiram devido ao facto do ouvido humano não ser igualmente sensível ao som em todo o espectro de frequências e por isso foram introduzidos nos sonómetros filtros de ponderação com o objetivo de correlacionar os valores medidos com a resposta do ouvido. Estes filtros têm a particularidade de atenuar o sinal sonoro de acordo com curvas de ponderação que seguem aproximadamente as curvas isofónicas. As curvas de ponderação foram designadas pelas letras A, B, C e D (Gráfico 3).

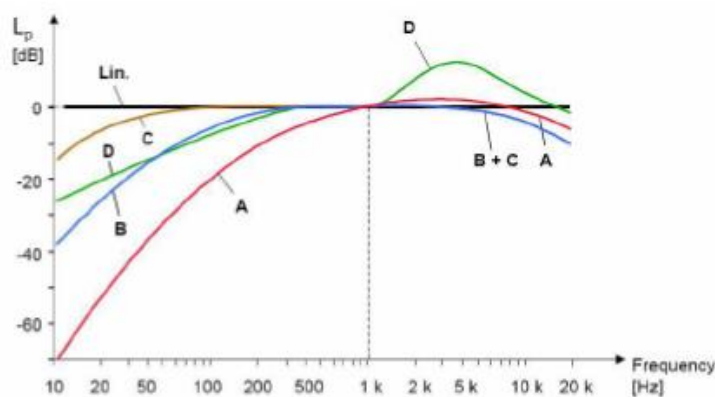


Gráfico 3 - Curvas de Ponderação

As curvas de ponderação A, B e C seguem as curvas isofónicas 40, 70 e 100dB, respetivamente.

A curva de ponderação mais utilizada é a curva A, que permite medições tendo em conta a sensibilidade auditiva humana. A escala B está em desuso e raramente se encontram referências a ela, a escala C é basicamente linear, apenas com pequenas atenuações para baixas e altas frequências, e a escala D foi padronizada para a medição de ruído na aeronáutica.

## 2.1.5. O OUVIDO HUMANO E OS EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO

### 2.1.5.1. ANATOMIA E FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO

O ouvido é o órgão responsável pela captação de vibrações no ar (sons) e transformação desses, em impulsos nervosos que o cérebro descodifica. Além dessa função, o ouvido também está relacionado com o equilíbrio do corpo.

Do ponto de vista anatómico o ouvido humano encontra-se dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno (Figura 8).



Figura 8 – Ouvido Humano

O ouvido externo é constituído pelo pavilhão auricular (ou orelha) e pelo canal auditivo externo. As ondas sonoras procedentes do exterior penetram no canal auditivo externo e atravessam-no até chegarem ao tímpano, fazendo-o vibrar.

O ouvido médio é constituído pelo tímpano e por uma cadeia de ossículos (martelo, bigorna e estribo) e encontra-se alojado no osso temporal. Ao vibrar, o tímpano move a cadeia de ossículos do ouvido médio originando assim uma onda no líquido contido no ouvido interno. Além de transmitir as vibrações procedentes do exterior, o ouvido médio amplia-as (só assim se consegue ouvir os sons mais fracos).

O ouvido interno é constituído por cóclea, canais semicirculares, janela circular e nervo auditivo, estando alojado numa série de cavidades regulares encaixadas no osso temporal, que recebem o nome de labirinto ósseo. É no ouvido interno que ocorre a transformação dos estímulos mecânicos em impulsos elétricos, que por sua vez são transmitidos às fibras do nervo coclear. Estes sinais viajam pelo nervo coclear e, depois, pelo nervo auditivo até chegarem ao cérebro, onde se torna consciente a perceção sonora.

## 2.1.5.2.EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO

### 2.1.5.2.1. EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O APARELHO AUDITIVO

Os níveis de ruído não são igualmente nocivos nas várias bandas de frequência e as suscetibilidades individuais levam a efeitos muito distintos em várias pessoas de um grupo sujeito à mesma exposição. É possível que o primeiro sintoma de perda auditiva consista no aparecimento de zumbidos no ouvido (acufenos). Podem ocorrer duas situações:

- ❖ Perda temporária da audição após a exposição ao ruído, que pode ter uma recuperação progressiva a partir do momento em que cessa a exposição;
- ❖ Perda permanente da audição, que é uma das consequências mais graves da exposição ao ruído. Quando a exposição a ruído excessivo se mantém durante um longo período de tempo e não se utiliza a devida proteção, inicia-se o processo de destruição de células ciliadas (internas, numa primeira fase, e externas, posteriormente) do órgão de Corti. Aquele défice forma-se para além das frequências de conversação, não sendo, por isso, detetado na atividade do dia-a-dia. Entretanto, sobrevêm diferentes fenómenos auditivos conexos, tais como: distorção de sons, aparecimento de uma tonalidade metálica, entre outros.

A fadiga auditiva traduz-se por um abaixamento reversível da acuidade auditiva e é determinada pelo grau de perda de audição e pelo tempo que o ouvido demora a retomar a audição inicial. Pode ser considerada uma medida indireta da admissibilidade face ao ruído, implicando a fixação de um limite da perda de audição após a exposição.



### 2.1.5.2.3. EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O ORGANISMO

Os efeitos do ruído sobre o organismo podem ser divididos em fisiológicos e psicológicos.

A exposição ao ruído tem inúmeras consequências, quer sobre o aparelho auditivo, quer sobre outros aspetos da saúde do trabalhador, nomeadamente a nível fisiológico e psicológico (Tabela 1)


<p><b>Sistema Nervoso Central</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alterações do sono;</li> <li>✓ Diminuição da memória de retenção.</li> </ul>	<p><b>Pele e Músculos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vasoconstrição dos vasos;</li> <li>✓ Piloerecção;</li> <li>✓ Aumento da tensão muscular.</li> </ul>	<p><b>Sistema Vestibular</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vertigens;</li> <li>✓ Perda de equilíbrio.</li> </ul>
<p><b>Psicológicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Irritabilidade;</li> <li>✓ Agravamentos de estados de depressão e ansiedade;</li> <li>✓ Perturbação na comunicação;</li> <li>✓ Diminuição do rendimento no trabalho;</li> <li>✓ Perda de capacidade de concentração;</li> <li>✓ Fadiga, stress agudo;</li> <li>✓ Perda dos reflexos;</li> <li>✓ Falta de vigilância e atenção.</li> </ul>		<p><b>Orgão da Visão</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diminuição da discriminação das cores;</li> <li>✓ Diminuição da visão na obscuridade;</li> <li>✓ Diminuição da sensação de relevo dos objetos.</li> </ul> <p><b>Hormonais e Metabólicos</b></p>
<p><b>Aparelho Digestivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento da secreção gástrica;</li> <li>✓ Transtornos digestivos;</li> <li>✓ Hipermotilidade gástrica e intestinal.</li> </ul>	<p><b>Cardiovasculares</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Constrição dos vasos sanguíneos;</li> <li>✓ Possível aumento da tensão arterial e da frequência cardíaca.</li> </ul>	<p><b>Outros</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alteração da diurese;</li> <li>✓ Retenção de sódio e perda de potássio.</li> </ul>

Tabela 1 - Efeitos fisiológicos e psicológicos do ruído sobre o organismo

## 2.3. VIBRAÇÃO

### 2.3.1. DEFINIÇÃO DE VIBRAÇÃO

A vibração define-se como o movimento oscilatório de um corpo em torno do seu ponto de equilíbrio. Uma característica importante da vibração é a frequência.

No meio laboral, as vibrações são agentes físicos nocivos que afetam os trabalhadores e que podem ser provenientes das máquinas ou ferramentas portáteis a motor ou resultantes dos postos de trabalho. As vibrações encontram-se presentes em quase todas as atividades, nomeadamente em construção de obras públicas, indústrias extrativas, exploração florestal, fundições e transportes.

### 2.3.2. TIPOS DE VIBRAÇÕES

As vibrações são classificadas em dois tipos, segundo o local do corpo atingido:

- **Vibrações transmitidas ao corpo inteiro** – Vibrações mecânicas, transmitidas ao corpo inteiro, que implicam riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores, em especial lombalgias e traumatismos da coluna vertebral;
- **Vibrações transmitidas ao sistema mão-braço** – Vibrações mecânicas, transmitidas ao sistema mão-braço, que implicam riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores, em especial perturbações vasculares, neurológicas ou musculares ou lesões osteoarticulares.

### 2.3.2.2.VIBRAÇÃO NATURAL DO SER HUMANO

O corpo humano possui diversas frequências naturais dependendo da parte do corpo. Quando a frequência da perturbação exterior (pressão sonora) for igual à frequência natural de uma parte do corpo ocorre fenómeno de ressonância (Figura 9).

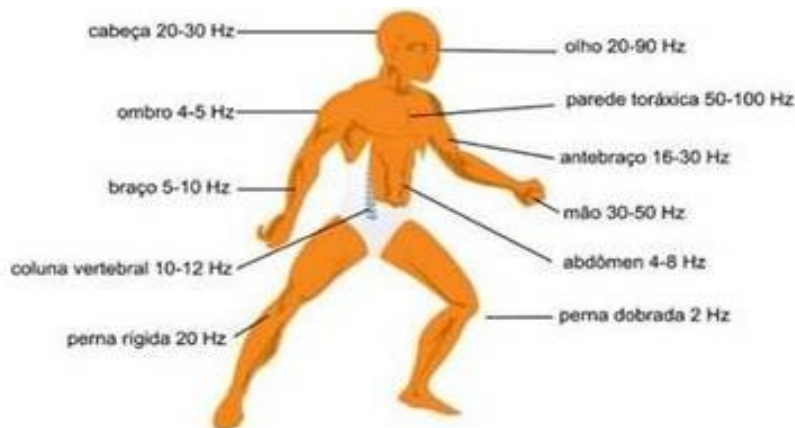


Figura 9 – Frequências de ressonância do Corpo Humano

### 2.3.2.3.EFEITOS DA VIBRAÇÃO SOBRE O ORGANISMO

A exposição direta a vibrações pode ser extremamente grave, podendo afetar permanentemente alguns órgãos do corpo humano. As vibrações podem afetar o conforto, reduzir o rendimento do trabalho e causar desordens das funções fisiológicas, dando lugar ao desenvolvimento de doenças quando a exposição é intensa.

A exposição às vibrações tem inúmeros efeitos sobre o organismo (Tabela 2 e 3).

VIBRAÇÕES NO CORPO INTEIRO	VIBRAÇÕES NA MÃO-BRAÇO
<p><b>Danos Físicos Irreversíveis:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lumbago isquémico;</li> <li>✓ Sistema circulatório;</li> <li>✓ Sistema urológico.</li> </ul>	<p><b>Síndrome de Raynoud (dedos branco) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Falta de sensibilidade e controlo;</li> <li>✓ Tremura dos dedos;</li> <li>✓ Destruição das artérias e nervos das mãos.</li> </ul>
<p><b>Distúrbios no Sistema Nervoso Central:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fadiga;</li> <li>✓ Insónia;</li> <li>✓ Dor de cabeça;</li> <li>✓ Tremuras.</li> </ul>	<p><b>Danos nos tendões e músculos entre o pulso e o cotovelo.</b></p>

Tabela 2 - Efeitos da vibração no organismo

Frequência da vibração	Origem da vibração	Efeito sobre o organismo
Vibrações de muito baixa frequência (< 1Hz)	Transportes: aviões, comboios, barcos, automóveis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estimulam o labirinto do ouvido esquerdo;</li> <li>✓ Perturbam o Sistema Nervoso Central;</li> <li>✓ Podem produzir náuseas e vômitos.</li> </ul>
Vibrações de baixa frequência (1 a 20Hz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Veículos de transporte de mercadorias e passageiros;</li> <li>✓ Veículos industriais;</li> <li>✓ Tratores e máquina agrícolas;</li> <li>✓ Maquinaria e veículos de obras públicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Patologias diversas ao nível da coluna vertebral, lombalgias lumbociáticas, hérnias;</li> <li>✓ Agravam lesões raquidianas menores e incidem sobre perturbações devidas a más posturas;</li> <li>✓ Sintomas neurológicos: variação de ritmo cerebral, dificuldade de equilíbrio, inibição de reflexos;</li> <li>✓ Perturbações na visão: diminuição da acuidade visual.</li> </ul>
Vibrações de alta frequência (20 a 1000Hz)	Ferramentas manuais rotativas alternativas ou percutoras, tais como polidoras, lixadoras, motosserras, martelos pneumáticos, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Perturbações osteoarticulares observáveis radiologicamente tais como: artroses, lesões de pulso;</li> <li>✓ Perturbações tendinosas;</li> <li>✓ Afeções angioneurológicas da mão que acompanham perturbações na sensibilidade. A sua expressão vascular manifesta-se por crises do tipo de “dedos mortos” chamada síndrome de Raynaud;</li> <li>✓ Aumento da incidência de afeções do aparelho digestivo (hemorroides, dores abdominais, obstipação).</li> </ul>

Tabela 3 – Efeitos da vibração no organismo, segundo a frequência.

A nocividade dos efeitos apresentados na Tabela 3 dependerá do tipo de exposição (partes ou totalidade do corpo), da sua duração e frequência, bem como da intensidade das acelerações.

A exposição excessiva a vibrações pode determinar acidentes a curto prazo ou danos físicos irreversíveis a longo prazo.

### 3. ENQUADRAMENTO LEGAL

#### 3.1. ENQUADRAMENTO LEGAL DE RUÍDO

##### 3.1.1. OBJETO E ÂMBITO

A exposição ao ruído em contexto laboral encontra-se regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

O presente Decreto-Lei é aplicável em todas as atividades dos setores privado, cooperativo e social, da administração pública central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas coletivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria.

##### 3.1.2. DEFINIÇÕES

Para efeitos do presente Decreto-Lei, entende-se por:

- «**Exposição pessoal diária ao ruído**»,  $L_{EX, 8h}$ , o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas ( $T_0$ ), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB(A), dado pela expressão:

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

Equação 11 – Exposição pessoal diária ao ruído

Em que:

$T_e$  é a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

$T_0$  é a duração de referência de oito horas;

$L_{Aeq, T_e}$  é o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A de um ruído num intervalo de tempo T, expresso em dB(A).

- «**Estimativa da exposição pessoal diária ao ruído**»,  $L_{EX, 8h}$ , se durante um dia de trabalho um trabalhador está exposto a n diferentes tipos de ruído e se, para efeito de avaliação, cada um desses ruídos for analisado separadamente, a exposição pessoal diária desse trabalhador,  $L_{EX, 8h}$ , expresso em dB(A), pode calcular-se pela expressão:

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

Equação 12 – Estimativa de exposição pessoal diária ao ruído

Em que:

$L_{Aeq, Tk}$  é o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, de um ruído, num intervalo de tempo  $T_k$ , correspondente ao tipo de ruído  $k$  a que o trabalhador está exposto durante  $T_k$  horas por dia, e  $(L_{EX, 8h})_k$  é a exposição pessoal diária ao ruído que seria medida se só existisse o referido tipo de ruído.

- «Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído»,  $\bar{L}_{EX, 8h}$ , a média dos valores de exposição diários, com uma duração de referência de quarenta horas, expresso em dB(A), obtida pela expressão:

$$\bar{L}_{EX, 8h} = 10 \log \left[ \left( \frac{1}{5} \right) \sum_{k=1}^m 10^{(0,1 L_{EX, 8h})_k} \right]$$

Equação 13 – Média semanal dos valores diários de exposição pessoal ao ruído

Em que:

$(L_{EX, 8h})_k$  representa os valores de  $L_{EX, 8h}$  para cada um dos  $m$  dias de trabalho da semana considerada.

- Para a seleção de protetores auditivos, em função da atenuação por bandas de oitava segue-se o seguinte método:
  - a) Determinar os níveis globais, em dB(A) por banda de oitava,  $L_{63}$ ,  $L_{125}$ ,  $L_{250}$ ,  $L_{500}$ ,  $L_{1000}$ ,  $L_{2000}$ ,  $L_{4000}$ ,  $L_{8000}$  de acordo com a seguinte equação:

$$L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_f + 2S_f$$

Equação 14 – Níveis globais, por banda de oitava

Em que:

$S_f$  é o valor do desvio padrão da atenuação e  $M_f$  o valor médio da atenuação dos protetores auditivos em cada banda de frequência, ambos indicados pelo fabricante.

- b) Com os níveis globais, obtidos como indicado na alínea a), 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 protetores auditivos, pela equação:

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

Equação 15 – Nível sonoro contínuo equivalente efetivo do ruído

c) Aplicando ao conjunto destes valores, calculados como refere a alínea anterior, a Equação 2 (acima mencionada), obtém-se a exposição diária efetiva,  $L_{EX, 8h, efect}$ , em dB(A), de cada trabalhador que use protetores auditivos:

$$L_{EX, 8h, efect} = 10 \log \left[ \left( \frac{1}{8} \right) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq, Tk, efect})} \right] \quad \text{Equação 16 - Exposição pessoal diária efetiva ao ruído}$$

Em que:

$T_k$  é o tempo de exposição ao ruído  $k$ ;

$L_{Aeq, Tk, efect}$  é o nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protetores auditivos.

- «Exposição pessoal diária efetiva»,  $L_{EX, 8h, efect}$ , a exposição pessoal diária ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB (A), calculada pela expressão:

$$L_{EX, 8h, efect} = L_{Aeq, Tk, efect} + 10 \log \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \quad \text{Equação 17 - Exposição pessoal diária efetiva ao ruído}$$

Em que:

$T_e$  é a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

$T_0$  é a duração de referência de oito horas;

$L_{Aeq, Tk, efect}$  é o nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protetores auditivos.

### 3.1.3. VALORES LIMITE DE EXPOSIÇÃO E VALORES DE AÇÃO

De acordo com o presente Decreto-Lei, os valores limite de exposição e os valores de ação superior e inferior, no que se refere à exposição pessoal diária ou semanal de um trabalhador e ao nível da pressão sonora de pico, são fixados em:

- ✓ Valores limite de exposição:  $L_{EX, 8h} = \bar{L}_{EX, 8h} = 87\text{dB (A)}$  e  $L_{Cpico} = 140\text{dB (C)}$  equivalente a 200Pa;
- ✓ Valores ação superiores:  $L_{EX, 8h} = \bar{L}_{EX, 8h} = 85\text{dB (A)}$  e  $L_{Cpico} = 137\text{dB (C)}$  equivalente a 140Pa;
- ✓ Valores ação inferiores:  $L_{EX, 8h} = \bar{L}_{EX, 8h} = 80\text{dB (A)}$  e  $L_{Cpico} = 135\text{dB (C)}$  equivalente a 112Pa.



O empregador é responsável por assegurar que a exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho seja reduzida ao nível mais baixo possível. Caso os valores limite de exposição sejam ultrapassados o empregador deve:

- ✓ Tomar medidas imediatas que reduzam a exposição de modo a não exceder os valores limite de exposição;
- ✓ Identificar as causas da ultrapassagem dos valores limite;
- ✓ Corrigir as medidas de proteção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas.

#### 3.1.4. REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO

De acordo com os princípios gerais de prevenção, o empregador deve assegurar que os riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores resultantes da exposição ao ruído sejam eliminados ou reduzidos ao mínimo, mediante medidas organizacionais e técnicas:

##### Medidas Organizacionais

- ✓ Métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição ao ruído;
- ✓ Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo ruído possível, incluindo a possibilidade de disponibilizar aos trabalhadores equipamento de trabalho cuja conceção e fabrico respeitem o objetivo ou o efeito da limitação da exposição ao ruído;
- ✓ Conceção, disposição e organização nos locais e postos de trabalho;
- ✓ Informação e formação adequadas dos trabalhadores para a utilização correta e segura do equipamento com o objetivo de reduzir ao mínimo a sua exposição ao ruído;
- ✓ Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e dos sistemas aí existentes
- ✓ Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados.
- ✓ Rotatividade dos postos de trabalho;
- ✓ Execução dos trabalhos mais ruidosos fora do horário normal de trabalho ou em locais com o menor número de trabalhadores expostos;
- ✓ Limitação da duração do trabalho em ambientes muito ruidosos.

- ✚ Medidas de carácter específico para redução do ruído na fonte
  - ✓ Utilizar máquinas, aparelhos, ferramentas e instalações pouco ruidosos;
  - ✓ Aplicar silenciadores e atenuadores sonoros;
  - ✓ Utilizar chumaceiras, engrenagens e estruturas com menor emissão de ruído;
  - ✓ Evitar valores elevados, como os que aparecem, por exemplo, nos choques muito fortes ou frequentes (pela utilização de material resiliente nas superfícies de impacte), quedas de grande altura ou fortes resistências aerodinâmicas;
  - ✓ Assegurar o dimensionamento correto (reforços da estrutura com blocos de inércia e elementos antivibráticos), acabamentos à máquina (equilibragem e polimento de superfícies) e uma escolha correta dos materiais;
  - ✓ Promover regularmente a manutenção dos equipamentos de trabalho, do local de trabalho e dos sistemas aí existentes.
- ✚ Medidas para a redução da transmissão do ruído
  - ✓ Atenuação da transmissão de ruído de percussão, com reforço das estruturas;
  - ✓ Desacoplamento dos elementos que radiam o ruído da fonte, por exemplo pela utilização de ligações flexíveis nas tubagens;
  - ✓ Isolamento contra vibrações;
  - ✓ Utilização de silenciadores nos escoamentos gasosos e nos escapes.
- ✚ Medidas de redução da radiação sonora
  - ✓ Aumento da absorção da envolvente acústica e barreiras acústicas;
  - ✓ Encapsulamento das máquinas;
  - ✓ Separação dos locais, por:
    - a) Limitação da propagação do ruído, por exemplo pela compartimentação dos locais e pela colocação de divisórias e cabinas;
    - b) Concentração das fontes de ruído em locais de acesso limitado e sinalizados.
- ✚ Medidas respeitantes à acústica de edifícios
  - ✓ Aumento da distância entre a fonte de ruído e a localização dos postos de trabalho;
  - ✓ Montagem de tetos, divisórias, portas, janelas ou pavimentos com elevado isolamento sonoro;
  - ✓ Montagem de elementos absorventes do som;

- ✓ Otimização da difusibilidade sonora (aumento das distâncias entre as superfícies refletoras e o posto de trabalho).

#### ✚ Medidas de Proteção Individual

Nas situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados pelas medidas acima descritas, o empregador deve:

- ✓ Colocar à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais sempre que seja ultrapassado um dos valores de ação inferiores;
- ✓ Assegurar a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos individuais sempre que o nível de exposição ao ruído iguale ou ultrapasse os valores de ação superiores;
- ✓ Assegurar que os protetores auditivos selecionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição;
- ✓ Aplicar medidas que garantam a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos e controla a sua eficácia.

Sem prejuízo das obrigações gerais em matéria de saúde no trabalho, o empregador deve assegurar vigilância adequada da saúde dos trabalhadores em relação aos quais o resultado da avaliação revele a existência de riscos, com vista à prevenção e ao diagnóstico precoce de qualquer perda de audição resultante do ruído e à preservação da função auditiva. A vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores deve ser feita de acordo com a seguinte periodicidade:

- ✓ Anual para os trabalhadores que tenham estado expostos a ruído acima dos valores de ação superiores;
- ✓ De dois em dois anos para os trabalhadores que tenham estado expostos a ruído acima dos valores de ação inferiores.

## 3.2. ENQUADRAMENTO LEGAL DE VIBRAÇÕES

### 3.2.1. OBJETO E ÂMBITO

A exposição às vibrações em contexto laboral encontra-se regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro, que resulta da transposição da Diretiva Comunitária n.º 2002/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas.

O presente Decreto-Lei é aplicável em todas as atividades dos setores privado, cooperativo e social, da administração pública central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas coletivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria.

### 3.2.2. DEFINIÇÕES

Para efeitos do presente Decreto-Lei, entende-se por:

- «**Exposição diária às vibrações**»,  $A(8)$ , a exposição diária às vibrações resultante da amplitude das vibrações e da duração da exposição diária.

A exposição diária às vibrações, para as vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e sistema corpo inteiro, é calculada de duas maneiras distintas:

a) Vibrações transmitidas ao sistema mão-braço

A determinação da vibração é efetuada com base no valor eficaz mais elevado das acelerações ponderadas em frequência, medidas segundo os três eixos ortogonais:

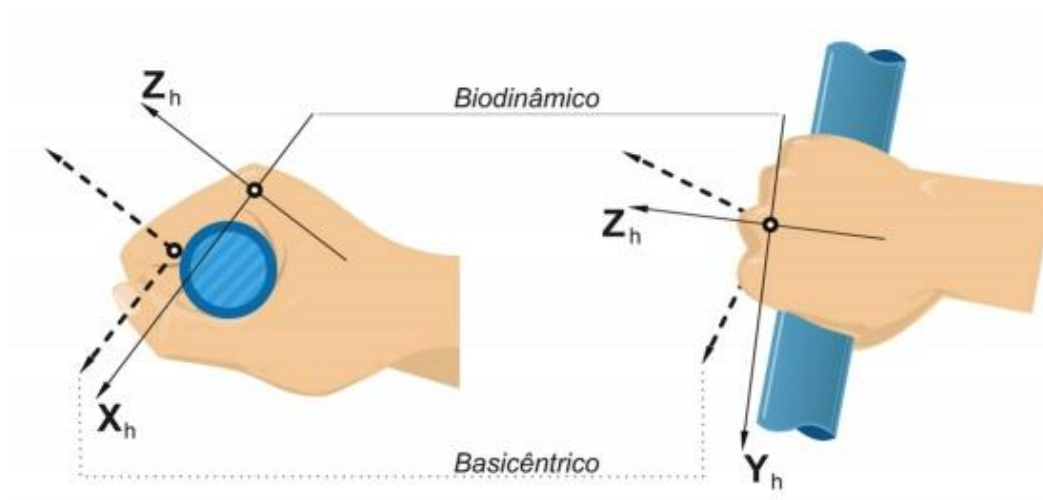


Figura 10 – Eixos basicêntricos mão-braço

A exposição diária às vibrações deve ser expressa em termos do valor total da vibração contínua equivalente, ponderada em frequência para um período de oito horas,  $a_{hv(eq.8h)}$ .

Por razões práticas, representa-se por  $A(8)$  e é obtido pela equação:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Equação 18 – Exposição diária às vibrações

Em que:

$a_{hw}$  é a aceleração eficaz ponderada, em metros por segundo quadrado;

T é a duração diária total da exposição às vibrações;

$T_0$  é a duração de referência de oito horas (28800 segundos).

O valor total da vibração,  $a_{hw}$ , é definido como a soma quadrática das três componentes:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Equação 19 – Valor total da vibração

Em que:

$a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$  e  $a_{hwz}$  são os valores eficazes das acelerações ponderadas em frequência para os eixos x, y e z, respetivamente.

Se a exposição diária total às vibrações resultar da execução de várias tarefas com amplitudes de vibração diferentes, a exposição diária às vibrações, A(8), é obtida através da equação:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

Equação 20 – Exposição diária às vibrações

Em que:

$T_0$  é a duração de referência de oito horas (28800 segundos);

$A_{hvi}$  é o valor total da vibração para a  $i^{\text{ésima}}$  tarefa;

$T_i$  é a duração da  $i^{\text{ésima}}$  tarefa;

n é o número de exposições parciais às vibrações.

#### b) Vibrações transmitidas ao corpo inteiro

A determinação da vibração é efetuada com base no valor eficaz mais elevado das acelerações ponderadas em frequência, medidas segundo os três eixos ortogonais:

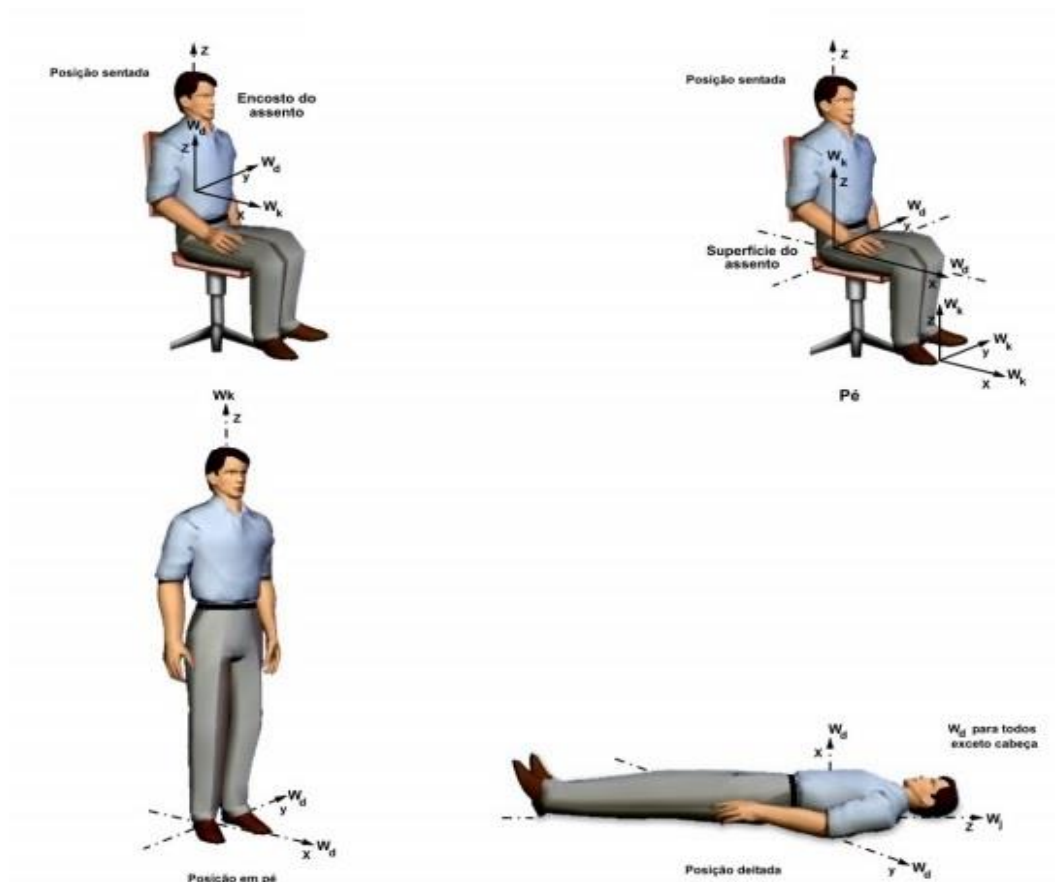


Figura 11 – Eixos basicêntricos do corpo inteiro

A exposição diária às vibrações,  $A(8)$ , é expressa em metros por segundo quadrado e é obtida através da equação:

$$A(8) = k a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Equação 21 – Exposição diária às vibrações

Em que:

$K$  é o fator multiplicativo;

$a_w$  é a aceleração eficaz ponderada, em metros por segundo quadrado;

$T$  é a duração diária total da exposição às vibrações;

$T_0$  é a duração de referência de oito horas (28800 segundos).

O valor total da vibração,  $a_w$ , é definido como a soma quadrática das três componentes:

$$a_w = \sqrt{1,4^2 a_{wx}^2 + 1,4^2 a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Equação 22 – Valor total da vibração

Em que:

$a_{wx}$ ,  $a_{wy}$  e  $a_{wz}$  são os valores eficazes das acelerações ponderadas em frequência para os eixos x, y e z, respetivamente.

Quando a exposição a vibrações decorre durante dois ou mais períodos de tempo com diferentes amplitudes e durações, a exposição diária às vibrações,  $A(8)$ , é obtida através da equação:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_i}$$

Equação 23 – Exposição diária às vibrações

Em que:

$T_0$  é a duração de referência de oito horas (28800 segundos);

$a_{wi}$  é a amplitude da vibração para uma exposição de duração  $T_i$ ;

$n$  é o número de exposições parciais às vibrações.

- «**Média semanal de exposição**»,  $A(8)_{\text{semanal}}$ , a média semanal dos valores de exposição diária, calculada para um período de sete dias consecutivos, com uma duração de referência de quarenta horas.

A média semanal de exposição, para as vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e sistema corpo inteiro, é calculada de acordo com a equação:

$$A(8)_{\text{semanal}} = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{j=1}^7 A(8)_j^2}$$

Equação 24 – Média semanal de exposição às vibrações

Em que:

$A(8)_j$  é a exposição diária para o dia  $j$ .

### 3.2.3. VALORES LIMITE DE EXPOSIÇÃO E VALORES DE AÇÃO

De acordo com o presente Decreto-Lei, há que ter em conta os valores limite de exposição e os valores de ação de exposição a que um trabalhador está sujeito. Os valores são definidos segundo o local do corpo atingido:

- Para as vibrações transmitidas ao sistema mão-braço são fixados os seguintes valores:
  - a) Valor limite de exposição –  $5 \text{ m.s}^{-2}$
  - b) Valor de ação de exposição –  $2,5 \text{ m.s}^{-2}$

- Para as vibrações transmitidas ao corpo inteiro são fixados os seguintes valores:
  - a) Valor limite de exposição –  $1,15 \text{ m.s}^{-2}$
  - b) Valor de ação de exposição –  $0,5 \text{ m.s}^{-2}$

O empregador é responsável por assegurar que a exposição dos trabalhadores a vibrações mecânicas durante o trabalho seja reduzida ao nível mais baixo possível. Caso os valores limite de exposição sejam ultrapassados o empregador deve:

- ✓ Tomar medidas imediatas que reduzam a exposição de modo a não exceder os valores limite de exposição;
- ✓ Identificar as causas da ultrapassagem dos valores limite;
- ✓ Corrigir as medidas de proteção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas.

#### 3.2.4. REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO

De acordo com os princípios gerais de prevenção, o empregador deve assegurar que os riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores resultantes da exposição a vibrações mecânicas sejam eliminados na fonte ou reduzidos ao mínimo, mediante medidas organizacionais e técnicas. Como medidas técnicas deve-se ter em conta os seguintes aspetos:

- ✓ Métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas;
- ✓ Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo de vibrações possível;
- ✓ Instalação de equipamentos auxiliares que reduzam o risco de lesões provocadas pelas vibrações, nomeadamente assentos ou punhos que reduzam as vibrações transmitidas ao corpo inteiro ou ao sistema mão-braço, respetivamente;
- ✓ Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e das instalações neles existentes;
- ✓ Conceção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho;
- ✓ Informação e formação adequada dos trabalhadores para a utilização correta e segura do equipamento com o objetivo de reduzir ao mínimo a sua exposição a vibrações mecânicas;



- ✓ Limitação da duração e da intensidade da exposição;
- ✓ Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados;
- ✓ Fornecimento aos trabalhadores expostos de vestuário apropriado para a proteção do frio e da humidade.

Sem prejuízo das obrigações gerais em matéria de saúde no trabalho, o empregador deve assegurar vigilância adequada da saúde dos trabalhadores em relação aos quais o resultado da avaliação revele a existência de riscos, com vista à prevenção e ao diagnóstico precoce de qualquer afeção relacionada com a exposição a vibrações mecânicas.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

### 4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A LAUAK Portuguesa é a uma Sociedade anónima, com o capital de 3.000.000,00€.

A Sociedade foi fundada em 2003 e tem por finalidade a fabricação, montagem e comercialização de estruturas aeronáuticas e afins.



Figura 12 – LAUAK Portuguesa

## 4.2. ATIVIDADE E EXPERIÊNCIA DA LAUAK PORTUGUESA

A LAUAK Portuguesa tem como atividade principal a fabricação e montagem de estruturas aeronáuticas e afins.

Para fazer face às exigências dos mercados a LAUAK Portuguesa desenvolveu e implementou o seu Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), de acordo com os requisitos da norma EN 9100.

No domínio do reconhecimento externo a LAUAK Portuguesa está certificada/reconhecida pelas seguintes entidades/organismos:

- AERNNNOVA AEROSPACE (ES)
- AEROLIA (FR)
- AIRBUS (FR)
- DAHER SOCATA (FR)
- EMBRAER (BR)
- ESKULANAK (FR)
- LATECOERE (FR)
- OGMA – Industria Aeronáutica de Portugal S.A. (PT)
- RATIER FIGEAC (FR)
- SIKORSKY (USA)
- SOGERMA (FR)

A experiência da LAUAK Portuguesa situa-se predominantemente na fabricação e montagem de estruturas aeronáuticas, com especial destaque para a fabricação de peças em chapa, tendo já efetuado trabalhos para as seguintes empresas/aeronaves:

- AIRBUS (FR) – Fabricação e montagem de componentes estruturais para aviões AIRBUS A320/340 e AIRBUS A350.
- AIRBUS MILITARY (FR) – Montagem de estabilizadores verticais e horizontais, flaps, ailerons e lemes de direcção e de profundidade do avião AVIOCAR C-212.
- DASSAULT AVIATION (FR) – Fabricação e montagem de componentes estruturais para os aviões F2000, F900 e F7X.

- EMBRAER (BR) – Fabricação e montagem de componentes estruturais para os aviões EMBRAER 145, EMBRAER 170, EMBRAER 190, LEGACY 650, LEGACY 450/500 e KC 390.
- SIKORSKY - Fabricação de peças para o helicóptero EUROCOPTER X2.

### 4.3. LOCALIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES

As instalações fabris e administrativas da LAUAK Portuguesa ocupam uma área total de 17.500m<sup>2</sup> e 500m<sup>2</sup> de área de refeição, estando sedeadas em Setúbal:



Figura 13 – Localização das Instalações da LAUAK Portuguesa

Parque Empresarial da Península de Setúbal – BlueBiz Global Parques

Estrada Vale da Rosa, 2910-845 SETÚBAL

Telefone: +351 265 739 470

Fax: +351 265 739 488

E-mail: [geral@lauakportuguesa.com](mailto:geral@lauakportuguesa.com)

Página web: <http://www.groupe-lauak.com>

#### 4.4. ORGANIGRAMA FUNCIONAL DA LAUAK

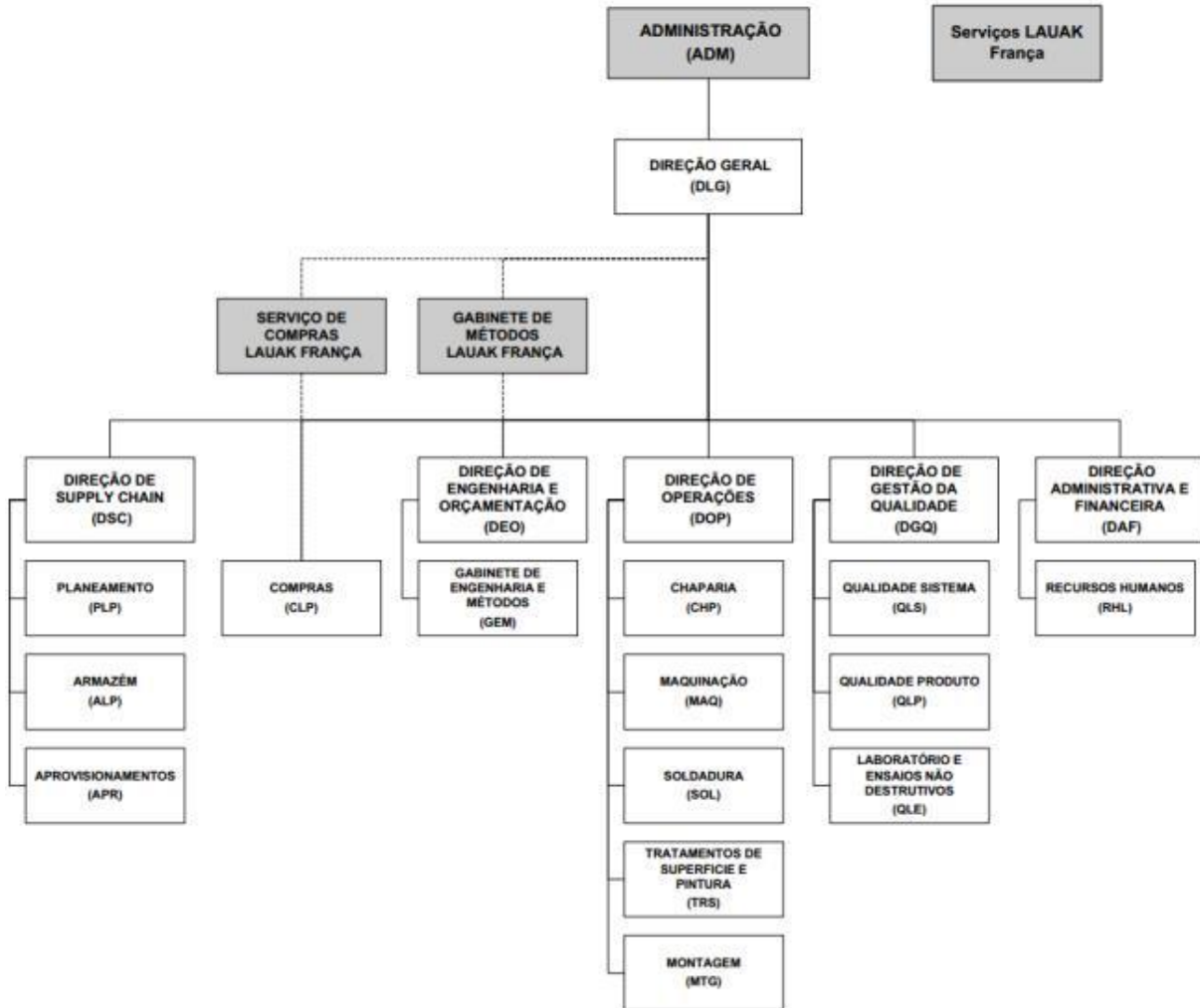


Figura 14 – Organograma Funcional da LAUAK Portuguesa

#### 4.5. POLÍTICA DA QUALIDADE E SEGURANÇA

As atividades desenvolvidas pela LAUAK Portuguesa visam a satisfação das expectativas dos seus clientes a um custo otimizado e tendo como objetivo a melhoria contínua da eficiência e eficácia do Sistema de Gestão da Qualidade.

A empresa tem como preocupação constante a melhoria das competências individuais dos seus colaboradores, proporcionando uma formação profissional adequada às atividades desenvolvidas e tendo como objetivo a obtenção de um reconhecimento e satisfação pelo trabalho realizado.

Todas as atividades desenvolvidas na empresa são efetuadas no estrito cumprimento dos requisitos de segurança, saúde e higiene, assim como das exigências para com a proteção ambiental.

Com base nos princípios enunciados, a Política da Qualidade e Segurança da LAUAK Portuguesa tem como objetivos:

- Melhorar o grau de satisfação dos seus Clientes.
- Respeitar os prazos de entrega.
- Formação e motivação de todos os colaboradores.
- Redução dos acidentes de trabalho.
- Melhorar e simplificar continuamente os processos e métodos de forma sustentada e assegurando uma melhoria contínua do Sistema de Gestão da Qualidade.
- Melhorar continuamente a qualidade dos produtos, analisando as não conformidades e efetuando as necessárias ações corretivas e preventivas de forma a reduzir a quantidade e criticidade das não conformidades e eventuais reclamações dos Clientes.
- Assegurar o cumprimento dos requisitos legais, das cláusulas da norma EN 9100:2009 e da regulamentação emitida pelas entidades aeronáuticas, no domínio da Fabricação Aeronáutica.

É da responsabilidade de todos os elementos da empresa o cumprimento da manutenção da política e dos objetivos da qualidade. É também dever de todos reportar erros ou incidentes que encontrem no decorrer das suas funções, assim como propor as soluções de melhoria julgadas convenientes, contribuindo assim ativamente para a melhoria contínua do Sistema de Gestão da Qualidade.

#### 4.6. CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO LABORAL

A caracterização do agregado laboral baseou-se em documentos da Secção de Pessoal referente ao ano de 2014.

O total de trabalhadores na empresa a 18 de Setembro de 2014 era de 257 pessoas.

- Distribuição de trabalhadores por sexo (Gráfico 4)

75 mulheres e 182 homens.

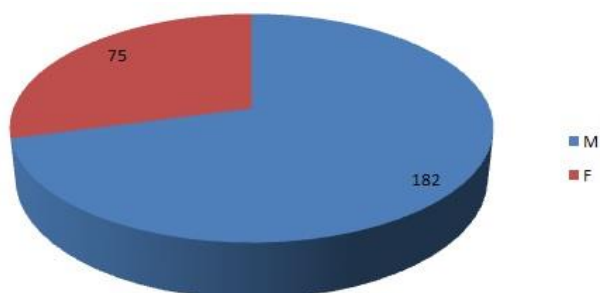


Gráfico 4 – Número de trabalhadores por sexo

- Distribuição de trabalhadores por secção de trabalho em função do sexo (Gráfico 5 e Tabela 4)

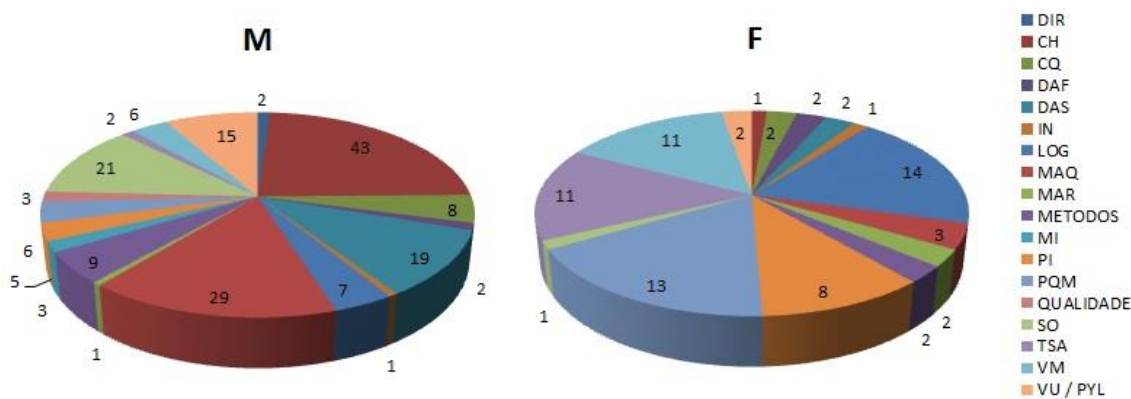


Gráfico 5 - Número de trabalhadores por secção de trabalho em função do sexo



Secção	M	F	Total
DIR	2	0	2
CH (Chaparia)	43	1	44
CQ (Controlo de Qualidade)	8	2	10
DAF (Direção Financeira)	2	2	4
DAS (Dassault)	19	2	21
IN	1	1	2
LOG (Logística)	7	14	21
MAQ (Maquinação)	29	3	32
MAR (Marcação)	1	2	3
METODOS	9	2	11
MI	3	0	3
PI (Pintura)	5	8	13
PQM (Pequenas Montagens)	6	13	19
QUALIDADE	3	0	3
SO (Soldadura)	21	1	22
TSA (Tratamentos de Superfície)	2	11	13
VM (Ventre-Mou)	6	11	17
VU/PYL (VU e Pylone)	15	2	17
<b>Total</b>	<b>182</b>	<b>75</b>	<b>257</b>

Tabela 4 - Número de trabalhadores por secção de trabalho em função do sexo

- Distribuição de trabalhadores por grupos etários (Tabela 5)

Grupo Etário (anos)	Homens	Mulheres	Total
Até 18	0	0	0
de 18 a 49	161	70	231
≥ 50 anos	23	3	26
<b>Total</b>	<b>184</b>	<b>73</b>	<b>257</b>

Tabela 5 – Número de trabalhadores por grupos etários

- Distribuição de trabalhadores por regime contratual (Tabela 6)

Regime contratual	Homens	Mulheres	Total
Efetivo	104	41	145
Contratados	63	30	93
Estágio	3	1	4
Estágio profissional	12	3	15
<b>Total</b>	<b>182</b>	<b>75</b>	<b>257</b>

Tabela 6 – Número de trabalhadores por regime contratual

- Nível de antiguidade dos trabalhadores (Tabela 7)

Antiguidade (anos)	Total
< 5	181
5 - 10	59
10 - 15	12
15 - 20	0
20 - 25	2
25 - 30	1
30 - 35	0
35 - 40	1
40 - 45	0
45 - 50	1
<b>Total</b>	<b>257</b>

Tabela 7 – Nível de antiguidade dos trabalhadores

## 5. CARACTERÍSTICAS E MÉTODOS DE MEDIÇÃO

O presente capítulo destina-se a definir a metodologia para a recolha de dados dos níveis de ruído, assim como a vibração no corpo humano, na LAUAK Portuguesa.

### 5.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

#### 5.1.1. MEDIÇÃO DE RUÍDO

Na medição do ruído foi utilizado o sonómetro analisador da marca **Larson Davis**, modelo SoundTrack™ LxT (Figura 15), com número de série 1829, classe de exatidão 1, que é um instrumento versátil, com visualização gráfica, que executa as funções de diversos equipamentos, pois combina as características de um Medidor de Nível de Pressão Sonora, de um dosímetro de ruído para avaliação de ambientes e um analisador de frequência em tempo real na palma da mão. As funções de ponderação usadas foram a A e C e o detetor de resposta usado foi o Fast (125 ms).

As principais características deste aparelho são:

- Sonómetro integrador de precisão de classe 1 com filtros por bandas de 1/3 oitava, classificado com grupo X para a emissão de suscetibilidade a campos de frequência rádio;
- 128 MB de memória standard (256 MB opcional);
- Visor 1/8 VGA LCD de elevado contraste, com iluminação de fundo LED branco e operação na presença de luz solar;
- Interface com o utilizador gráfico e orientado por icons;
- Teclas em borracha macia;
- Elevada gama dinâmica única;
- Resposta temporal Lenta (Slow), Rápida (Fast) e Impulsiva (Impulse), integração e pico;
- Ponderação em frequência A, C e Z;
- Análise de frequência por bandas de 1/1 oitava e 1/3 oitava (opcional);
- Anotação de voz, incluindo auscultadores com microfone integrado (opcional);
- Parâmetros estatísticos  $L_N$  ( $L_{0,01}$  a  $L_{99,99}$ );

- Software Blaze™ para configuração, controlo, descarregamento de dados de elevada velocidade, análise e geração de relatórios (opcional);
- Processador multi-tarefa, permitindo a aquisição de dados em simultâneo com a visualização ou transferência dos dados medidos;
- Função Data Secure Feature – gravação automática de dados na memória a cada minuto;
- Saídas AC/DC para equipamentos periféricos;
- Elevada autonomia: 30 horas de operação em contínuo;
- Firmware atualizável, garantindo a longevidade do equipamento.

Tem como principais aplicações as medições de:

- SPL ( $L_p$ ),  $L_{eq}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{min}$ , SEL,  $L_{peak}$  ( $L_{pico}$ ),  $L_{peak(max)}$  ( $L_{pico(max)}$ );
- 2 Conjuntos de parâmetros de avaliação ocupacional:  $L_{avg}$ , TWA(x), Dose, ProjDose,  $L_{ep, d}$ ;
- E, E8, E40;
- Exposição pico SEA;
- 2 Contadores de eventos RMS e 3 contadores de eventos Pico;
- Tabela de  $L_n$ : 6 parâmetros  $L_n$  definidos pelo utilizador.



Figura 15 – Sonómetro utilizado

A utilização deste aparelho permitiu:

- Medição do nível sonoro contínuo equivalente  $L_{Aeq, T_k}$  em [dB(A)];
- Medição do nível de pressão sonora de pico  $L_{C pico}$  em [dB(C)];

- Medição da análise de frequência do  $L_{Aeq, f, T_k}$  por bandas de oitavas (63 a 8000 Hz) em [dB(A)].

O sonómetro utilizado foi submetido a calibração no dia 10 de Março de 2014 pelas 8h:47m:15s.

### 5.1.2. MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES

Na medição de vibrações foi utilizado o medidor de vibração no corpo humano da marca **Larson Davis**, modelo HVM100 (Figura 16), com número de série 1039. O medidor de vibrações portátil permite a realização de uma série de aplicações, tais como: análise de vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro; análise de vibrações transmitidas ao sistema mão / braço; e análise de vibrações transmitidas a edifícios. O medidor de vibrações inclui 3 canais de entrada, 1 canal para o vetor soma, várias ponderações na frequência a gamas de frequência, integração simples e dupla, várias unidades e saídas analógicas para os 3 canais em simultâneo.



Figura 16 – Medidor de vibração no corpo humano

Para a obtenção das vibrações transmitidas ao sistema mão-braço utilizou-se o acelerómetro SEN020-CBL, que é um acelerómetro triaxial ICP® com sensibilidade 1 mV/g e cabo de ligação com 1,6 m (Figura 17 e 19).

Para a obtenção das vibrações transmitidas ao corpo inteiro utilizou-se o acelerómetro SEN027-CBL, que é um acelerómetro triaxial ICP® com sensibilidade 100 mV/g e cabo de ligação com 1,6 m (Figura 18 e 19).



Figura 17 – Acelerómetro SEN020 –CBL



Figura 18 – Acelerómetro SEN027-CBL



Figura 19 – Cabo ligação aos acelerómetros

A utilização deste aparelho permitiu:

- Medição dos valores eficazes das acelerações ponderadas em frequência para os eixos x, y e z, tanto para as vibrações transmitidas ao corpo inteiro como para as vibrações transmitidas ao sistema mão-braço.

## 5.2. METODOLOGIAS UTILIZADAS

### 5.2.1. MEDIÇÃO DE RUÍDO

A metodologia adotada foi a estabelecida no Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro.

A medição de ruído foi efetuada em vários postos de trabalho (Planta em Anexo 1), de modo a permitir a determinação dos níveis sonoros contínuos equivalentes,  $L_{Aeq}$ , medido em ponderação A e do valor máximo de pico de nível sonoro,  $L_{Cpico}$ , medido em ponderação C. Os níveis de exposição diária dos trabalhadores ao ruído,  $L_{EX,8h}$ , foram obtidos a partir dos valores de  $L_{Aeq}$  e do tempo de permanência dos trabalhadores nos respetivos postos de trabalho.

Nas medições de ruído pretendeu-se verificar se os valores de exposição dos trabalhadores tinham níveis iguais ou inferiores a 85 dB (A), que é o limite de tolerância para uma jornada de trabalho de 8 horas. Preferencialmente, os valores de exposição devem ser iguais ou inferiores ao valor de ação inferior de 80 dB (A), uma vez que valores acima de 80 dB (A) podem ser nocivos à capacidade auditiva, dependendo da suscetibilidade individual.

## 5.2.2. MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES

A metodologia adotada foi a estabelecida no Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro.

As medições de vibração foram efetuadas em dois equipamentos de trabalho diferentes, nomeadamente empilhador (Figura 20) e embases (bocais) (Figura 21), de modo a permitir a determinação dos valores de  $a_{hw_x}$ ,  $a_{hw_y}$  e  $a_{hw_z}$  (valores eficazes das acelerações ponderadas em frequência para os eixos x, y e z).

As embases (bocais) são as extremidades das peças, onde por sua vez estão ligados os tubos de admissão e extração de ar do sistema de refrigeração de ar num avião. Para que essas embases (bocais) tenham as medidas exatas para o encaixe nos tubos de admissão e extração de ar do sistema de refrigeração de ar no avião tem de se proceder ao desempenho das mesmas, empeno esse que é provocado pelo processo de soldadura.

A medição de vibrações no empilhador foi realizada de acordo com o sistema de corpo inteiro, ao passo que nas embases a medição das vibrações foi realizada de acordo com o sistema mão-braço.

Os níveis de exposição diária dos trabalhadores às vibrações, A (8), foram obtidos a partir dos valores de  $a_{hw_x}$ ,  $a_{hw_y}$  e  $a_{hw_z}$  e do tempo de permanência dos trabalhadores nos respetivos postos de trabalho.



Figura 20 – Empilhador Nissan 2000

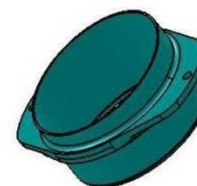
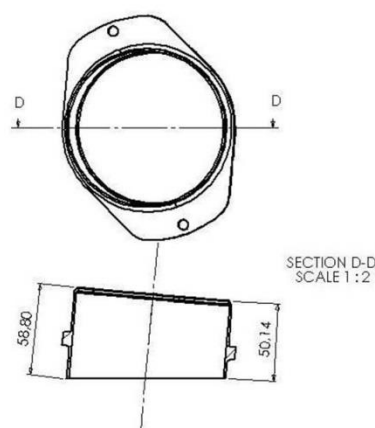


Figura 21 – Embases (bocais)

## 5.3. RESULTADOS OBTIDOS

### 5.3.1. MEDIÇÃO DE RUÍDO

Na Tabela 8 constam os valores obtidos nas medições efetuadas, dos níveis de  $L_{Aeq, T_k}$  – nível sonoro contínuo equivalente e de  $L_{Cpico}$  – nível de pressão sonora de pico (valor máximo da pressão sonora instantânea) nos vários postos de trabalho. Em determinados postos de trabalho os trabalhadores estavam sujeitos a ruídos constituídos por uma sucessão de impulsos iguais (Zona da chaparia, Atelier de Soldadura e nas zonas em que os trabalhadores fazem rebitagem de peças), aplicando-se nestas zonas o estipulado na nota do ponto 4 da Norma Portuguesa 1733:1981. Nesses postos de trabalho adicionou-se 10 dB (A) a todos os níveis de  $L_{Aeq, T_k}$  – nível sonoro contínuo equivalente, medidos com o sonómetro.



Secção	Posto de Trabalho	T <sub>k</sub>	Medições		NP 1733: 1981	
			L <sub>Aeq, T<sub>k</sub></sub> dB (A)	L <sub>Cpico</sub> dB (C)	L <sub>Aeq, T<sub>k</sub></sub> + 10 dB (A)	
A1	Montagem Dassault	1	8 h	74,9	98,6	--
		2	6 h	76,7	102,3	--
			2 h	88,1	121,8	98,10
		3	8 h	72,4	96,1	--
A2	Montagem Dassault e IAI	4	8 h	69,7	96,5	--
		5	8 h	75,2	99,8	--
		6	8 h	73,0	92,6	--
		7	8 h	72,3	95,0	--
A3	Montagem Airbus	8	8 h	73,2	93,1	--
			9	6 h	72,2	98,3
		2 h	85,0	116,2	95,00	
A4	Montagem Embraier	10	8 h	69,9	94,9	--
		11	8 h	70,0	99,9	--
A3	Montagem Airbus	12	8 h	70,8	94,3	--
		13	8 h	75,0	96,8	--
		14	8 h	74,8	96,9	--
		15	8 h	76,0	101,6	--
A5		16	8 h	73,5	96,2	--
		17	8 h	76,4	96,0	--
		18	8 h	77,1	104,7	--
F	Maquinação	19	8 h	73,8	97,9	--
		20	8 h	75,5	96,3	--
B	Zona de Chaparia	21	8 h	81,4	100,3	--
		22	8 h	80,7	101,5	90,70
		23	8 h	84,4	108,4	94,40
		24	8 h	87,8	119,3	97,80
		25	8 h	79,9	115,7	89,90
		26	8 h	84,1	104,5	94,10
C	Atelier de Soldadura	27	8 h	80,2	98,0	90,20
		28	8 h	83,7	106,0	93,70
		29	8 h	91,4	109,9	101,40
		30	8 h	98,3	117,5	108,30
		31	8 h	83,3	103,5	93,30
		32	8 h	84,5	108,9	94,50
H	Logística	33	8 h	82,0	105,0	92,00
		34	8 h	66,6	94,6	--
I	Tratamento de Superfície e Pintura	35	8 h	58,0	97,7	--
			36	7 h 30	71,1	103,3
		0 h 30	75,5	104,3	--	
D	Armazém de Matéria Prima	37	8 h	77,8	100,0	--
		38	8 h	68,8	90,7	--
		39	8 h	76,1	111,6	--
		40	8 h	65,4	85,7	--

Tabela 8 – Valores de L<sub>Aeq, T<sub>k</sub></sub> e L<sub>Cpico</sub> obtidos com o sonómetro

Por forma a avaliar a exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído no trabalho procedeu-se ao preenchimento do Anexo III - Quadro I e II, do Decreto-Lei n.º 182/2006, tendo-se efetuado diferentes cálculos, nomeadamente:

- Cálculo da exposição pessoal diária ao ruído,  $L_{EX, 8h}$ ;
- Cálculo da média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído,  $\bar{L}_{EX, 8h}$ .

Com base nos cálculos (Ver anexo 2), obtiveram-se os valores finais da exposição pessoal diária ao ruído ( $L_{EX, 8h}$ ) durante o trabalho e o valor máximo do nível de pico sonoro ( $L_{Cpico}$ ). De acordo com estes dados preencheu-se a Tabela 9:

Secção		Posto de Trabalho	Medições	
			$L_{EX, 8h}$ dB (A)	$L_{Cpico}$ dB (C)
A1	Montagem Dassault	1	74,9	98,6
		2	92,2	121,8
		3	72,4	96,1
		4	69,7	96,5
A2	Montagem Dassault e IAI	5	75,2	99,8
		6	73,0	92,6
		7	72,3	95,0
		8	73,2	93,1
A3	Montagem Airbus	9	89,0	116,2
		10	69,9	94,9
A4	Montagem Embraier	11	70,0	99,9
		12	70,8	94,3
A3	Montagem Airbus	13	75,0	96,8
		14	74,8	96,9
		15	76,0	101,6
		16	73,5	96,2
A5		17	76,4	96,0
		18	77,1	104,7
		19	73,8	97,9
F	Maquinação	20	75,5	96,3
		21	81,4	100,3
B	Zona de Chaparia	22	90,7	101,5
		23	94,4	108,4
		24	97,8	119,3
		25	89,9	115,7
		26	94,1	104,5
		27	90,2	98,0
C	Atelier de Soldadura	28	93,7	106,0
		29	101,4	109,9
		30	108,3	117,5
		31	93,3	103,5
		32	94,5	108,9
		33	92,0	105,0
H	Logística	34	66,6	94,6
		35	58,0	97,7
I	Tratamento de Superfície e Pintura	36	71,6	103,3
		37	77,8	100,0
D	Armazém de Matéria Prima	38	68,8	90,7
		39	76,1	111,6
		40	65,4	85,7

Tabela 9 - Valores de  $L_{EX, 8h}$  e  $L_{Cpico}$  obtidos

Com base nos valores da Tabela 9 constatou-se que em determinados postos de trabalho, a exposição pessoal diária excedia o valor limite de exposição de 87 dB. Como o valor limite de exposição foi excedido, efetuaram-se análises em frequência por bandas de oitavas ao ruído, com vista ao estudo dos protetores auditivos adequados.

No Anexo 2 constam os valores das medições dos níveis de pressão sonora por bandas de 1/1 Oitava e no Anexo 3 constam os gráficos de espectro sonoro.

Visto que a empresa LAUAK Portuguesa coloca à disposição dos seus trabalhadores 3 tipos de protetores auditivos diferentes, irá verificar-se se estes são ou não eficazes para os vários postos de trabalho em que seja necessário a sua utilização.

Os 3 tipos de protetores auditivos são:

1) Protetor Auditivo 3M – Modelo H510A (Figura 22)



Figura 22 – Protetor Auditivo 3M – Modelo H510A

Especificações Técnicas:

- Auricular para a cabeça;
- Os protetores auditivos OPTIME I são muito versáteis e caracterizam-se pela sua leveza;
- Têm grande efeito atenuador e estão desenhados para serem utilizados em locais com ruídos moderados;
- De pressão baixa com duas patilhas flexíveis independentes entre si, uma que pressiona para trás e outra para a frente, distribuindo assim a pressão sobre toda a almofada;
- A pressão de contacto é mínima devido à banda ser fabricada em aço flexível de alta qualidade;

- Almofadas de espuma ventiladas cobertas com plástico higiénico, permitindo uma adaptação perfeita à forma da cabeça mesmo usando óculos;
- Grande espaço interno para permitir uma adaptação perfeita à orelha;
- Perfil liso para diminuir riscos de ficar preso a algum objeto;
- Regulável em altura, para ótima adaptação à cabeça;
- Peso: 177 gr.

**Principais Características e Vantagens:**

- Perfil ligeiro mas com profundidade interior, que permite combinar com os outros equipamentos de proteção;
- Atenuação: 27 dB (SNR).

Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	14.1	11.6	18.7	27.5	32.9	33.6	36.1	35.8
Sf (dB)	4.0	4.3	3.6	2.5	2.7	3.4	3.0	3.8
APV (dB)	10.1	7.3	15.1	25.0	30.2	30.2	33.2	32.0

**Tabela 10 – Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo H510A**

**Campo de Aplicação:**

- Protetor auditivo para turnos de trabalho curtos ou longos;
- Recomendado para o ruído industrial pouco intenso: indústrias têxteis, jardinagens, oficinas, escolas profissionais, empresas e práticas de tiro, entre outros.

**2) Protetor Auditivo 3M – Modelo 1100 sem cordão (Figura 23)**



**Figura 23 – Protetor Auditivo 3M – Modelo 1100 sem cordão**

**Especificações Técnicas:**

- Tampões auditivos;
- Moldável e descartável;
- Suaves e hipoalergénicos;

- Proporcionam ótima comodidade (fabricados em espuma de poliuretano);
- Resistentes à sujidade devido à sua superfície lisa e pouco porosa;
- Ajustável à maioria dos canais auditivos graças ao seu desenho cónico.

Principais Características e Vantagens:

- Atenuação: 37 dB (SNR).

Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	30.0	33.1	36.3	38.4	38.7	39.7	48.3	44.4
Sf (dB)	3.9	5.0	7.4	6.2	5.6	4.3	4.5	4.4
APV (dB)	26.1	28.1	28.9	32.2	33.1	35.4	43.8	40.0

Tabela 11 – Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo 1100 sem cordão

Campo de Aplicação:

- Trabalhos em que o usuário está exposto ao ruído.

3) Protetor Auditivo 3M – Modelo 1271 (Figura 24)



Figura 24 – Protetor Auditivo 3M – Modelo 1271

Especificações Técnicas:

- Tampão auditivo;
- Reutilizável;
- Material suave e de ótima comodidade ao contacto com o canal auditivo;
- Proporcionam ótima comodidade;
- A alheta exterior ao ser maior facilita o ajuste e melhora a comodidade;
- A base do tampão permite segurá-lo e introduzi-lo com facilidade no ouvido;

- A caixa de plástico, com clip de fixação, permite guardá-los adequadamente entre períodos de utilização.

#### Principais Características e Vantagens:

- Atenuação: 25 dB (SNR).

Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	26.6	27.7	28.4	29.5	29.6	35.6	35.4	38.9
Sf (dB)	9.4	9.9	10.9	9.6	8.2	6.8	9.6	6.7
APV (dB)	17.2	17.8	17.5	19.9	21.4	28.8	25.8	32.2

Tabela 12 – Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo 1271

#### Campo de Aplicação:

- Recomendado para proteção ao ruído em variadas aplicações, tais como, indústria do metal, reparação automóvel, construção, indústria têxtil, indústria química e farmacêutica, imprensa, trabalhos com madeira, engenharia, entre outros.

Por forma a avaliar a exposição diária efetiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza corretamente os protetores auditivos da marca procedeu-se ao preenchimento do Anexo V – Ponto 4, do Decreto-Lei n.º 182/2006, tendo-se efetuado diferentes cálculos, nomeadamente:

- Níveis globais, por banda de oitava,  $L_n$ ;
- Nível sonoro contínuo equivalente,  $L_{Aeq, Tk, efect}$ ;
- Exposição diária efetiva,  $L_{EX, 8h, efect}$ .

Com base nos cálculos (Ver anexo 2), obtiveram-se os valores finais da exposição pessoal diária efetiva ao ruído ( $L_{EX, 8h, efect}$ ) durante o trabalho. De acordo com estes dados preencheu-se a Tabela 13:

Secção	Posto de Trabalho	Medições			
		L <sub>EX</sub> , 8h, efect (3M-Modelo H510A) dB (A)	L <sub>EX</sub> , 8h, efect (3M-Modelo 1100) dB (A)	L <sub>EX</sub> , 8h, efect (3M-Modelo 1271) dB (A)	
A1	Montagem Dassault	2	60,5	49,5	65,7
A3	Montagem Airbus	9	58,6	47,4	62,5
B	Zona de Chaparia	22	67,5	54,7	69,7
		23	69,4	56,6	71,5
		24	72,3	59,6	74,4
		25	70,7	55,9	70,9
		26	76,9	63,3	78,2
		27	73,1	58,8	73,8
C	Atelier de Soldadura	28	83,3	68,9	83,9
		29	82,4	68,8	83,7
		30	80,5	67,1	82,6
		31	70,3	57,0	71,8
		32	67,6	57,1	71,9
		33	64,2	53,2	68,3

Tabela 13 - Valores de L<sub>EX, 8h</sub> obtidos em função do tipo de protetor auditivo utilizado

### 5.3.2. MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES

As medições de vibração foram efetuadas em dois equipamentos de trabalho diferentes, nomeadamente empilhador e embases (bocais).

#### a) Empilhador

A medição de vibração no empilhador foi realizada de acordo com o sistema de corpo inteiro, tendo-se obtido os seguintes valores (Tabela 14):

			3. <sup>a</sup> Feira - Dia 30/09/2014
Secção	Horas	m/s <sup>2</sup>	
F	Maquinação	0,5	x = 0,121
			y = 0,132
			z = 0,185

Tabela 14 – Medição de vibração no empilhador

Com base na Tabela 14 e no Anexo II do Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro, procedeu-se à determinação da exposição às vibrações transmitidas ao corpo inteiro a que o operador de empilhador está sujeito.

De acordo com anexo II, efetuou-se diferentes cálculos:

- Cálculo da aceleração eficaz ponderada,  $a_w$ , em metros por segundo quadrado, através da fórmula da Equação 22:

$$a_w = \sqrt{1,4^2 a_{wx}^2 + 1,4^2 a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Substituindo-se os valores de  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$  e  $a_{wz}$  com base na Tabela 14, obtém-se os seguintes valores:

$$a_w = \sqrt{1,4^2 \times 0,121^2 + 1,4^2 \times 0,132^2 + 0,185^2}$$

$$a_w = 0,312 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

- Cálculo da exposição diária às vibrações,  $A(8)$ , em metros por segundo quadrado, através da fórmula da Equação 23:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_i}$$

Substituindo-se os valores de  $T_0$ ,  $a_{wi}$  e  $T_i$  com base na Tabela 14 e com base no cálculo da aceleração eficaz ponderada,  $a_w$ , obtém-se os seguintes valores:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \times (0,312^2 \times 0,5)}$$

$$A(8) = 0,078 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

### b) Embases (bocais)

A medição de vibração nas embases (bocais) foi realizada de acordo com o sistema mão-braço, tendo-se obtido os seguintes valores (Tabela 15)

		3.ª Feira - Dia 30/09/2014	
Secção		Horas	m/s <sup>2</sup>
C	Atelier de Soldadura	0,5	x = 3,250
			y = 3,660
			z = 4,340

Tabela 15 – Medição de vibração nas embases (bocais)



Com base na Tabela 15 e no Anexo II do Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro, procedeu-se à determinação da exposição às vibrações transmitidas ao corpo inteiro a que o operador de empilhador está sujeito.

De acordo com anexo II, efetuou-se diferentes cálculos:

- Cálculo da aceleração eficaz ponderada,  $a_w$ , em metros por segundo quadrado, através da fórmula da Equação 19:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Substituindo-se os valores de  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$  e  $a_{wz}$  com base na Tabela 15, obtém-se os seguintes valores:

$$a_{hw} = \sqrt{3,250^2 + 3,660^2 + 4,340^2}$$

$$a_{hw} = 6,542 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

- Cálculo da exposição diária às vibrações,  $A(8)$ , em metros por segundo quadrado, através da fórmula da Equação 20:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

Substituindo-se os valores de  $T_0$ ,  $a_{wi}$  e  $T_i$  com base na Tabela 15 e com base no cálculo da aceleração eficaz ponderada,  $a_w$ , obtém-se os seguintes valores:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \times (6,542^2 \times 0,5)}$$

$$A(8) = 1,636 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

## 5.4. INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

### 5.4.1. MEDIÇÃO DE RUÍDO

Secção	Posto de Trabalho	Medições					
		$L_{EX, 8h}$ dB (A)	$L_{Cpico}$ dB (C)	$L_{EX, 8h}$ , efect (3M- Modelo H510A) dB (A)	$L_{EX, 8h}$ , efect (3M- Modelo 1100) dB (A)	$L_{EX, 8h}$ , efect (3M- Modelo 1271) dB (A)	
A1	Montagem Dassault	1	74,9	98,6	--	--	--
		2	92,2	121,8	60,5	49,5	65,7
		3	72,4	96,1	--	--	--
		4	69,7	96,5	--	--	--
A2	Montagem Dassault e IAI	5	75,2	99,8	--	--	--
		6	73,0	92,6	--	--	--
		7	72,3	95,0	--	--	--
		8	73,2	93,1	--	--	--
A3	Montagem Airbus	9	89,0	116,2	58,6	47,4	62,5
		10	69,9	94,9	--	--	--
A4	Montagem Embraier	11	70,0	99,9	--	--	--
		12	70,8	94,3	--	--	--
A3	Montagem Airbus	13	75,0	96,8	--	--	--
		14	74,8	96,9	--	--	--
		15	76,0	101,6	--	--	--
		16	73,5	96,2	--	--	--
A5		17	76,4	96,0	--	--	--
		18	77,1	104,7	--	--	--
		19	73,8	97,9	--	--	--
F	Maquinação	20	75,5	96,3	--	--	--
		21	81,4	100,3	--	--	--
B	Zona de Chaparia	22	90,7	101,5	67,5	54,7	69,7
		23	94,4	108,4	69,4	56,6	71,5
		24	97,8	119,3	72,3	59,6	74,4
		25	89,9	115,7	70,7	55,9	70,9
		26	94,1	104,5	76,9	63,3	78,2
		27	90,2	98,0	73,1	58,8	73,8
C	Atelier de Soldadura	28	93,7	106,0	83,3	68,9	83,9
		29	101,4	109,9	82,4	68,8	83,7
		30	108,3	117,5	80,5	67,1	82,6
		31	93,3	103,5	70,3	57,0	71,8
		32	94,5	108,9	67,6	57,1	71,9
		33	92,0	105,0	64,2	53,2	68,3
H	Logística	34	66,6	94,6	--	--	--
		35	58,0	97,7	--	--	--
I	Tratamento de Superfície e Pintura	36	71,6	103,3	--	--	--
		37	77,8	100,0	--	--	--
D	Armazém de Matéria Prima	38	68,8	90,7	--	--	--
		39	76,1	111,6	--	--	--
		40	65,4	85,7	--	--	--

Tabela 16 – Interpretação de resultados

Analisando os resultados registados na Tabela 16, verifica-se que alguns postos de trabalho apresentam valores de  $L_{EX, 8h}$  superiores ao valor limite de exposição – nível de exposição que não deve ser ultrapassado e, ao valor de ação inferior – nível que em caso de ultrapassagem implica a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores. Relativamente aos níveis de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$ , verifica-se que nenhum excedeu o valor limite de exposição e os valores de ação inferiores e superiores.

É possível constatar através da Tabela 16 que os trabalhadores mais expostos ao ruído são os que pertencem à secção da chaparia e da soldadura (Postos de Trabalho n.º 22 a 33), assim como nas situações em que se use a máquina de rebitar (Postos de Trabalho n.º 2 e 9). Nestes postos de trabalho, visto que os trabalhadores estão expostos a ruídos superiores a 87dB (A) o uso de protetores auditivos é obrigatório. Através da Tabela 16 verifica-se também que nos Postos de Trabalho n.º 28, 29 e 30 os protetores auditivos da marca 3M, modelo H510A e Modelo 1271, não são os mais adequados a estes Postos de Trabalho, visto que deveria dar valores inferiores ao valor de ação inferior de 80,0 dB (A). Nas situações em que seja ultrapassado um dos valores de ação inferiores (Posto de Trabalho n.º 21), a empresa LAUAK Portuguesa deve colocar à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais.

A empresa LAUAK Portuguesa coloca à disposição dos seus trabalhadores 3 tipos de protetores auditivos diferentes da marca 3M: modelo H510A, modelo 1100 sem cordão e modelo 1271, que devem ser obrigatoriamente usados quer pelos trabalhadores quer por aqueles que se desloquem às instalações da LAUAK.

A empresa LAUAK Portuguesa é responsável por assegurar aos trabalhadores expostos a níveis de ruído iguais ou acima dos valores de ação inferiores, assim como os seus representantes para a segurança, higiene e saúde no trabalho, informação e, se necessário, formação adequada sobre (DL 182/2006, artigo 9º):

- ✓ Os riscos potenciais para a segurança e a saúde derivados da exposição ao ruído durante o trabalho;
- ✓ As medidas tomadas para eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição ao ruído;
- ✓ Os valores limite de exposição e os valores de ação;

- ✓ Os resultados das avaliações e das medições do ruído efetuadas de acordo com os artigos 4º e 5º (DL 182/2006), acompanhados de uma explicação do seu significado e do risco potencial que representam;
- ✓ A correta utilização dos protetores auditivos;
- ✓ A utilidade e a forma de detetar e notificar os indícios de lesão;
- ✓ As situações em que os trabalhadores têm direito à vigilância da saúde, nos termos do artigo 11º (DL 182/2006);
- ✓ As práticas de trabalho seguras que minimizem a exposição ao ruído.

A empresa LAUAK Portuguesa é responsável pela vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos seus trabalhadores, devendo essa vigilância ser feita com a seguinte periodicidade (DL 182/2006, artigo 11º):

- ✓ Anual para os trabalhadores que tenham estado expostos a ruído acima dos valores de ação superiores;
- ✓ De dois em dois anos para os trabalhadores que tenham estado expostos a ruído acima dos valores de ação inferiores.

Para além dos trabalhadores utilizarem protetores auditivos como medida de proteção individual, a LAUAK Portuguesa deverá encontrar proteções coletivas adequadas aos postos de trabalho em que os níveis de ruído ultrapassem os valores limite de exposição. Uma das alternativas passa pelo tratamento acústica das superfícies (como tetos, paredes e pavimentos) com materiais absorventes do som, nos diferentes compartimentos em que esses níveis sejam elevados, permitindo assim a redução da reverberação no interior dos compartimentos. O estudo da reverberação no interior dos compartimentos sai fora do âmbito da Segurança e Higiene no Trabalho e como tal deve ser feito por empresas especializadas no assunto.

## 5.4.2. MEDIÇÃO DE VIBRAÇÕES

Como as medições de vibração foram efetuadas em dois equipamentos de trabalho diferentes a interpretação dos resultados será feita individualmente para cada um dos equipamentos, nomeadamente empilhador e embases (bocais).

### a) Empilhador

	$a_{w1}$ ( $m.s^{-2}$ )	A (8) ( $m.s^{-2}$ )
3ª F	0,312	0,078

Tabela 17 – Interpretação de resultados das vibrações no empilhador durante 30 minutos

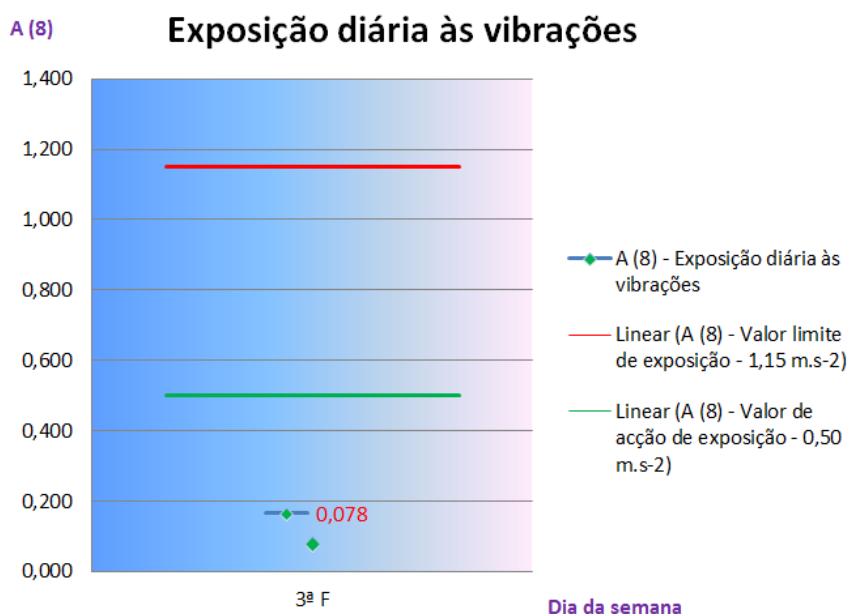


Gráfico 6 – Exposição diária às vibrações no empilhador durante 30 minutos

Analisando os resultados obtidos na Tabela 17 e no Gráfico 6, verifica-se que os valores de A(8) são inferiores aos valores de ação de exposição ( $0,50m.s^{-2}$ ). Como os valores de ação de exposição não foram ultrapassados, o empregador não necessita de tomar medidas organizacionais e técnicas.

Apesar do trabalhador só estar exposto durante meia hora às vibrações no empilhador decidiu-se avaliar o valor de vibração caso o trabalhador estivesse exposto durante 8 horas, tendo-se obtido os seguintes valores:

	$a_{w1}$ ( $m.s^{-2}$ )	A (8) ( $m.s^{-2}$ )
3ª F	0,312	0,312

Tabela 18 – Interpretação de resultados das vibrações no empilhador durante 8 horas

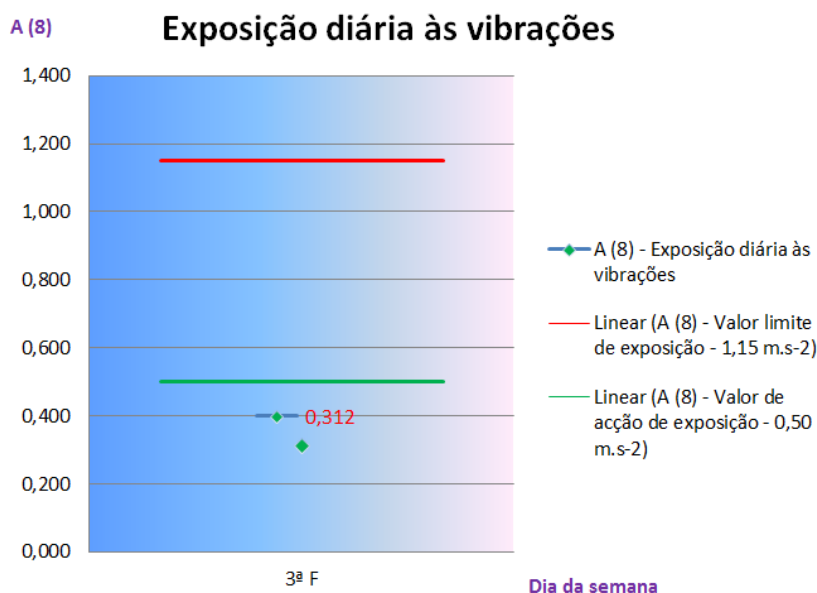


Gráfico 7 – Exposição diária às vibrações no empilhador durante 8 horas

Analisando os resultados obtidos na Tabela 18 e no Gráfico 7, verificou-se que os valores de A (8) eram inferiores aos valores de ação de exposição ( $0,5m.s^{-2}$ ). Como os valores de ação de exposição não foram ultrapassados, o empregador não necessita de tomar medidas organizacionais e técnicas.

Conclui-se que o empregador não necessita de tomar quaisquer medidas organizacionais e técnicas, quer o trabalhador esteja a trabalhar no empilhador durante 30 minutos ou durante as 8 horas.

**b) Embases (bocais)**

	$a_{w1}$ ( $m.s^{-2}$ )	A (8) ( $m.s^{-2}$ )
3ª F	6,542	1,635

Tabela 19 – Interpretação de resultados das vibrações nas embases (bocais) durante 30 minutos

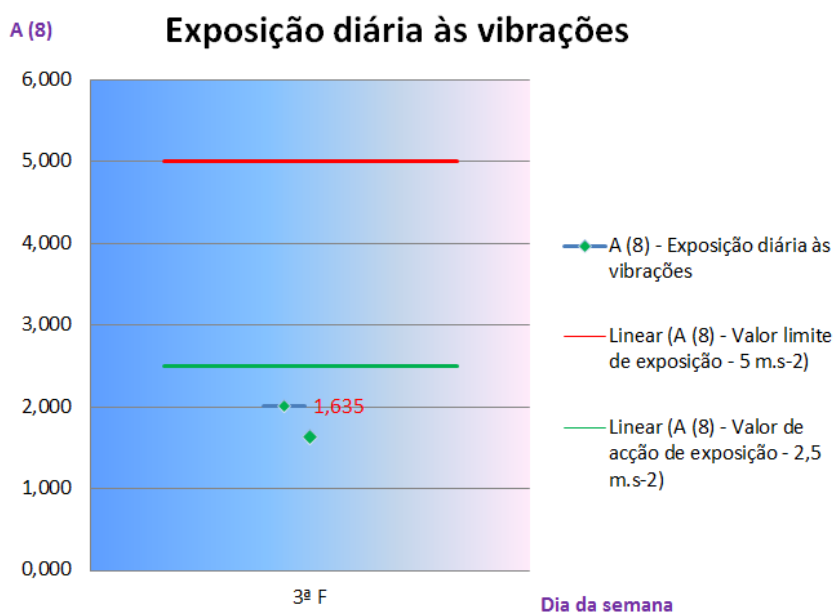


Gráfico 8 – Exposição diária às vibrações nas embases (bocais) durante 30 minutos

Analisando os resultados obtidos na Tabela 19 e no Gráfico 8, verificou-se que os valores de A(8) eram inferiores aos valores de ação de exposição ( $2,5\text{m.s}^{-2}$ ). Como os valores de ação de exposição não foram ultrapassados, o empregador não necessita de tomar medidas organizacionais e técnicas.

Considerando que o valor obtido é significativo, decidiu-se determinar o tempo máximo de exposição a que o trabalhador poderia estar exposto, de modo a que o valor de A (8) obtido fosse inferior a  $2,5\text{ m.s}^{-2}$ . Através de alguns cálculos complementares verificou-se que o tempo máximo permitido de exposição seria de 1 hora e 10 minutos.

Conclui-se através dos cálculos anteriormente efetuados que o empregador não necessita de tomar quaisquer medidas organizacionais e técnicas, quer o trabalhador esteja a trabalhar nas embases (bocais) durante 30 minutos ou durante 1 hora e 10 minutos. A partir de 1 hora e 10 minutos o empregador necessita de tomar medidas organizacionais e técnicas.

## 6. CONCLUSÃO

O constante avanço tecnológico no contexto industrial tem sido de tal forma elevado que a segurança e saúde no trabalho devem ser tidas, como dimensões essenciais da qualidade de vida dos trabalhadores. Neste sentido, os riscos associados à exposição ao ruído e à vibração ocupacionais representam duas das grandes preocupações dos tempos modernos, na medida em que atingem vários sectores de atividades. Os riscos associados à exposição ao ruído vão desde perturbações fisiológicas e psicológicas, segurança, diminuição da qualidade do trabalho e produtividade, enquanto na exposição às vibrações tem-se as perturbações músculo-esqueléticas, neurológicas e vasculares, além de outras patologias.

O presente projeto individual sobre ruído e vibrações no corpo humano, realizado na Empresa LAUAK Portuguesa Indústria Aeronáutica, Lda permitiu:

- Avaliar os níveis de ruído na empresa, tendo por base o Decreto-lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro;
- Analisar a eficácia dos protetores auditivos utilizados pelos trabalhadores;
- Avaliar os níveis de vibração no corpo humano na empresa, tendo por base o Decreto-lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro.

Aplicando-se o Decreto-lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro, verificou-se que alguns postos de trabalho apresentavam valores de  $L_{EX, 8h}$  superiores ao valor limite de exposição – nível de exposição que não deve ser ultrapassado e, ao valor de ação inferior – nível que em caso de ultrapassagem implica a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores. Relativamente aos níveis de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$ , verificou-se que nenhum excedeu o valor limite de exposição e os valores de ação inferiores e superiores.

Os trabalhadores mais expostos ao ruído são:

- Os da secção da chaparia e da soldadura, que corresponde aos Postos de Trabalho n.º 22 a 33);
- Os que usam máquina de rebitar, que corresponde aos Postos de Trabalho n.º 2 e 9.

Os trabalhadores dos Postos de Trabalho acima mencionados estão expostos a ruídos superiores a 87dB (A) e como tal o uso de protetores auditivos é obrigatório. Estes trabalhadores devem fazer vigilância médica e audiométrica anualmente. Visto que a empresa LAUAK Portuguesa coloca à disposição dos seus trabalhadores 3 tipos de protetores auditivos



diferentes verificou-se se estes eram ou não eficazes para os Postos de Trabalho acima mencionados, tendo-se chegado à seguinte conclusão:

- Nos Postos de Trabalho n.º 22 a 27 e 31 a 33 pode-se utilizar qualquer um dos protetores auditivos disponibilizados, nomeadamente Modelo H510A, Modelo 1100 sem cordão e Modelo 1271, todos eles da marca 3M;
- Nos Postos de Trabalho n.º 28, 29 e 30 pode-se utilizar apenas um dos protetores auditivos disponibilizados, nomeadamente o Modelo 1100 sem cordão da marca 3M.

Os trabalhadores da LAUAK Portuguesa utilizam protetores auditivos como medida de proteção individual, solução que é frequentemente adotada pela sua relativa facilidade de implementação e baixo custo. No entanto, a LAUAK Portuguesa deverá encontrar proteções coletivas adequadas nos postos de trabalho em que os níveis de ruído ultrapassem os valores limite de exposição. Uma das alternativas propostas passa pelo tratamento acústico das superfícies (como tetos, paredes e pavimentos) com materiais absorventes do som, nos compartimentos em que os níveis de ruído sejam elevados, permitindo-se assim a redução da reverberação no interior dos compartimentos. O estudo da reverberação no interior dos compartimentos sai fora do âmbito da Segurança e Higiene no Trabalho e como tal deve ser feito por empresas especializadas no assunto.

Aplicando-se o Decreto-lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro, verificou-se qual a exposição diária a que um trabalhador está sujeito em dois equipamentos de trabalho diferentes, nomeadamente empilhador e embases (bocais), tendo-se chegado à seguinte conclusão:

- O empregador não necessita de tomar quaisquer medidas organizacionais e técnicas, quer o trabalhador esteja a trabalhar no empilhador durante 30 minutos ou durante as 8 horas, visto que os valores de ação de exposição são inferiores a  $0,5m.s^{-2}$ .
- O empregador não necessita de tomar quaisquer medidas organizacionais e técnicas, quer o trabalhador esteja a trabalhar nas embases (bocais) durante 30 minutos ou durante 1 hora e 10 minutos, visto que os valores de ação de exposição são inferiores a  $2,5m.s^{-2}$ . A partir de 1 hora e 10 minutos o empregador necessita de tomar medidas organizacionais e técnicas.

De acordo com os resultados apresentados, é possível concluir que os objetivos propostos neste projeto foram atingidos e que as metodologias utilizadas revelaram-se promissoras para benefício da Higiene e Segurança no Trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

- AGÊNCIA EUROPEIA PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABA. (s.d.). *QUE PROBLEMAS PODE O RUÍDO CAUSAR?* Obtido em 12 de Setembro de 2014, de [https://osha.europa.eu/pt/topics/noise/problems\\_noise\\_cause\\_html](https://osha.europa.eu/pt/topics/noise/problems_noise_cause_html)
- ASSOCIAÇÃO MUNICÍPIO BAIXO TÂMEGA. (s.d.). *RISCOS FÍSICOS RUÍDO*. Obtido em 5 de Setembro de 2014, de <http://formacaoambt.wikispaces.com/file/view/M%C3%B3dulo+10+-+Ru%C3%ADdo.pdf>
- CIMAL. (2010). *EFEITOS NOCIVOS DO RUÍDO*. Obtido em 12 de Setembro de 2014, de [http://www.cimal.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=144%3Aefeitos-s-nocivos-do-ruído&catid=42&Itemid=200](http://www.cimal.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=144%3Aefeitos-s-nocivos-do-ruído&catid=42&Itemid=200)
- CUIDADOS SAÚDE. (27 de Novembro de 2012). *EFEITOS DO RUIDO NA SAUDE*. Obtido em 12 de Setembro de 2014, de <http://cuidadossaude.com/2012/11/efeitos-do-ruído-na-saude/>
- ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DE TOMAR. (s.d.). Obtido em 7 de Setembro de 2014, de [http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/2959\\_\\_NocElementares\\_P2\\_FC.pdf](http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/2959__NocElementares_P2_FC.pdf)
- EXPLICATORIUM. (s.d.). *O ESPECTRO SONORO*. Obtido em 5 de Setembro de 2014, de [http://www.explicatorium.com/CFQ8/Som\\_Espectro\\_sonoro.php](http://www.explicatorium.com/CFQ8/Som_Espectro_sonoro.php)
- FÍSICA E QUÍMICA. PT. (s.d.). Obtido em 5 de Setembro de 2014, de <http://www.fisicaequimica.pt/som/247-velocidade-do-som>
- GRUPO 4WORK. (20 de Fevereiro de 2012). *EFEITOS DAS VIBRAÇÕES NA SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHADOR*. Obtido em 22 de Setembro de 2014, de [http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=133&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=100&cHash=6b648f5780](http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=133&tx_ttnews%5BbackPid%5D=100&cHash=6b648f5780)
- GRUPO 4WORK. (2 de Outubro de 2012). *SURDEZ PROFISSIONAL: CAUSAS, EFEITOS E PREVENÇÃO*. Obtido em 9 de Setembro de 2014, de [http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=158&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=1&cHash=2ef95f7334](http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=158&tx_ttnews%5BbackPid%5D=1&cHash=2ef95f7334)
- GUERREIRO, H. J. (Março de 2002). *O RUÍDO LABORAL E A SUA PREVENÇÃO*. Obtido em 5 de Setembro de 2014, de [http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA\\_com12.pdf](http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com12.pdf)

MEDIPÉDIA CONTEÚDOS E SERVIÇOS DE SAÚDE. (s.d.). *OUVIDO - ANATOMIA*.  
Obtido em 9 de Setembro de 2014, de  
<http://www.medipedia.pt/home/home.php?module=artigoEnc&id=529>

MIGUEL, A. (2002). *MANUAL DE HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO*. Porto:  
PORTO EDITORA.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DA SOLIDARIEDADE SOCIAL. (s.d.). *DECRETO-LEI  
Nº 182/2006 DE 6 DE SETEMBRO - PRESCRIÇÕES MÍNIMAS DE SEGURANÇA E  
SAÚDE RESPEITANTES À EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES RESPEITANTES  
À EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES AOS RISCOS DEVIDOS AO RUÍDO*.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DA SOLIDARIEDADE SOCIAL. (s.d.). *DECRETO-LEI  
Nº 46/2006 DE 24 DE FEVEREIRO - PRESCRIÇÕES MÍNIMAS DE SEGURANÇA E  
SAÚDE RESPEITANTES À EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES RESPEITANTES  
À EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES AOS RISCOS DEVIDOS A VIBRAÇÕES  
MECÂNICAS*.

MUNDO EDUCAÇÃO. (s.d.). Obtido em 5 de Setembro de 2014, de  
<http://www.mundoeducacao.com/fisica/velocidade-comprimento-onda.htm>

PROF 2000. (s.d.). *RISCOS FÍSICOS - RUÍDO*. Obtido em 9 de Setembro de 2014, de  
<http://www.prof2000.pt/users/eta/ruido.htm>

PROF 2000. (s.d.). *VIBRAÇÕES*. Obtido em 22 de Setembro de 2014, de  
<http://www.prof2000.pt/users/eta/Vibracoes.htm>

PROFESSOR NUNO MACHADO. (s.d.). *CARACTERÍSTICAS DE UM SOM*. Obtido em 9  
de Setembro de 2014, de [http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_06.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_06.html)

PROFESSOR NUNO MACHADO. (s.d.). *ESPECTRO E NÍVEL SONORO*. Obtido em 5 de  
Setembro de 2014, de [http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_07.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_07.html)

## ANEXOS

Anexo 1 – Planta com Postos de Trabalho assinalados

Anexo 2 – Cálculos Efetuados

Anexo 3 – Espectros Sonoros

Anexo 4 – Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro

Anexo 5 – Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro

Anexo 6 – Norma Portuguesa 1733:1981

# **ANEXO 1**

## **PLANTA COM POSTOS DE TRABALHO ASSINALADOS**

## **ANEXO 2**

### **CÁLCULOS EFETUADOS**

# **ANEXO 3**

## **ESPECTROS SONOROS**



# **ANEXO 4**

## **DECRETO-LEI N.º 182/2006 DE 6 DE SETEMBRO**

## **ANEXO 5**

### **DECRETO-LEI N.º 46/2006 DE 24 DE FEVEREIRO**

# **ANEXO 6**

## **NORMA PORTUGUESA 1733:1981**