

RUÍDO OCUPACIONAL EM AMBIENTE INDUSTRIAL

ANTÓNIO FRANCISCO TRANCOSO MENDES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Orientador: Professor Doutor Alberto Sérgio S. R. Miguel

Co-Orientador: Professor Doutor Joaquim Eduardo de Sousa Góis

JULHO DE 2011

MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS, 2010/2011

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351 22 508 1400

Fax +351 22 508 1440



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 20011*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Agradecimentos

Ainda que tenha um carácter individual, a elaboração desta tese teve o contributo de diversas pessoas a quem gostaria de dirigir o meu agradecimento:

Ao Eng. Jacinto Peixoto e aos trabalhadores da empresa *Europac Kraft Viana*, que gentilmente participaram neste estudo;

Ao Professor Sérgio e ao Professor Góis, meus orientadores, pela simpatia com que sempre os encontrei, pelo acompanhamento e pelas sugestões, críticas e correcções realizadas;

Ao Professor Baptista e à Jacqueline, por representarem um rosto amigo no MESH0, um curso com potencial para ser uma referência nacional Portugal, ao nível da Segurança e Higiene do Trabalho.

Por fim, mas não menos importantes, um obrigado àqueles que me criaram, educaram e me acompanharam ao longo destes vinte e quatro anos:

Aos meus pais, avós e família, mas em especial à minha madrinha e tia São, pelo apoio escolar que sempre me deu.

Ao João Pinto, à Inês Alves e ao Tobé pela amizade e pelo caminho que juntos percorremos na FEUP, casa que será sempre nossa, neste projecto de "bi-mestres".

À Ana Gomes, pela amizade, fruto da memorável etapa *Madrileña*.

A Deus, por me ter dado a vida e por ter posto no meu caminho todas estas pessoas, que a cada dia, me ajudam a trilhar o percurso do meu rio.

A todos, o meu sincero obrigado.

"Fue el tiempo que pasaste con tu rosa lo que la hizo tan importante."

El Principito - Antoine de Saint-Exupéry

Resumo

Em 2010, aproximadamente 30% dos trabalhadores na UE-27 estiveram expostos a níveis sonoros elevados durante, pelo menos um quarto do tempo da sua jornada laboral. Este dado permite afirmar que, apesar dos aspectos relacionados com o controlo do ruído estarem bastante estudados, a exposição a níveis sonoros excessivos continua a ser um tema bastante actual, sobretudo devido aos efeitos negativos sobre a audição, o organismo humano e o desempenho profissional.

Este trabalho incidiu sobre uma população de 63 trabalhadores, de uma empresa industrial, potencialmente expostos a níveis sonoros superiores a 85 dB (A). Pretende-se estudar a perda auditiva em trabalhadores potencialmente expostos a ruído ocupacional excessivo e verificar a existência de uma correlação entre essa perda, a idade e a exposição (tempo e nível sonoro). Os dados necessários à prossecução dos objectivos foram obtidos mediante consulta e registo de dados históricos contidos nos arquivos da empresa.

Foi aplicado um inquérito a todos os trabalhadores em estudo, visando a caracterização do posto de trabalho e a detecção de factores que pudessem influenciar as perdas auditivas.

As principais conclusões a retirar deste trabalho referem-se, sobretudo, à metodologia aplicada e à significativa incerteza associada aos dados utilizados. É de salientar a importância de se possuir uma amostra ampla e o mais bem caracterizada possível, de forma a eliminar todas as situações que possam introduzir incerteza ao nível da interpretação dos resultados.

Factores como a determinação da exposição pessoal diária ao ruído e a eventual utilização de protecção auditiva, por parte dos trabalhadores, potenciam o enviesamento da influência real, da exposição ao ruído, sobre a perda auditiva.

Do estudo retrospectivo das perdas auditivas, conclui-se que a maioria dos trabalhadores em estudo (72%) apresenta perdas auditivas classificadas como “normais”. Comparativamente, registam-se perdas auditivas médias superiores em trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A), quando comparados com trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} < 70$ dB(A). Apesar de o valor médio das perdas auditivas de ambas as amostras ser relativamente próximo, os valores máximos de perda chegam a ser 50% superiores no caso de exposições mais elevadas.

Verificam-se ainda perdas mais elevadas a 4000Hz, para o grupo exposto a um $L_{EX,8h}$ superior a 85 dB(A).

A percepção individual do estado auditivo, não pode ser directamente relacionada com a classificação da perda auditiva, uma vez que alguns indivíduos com uma perda classificada como “normal” indicam que “não ouvem bem” e vice-versa.

O coeficiente de correlação de Pearson, obtido para a regressão entre a variável dependente “perdas auditivas” e as variáveis independentes “nível sonoro”, “tempo de exposição” e “idade”, indica que existe uma correlação positiva moderada, entre a variável dependente e as variáveis independentes.

O resultado obtido deve ser, contudo, encarado de forma pragmática e crítica, sobretudo porque, atendendo à expressão obtida, as perdas auditivas estariam principalmente associadas ao tempo de exposição, sendo que quando se aumentasse $L_{EX,8h}$ e/ou a idade, a perda diminuiria, o que notoriamente contraria o pressuposto dos efeitos negativos da idade e da exposição ao ruído ocupacional sobre a capacidade auditiva.

Desta forma, conclui-se que a expressão deduzida é válida apenas para a amostra em estudo, não podendo ser extrapolada nem generalizada.

Palavras-chave: Ruído Ocupacional, Perdas auditivas, Segurança.

Abstract

In 2010, approximately 30% of workers in the EU-27 were exposed to high sound levels for at least a quarter of the time of their journey. This allows us to say that, despite the aspects related to noise control being quite studied, exposure to excessive noise levels remains a topical theme, mainly due to negative effects on hearing, the human body and the professional performance.

This work is focused on a population of 63 workers of an industrial company, potentially exposed to sound levels exceeding 85 dB(A). It's intended to study hearing loss in workers potentially exposed to excessive occupational noise and verify the existence of a correlation between this loss, age and exposure (time and sound level). The data necessary for the attainment of the objectives has been gathered through consultation and registration of historical data contained in the archives of the company.

A survey was applied to all workers in the study, focused on the characterization of the workstation and the detection of factors which might influence the hearing loss.

The main conclusions to be drawn from this work refer, above all, to the methodology applied and the significant uncertainty associated with the data used. We stress the importance of having a wide and well characterized sample, so as to eliminate all situations that may introduce entropy and doubts in the final interpretation of results.

Factors such as the determination of the daily personal exposure to noise and the possible use of hearing protection by the workers, strengthen the bias of the real influence of noise exposure on hearing loss.

A retrospective study of hearing loss, points to the conclusion that the majority of workers in the study (72%) presents hearing losses classified as "normal". Comparatively, there are higher average hearing losses in workers exposed to a $L_{EX,8h} \geq 85$ dB (A), when compared with workers at a $L_{EX,8h} < 70$ dB(A). Despite the fact that average hearing losses in both samples are relatively close, the maximum hearing loss happens to be 50% higher in the sample with higher exposures.

There are even higher losses to 4000Hz group exposed to a $L_{EX,8h}$ exceeding 85 dB(A).

The individual perception of auditory state, cannot be directly related to the classification of hearing loss, since some individuals with a loss classified as "normal" indicate that they "do not listen well" and vice versa.

The Pearson's correlation coefficient, obtained for the regression between the dependent variable "hearing loss" and the independent variables "noise level", "exposure time" and "age", indicates that there is a positive moderate correlation between the dependent variable and the independent variables.

The result obtained must, however, be taken in a pragmatic and critical way, especially because, given the expression obtained, hearing losses would be mainly associated with the exposure time, and if you increased $L_{EX,8h}$ and/or the age, the loss would decrease. This clearly contradicts the assumption of the negative effects of age and occupational noise exposure on hearing ability.

This way, the conclusion taken is that the expression inferred is valid only for the sample under study and should not be extrapolated or widespread.

Keywords: Occupational noise; Hearing losses, Safety.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Índice de Figuras	x
Índice de Tabelas	xii
1. Introdução	1
2. Objectivos	3
3. Revisão Bibliográfica	5
3.1. Aspectos gerais do ruído.....	5
3.2. Anatomia e fisiologia da audição.....	9
3.3. Efeitos do ruído no aparelho auditivo e no organismo humano.....	12
3.4. Avaliação da função auditiva – audiometrias.....	14
3.5. Critérios para o cálculo e classificação das perdas auditivas.....	15
3.6. Perdas auditivas em função da idade e da exposição ao ruído.....	16
3.7. Legislação Relevante.....	17
3.7.1. Decreto-Lei n.º 182/2006.....	18
3.7.2. Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais.....	21
3.7.3. Decreto-Lei n.º 352/2007.....	22
3.8. Controlo do ruído.....	23
3.8.1. Protecção individual auditiva.....	24
3.8.1.1. Classificação dos protectores auditivos.....	24
3.8.1.2. Metodologia para o cálculo da atenuação fornecida por protectores auditivos.....	25
3.9. Programas de conservação da audição.....	27
3.9.1. Avaliação e monitorização do ruído ocupacional.....	27
3.9.2. Implementação de medidas colectivas e individuais de controlo do ruído.....	28
3.9.3. Avaliação e monitorização da função auditiva dos trabalhadores.....	28
3.9.4. Formação e consciencialização dos trabalhadores.....	28
3.9.5. Organização e arquivos dos registos.....	29
4. Metodologia	31
4.1. Caracterização geral da empresa.....	31
4.2. Aquisição dos dados necessários à prossecução dos objectivos.....	31
4.2.1. Estudos gerais do ruído.....	31
4.2.2. Exames audiométricos.....	31
4.2.3. Inquéritos.....	32

4.3. Análise e tratamento estatístico da informação recolhida	34
5. Resultados e Discussão	37
5.1. Caracterização geral da empresa	37
5.2. Descrição das variáveis em estudo e recolhidas na instalação industrial	43
5.2.1. Tempo de exposição ao ruído ocupacional.....	43
5.2.2. Idade do trabalhador	43
5.2.3. $L_{EX,8h}$	43
5.2.4. Perdas auditivas	44
5.2.5. Critérios para a recolha e aceitação dos dados recolhidos.....	44
5.3. Caracterização da amostra	45
5.4. Análise das respostas aos inquéritos dos trabalhadores expostos a $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A)	46
5.4.1. Escolaridade	46
5.4.2. Histórico de exposição ao ruído	47
5.4.2.1. Profissional	47
5.4.2.2. Não profissional.....	47
5.4.3. Antecedentes familiares e pessoais	48
5.4.4. Utilização de protecção auditiva e percepção individual do estado auditivo.....	48
5.5. Estudo retrospectivo das perdas auditivas.....	49
5.5.1. Trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A)	49
5.5.2. Trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \leq 70$ dB(A)	52
5.6. Correlação matemática entre a variável dependente “perda auditiva” e as variáveis independentes “nível sonoro”, “tempo de exposição” e “idade”	53
6. Conclusões.....	55
7. Bibliografia	57
8. Anexos.....	59

Índice de Figuras

<i>Figura 1 - Ouvido externo, ouvido médio, ouvido interno (Rod Seeley, 2007).</i>	10
<i>Figura 2 - Ouvido interno – estrutura da cóclea (Rod Seeley, 2007).</i>	11
<i>Figura 3 - Evolução da surdez profissional, segundo Bell (Miguel, 2010)</i>	13
<i>Figura 4 - Exemplo de um audiómetro e de um audiograma.</i>	14
<i>Figura 5 - Exemplo de um sonómetro e de um dosímetro.</i>	20
<i>Figura 6 - Evolução da capacidade instalada na fábrica.</i>	37
<i>Figura 7 - Carretéis de PORTOLINER</i>	37
<i>Figura 8 - Interação entre os principais sectores constituintes do processo produtivo.</i>	38
<i>Figura 9 - Vista parcial do parque e dos destroçadores de madeira.</i>	39
<i>Figura 10 - Digestor contínuo Kamyr.</i>	39
<i>Figura 11 - Fibras de papel.</i>	39
<i>Figura 12 - Máquina do papel.</i>	40
<i>Figura 13 - Forno da cal.</i>	40
<i>Figura 14 - Instalação de fibra secundária.</i>	41
<i>Figura 15 - Exemplos de medidas de engenharia, implementadas para diminuir o nível de pressão sonora emitido por alguns equipamentos.</i>	42
<i>Figura 16 - Evolução do número de trabalhadores a considerar no estudo, após a aplicação dos critérios de aceitação dos dados recolhidos.</i>	45
<i>Figura 17 - Distribuição da classificação da perda auditiva dos trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A), segundo o critério BIAP.</i>	50
<i>Figura 18 - Perdas auditivas médias da população em estudo.</i>	52
<i>Figura 19 - Perda auditiva real dos trabalhadores e perda estimada pelo modelo de regressão.</i>	54

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 – Filtro de ponderação A para bandas de frequência de 1/1 oitava na gama do audível (Miguel, 2010).</i>	7
<i>Tabela 2 – Tempo de exposição limite, em função do nível sonoro a que está sujeito um trabalhador, segundo a Norma ISO 1999:1990.</i>	8
<i>Tabela 3 – Classificação do ruído, (Miguel, 2010).</i>	9
<i>Tabela 4 – Estádios da evolução da surdez profissional, segundo Bell (Miguel, 2010).</i>	13
<i>Tabela 5 – Legislação relevante para a temática do ruído ocupacional em ambientes industriais.</i>	17
<i>Tabela 6 – Valores limites de exposição e valores de acção para o ruído.</i>	19
<i>Tabela 7 – Medidas de controlo tendo em vista a redução da exposição dos trabalhadores a níveis sonoros excessivos, adaptado de (Miguel, 2010).</i>	23
<i>Tabela 8 – Classificação dos protectores auditivos.</i>	24
<i>Tabela 9 – Inquérito aplicado aos trabalhadores, secção 1 – Identificação</i>	32
<i>Tabela 10 – Inquérito aplicado aos trabalhadores, secção 2 – História de exposição ao ruído.</i>	32
<i>Tabela 11 – Inquérito aplicado aos trabalhadores, secção 3 – Antecedentes.</i>	33
<i>Tabela 12 – Inquérito aplicado aos trabalhadores, secção 4 – Protecção auditiva</i>	33
<i>Tabela 13 – Exemplo do cálculo de $L_{EX,8h}$ considerando diversos cenários.</i>	44
<i>Tabela 14 – Caracterização da amostra em estudo.</i>	46
<i>Tabela 15 – Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo.</i>	46
<i>Tabela 16 – Histórico de exposição ao ruído - âmbito ocupacional.</i>	47
<i>Tabela 17 – Histórico de exposição ao ruído proveniente de actividades não ocupacionais.</i>	47
<i>Tabela 18 – Antecedentes familiares e pessoais.</i>	48
<i>Tabela 19 – Utilização de protecção auditiva e percepção individual do estado auditivo.</i>	48
<i>Tabela 20 – Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas auditivas dos trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A).</i>	49
<i>Tabela 21 – Relação de trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A) e com perdas auditivas “ligeiras” e “moderadas”.</i>	50
<i>Tabela 22 – Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas auditivas da amostra de controlo.</i>	52
<i>Tabela 23 – Resumo dos valores obtidos para uma regressão tetra-dimensional entre as perda auditiva [PA] e as variáveis independentes [$L_{EX,8hr}$, tempo de exposição (T) e idade (i)].</i>	53

1. Introdução

A segurança e saúde do trabalho são temas chave na abordagem à promoção da qualidade do emprego, tanto ao nível das políticas públicas, como das próprias empresas, trabalhadores e parceiros sociais.

A consciência de que o trabalhador vítima de acidente de trabalho ou doença profissional acarreta encargos significativos para a estrutura empresarial, familiar e social na qual está inserido, contribui progressivamente para uma alteração das mentalidades e da forma como se encaram as questões da segurança e saúde no trabalho, procurando-se controlar, minimizar e se possível eliminar a ocorrência daquelas situações. De destacar por isso a evolução ao nível da produção e aplicação de legislação que visa a criação de uma cultura de segurança, marcadamente baseada em princípios de prevenção dos riscos profissionais, procurando integrar a variável “prevenção” já ao nível do projecto, na concepção ou construção de instalações, de locais e processos de trabalho, bem como na selecção de equipamentos, substâncias e produtos.

Em 2010, aproximadamente 30% dos trabalhadores na EU-27 estiveram expostos a níveis sonoros elevados durante, pelo menos, um quarto do tempo da sua jornada laboral (MacGoris, 2010) . Este dado permite afirmar que, apesar de os aspectos relacionados com o controlo do ruído estarem bastante estudados, a exposição a níveis sonoros excessivos continua a ser um tema bastante actual.

A surdez profissional resulta da exposição a níveis sonoros elevados nos locais de trabalho. A legislação portuguesa específica sobre esta matéria, evidencia os principais aspectos associados à protecção colectiva, aos equipamentos de protecção individual e à informação e formação dos trabalhadores. Almejando tornar mais seguro e saudável o ambiente de trabalho, procura reduzir as probabilidades de ocorrência de acidentes de trabalho e de doenças profissionais, de absentismo e de diminuição do rendimento do trabalhador.

Este trabalho, no qual se pretende estudar a perda auditiva em trabalhadores potencialmente expostos a ruído ocupacional excessivo, e verificar a existência de uma correlação entre essa perda, a idade e a exposição (tempo e nível sonoro), está estruturada em 6 capítulos.

No capítulo 1 realiza-se uma breve introdução ao problema em estudo, referindo-se os objectivos deste trabalho no capítulo 2. No capítulo 3, revê-se a bibliografia e expõem-se de forma concisa os principais conceitos relacionados com o ruído, a sua produção, os efeitos sobre o ser humano, as medidas para um eficaz controlo e ainda a legislação relevante sobre esta temática.

No 4º capítulo apresenta-se a metodologia seguida para alcançar os objectivos, apresentando-se no 5º capítulo os resultados obtidos, bem como a discussão dos mesmos.

Por último, no 5º capítulo apresentam-se as principais conclusões, realizando-se ainda uma análise crítica ao trabalho realizado.

2. Objectivos

Este trabalho apresenta um carácter marcadamente transversal, tendo subjacentes os seguintes objectivos:

1. Estudar, de forma retrospectiva, as perdas auditivas em trabalhadores potencialmente expostos a ruído ocupacional excessivo;
2. Verificar a existência de uma correlação matemática entre a variável dependente “perda auditiva” e as variáveis independentes “nível sonoro”, “tempo de exposição” e “idade” dos trabalhadores.

Espera-se que os conhecimentos resultantes deste estudo contribuam para reforçar a importância e premência da adopção de medidas de controlo do ruído e da sua regular avaliação, procurando diminuir a exposição dos trabalhadores ao ruído ocupacional excessivo. Almeja-se ainda que os responsáveis continuem a apostar no desenvolvimento de programas sérios de conservação da audição, permitindo uma vigilância da função auditiva dos trabalhadores, estimulando a identificação e a auto-protecção destes face a situações perigosas, e às graduais mas malélicas e irreversíveis consequências deste risco.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Aspectos gerais do ruído

3.1.1. Natureza do Som

O que habitualmente se designa por som não é senão uma sensação provocada no cérebro devida à captação, pelo sistema auditivo, de alterações de pressão que se propagam no ar (ou noutro meio elástico), consistindo em ondas de compressão seguidas de dilatação ou refracção. (Carvalho, 2007)

Do ponto de vista fisiológico, o som pode ser definido como um fenómeno acústico agradável ou com significado para o ouvinte, enquanto o ruído representa um fenómeno acústico desagradável / incomodativo ou sem significado para o ouvinte.

3.1.2. Pressão sonora e nível de pressão sonora

A variação de pressão provocada pelas ondas sonoras, em relação a um valor de referência, a pressão atmosférica ($P_{atm} \approx 10^5 Pa$), é o valor mais importante a ser medido – pressão sonora (medida em Pa).

A medida da pressão sonora numa escala linear torna-se contudo pouco prática atendendo a que o valor mínimo que um ser humano jovem de audição normal pode ouvir, é de cerca de $10^{-5} Pa$, correspondendo o limiar da dor a cerca de $100 Pa$, pelo que se utilizariam valores dentro de uma gama superior a 1 milhão de unidades. Além disso, o ouvido não responde linearmente ao ruído, mas sim de forma logarítmica.

Desta forma, a medida dos parâmetros acústicos é realizada segundo uma escala logarítmica, expressa em decibéis (dB), e o nível de pressão sonora (L_p) é calculado segundo a expressão 1.

$$L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \quad (1)$$

Sendo: p – valor eficaz da pressão sonora (raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores instantâneos da pressão sonora).

p_0 – pressão sonora de referência = $2 \times 10^{-5} Pa$

3.1.3. Potência e intensidade sonora

A potência sonora (W) é uma característica intrínseca e de valor fixo da fonte sonora, corresponde à energia total que num segundo atravessa uma esfera imaginária, de raio qualquer, centrada na fonte (medida em W).

A intensidade sonora (I) é, para uma dada direcção (grandeza vectorial), a quantidade média de energia que atravessa por segundo uma área de $1 m^2$, normal a essa direcção (medida em W/m^2).

A relação entre estas duas grandezas e a pressão sonora é dada pela expressão 2.

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad (2)$$

Sendo que: I e p representam o valor eficaz da intensidade e pressão sonora, respectivamente.

W – potência sonora (W)

r – distância à fonte sonora (m)

ρ - massa volúmica do ar (kg/m³)

c – celeridade (velocidade de propagação das ondas sonoras – m/s)

Resumindo, a potência sonora (W) caracteriza a fonte, enquanto a pressão sonora (p) caracteriza o seu efeito num determinado ponto, distanciado (r) dessa mesma fonte.

De forma análoga que para a pressão sonora e respectivo valor do nível de pressão sonora, o nível de potência sonora (L_w) e o nível de intensidade (L_I) calculam-se através da expressão 3 e 4, respectivamente

$$L_w = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0} \quad (3)$$

Sendo: w – valor da potência sonora

w_0 – potência sonora de referência = 10⁻¹² W

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad (4)$$

Sendo: I – valor eficaz da intensidade sonora

I_0 – pressão sonora de referência = 10⁻¹² W/m²

3.1.4. Adição de níveis

Em virtude da utilização de uma escala logarítmica, a soma dos níveis (L_i) (quaisquer que sejam) não se realiza de forma algébrica mas sim através da expressão 5.

$$L_{total} = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i} \right) \quad (5)$$

3.1.5. Frequência, espectro e bandas de frequências

Quando se pretende descrever um sinal sonoro, para além da pressão, é imprescindível considerar-se a frequência do mesmo, a qual representa o número de oscilações, por segundo, da pressão em relação à pressão atmosférica, sendo igual ao valor inverso do período (T) da onda sonora, medindo-se em Hertz (Hz).

Tipicamente, os sons/ruídos são constituídos por uma sobreposição de mais do que uma frequência, designando-se portanto como sons/ruídos complexos, ao invés de sons/ruídos puros (constituídos por uma única frequência).

A análise de um fenómeno acústico deve, por isso, ter em consideração o respectivo espectro sonoro, ou seja, o nível de pressão sonora correspondente a cada frequência.

Dado que uma análise detalhada para cada uma das frequências (centenas ou milhares) se tornaria demasiado exigente, estas são agrupadas em intervalos de frequências de largura normalizada. A gama audível compreende o intervalo [20; 20 000] Hz, estando dividida em 10 grupos de frequência designados por oitavas, estando estas por sua vez subdivididas em 3 grupos de terços de oitava.

3.1.6. Audibilidade, curvas de ponderação e nível sonoro

Os equipamentos utilizados nas medições do som registam as pressões sonoras com total fidelidade quaisquer que sejam a frequências daquele. O ouvido humano reage, contudo, de forma distinta a diferentes sons, consoante as frequências de emissão, inclusivamente quando estas apresentam um nível de pressão sonora equitativo.

A sensibilidade/percepção de um indivíduo para determinado ruído dependerá por isso das suas frequências de emissão e respectivos níveis de pressão sonora. Esta relação está traduzida nas curvas de igual sensibilidade auditiva (medida em fones - *F*), apresentadas na *Norma ISO 226:2003*, as quais confirmam a variabilidade auditiva do ouvido humano, sendo menos sensível para frequências graves e muito sensível na gama de frequências compreendida entre os 2000 e os 5000 Hz.

Na prática, a forma de exprimir esta particularidade do ser humano, envolve a introdução de um filtro nos aparelhos de medição. As curvas que representam as correcções efectuadas, em função das frequências captadas, designam-se por curvas de ponderação. Existem vários tipos de filtros normalizados (A, B, C, D), sendo o filtro de ponderação A o mais utilizado em virtude de aproximar a resposta do ouvido humano a determinado som. Os valores das medições realizadas através deste filtro possuem como unidades o decibel A, *dB(A)*.

Aos valores captados dos níveis de pressão sonora (*dB*), somam-se algebricamente os valores de ponderação apresentados na Tabela 1 para cada banda de frequência. Posteriormente, adicionam-se logaritmicamente (expressão 5) cada um dos valores finais obtidos, resultando desta operação o nível sonoro – L_{pA} expresso em *dB(A)*.

Tabela 1 – Filtro de ponderação A para bandas de frequência de 1/1 oitava na gama do audível (Miguel, 2010).

Banda de frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ponderação A (dB)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

3.1.7. Análise temporal do ruído – Nível sonoro contínuo equivalente

O trauma auditivo provocado pela exposição a ruído excessivo está dependente do nível sonoro e sobretudo do tempo de exposição. A relação entre estas variáveis é realizada por intermédio do nível sonoro contínuo equivalente ($L_{Aeq,T}$), que se define como o nível sonoro que se actuasse de forma constante (uniforme) num dado intervalo de tempo, produziria a mesma energia que os níveis sonoros realmente medidos durante esse intervalo de tempo.

O cálculo do $L_{Aeq,T}$ é, segundo o Decreto-Lei n.º 182/2006, obtido pela expressão 6.

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A(t)^2}{p_o^2} dt \right) \quad (6)$$

Sendo: T – Tempo de exposição ao ruído, $T = t_2 - t_1$

$p_A(t)$ – pressão sonora instantânea ponderada A (em Pa)

p_o – pressão sonora de referência = 2×10^{-5} Pa

Esta expressão é idêntica à utilizada pela norma ISO 1999:1990, a qual estabelece tempos limite de exposição em função do nível sonoro a que um trabalhador esteja sujeito, Tabela 2.

Tabela 2 – Tempo de exposição limite, em função do nível sonoro a que está sujeito um trabalhador, segundo a Norma ISO 1999:1990.

Tempo de exposição	Nível sonoro recomendado [dB(A)]
8 horas	85
4 horas	88
2 horas	91
1 horas	94
30 minutos	97
15 minutos	100
7,5 minutos	103

De forma semelhante, segundo a norma portuguesa NP 1730:1996, a determinação do nível sonoro contínuo equivalente pode ser realizado por meio da expressão 7, para amostragens dos níveis de pressão sonora a uma taxa $1/\Delta t$, no intervalo de tempo t_2-t_1 .

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{pAi}} \right) \quad (7)$$

Sendo: N – nº total de amostras [$N = (t_2-t_1)/\Delta t$]

L_{pAi} – nível de pressão sonora, ponderado A, para a amostra i (expresso em dB(A)).

Δt – intervalo de tempo entre duas amostras consecutivas consideradas pelo aparelho.

No caso de se aplicar uma distribuição estatística às leituras dos níveis de pressão sonora, ponderados A, utilizando uma técnica de amostragem por intervalos de tempo, $L_{Aeq,T}$ vem calculado segundo a expressão 8.

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i} \right) \quad (8)$$

Sendo: n – nº de classes (as classes de intervalos para os níveis de pressão sonora, ponderados A, devem ser escolhidas de acordo com as características do ruído; na maioria dos casos é apropriado um intervalo de 5 dB).

f_i – percentagem do intervalo de tempo para o qual o nível de pressão sonora, ponderado A, está dentro dos limites da classe i .

L_i – nível de pressão sonora, ponderado A, correspondente ao ponto médio da classe i , em dB (A).

Por analogia, se um dado fenómeno sonoro for composto por k ruídos, para os quais se conheça o nível sonoro (L_{pAi}) e a duração de cada um dos ruídos (t_i), $L_{Aeq,T}$, vem dado pela expressão 8.1.

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{pAi}} \right) \quad (8.1)$$

Sendo: $T = \sum t_i$.

3.1.8. Tipos de ruído

Um ruído pode ser descrito pelo seu espectro de frequências, pelas variações de nível com o tempo e pelas características do campo sonoro, Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação do ruído, (Miguel, 2010).

Descritor	Classificação		Observações
Espectro de frequências	Contínuo		
	Sons puros audíveis		
Tempo	Estacionário / Uniforme		Quando a diferença entre o valor máximo e mínimo do nível sonoro for inferior a 5 dB (A), medidos com característica de resposta lenta ¹ , durante o período de avaliação - (Ruído estacionário).
	Não estacionário	Flutuante	Nível que varia continuamente e numa extensão apreciável do ruído de fundo durante o período de avaliação.
		Intermitente	Nível que desce abruptamente para o nível de ruído de fundo várias vezes durante o período de avaliação, mantendo-se constante durante um tempo de aproximadamente 1s ou mais.
		Impulsivo	Um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração igual ou inferior a 1s e separados por mais de 0,2 s. – Verifica-se a condição de ruído impulsivo quando a diferença entre o pico do nível de pressão sonora (valor máximo em dB) e o nível sonoro contínuo equivalente (dB(A)) num período superior a 5 min, é ≥ 20 dB.
Características do campo sonoro	Livre		Campo sonoro numa área afastado de superfícies reflectoras.
	Reverberante		Porção do campo sonoro num recinto de ensaio em que a influência do som emitido pela fonte é desprezável.
	Semi-reverberante		Campo sonoro que prevalece num recinto amplo com superfície moderadamente reflectora.
	Divergente hemisfericamente		Campo sonoro de uma fonte omnidireccional ² que está situada próximo de uma superfície reflectora rígida (geralmente o solo) mas livre de outras obstruções.

3.2. Anatomia e fisiologia da audição

O órgão da audição é o ouvido, o qual funciona também como órgão sensorial do equilíbrio, pelo que, em determinadas ocasiões, as perturbações na audição e no equilíbrio estão relacionadas.

O ouvido é um órgão bilateral, podendo ser dividido em 3 áreas anatómicas, Figura 1:

- Ouvido externo (função: *transmissão* das ondas sonoras);
- Ouvido médio (função: *transmissão* das ondas sonoras);
- Ouvido interno (função: *percepção* das ondas sonoras);

¹ Medição efectuada com elevado amortecimento e um tempo de integração de aproximadamente 1 s.

² Fonte sonora que emite a mesma quantidade de energia em todas as direcções.

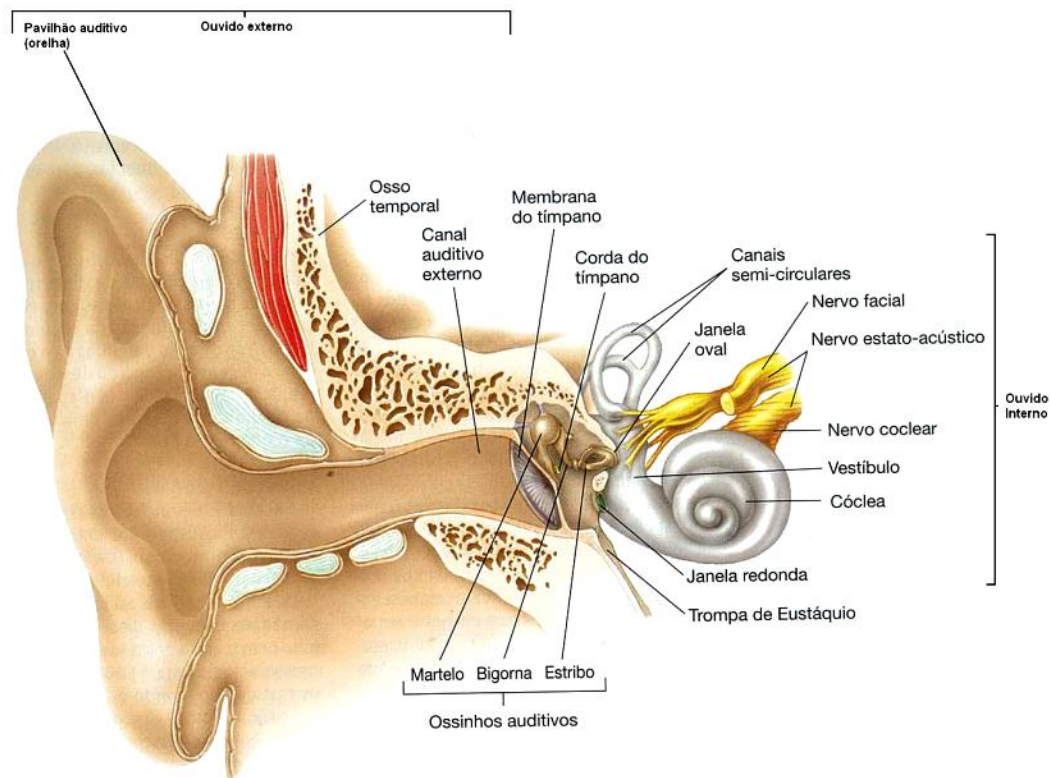


Figura 1 - Ouvido externo, ouvido médio, ouvido interno (Rod Seeley, 2007).

3.2.1. Ouvido externo

Constituído pelo pavilhão auditivo (orelha) – de estrutura cartilaginosa - é responsável pela recepção das ondas sonoras e pela condução destas ao canal auditivo externo, o qual actua como ressoador. Na extremidade desde canal encontra-se o tímpano, uma membrana com forma cónica. Ao ser estimulada pelas flutuações da pressão sonora, vibra, transmitindo essas vibrações ao ouvido médio.

3.2.2. Ouvido médio

O ouvido médio estabelece a ligação entre o ouvido externo e o interno. É uma cavidade bastante pequena alojada no osso temporal e recoberta por mucosas, na qual se alojam os ossículos – martelo, bigorna e estribo.

O cabo do martelo encontra-se sobre a superfície interior do tímpano, o qual, ao vibrar, transmite esta energia à bigorna e ao estribo, multiplicando por 3 a pressão recebida.

A base do estribo está fixa à membrana que separa o ouvido médio do ouvido interno, a janela oval, cuja vibração produz um efeito pistão que actuará sobre os líquidos do ouvido interno.

Os ossículos estão unidos à cavidade por uma série de ligamentos e músculos, comunicando a cavidade com a laringe através da trompa de Eustáquio, permitindo igualar da pressão interna com a pressão exterior e consequentemente em ambas as faces da membrana do tímpano.

O ouvido médio tem portanto uma função multiplicadora, uma vez que a pressão inicial num meio aéreo (ouvido externo) se reduziria de forma significativa ao passar a um meio aquoso (ouvido interno), pelo que é fundamental compensar essa perda.

3.2.3. Ouvido interno

O ouvido interno está dividido do ponto de vista anatômico em 3 partes: o vestibulo, os canais semicirculares e a cóclea, Figura 2.

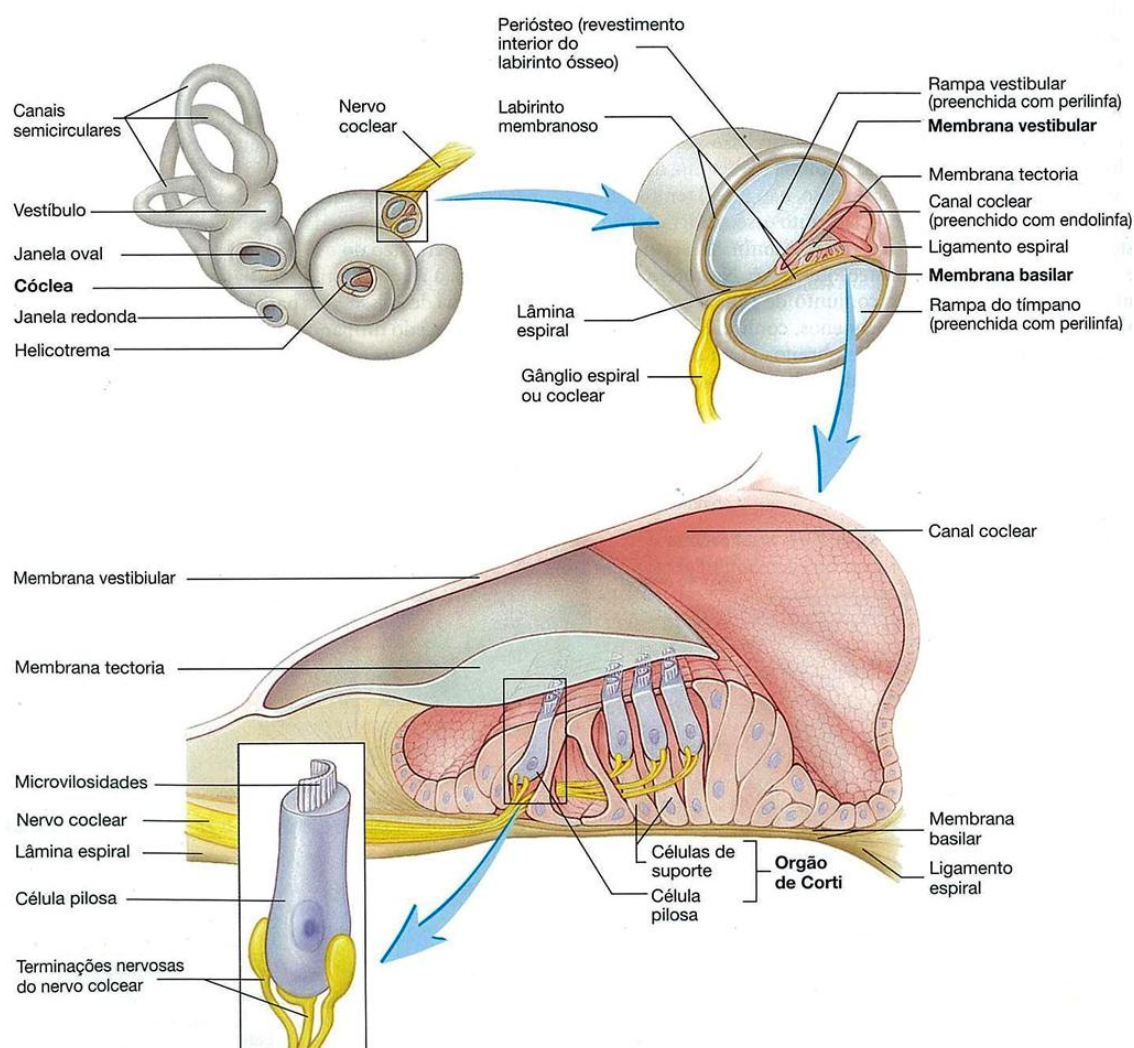


Figura 2 - Ouvido interno – estrutura da cóclea (Rod Seeley, 2007).

O órgão responsável pela percepção auditiva é a cóclea, um canal de paredes ósseas enrolado em forma de espiral (ou caracol), cuja secção transversal está dividida em 3 canais ou compartimentos – rampa vestibular (canal superior), rampa timpânica (canal inferior) e canal coclear de secção triangular (situado entre as rampas).

É no canal coclear que se encontra o órgão de Corti, que contém as células ciliadas ou sensoriais que se sustentam sobre a membrana basilar. Esta, ao vibrar, induz um movimento em cizalha das células ciliadas com a membrana tectoria (que permanece imóvel), transformando o estímulo mecânico numa excitação neuronal.

3.2.4. Fisiologia da audição

O processo de audição pode ser resumido considerando a seguinte cadeia de eventos:

1. Captação das ondas sonoras pelo pavilhão auditivo e condução destas até ao tímpano através do canal auditivo;

2. Vibração do tímpano e consequentes movimentos dos ossículos, os quais geram um efeito pistão na janela oval;
3. Movimento dos líquidos perilinfáticos que se encontram na cóclea e que comunicam com a rampa vestibular e timpânica, produzindo uma deformação da membrana basilar que sustenta o órgão de Corti;
4. Desencadeamento de forças de cisalhamento entre a membrana tectoria e as células ciliadas, que provocam uma excitação neuronal, induzindo impulsos nervosos que são processados no córtex cerebral como sons/ruídos.

3.3. Efeitos do ruído no aparelho auditivo e no organismo humano

A consequência mais óbvia da exposição ao ruído é a alteração/perda da sensibilidade auditiva. Devem contudo ser assinalados os efeitos a nível físico e psíquico que o ruído aporta para o ser humano.

3.3.1. Aparelho auditivo

Inicialmente, a fadiga auditiva ou o Deslocamento Temporário dos Limiares Auditivos (*TTS – Temporary Threshold Shift*) manifesta-se por uma diminuição temporária e reversível da capacidade auditiva, sendo determinada pelo grau de perda de audição e pelo tempo que o ouvido tarda em retomar o limiar de audição inicial. Depende fundamentalmente do espectro, intensidade e duração do estímulo sonoro que provoca a fadiga.

No extremo oposto, a surdez ou o Deslocamento Permanente dos Limiares Auditivos (*PTS – Permanent Threshold Shift*) tem um cariz neurosensorial e irreversível (por destruição das células ciliadas do órgão de Corti). É influenciada pelas características do ruído de exposição (tipo, espectro e nível de pressão sonora), pelo tempo de exposição e pela susceptibilidade individual, sendo mais evidente para sons puros e para frequências elevadas. Por esta razão, num estágio inicial, o dano auditivo não interfere directamente com a conversação diária, não sendo por isso imediatamente percebido e combatido.

Especificamente, o PTS resultante da exposição ao ruído industrial, é evidenciada por uma diminuição da acuidade auditiva em torno dos 4 kHz, formando um escotoma em U ou em V perceptível nos audiogramas, como consequência da predominância do espectro desse ruído em torno dos 1,5 e 3,5 kHz (Miguel, 2010), alargando-se progressivamente até abranger as baixas frequências, que estão directamente relacionadas com a percepção da palavra, Figura 3 e Tabela 4.

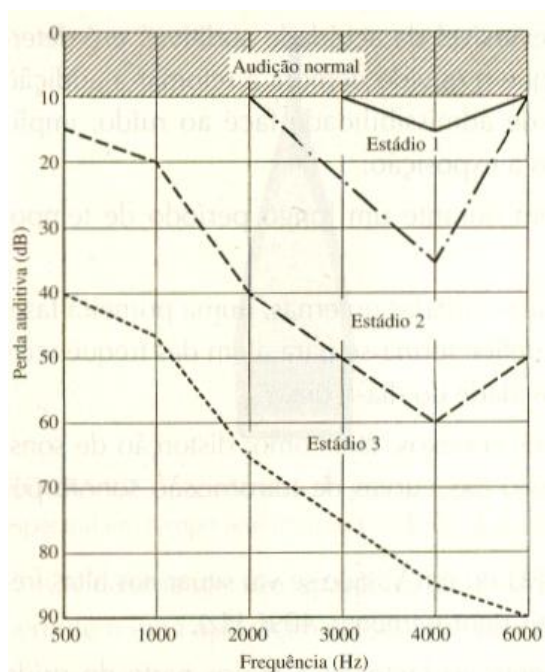


Figura 3 - Evolução da surdez profissional, segundo Bell (Miguel, 2010)

Tabela 4 – Estádios da evolução da surdez profissional, segundo Bell (Miguel, 2010).

Estádio	Descrição
0	Curva audiométrica normal.
1	Défice transitório: perda auditiva localizada somente na frequência de 4000 Hz, não ultrapassando os 30 a 40 dB.
2	Período de latência: perda auditiva atingindo as frequências de conversação.
3	Período de surdez manifesta (doença profissional): perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais (geralmente dos 500 a 8000 Hz).

Para além dos *TTS* e dos *PTS*, a exposição a ruído elevado pode provocar outras alterações ao nível da audição, nomeadamente pelo aparecimento de acúfenos (zumbidos – de carácter temporário ou permanente), distorção do som e das palavras.

O ruído ocupacional/industrial não é contudo a única fonte de ruído com potencial para provocar alterações/perdas auditivas, destacando-se as situações extra profissionais, decorrentes de actividades lúdicas e sociais – frequências de discotecas e ambientes ruidosos, utilização de ferramentas ruidosas, prática de caça e de desportos motorizados, etc.

A presença de cerúmen ou corpos estranhos pode bloquear o canal auditivo ou mesmo provocar a ruptura da membrana do tímpano, provocando uma perda auditiva por condução.

A idade (fenómeno natural conhecido por presbiacusia), factores hereditários, o contacto com substâncias e medicamentos ototóxicos, determinadas doenças (do foro otológico ou infecciosas, como a meningite, o sarampo ou a encefalite), e os traumas físicos que possam danificar o osso temporal, são factores que podem condicionar e influenciar de forma notável as perdas auditivas permanentes.

3.3.2. Organismo humano

No local de trabalho, o ruído excessivo gera fadiga, influencia de forma negativa a capacidade de concentração, perturba a comunicação, podendo mascarar os sinais de alarme e as mensagens sonoras de aviso de perigo. Tais factores contribuem para um decréscimo do rendimento do trabalhador, influenciando a produtividade e a qualidade do produto final, constituindo ainda um factor de risco de acidente.

A nível fisiológico, destacam-se ainda os seguintes elementos que, possivelmente, geram desconforto no ser humano:

- Dilatação das pupilas;
- Contração dos vasos sanguíneos;
- Aumento da frequência cardíaca;
- Contração muscular do estômago e do abdómen;
- Aumento da produção de adrenalina e corticotrofina;
- Ansiedade, stress e irritabilidade;
- Problemas no sono e de memória;
- Impotência sexual e possíveis desequilíbrios do ciclo menstrual.

3.4. Avaliação da função auditiva – audiometrias

A realização de exames audiométricos (definidos como testes audiométrico subjectivos) é um procedimento bastante comum e utilizado no estudo da função auditiva dos trabalhadores, sendo um método de exploração electrónica que permite quantificar as perdas auditivas para distintas frequências. Pode ser realizado por via aérea (utilizando auscultadores) e via óssea (colocando um vibrador ósseo no mastóide).

A intensidade mínima para a qual um trabalhador percepção um tom puro, gerado e enviado por um audiómetro, Figura 4, representa o limiar tonal do indivíduo para essa frequência. A determinação dos limiares tonais repete-se para cada frequência considerada (geralmente para as bandas de oitava compreendidas entre os 125 – 8000 Hz e ainda para os 3000 Hz), e para cada um dos ouvidos, de forma independente.

A informação obtida é registada graficamente nos audiogramas (frequência vs intensidade), facilitando a visualização, análise e interpretação dos dados, Figura 4.

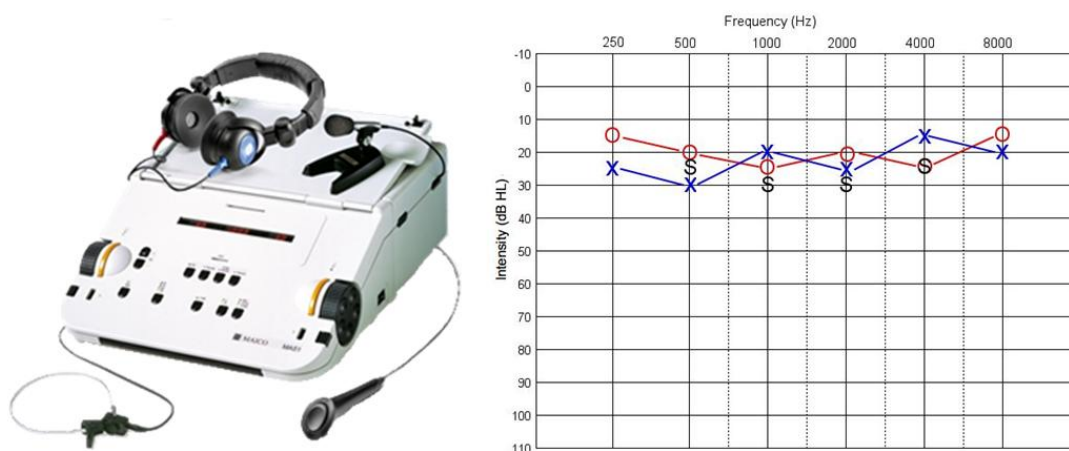


Figura 4 - Exemplo de um audiómetro e de um audiograma.

Avaliação do tipo de perdas auditivas, segundo a representação e interpretação dos audiogramas:

- a) Perda condutiva: representação normal da curva óssea, estando a curva aérea rebaixada.
- b) Perda neurosensorial: a curva óssea está rebaixada, coincidindo com a curva aérea.
- c) Perda mista: neste tipo de perda podemos observar rebaixamento dos limiares tonais ósseos e aéreos, não sendo coincidentes.

3.5. Critérios para o cálculo e classificação das perdas auditivas

Considerando os resultados dos exames audiométricos, existem diferentes metodologias para o cálculo e classificação do tipo e grau das perdas auditivas:

- Segundo a **NP 1733:1980**, a audição humana considera-se diminuída quando a média tonal dos limiares tonais para as frequências de 500, 1000, 2000 Hz for igual ou superior a 25 dB, relativamente aos zeros audiométricos.
- O **Decreto-Lei nº 352/2007** aprova a Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal. Para o cálculo das perdas auditivas, ponderam-se os resultados do melhor ouvido (com menores perdas) para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, sendo os factores de ponderação de 2, 4, 3 e 1, respectivamente. Para a hipoacusia bilateral, a audiometria tonal deverá revelar uma perda igual ou superior a 35 dB.
- As equações apresentadas pela norma **ISO 1999:1990** para o cálculo das perdas auditivas, podem aplicar-se apenas para um dos ouvidos, para a média ou média ponderada de ambos os ouvidos, incluindo:
 - Média dos limiares tonais para as frequências:
 - 500, 1000 e 2000 Hz;
 - 500, 1000, 2000 e 3000 Hz;
 - 500, 1000, 2000 e 4000 Hz;
 - 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz;
 - 2000 e 4000 Hz;
 - 2000, 3000 e 4000 Hz;
 - Média ponderada dos limiares tonais para 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, sendo os factores de ponderação de 4, 3, 2 e 1, respectivamente.
- Segundo (Megerson, 2001) nos diversos estados dos **EUA** e nas províncias do **Canadá**, são utilizados diferentes expressões e critérios, para o cálculo das perdas auditivas e para a consequente compensação económica, exemplificando:
 - AAO-79/AMA – Perda média ≥ 25 dB para as frequências 500, 1000, 2000, 3000 Hz;
 - AAO-59 – Perda média ≥ 25 dB para as frequências 500, 1000, 2000 Hz;
 - Oregon – Perda média ≥ 25 dB para as frequências 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 Hz;
 - Illinois – Perda média ≥ 30 dB para as frequências 1000, 2000, 3000 Hz;
 - British Columbia – Perda média ≥ 28 dB para as frequências 500, 1000, 2000 Hz.
- O critério do **BIAP** - Bureau International d'AudioPhonologie – calcula as perdas auditivas através da média dos limiares tonais para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. No caso de a perda ser assimétrica, pondera-se a perda auditiva nos 2 ouvidos utilizando um coeficiente de valor 7 para o ouvido

melhor e 3 para o pior, dividindo-se a soma por 10. O resultado obtido é arredondado por excesso. Este critério permite ainda classificar as deficiências auditivas em 6 estados:

- *Normal* – Perda auditiva inferior a 20 dB. Corresponde a uma perda ligeira sem incidência social.
- *Ligeira* – Perda auditiva compreendida entre 21 e 40 dB. Uma conversa em tom normal é compreendida. Contudo, existem dificuldades se tal for realizada em voz baixa ou afastada.
- *Moderada* – entre 41 dB e 70 dB. O discurso é entendido quando se eleva o tom de voz. O indivíduo compreende melhor a mensagem se puder observar o interlocutor.
- *Severa* – entre 71 dB e 100 dB. O discurso é entendido apenas quando o tom de voz é forte e próximo da orelha.
- *Profunda* – entre 100 dB e 119 dB. O indivíduo é incapaz de perceber a palavra, apenas ruídos muito potentes.
- *Total* – perda média superior a 120 dB. Nenhuma percepção do ruído.

3.6. Perdas auditivas em função da idade e da exposição ao ruído

A norma ISO 1999:1990, no capítulo V, apresenta um modelo matemático aditivo para a caracterização das perdas auditivas em função da idade e da exposição ao ruído ocupacional dos trabalhadores, expressão 9.

$$H' = H + N - \frac{H \cdot N}{120} \quad (9)$$

Sendo: H' – limiar da audição associado à idade e ao ruído;

H – limiar da audição associado à idade;

N – perda auditiva induzida pelo ruído.

A particularidade e o potencial deste modelo são a possibilidade de calcular os limiares de audição especificamente para cada frequência.

O parâmetro H , limiar da audição associado à idade, é calculado a partir da norma ISO 7029, a qual considerada uma população otologicamente normal e “muito bem seleccionada”, diferenciando a perda segundo o sexo do indivíduo e permitindo a obtenção de um resultado para distintos percentis.

O valor mediano da perda auditiva induzida pelo ruído, N_{50} , é função da frequência audiométrica, da duração da exposição e da exposição pessoal diária normalizada para 8h, expressão 10 (válido para tempos de exposição [10, 40] anos).

$$N_{0,50} = \left(u + v \cdot \log \frac{T}{T_0} \right) \cdot \left(L_{EX,8h} - L_0 \right) \quad (10)$$

Sendo: u, v – constantes dependentes da frequência audiométrica (inscritas na Tabela 2 da norma)

T – duração da exposição (em anos) e T_0 igual a 1 ano;

$L_{EX,8h}$ – exposição pessoal diária normalizada para 8h;

L_0 – nível limite de exposição sonora definido em função da frequência (Tabela 2 da norma).

Para períodos de exposição inferiores a 10 anos, N é extrapolado a partir de $N_{0,50}$ para 10 anos, expressão 11

$$N_{0,50;T<10} = \left(\frac{\log(T+1)}{\log(11)} \right) \cdot N_{0,50;T=10} \quad (11)$$

Sendo: u, v – constantes dependes da frequência audiométrica (inscritas na Tabela 2 da norma)

T – duração da exposição (em anos) e T_0 igual a 1 ano;

$L_{EX,8h}$ – exposição pessoal diária normalizada para 8h;

L_0 – nível limite de exposição sonora definido em função da frequência (Tabela 2 da norma).

No capítulo 5.3.2 desta norma apresentam-se as expressões matemáticas utilizadas para o cálculo da distribuição estatística de N, as quais se obtêm a partir do cálculo de $N_{0,50}$.

3.7. Legislação Relevante

A legislação portuguesa, com especial interesse para o ruído ocupacional em ambientes industriais, está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Legislação relevante para a temática do ruído ocupacional em ambientes industriais.

Instrumento Legal	Descrição
Decreto-Lei n.º 182/2006	Prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído.
Portaria n.º 53/71 alterada pela Portaria n.º 702/80	Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais.
Decreto-Lei n.º 348/93 Portaria n.º 988/93	Prescrições mínimas de segurança e de saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de protecção individual.
Decreto-Lei n.º 352/2007	Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais.

De seguida analisa-se de forma mais detalhada o Decreto-Lei n.º 182/2006, a Portaria n.º 53/71, alterada pela Portaria n.º 702/80 e o Decreto-Lei n.º 352/2007.

3.7.1. Decreto-Lei n.º 182/2006

Este Decreto-Lei transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2003/10/CE, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

Os aspectos chave deste diploma assentam na:

- Definição de valores limites de exposição e de valores de acção;
- Indicação de metodologias e instrumentos para a determinação da exposição do trabalhador;
- Avaliação dos riscos de exposição ao ruído em actividades susceptíveis a tal;
- Apresentação de medidas para a redução da exposição e de protecção individual dos trabalhadores;
- Vigilância médica dos trabalhadores;
- Informação, formação e consulta dos trabalhadores sobre as temáticas referidas nos pontos anteriores.

3.7.1.1. Valores limite de exposição e valores de acção

Os valores limite de exposição e valores de acção, apresentados na Tabela 6, estão estabelecidos em relação a duas variáveis, $L_{EX,8h}$ e L_{Cpico} , bastando que uma delas seja ultrapassada para que o empregador se veja confrontado com a necessidade de tomar medidas.

$L_{EX,8h}$ - *Exposição pessoal diária ao ruído* - nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas (T_0), que abranja todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB (A), dado pela expressão 12.

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \cdot \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) \quad (12)$$

Sendo: T_e – duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho.

T_0 – duração de referência de oito horas (28 800 segundos).

$L_{Aeq,Te}$ – nível sonoro contínuo equivalente, calculado pela expressão 6, para o período T_e .

Nota: Os limites estão estabelecidos para $L_{EX,8h}$ ou para $\bar{L}_{EX,8h}$ - *Média semanal dos valores diários da exposição pessoal*, dada pela expressão 13.

$$\bar{L}_{EX,8h} = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{5} \cdot \sum_{k=1}^m 10^{0,1 \cdot L_{EX,8h,k}}\right) \quad (13)$$

Sendo: $(L_{EX,8h})_k$ - valores de $L_{EX,8h}$ para cada um dos (m) dias de trabalho na semana considerada.

L_{Cpico} - *Nível de pressão sonora de pico* - valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB (C), calculado através da expressão 14.

$$L_{Cpico} = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{Cpico}}{P_0} \right)^2 \quad (14)$$

Sendo: p_{Cpico} – valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto, ponderado C (em Pa).

p_0 – pressão sonora de referência = 2×10^{-5} Pa.

Tabela 6 – Valores limites de exposição e valores de acção para o ruído.

	$L_{EX, 8h}$ dB (A)	L_{Cpico} dB (C)	Obrigações do empregador (quando os valores são ultrapassados)	Observações
Valores de acção inferiores	80	135	<ul style="list-style-type: none"> Colocar à disposição dos trabalhadores protectores auditivos individuais adequados. Realizar exames audiométricos de 2 em 2 anos. 	-
Valores de acção superiores	85	137	<ul style="list-style-type: none"> Assegurar a utilização, pelos trabalhadores, de protectores auditivos individuais e adequados. Estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas ou organizacionais de forma a reduzir os riscos para os trabalhadores. Verificação anual da função auditiva e a realização de exames audiométricos. Avaliação de riscos realizada no mínimo 1 vez por ano. 	Na determinação da exposição do trabalhador ao ruído não são tidos em conta os efeitos decorrentes da utilização de protectores auditivos.
Valores limite de exposição	87	140	<ul style="list-style-type: none"> 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 protecção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas. 	Na determinação da exposição efectiva do trabalhador é tida em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protectores auditivos.

3.7.1.2. Metodologias e instrumentos para a determinação da exposição do trabalhador ao ruído

A medição do ruído é efectuada de acordo com o estabelecido nos Anexos I (medição do ruído) e II (instrumentos de medição) do Decreto-Lei em análise, de forma a permitir a determinação da exposição pessoal diária de um trabalhador ao ruído ($L_{EX, 8h}$), assim como a determinação do nível da pressão sonora de pico (L_{Cpico}) a que cada trabalhador está exposto.

Aspectos a ter em consideração na medição:

- Calibração do equipamento no início e no final de cada medição ou série de medições;
- *Posição de medição:*
 - As medições devem ser realizadas, sempre que possível, na ausência do trabalhador com a colocação do microfone na posição em que se situaria a orelha mais exposta;

- Quando tal não seja possível, o microfone deve ser colocado a uma distância de entre 0,10 m e 0,30 m em frente à orelha mais exposta do trabalhador – idêntica distância deve ser considerada na utilização dos dosímetros;
 - A direcção de referência do microfone deve ser, se possível, a do máximo ruído, determinado por um varrimento angular do microfone em torno da posição de medição.
- *Intervalo de tempo de medição:*
 - Escolhido de modo a medir e a englobar todas as variações importantes dos níveis sonoros nos postos de trabalho e de modo a que os resultados obtidos evidenciem repetibilidade;
 - Pode ser subdividido em intervalos de tempo parciais com o mesmo tipo de ruído, designadamente pelo ruído correspondente às diferentes actividades do posto de trabalho ou do seu ambiente de trabalho;
 - Pode corresponder à duração total da actividade, a uma parte desta duração e a várias repetições da actividade, de modo que seja possível obter níveis de exposição sonora ou níveis sonoros contínuos equivalentes, ponderados A, estabilizados a mais ou menos 0,5 dB (A).

Instrumentos a utilizar na medição, Figura 5:

- Cumprir no mínimo os requisitos equivalentes para os equipamentos de classe 2, sendo preferível a utilização de sonómetros de classe 1, para uma maior exactidão das medições;
- Uso de sonómetros integradores quando o ruído apresente variações de grande amplitude do L_{pA} ou para períodos de exposição do trabalhador irregulares;
- Dosímetros: que permitam determinar, o $L_{Aeq,T}$, ou o $L_{EX, 8h}$ e o L_{Cpico} . Estejam calibrados segundo o critério ISO, ao duplicar a energia sonora recebida, $L_{EX, 8h}$ aumenta 3 dB (A).

A medição do ruído é ainda objecto de registo, segundo o modelo do documento apresentado no Anexo 1 deste trabalho.



Figura 5 - Exemplo de um sonómetro e de um dosímetro.

3.7.1.3. Informação, formação e consulta dos trabalhadores

Sempre que no local se trabalho se verifique que os trabalhadores estão expostos a níveis de ruído iguais ou superiores ao nível de acção mínima, o empregador é obrigado a informá-los (por escrito ou oralmente) e, se necessário, dar-lhes formação sobre:

1. Os potenciais riscos para a segurança e a saúde advindos da exposição ao ruído durante o trabalho;
2. As medidas tomadas para eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição ao ruído, bem como das práticas de trabalho seguras que minimizem essa exposição;
3. Os valores limite de exposição e os valores de acção;
4. Os resultados das avaliações, das medições do ruído e a respectiva interpretação;
5. A correcta utilização dos protectores auditivos;
6. A utilidade e a forma de detectar e notificar os indícios de lesão;
7. A necessidade de vigilância médica nas situações apresentadas na Tabela 6.

Tratando-se de um processo dinâmico e que compreende diferentes intervenientes, é dada voz activa ao trabalhadores na:

- Avaliação dos riscos e identificação das medidas a tomar;
- Proposta de medidas destinadas a reduzir a exposição;
- Selecção de protectores auditivos.

O trabalhador terá ainda direito ao acesso, a seu pedido, do registo de saúde que lhe diga respeito.

3.7.2. Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais

O Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais, aprovado pela Portaria n.º 53/71 e alterado pela Portaria 702/80, tem por objectivo a prevenção técnica dos riscos profissionais e a higiene nos estabelecimentos industriais.

Na Secção IV é abordada a temática “Ruído e Vibrações”, Artigo 26.º e 27.º, que inclui as seguintes considerações:

- a) Nos locais de trabalho devem eliminar-se ou reduzir-se os ruídos e vibrações prejudiciais ou incómodos.
- b) Recomendação: *recomenda-se* que os valores limite de exposição ao ruído e às vibrações não ultrapassem os indicados em normas portuguesas.
- c) Nas situações em que haja riscos devidos ao ruído e às vibrações devem os mesmos ser eliminados ou reduzidos através de medidas técnicas adequadas e ou pela adopção de medidas complementares de organização do trabalho.
- d) Quando estas medidas não reduzirem o ruído e as vibrações até aos limites recomendados, o empregador deve colocar à disposição dos trabalhadores os dispositivos de protecção individual adequados.

É interessante observar que as inscrições contidas neste regulamento, e que dizem respeito ao ruído, estão igualmente contidas no Decreto-Lei n.º 182/2006. Dá-se prioridade às acções que visam a redução ou eliminação do ruído na fonte, e a exposição dos trabalhadores, através de medidas técnicas e de organização do trabalho que protejam preferencialmente o colectivo de trabalho, relegando para um nível inferior as medidas de protecção individual.

Tais medidas traduzem, no fundo, a transversalidade dos princípios gerais de prevenção, contidos no Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho (Lei n.º 102/2009), que visam atingir aquilo que o Código do Trabalho, Lei n.º 7/2009, preconiza no artigo 281.º “os trabalhadores têm direito a prestar trabalho em condições de segurança e saúde”.

3.7.3. Decreto-Lei n.º 352/2007

Este Decreto-Lei aprova a Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais e a Tabela Nacional para Avaliação de Incapacidades Permanentes em Direito Civil, a partir das quais se calcula a incapacidade do sinistrado ou doente e conseqüente direito à reparação.

No que concerne à otorrinolaringologia (capítulo IV), são de destacar os seguintes aspectos:

- A Surdez profissional é um conceito médico-legal, e não apenas clínico.
- Para avaliar, de forma efectiva, a acção do ruído sobre a cóclea, do ponto de vista lesivo, interessa caracterizá-lo como sonotraumático. O ruído do posto de trabalho só é sonotraumático a partir de $L_{Aeq} = 87$ dB.
- Os silêncios ou locais com ruído com nível não traumático permitem a recuperação da audição, sem lesão da cóclea. Nestes casos trata-se de fadiga auditiva, que é reversível sem sequelas. Por isso a pressão sonora destes locais deve entrar no cálculo do L_{eq} dB (A), quando o posto de trabalho for móvel, para efeitos de reparação.
- A ausência do estudo do ruído nos postos de trabalho e a ausência de medidas de prevenção nos locais e ambientes de trabalho responsabilizam os empregadores por quaisquer danos para os trabalhadores. O não uso de protectores auriculares pelo trabalhador, quando fornecidos pelo empregador, é considerada atitude dolosa do trabalhador.
- O chamado escotoma, vale ou entalhe centrado nos 4000 Hz, no traçado audiométrico, como dado isolado, não permite o diagnóstico de trauma sonoro, por não ser *patognomónico* (sinal próprio e característico da doença). Este acidente do traçado pode ocorrer noutras situações que nada têm a ver com o ruído.
- O diagnóstico de surdez profissional deve basear-se sempre em três factores:
 - Tempo mínimo de exposição;
 - Ruído com características sonotraumáticas;
 - Imagem de lesão no traçado audiométrico.
- Ao L_{Aeq} (dB) do posto de trabalho deve ser subtraído o coeficiente de atenuação do protector auricular, efectivamente usado pelo trabalhador, para ser obtido o valor verdadeiro da pressão sonora que atingiu a cóclea do trabalhador.
- Nos traçados audiométricos:

- O simples escotoma centrado nos 4000 Hz não permite o diagnóstico de surdez profissional;
- O RINNE fechado ou quase fechado não traduz lesão coclear pelo ruído;
- A simples inclinação do traçado audiométrico sobre as frequências agudas não traduz surdez profissional, antes *senescência* (envelhecimento) da cóclea ou lesão de outra origem e, só por si, nunca permite o diagnóstico de surdez profissional.
- Existe nexó de causalidade quando estão reunidos e bem caracterizados:
 - O tempo mínimo de exposição efectiva ao ruído;
 - A característica sonotraumática desse mesmo ruído no posto de trabalho;
 Só neste caso o escotoma de 4000 Hz, no traçado audiométrico, pode impor o diagnóstico de surdez profissional, se outra causa não for identificada.
- Hipoacusia
 - As perdas médias ponderadas devem ser calculadas sobre as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 HZ. A perda média é a média aritmética ponderada das perdas observadas nas frequências de 500Hz, 1000Hz, 2000Hz e 4000Hz, sendo os coeficientes de ponderação, respectivamente, 2, 4, 3 e 1.
 - O direito à indemnização ou reparação ocorre a partir de 35 dB de perdas médias ponderadas no melhor ouvido.

3.8. Controlo do ruído

Nos locais de trabalho em que se verifiquem níveis de ruído excessivos devem ser tomadas medidas de controlo que conduzam à diminuição até níveis sonoros considerados aceitáveis, Tabela 7.

Tabela 7 – Medidas de controlo tendo em vista a redução da exposição dos trabalhadores a níveis sonoros excessivos, adaptado de (Miguel, 2010).

Âmbito	Nível de acção	Observações
Medidas organizacionais	Administrativo	Têm em vista a redução dos <i>níveis sonoros</i> ou do <i>tempo de exposição</i> por intermédio de medidas de planificação e organização do trabalho .
Medidas construtivas ou de engenharia	Fonte produtora de ruído	Alteração/adaptação das máquinas existentes com mecanismos que reduzam a produção de ruído .
	Vias de propagação	Visam controlar o ruído na sua trajectória de propagação, por utilização de materiais absorventes (corrigem o ruído emitido num determinado compartimento, diminuindo assim a <i>energia sonora reflectida</i>) e isolantes (reduzem a quantidade de <i>energia sonora transmitida</i> entre locais contíguos).
Medidas de protecção individual	Receptor	Utilização de equipamentos de protecção individual.

Preferencialmente, devem ser aplicadas medidas que protejam o colectivo de trabalho, daí a importância da consideração e avaliação dos riscos de exposição ao ruído excessivo na fase de projecto, para que a planificação dos postos, processos e equipamentos de trabalho seja realizada segundo uma lógica de minimização deste risco.

Evidentemente, estas considerações estão condicionadas pela sensibilidade do empregador para a temática, pela capacidade da empresa realizar os investimentos necessários, bem como pela caracterização, por parte dos fabricantes de equipamentos, do ruído gerado.



3.8.1. Protecção individual auditiva

3.8.1.1. Classificação dos protectores auditivos

Os protectores auditivos são equipamentos de protecção individual, que reduzem a propagação do ruído desde a fonte sonora até ao ouvido médio, procurando evitar dessa forma um dano na audição, podendo ser classificados segundo a forma de atenuação - passivos ou activos - ou segundo o tipo - tampões ou abafadores/protectores auditivos - Tabela 8.

- Passivos – A atenuação é conferida apenas de forma mecânica – são equipamentos simples e de baixo custo.
- Activos – Incorporam dispositivos electrónicos que regulam a atenuação em função do espectro e/ou do nível de pressão sonora – são equipamentos mais avançados e de custo superior, mas que são de aplicação recomendada em situações em que a percepção e clareza do som é fundamental.
- Tampões – Protectores auditivos que se introduzem na cavidade do pavilhão auricular ou no canal auditivo.
- Abafadores / Protectores auriculares – Protectores auriculares em forma de calotes posicionados contra os pavilhões auriculares, estando conectados por uma banda que exerce pressão, ou ligados a um capacete.

Tabela 8 – Classificação dos protectores auditivos.

Classificação	Principais características	Figura
Passivos		
Tampões pré-moldados	Possuem a forma final de utilização. São usualmente fabricados em silicone e com o intuito de serem reutilizados.	
Tampões moldáveis	Constituídos por materiais poliméricos, são moldados pelo utilizador, expandindo-se no interior do canal auditivo, podendo ser descartados ou reutilizados.	

Tampões moldados individualmente	Obtidos a partir de um molde do canal auditivo do utilizador, são fabricados em materiais acrílicos ou silicone.	
Tampões ligados por banda	Tampões pré-moldados ou moldáveis ligados por uma banda rígida ou flexível.	
Abafadores / Protectores auriculares passivos	Constituídos por calotes usualmente unidas por bandas de cabeça, de queixo ou bandas universais.	
Activos		
Protectores auriculares de Redução Activa do Ruído (RAR)	Incorporam um sistema electrónico que permite alcançar uma atenuação adicional nas baixas frequências.	
Protectores auriculares de comunicação	Possuem um sistema por cabo ou sem fios que permite receber mensagens, alarmes ou mesmo programas de entretenimento (incluindo rádio receptor).	

3.8.1.2. Metodologia para o cálculo da atenuação fornecida por protectores auditivos

Existem diferentes metodologias para o cálculo da atenuação fornecida pelos protectores auditivos, incluindo:

- Método de Banda de Oitava
- Método HML
- Método SNR

Método de Banda de Oitava

Este é o método tido como mais detalhado, fiável e preciso para a determinação da atenuação, sendo aquele recomendado pela legislação nacional - Decreto-Lei 182/2006.

Neste método é feito o cálculo das atenuações médias M_f e dos desvios padrões associados s_f , para cada uma das bandas de frequência de oitava normalizadas.

Procedimento:

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

Para cada banda de oitava, [L₆₃, L₁₂₅, ... L₈₀₀₀] Hz, calcular o nível global de acordo com a expressão 15.

$$L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_f + 2 \cdot S_f \quad (15)$$

Sendo: L_n – nível global dB(A);

M_f – Atenuações médias do *protector auditivo* indicadas pelo fabricante [dB];

S_f – Desvios padrão das atenuações do protector, indicadas pelo fabricante [dB];

Com os níveis globais, calcular $L_{Aeq,Tk,efect}$, o nível sonoro contínuo equivalente efectivo (aquele a que o trabalhador está efectivamente exposto quando *está equipado com protecção auditiva*), de cada ruído k a que o trabalhador esteja exposto, expressão 16.

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \cdot \log \sum_n 10^{0,1 \cdot L_n} \quad (16)$$

Para calcular a exposição diária efectiva, $L_{EX,8h,efect}$, [dB(A)], é necessário somar logaritmicamente o nível sonoro contínuo equivalente efectivo de cada ruído k , ponderando pelo tempo de exposição e pelo período de referência de 8 horas, expressão 17.

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \cdot \log \left[\left(\frac{1}{8} \right) \sum_{k=1}^{k=n} T_k \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,Tk,efect}} \right] \quad (17)$$

Método HML

Este método implica a determinação de três índices H, M, L (usualmente fornecidos pelo fabricante) para ruídos que apresentem espectros dominantes, nomeadamente nas altas, médias ou baixas frequências. O nível sonoro contínuo equivalente efectivo (aquele a que o trabalhador está efectivamente exposto quando *está equipado com protecção auditiva*) é determinado calculando o PNR (*Predicted Noise Reduction*) e subtraindo este valor ao nível de pressão sonora ponderado A, expressão 18.

$$L_{Aeq,Tk,efect} = L_A - PNR \quad (18)$$

O cálculo do PNR é função da diferença entre os níveis de pressão sonora ponderados A e C:

- Se $(L_c - L_A) \leq 2$ tem-se ruídos com espectro relevante nas médias / altas frequências:

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} \cdot (L_C - L_A - 2dB) \quad (19)$$

- Se $(L_c - L_A) > 2$ tem-se ruídos com espectro relevante nas baixas frequências:

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2dB) \quad (20)$$

O cálculo da exposição diária efectiva, $L_{EX,8h,efect}$, é realizado por meio da expressão 17.

Método SNR

Este método é que apresenta uma aplicação mais rápida e simples, contudo será também o menos preciso. A aplicação deste método implica a medição do nível de pressão sonora ponderado C do ruído e do índice SNR (Single Number Rating) de determinado protector (valor usualmente indicado pelo fabricante). O nível sonoro contínuo equivalente efectivo (aquele a que o trabalhador está efectivamente exposto quando *está equipado com protecção auditiva*) é calculado por meio da expressão 21.

$$L_{Aeq,Tk,efect} = L_C - SNR \quad (21)$$

O cálculo da exposição diária efectiva, $L_{EX,8h,efect}$, [dB(A)], é realizado por meio da expressão 17.

3.9. Programas de conservação da audição

Os programas de conservação da audição (PCA) abarcam um conjunto de ferramentas que visam a prevenção da surdez por exposição ao ruído ocupacional.

A efectiva implementação de um PCA contribui igualmente para um acréscimo da moral e sensação de bem-estar dos trabalhadores, incrementando os níveis e qualidade da produção individual e colectiva de uma equipa de trabalho.

Os PCA podem ser desenvolvidos tendo em consideração cinco aspectos fundamentais, que incluem a:

1. Avaliação e monitorização do ruído ocupacional
2. Implementação de medidas colectivas e individuais de controlo do ruído
3. Avaliação e monitorização da função auditiva dos trabalhadores
4. Formação e consciencialização dos trabalhadores
5. Organização e arquivo dos registos

3.9.1. Avaliação e monitorização do ruído ocupacional

A definição de um programa de avaliação e monitorização do ruído ocupacional é o ponto de partida para o desenvolvimento de um PCA. Deve possibilitar a correcta identificação dos trabalhadores com probabilidade de estarem expostos a ruído excessivo, bem como ser actualizado quando as condições de trabalho se alterem de forma significativa (por alterações na produção, processo ou equipamentos).

A caracterização da exposição de cada trabalhador deve ser rigorosa e incluir os distintos níveis sonoros, contínuos, intermitentes e impulsivos, os tempos de exposição e por fim o cálculo da exposição pessoal diária. Para tal é fundamental caracterizar de forma rigorosa as fontes de ruído nos locais de trabalho.

Os trabalhadores devem ser notificados sobre os resultados das medições, sendo de realçar as situações em que estes se encontrem acima do nível de acção inferior.

3.9.2. Implementação de medidas colectivas e individuais de controlo do ruído

Como referido no ponto 3.7, no caso de se verificarem níveis de exposição pessoal diária superiores aos valores legalmente estabelecidos, Tabela 6, é importante que sejam tomadas medidas de controlo e minimização deste risco.

A prioridade deve ser dada às medidas de protecção colectiva (organizacionais e/ou de engenharia). No caso de tal ser considerado inviável (desde um ponto de vista técnico/económico), esses locais de trabalho devem ser sinalizados como zonas de utilização obrigatória de protecção auditiva e os EPI devem ser fornecidos de forma gratuita ao trabalhador, estando a responsabilidade de supervisão da efectiva utilização, a cargo da entidade empregadora.

Para alcançar uma protecção eficaz, é indispensável que os protectores a utilizar sejam considerados em função dos níveis de exposição dos trabalhadores e da sua capacidade de atenuação. É importante que no momento da decisão final, seja dada uma oportunidade de escolha ao trabalhador, reduzindo o potencial efeito de rejeição e de não identificação com o protector a utilizar.

Os protectores devem ser de utilização individual e exclusiva, estar correctamente identificados e ser substituídos periodicamente.

3.9.3. Avaliação e monitorização da função auditiva dos trabalhadores

Identificados os trabalhadores que potencialmente estão expostos a níveis sonoros elevados, é de especial relevância a avaliação e o acompanhamento regular da sua função auditiva, uma vez que as perdas auditivas não se farão notar de imediato na percepção auditiva do indivíduo (apenas de uma forma gradual), sendo contudo evidenciadas nas audiometrias. Os resultados destas permitem desencadear novas acções de controlo do risco, contribuindo ainda para a sensibilização e motivação dos trabalhadores para actuarem e se protegerem face àquele, uma vez que se tornam conscientes de que, apesar de no dia-a-dia não sentirem diferenças ao nível da audição, na realidade a sua capacidade vai sendo progressivamente diminuída.

3.9.4. Formação e consciencialização dos trabalhadores

No sentido de consciencializar os trabalhadores para o risco a que potencialmente estão sujeitos, é importante que um programa de formação seja estabelecido e periodicamente actualizado, capaz de acompanhar eventuais alterações nas fontes ruidosas ou nos equipamentos de protecção.

O conteúdo dessa formação deve estar conforme ao que é preconizado na legislação nacional (apresentados no ponto 3.7.1.3), permitindo ao trabalhador identificar o risco e proteger-se, devendo incluir temáticas como os efeitos do ruído sobre a audição, os propósitos da protecção auditiva, as vantagens/desvantagens, as instruções de uso e conservação dos protectores, enfatizando a importância de utilização da protecção inclusive em curtos períodos de exposição.

De referir que os resultados obtidos nas audiometrias incluem a perda auditiva real e total dos trabalhadores (e não apenas a que é induzida pela exposição ao ruído ocupacional). A inclusão de correcções nos audiogramas em virtude das perdas por presbiacusia, pode desvirtuar o resultado da mesma, uma vez que se tende a generalizar todos os indivíduos como pertencentes ao percentil 50º. Deste modo, não se fomentam práticas preventivas nem se

protege o trabalhador, uma vez que o valor da perda calculada será inferior ao real, mascarando assim os resultados.

3.9.5. Organização e arquivos dos registos

A organização dos registos, nomeadamente daqueles relativos à avaliação do ruído, dos exames audiométricos, do controlo do ruído (especificamente da protecção auditiva disponibilizada) e da formação dada aos trabalhadores, permitirá rastrear futuras situações de doenças profissionais, bem como assegurar a devida avaliação e promoção de medidas de controlo do risco ao longo dos anos.

4. Metodologia

A realização deste trabalho incluiu 3 fases distintas:

1. Contacto inicial e caracterização geral da empresa colaboradora neste estudo;
2. Aquisição dos dados necessários à prossecução dos objectivos;
3. Análise e tratamento estatístico da informação recolhida.

4.1. Caracterização geral da empresa

Numa primeira fase procurou-se conhecer a história da instalação fabril, os produtos e as etapas do processo produtivo, procurando identificar, *a priori*, as zonas onde se registam níveis de pressão sonora mais elevados. Obtiveram-se ainda dados relativos à organização e estrutura dos diferentes departamentos, bem como de características do corpo social da empresa (nomeadamente idade e ano de entrada na empresa).

4.2. Aquisição dos dados necessários à prossecução dos objectivos

A informação foi recolhida seguindo 3 vias:

1. Consulta e análise dos estudos gerais do ruído realizados pelo departamento de segurança da fábrica - obteve-se desta forma o nível sonoro histórico de exposição individual ($L_{EX,8h}$) para cada trabalhador da organização e ainda uma caracterização do ruído em cada um dos distintos sectores de produção. A partir desta informação seleccionaram-se os funcionários a estudar.
Foram seleccionados 2 grupos de trabalhadores: um grupo exposto a $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A) e um segundo grupo exposto a níveis significativamente mais reduzidos (grupo de controlo).
2. Consulta e análise do histórico dos exames audiométricos realizados pela empresa – informação indispensável para o cálculo das perdas auditivas.
3. Realização de inquéritos aos trabalhadores integrantes do estudo, procurando conhecer o histórico clínico, profissional e pessoal com interesse e relevância para o estudo.

4.2.1. Estudos gerais do ruído

Os estudos gerais do ruído encontravam-se apenas em suporte de papel. Desta forma, foi necessário identificar, transferir e compilar toda a informação numa folha de cálculo de EXCEL, possibilitando assim o seu tratamento estatístico. Estes estudos incluíam a caracterização do ruído ocupacional nos diferentes locais de trabalho da fábrica, bem como o preenchimento, para cada trabalhador, do *quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária ao ruído durante o trabalho*.

4.2.2. Exames audiométricos

Os exames audiométricos existentes no arquivo do departamento da medicina do trabalho encontravam-se em suporte de papel (audiogramas realizados antes do ano 2000) estando as mais recentes em suporte digital gráfico. O suporte digital não permitia contudo o acesso directo aos dados, pelo que houve necessidade de transcrever a informação toda para uma folha de cálculo EXCEL e assim possibilitar o seu tratamento estatístico.

4.2.3. Inquéritos

O inquérito realizado aos trabalhadores foi dividido em 4 secções, tendo sido preenchido de forma individual e em suporte de papel por cada um dos trabalhadores seleccionados.

A primeira parte, referente à identificação, visava obter informação relativa ao posto de trabalho ocupado e às habilitações literárias do indivíduo, bem como um código identificador para permitir o cruzamento da informação obtida com os restantes dados, Tabela 9.

Tabela 9 – Inquérito aplicado aos trabalhadores, secção 1 – Identificação

1. Identificação								
Número do trabalhador (com 5 dígitos):								
Posto de trabalho:								
Escolaridade:	Até ao 4º ano		4º ano - 9º ano		9º ano - 12º ano		Superior ao 12º ano	

Na segunda parte, referente à história de exposição ao ruído, procurou-se caracterizar-se e registar eventuais situações de exposição a ruído excessivo, fora do local e ambiente de trabalho, quer por exposições de âmbito profissional anteriores à entrada na empresa em estudo, quer por exposições em momentos de lazer / tempos livres, Tabela 10.

Tabela 10 – Inquérito aplicado aos trabalhadores, secção 2 – História de exposição ao ruído.

2. História de exposição ao ruído				
2.1 Profissional				
Antes de trabalhar nesta empresa, desenvolveu alguma actividade noutras empresas? Se sim, diga qual o tipo de actividade desenvolvida nas 2 últimas? (por exemplo: construção civil, pesca, oficina de reparação automóvel, comércio, fabrico de calçado, indústria metalomecânica, notário, escritório, etc.).				
Sim		Não		
			Qual o tipo de exposição ao ruído?	
			Pouco intensa	Intensa
			Muito Intensa	Qual a duração? (nº de anos)
Actividade 1:				
Actividade 2:				
2.2 Não profissional → Exposição decorrente de eventos ocorridos fora da empresa:				
Actividade / Origem do ruído		Sim		Não
Prestou serviço militar?				
Esteve deslocado em cenários de guerra?				
Pratica caça ou tiro?				
Pratica automobilismo, motociclismo ou outros desportos motorizados?				

Costuma utilizar ferramentas ruidosas (berbequins, fresas, martelos, etc.), por exemplo numa oficina doméstica?		
Desenvolve actividades ou visita frequentemente discotecas ou espectáculos musicais?		
Foi vítima de rebentamentos ou explosões?		
Outra? Qual?		

Na terceira parte, despistou-se a existência de características pessoais e familiares, ou de eventos clínicos, que potenciam as perdas auditivas, Tabela 11.

Tabela 11 – Inquérito aplicado aos trabalhadores, secção 3 – Antecedentes.

3. Antecedentes		
3.1 Familiares	Sim	Não
Tem familiares com problemas de surdez?		
3.2 Pessoais	Sim	Não
Fuma ou fumou de forma habitual?		
Tem diabetes?		
Sofreu algum traumatismo craniano?		
Tem / teve algum problema nos <u>ouvidos</u> ? - (<i>otites, rompimentos dos tímpanos, intervenções cirúrgicas, etc.</i>)		
Tem / teve alguma doença infecciosa (<i>rubéola, meningite, sarampo, febre tifóide, sífilis etc.</i>)?		
Recebeu tratamentos com medicamentos potencialmente ototóxicos, contendo <i>quinino, salicilatos, gentamicina, cenamomicina, etc.</i>		
3.3 Exposição profissional a substâncias ototóxicas	Sim	Não
Trabalhou com chumbo, benzeno, tolueno, mercúrio ou monóxido de carbono?		

Por último, na secção 4, Tabela 12, referente à protecção auditiva, procurou-se indagar os hábitos de utilização de EPI's pelos trabalhadores. A opção de resposta, "Sempre / Frequentemente" ou "Às vezes / Nunca" foi introduzida em contraste com a habitual opção de "Sim ou Não". Tal, é justificado pela consciência de que os trabalhadores que ora utilizam, ora não utilizam protecção auditiva, seriam induzidos a dar uma resposta positiva, apesar de a consequência dessa prática de utilização ser semelhante à não utilização da mesma. A questão referente à percepção do estado auditivo procura confrontar a resposta dos trabalhadores com a real acuidade auditiva daqueles, potencialmente evidenciada pelos resultados das audiometrias.

Tabela 12 – Inquérito aplicado aos trabalhadores, secção 4 – Protecção auditiva .

4. Protecção auditiva		
	Sempre / Frequentemente	Às vezes / Nunca
Costuma utilizar protecção auditiva?		

	Tampões	Abafadores
Qual o tipo de protector que utiliza?		
Percepção individual do estado auditivo	Sim	Não
Ouve bem?		
Sente zumbidos (acufenos ou <i>tinnitus</i>) nos ouvidos?		

4.3. Análise e tratamento estatístico da informação recolhida

Os dados obtidos foram compilados numa folha Excel e posteriormente analisados do ponto de vista estatístico, procurando caracterizar a amostra em estudo bem como alcançar um dos objectivos inicialmente propostos: «Verificar a existência de uma correlação matemática entre a variável dependente “perdas auditivas” e as variáveis independentes “nível sonoro”, “tempo de exposição” e “idade”».

A amostra foi descrita segundo descritores básicos: valores médios, desvios-padrão, valores máximos e mínimos.

De seguida testou-se uma regressão multivariável tetradimensional, determinando os coeficientes de regressão do hiperplano de regressão, bem como os respectivos coeficientes de correlação. Testou-se ainda a linearização (logaritmização) das variáveis, procurando verificar se existiria uma melhoria da correlação.

O modelo de regressão é dado pela expressão 21.

$$X_1 = a + b \cdot X_2 + c \cdot X_3 + d \cdot X_4 \quad (21)$$

Sendo: X_1 – variável dependente.

X_i ($i = 2,3,4$) – variáveis independentes.

Os coeficientes de regressão são determinados pela resolução do seguinte sistema de equações normais (sendo n o tamanho da amostra), expressão 22.

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_2 & \sum x_3 & \sum x_4 \\ \sum x_2 & \sum x_2^2 & \sum x_2 x_3 & \sum x_2 x_4 \\ \sum x_3 & \sum x_2 x_3 & \sum x_3^2 & \sum x_3 x_4 \\ \sum x_4 & \sum x_2 x_4 & \sum x_3 x_4 & \sum x_4^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x_1 \\ \sum x_1 x_2 \\ \sum x_1 x_3 \\ \sum x_1 x_4 \end{bmatrix} \quad (22)$$

O coeficiente linear de correlação múltipla é calculado através da expressão 23.

$$r_{1.234} = \sqrt{1 - (1 - r_{12}^2)(1 - r_{13.2}^2)(1 - r_{14.23}^2)} \quad (23)$$

Os coeficientes de correlação parciais de ordem zero são calculados segundo a expressão 24.

$$r_{ij} = \frac{n \sum x_i x_j - \sum x_i \cdot \sum x_j}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum x_j^2 - (\sum x_j)^2]}} \quad (24)$$

Os coeficientes de correlação parciais de primeira ordem são calculados através da expressão 25.

$$r_{ij.k} = \frac{r_{ij} - r_{ik} \cdot r_{jk}}{\sqrt{(1 - r_{ik}^2)(1 - r_{jk}^2)}} \quad (25)$$

Os coeficientes de correlação parciais de segunda ordem são calculados através da expressão 26.

	$r_{ij,kl} = \frac{r_{ijk} - r_{ilk}r_{jl,k}}{\sqrt{(1-r_{il,k}^2)(1-r_{jl,k}^2)}} = \frac{r_{ij,l} - r_{ik,l}r_{jk,l}}{\sqrt{(1-r_{ik,l}^2)(1-r_{jk,l}^2)}} \quad (26)$	
--	--	--

Por fim, o erro padrão da estimativa é dado pela expressão 27.

$$s_{1,234} = s_1 \cdot \sqrt{1 - r_{1,234}^2} \quad (27)$$

Sendo: s_1 – desvio padrão da variável X_1 .

5. Resultados e Discussão

5.1. Caracterização geral da empresa

Os dados que serviram de base a este estudo foram recolhidos na empresa *Europac Kraft Viana*, fábrica produtora de papel *Kraftliner*, situada em Deocriste, Viana do Castelo.

A fábrica arrancou oficialmente a sua operação, em contínuo, em Janeiro de 1974, com uma capacidade inicial instalada de 136 000 ton/ano, tendo atingido a produção de 53 347 toneladas no seu primeiro ano de funcionamento.

No ano de 1979, e ainda com a capacidade inicial instalada, foi atingida a produção global de 155 533 toneladas e em 1980 foi iniciada a primeira ampliação para a capacidade de 174 000 ton/ano, a qual ficou instalada a partir de fins de 1981, tendo atingido 177.081 toneladas em 1984.

O Projecto de Desenvolvimento e Optimização de Viana, concretizado em 1987, permitiu elevar a capacidade anual de produção para 220 000 toneladas, através da reciclagem de papéis velhos.

No final de 1997 ficou concluído o novo Projecto de Modernização e *Optimização de Viana* fixando a capacidade de produção em 270 000 ton/ano, Figura 6. Tal como no projecto anterior, este acréscimo de produção foi conseguido através de uma maior incorporação de papéis velhos.

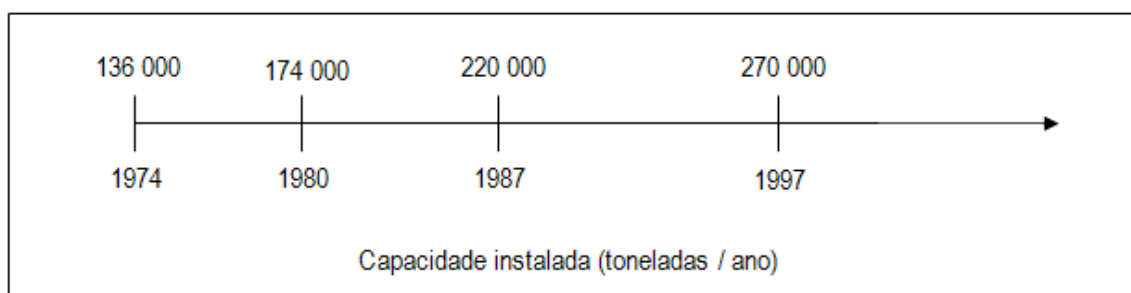


Figura 6 - Evolução da capacidade instalada na fábrica.

5.1.1. Produto

PORTOLINER é a designação comercial do principal produto fabricado na Europac Kraft Viana – papel *Kraftliner*, Figura 7 – destinado à indústria de embalagem de cartão canelado. Produzido em gramagens compreendidas entre 115 e 275 g/m², é constituído por duas camadas de forma a diferenciar as propriedades das duas faces: a de base, mais apta à colagem da caneladura, e a de cobertura, com melhor acabamento.



Figura 7 - Carretéis de PORTOLINER

A diversificação da aplicação das embalagens de cartão canelado (produtos frutícolas e hortícolas, embalagens para empilhamento, embalagem de apresentação) tem vindo a apelar sucessivamente a novas características do *Kraftliner*, para além da tradicional resistência ao rebentamento: resistência à compressão, rigidez, comportamento em atmosfera húmida, características de superfície.

5.1.2. Processo produtivo

O produção do papel implica 4 etapas principais, a:

1. Preparação de madeiras;
2. Produção de pasta de papel;
3. Produção de pasta de papel velho;
4. Produção de papel.

O desenvolvimento destas etapas é ainda apoiada por 2 sectores, a:

1. Central de energia;
2. Recuperação química.

A interação destes componentes está representada na Figura 8.

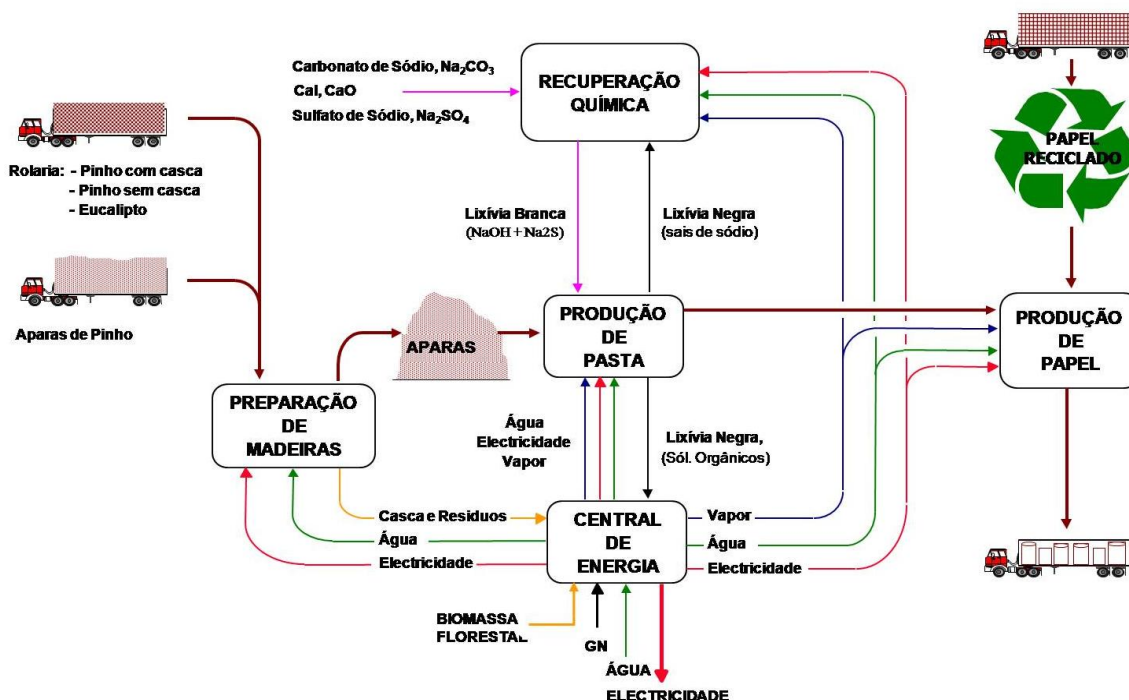


Figura 8 - Interação entre os principais sectores constituintes do processo produtivo.

O conhecimento e a análise das etapas do processo produtivo, permitem identificar e avaliar as principais fontes de ruído ocupacional.

5.1.2.1. Preparação de Madeiras

A matéria-prima utilizada no processo é basicamente a madeira de pinho que a fábrica recebe sob a forma de rolaria com e sem casca, aparas e costaneiras de serração, complementada com madeira de eucalipto, sendo esta recepcionada sob a forma de rolaria com e sem casca.

A madeira é, sucessivamente, descascada e/ou lavada e reduzida a aparas de pequena dimensão que, após crivagem para separação de finos e serradura, são enviadas por transporte pneumático para as pilhas de aparas, Figura 9. A sua retoma para o processo de fabrico de pasta faz-se por meio de transportadores de correntes duplas

de velocidade variável colocadas sob as pilhas e o seu doseamento aferido por balanças que pesam em contínuo a madeira que sai das pilhas.

A casca e a fracção rejeitada na crivagem recebem um tratamento adicional num *tritador* antes de serem enviadas para um silo, onde se juntam com a biomassa proveniente do exterior, sendo transportadas para a caldeira de biomassa onde são queimadas para produção de vapor.



Figura 9 - Vista parcial do parque e dos destroçadores de madeira.

5.1.2.2. Produção de Pasta

As aparas provenientes das pilhas são sujeitas a uma crivagem por espessuras sendo conduzidas por um transportador de tela para o digestor.

A pasta é produzida pelo processo *Kraft* ao sulfato de alto rendimento num digestor contínuo Kamyr, Figura 10. A lixívia de cozimento é à base de soda cáustica e sulfureto de sódio. Após o cozimento, a pasta é lavada em contracorrente dentro do digestor.

A pasta descarregada é logo desfibrada e submetida a um tratamento de refinação a quente numa bateria de refinadores de disco em paralelo.

A classificação da fibra, Figura 11, é efectuada por crivagem em circuito fechado e a lavagem é processada em 2 filtros rotativos de vácuo e numa prensa de lavagem.



Figura 10 - Digestor contínuo Kamyr.

5.1.2.3. Preparação da pasta para a produção de papel

A partir das torres de alta consistência a pasta é diluída e enviada para os circuitos separados de preparação das duas camadas que constituem a folha de papel – camada de base e cobertura. Nesta fase, as operações mais importantes são a refinação e a adição de alguns produtos químicos para conferir características de resistência ao papel. À pasta da camada de base é adicionada pasta de fibra secundária proveniente da instalação de reciclagem de papel velho.



Figura 11 - Fibras de papel.

Seguidamente, a pasta sofre uma forte diluição nas bombas de mistura, após o que é crivada e enviada para as caixas de chegada da *Máquina de Papel*.

5.1.2.4. Produção de Papel

O Papel é constituído por duas camadas formadas separadamente na máquina do papel, Figura 12.

A pasta da camada de base é lançada sobre a teia que roda sobre a mesa de formação inferior do tipo “fourdrinier”, com 28 metros de comprimento. A pasta da camada de cobertura é lançada num formador superior do mesmo tipo, com 10 metros de comprimento. A junção das duas camadas realiza-se sobre a mesa de base a cerca de um terço do seu final. A drenagem da água faz-se



Figura 12 - Máquina do papel.

por efeito da gravidade e de *vácuo*, obtido através de “foils” e de caixas de sucção. Em 2009 foi instalada um *Topformer* que contribui decisivamente para o aumento da capacidade de drenagem na mesa da base de formação.

Após sair do “fourdrinier” inferior a folha passa por um *cilindro aspirante*, é destacada da teia pela acção de um rolo “pick-up” e é enviada para a secção de prensas. Pelo efeito de *prensagem* o papel perde parte da água que ainda contém, sendo essa água transferida para os feltros.

A folha de papel atravessa depois a secção de secagem constituída por 71 cilindros aquecidos a vapor. No interior desta secção o papel é sujeito a uma prensa de alisamento.

Por fim, o papel sai da secagem e é enrolado em *carretéis* de forma contínua. Terminado o enrolamento de cada carretel, este é transferido para uma bobinadora onde é cortado de acordo com as larguras encomendadas pelos clientes.

5.1.2.5. Recuperação Química

A lixívia negra extraída do digestor é concentrada numa bateria de evaporadores de 6 efeitos e num concentrador de lamelas do tipo “película descendente”.

A lixívia concentrada é misturada com o sulfato de sódio, juntamente com os sólidos recuperados no electrofiltro, provenientes de arrasto dos gases de combustão da caldeira.

Em seguida é queimada numa caldeira de recuperação. Além da produção de vapor de alta pressão, recuperam-se ainda os sais inorgânicos fundidos que escorrem para o fundo da fornalha e são recolhidos no tanque de “*smelt*”. Após dissolução com lixívia branca fraca é constituída a chamada lixívia verde que será transformada, numa reacção de caustificação, em lixívia branca para o cozimento.



Figura 13 - Forno da cal.

As lamas de carbonato de cálcio resultantes da reacção são calcinadas num *forno rotativo*, com capacidade de produção, regenerando desta forma a cal necessária à caustificação, Figura 13. Para compensar as perdas no circuito, adiciona-se uma reduzida quantidade de calcário moído.

5.1.2.6. Papel reciclado

A reciclagem de papéis velhos visa o aproveitamento de fibras celulósicas dos papéis e cartões usados para a produção de papéis novos.

As mais importantes operações da instalação de processamento, Figura 14, são a desfibração, a crivagem, a depuração e o espessamento da pasta produzida.

Na operação de desfibração, os papéis são sujeitos a *forte turbulência por acção de um rotor*, obrigando a separação das fibras e a sua mistura com água de forma a obter, de novo, pasta. Os arames que acompanham os fardos de papel são removidos nesta operação, arrastando os materiais estranhos de maiores dimensões.

Na crivagem, separam-se as partículas cuja dimensão é superior à das fibras, utilizando-se *crivos de pressão* em duas fases: a crivagem grossa, utilizando furos de 2,6 mm de diâmetro e a crivagem fina, com ranhuras de 0,15 mm de largura.

A depuração consiste na eliminação das partículas pesadas e leves, recorrendo à utilização de *depuradores centrífugos*.

Finalmente, a pasta é espessada e armazenada em duas torres de alta consistência.



Figura 14 - Instalação de fibra secundária.

5.1.2.7. Central de Vapor

A maior parte do vapor produzido é gerada na Caldeira de Recuperação, a qual queima a lixívia negra do processo.

A nova Caldeira de Biomassa (instalada em 2006) queima, simultaneamente, casca e resíduos de madeira, rejeitados da reciclagem de papéis velhos, lamas do tratamento de efluentes e resíduos silvícolas.

Em 2005 foi instalado um ciclo combinado a gás natural, através de uma turbina e de uma Caldeira Recuperativa com capacidade de pós-combustão. A produção de electricidade passou nesta altura a ser excedentária quando comparada com o consumo na fábrica.

Todo o vapor gerado na Caldeira de Recuperação, Caldeira de Biomassa e Caldeira Recuperativa alimenta um Turbogenerador, de tripla extracção e condensação. As três extracções de vapor alimentam as redes de vapor para os sopradores da Caldeira de Recuperação, as redes de média e de baixa pressão, respectivamente, destinando-se a ser consumido no processo de fabrico.

5.1.3. Principais fontes de ruído ocupacional

A visita à instalação fabril e a consulta dos estudos gerais do ruído, permitiu constatar que o processo fabril é gerador de níveis de pressão sonora bastante elevados, registando-se com certa frequência valores próximos dos 100 dB (A), nas imediações de equipamentos bastante utilizados, como motores, bombas, ventiladores, etc.

A zona de geração de ruído mais elevado é a área de preparação de madeiras, consequência do funcionamento dos descascadores, trituradores e crivos.

É contudo de assinalar o notável esforço que a empresa tem dedicado ao controlo e minimização do ruído, sobretudo pela aposta séria em soluções construtivas (considerando-as inclusive na fase de projecto de novas instalações) e de protecção individual. A Figura 15 apresenta diversos exemplos de medidas de engenharia implementadas em equipamentos especialmente problemáticos, com o intuito de diminuir o nível de pressão sonora / vibrações emitidos por aqueles.



Figura 15 - Exemplos de medidas de engenharia, implementadas para diminuir o nível de pressão sonora emitido por alguns equipamentos.

5.2. Descrição das variáveis em estudo e recolhidas na instalação industrial

5.2.1. Tempo de exposição ao ruído ocupacional

O período de tempo considerado neste estudo é variável para cada trabalhador, sendo função do ano de entrada na empresa e do ano no qual se realiza o exame audiométrico. Por exemplo, para um trabalho que tenha entrado na empresa em 1980 e para o qual se tenha realizado uma audiometria no ano de 2004, o tempo de exposição considerado seria de 24 anos.

5.2.2. Idade do trabalhador

À semelhança do tempo de exposição ao ruído ocupacional, o valor da idade considerado neste estudo corresponde à diferença entre o ano no qual realizou a audiometria e o ano de nascimento. Por exemplo, para um trabalhador que tenha nascido em 1955 e realizado uma audiometria em 2004, a idade considerada será de 49 anos.

5.2.3. $L_{EX,8h}$

Os estudos gerais do ruído, da responsabilidade do departamento de SHT da fábrica, utilizados neste estudo, foram realizados nos anos 1995, 2002 e 2004, sendo a base para o cálculo da exposição individual diária dos trabalhadores ao ruído.

Atendendo ao carácter pontual das medições, existiu a necessidade de estimar os valores anteriores e posteriores ao período das medições, resultando num valor único e global.

Considerando o ano no qual se realiza o exame audiométrico (AEA), o critério definido para a estimativa da exposição individual diária (denominado “critério AEA”) implicou que, se:

- AEA < 2002, então $L_{EX,8hi}$ = valor determinado em 1995;
- 2002 < AEA < 2004, então $L_{EX,8hi}$ = valor determinado em 2002;
- AEA > 2004, então $L_{EX,8hi}$ = valor determinado em 2004.

O valor global da exposição individual diária ao ruído, que servirá de referência ao longo do estudo, é calculado a partir da expressão 28.

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{EX,8hi}} \right) \quad (28)$$

Sendo: $L_{EX,8h}$ – Valor da exposição individual diária ao ruído, a que estaria exposto o trabalhador, durante o período T;

T – Tempo total de exposição;

t_i – Tempo de exposição parcial, ao qual corresponde $L_{EX,8hi}$;

$L_{EX,8hi}$ – Valor da exposição individual diária ao ruído durante o período de tempo t_i , atendendo ao “critério AEA”.

Na tabela 13 está exemplificado o cálculo de $L_{EX,8h}$ para diferentes trabalhadores e cenários.

Tabela 13 – Exemplo do cálculo de $L_{EX,8h}$ considerando diversos cenários.

Ano de entrada na empresa	Ano de realização da audiometria	Tempo de exposição (Anos)	LEX,8hi dB(A)			LEX,8h dB(A)
			1995	2002	2004	
1973	1995	22	92,7	93,4	91,2	92,7
1972	2007	35	92,4	88,3	86,2	91,9
2002	2009	7	-	94,8	93,7	94,0
Exemplo de cálculo						
$L_{EX,8h} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{22} \cdot 22 \cdot 10^{0,192,7} \right] = 92,7$						
$L_{EX,8h} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{35} \cdot \sum \left(0 \cdot 10^{0,192,4} + 2 \cdot 10^{0,188,3} + 3 \cdot 10^{0,186,2} \right) \right] = 91,9$						
$L_{EX,8h} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{7} \cdot \sum \left(0 \cdot 10^{0,194,8} + 5 \cdot 10^{0,193,7} \right) \right] = 94,0$						

5.2.4. Perdas auditivas

Dos audiogramas consultados, retirou-se a informação dos limiares tonais para as frequências de 500, 1000, 2000, 4000 e 6000 Hz.

De entre os critérios apresentados no capítulo 3.5, o critério do BIAP foi o utilizado para calcular as perdas auditivas neste estudo, uma vez que para além da quantificação da perda, permite uma classificação da mesma, tornando mais intuitiva a sua interpretação. Por outro lado, o facto de considerar a perda em ambos os ouvidos, reflecte com maior rigor a influência da perda auditiva na capacidade real de percepção dos sons, comparando com a possibilidade de se considerar apenas a perda no “melhor ouvido”.

O critério do BIAP calcula as perdas auditivas através da média dos limiares tonais para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. No caso de a perda ser assimétrica, pondera-se a perda auditiva nos 2 ouvidos, utilizando um coeficiente de valor 7 para o ouvido melhor e 3 para o pior, dividindo-se a soma por 10.

5.2.5. Critérios para a recolha e aceitação dos dados recolhidos

A recolha dos dados no terreno seguiu a seguinte ordem de exclusão de trabalhadores potencialmente integrantes neste estudo:

- Ano de nascimento e ano de entrada na empresa (no caso de não existirem, o indivíduo é rejeitado);
- Estudos gerais do ruído para 2002 (se $L_{EX,8h,2002} \geq 85$ dB(A) então é aceite, senão rejeita-se);
- Estudos gerais do ruído para 1995 e 2004 (se o trabalhador entrou antes de 1995 e $L_{EX,8h,1995}$ não existe, então este trabalhador é rejeitado);
- Disponibilidade e acessibilidade dos audiogramas (no caso de não estarem disponíveis, então esse trabalhador é rejeitado);
- Preenchimento dos inquéritos (no caso não se lograr o preenchimento daquele, então o indivíduo é rejeitado).

Para o grupo de controlo, os critérios foram os mesmos, à excepção do valor de $L_{EX,8h,2002}$, o qual teria de ser inferior a 70 dB(A).

Após a recolha dos dados, a amostra em estudo foi novamente estruturada, tendo sido retirados:

- Os indivíduos que indicavam terem sido vítimas de explosões ou traumatismos cranianos (umas vez que estes factores podem ter uma influência negativa bastante assinalável ao nível das perdas auditivas).
- Os trabalhadores para os quais $L_{EX,8h}$, calculado segundo a expressão 28, se apresentava como inferior a 85 dB(A) e aqueles para os quais o tempo de exposição (calculado da forma indicada no ponto 5.2.1) se apresentava como igual a 0.
- Os trabalhadores que indicaram actividades profissionais anteriores à entrada na empresa, com duração superior a 7 anos ou expostos a ruído “muito intenso”.

De forma ideal, os factores com potencial para afectarem as perdas auditivas deveriam ser todos retirados da amostra. Contudo, se neste estudo se efectuasse este procedimento, apenas se poderiam considerar 13 trabalhadores.

5.3. Caracterização da amostra

A Figura 16 apresenta a evolução do número de trabalhadores a considerar no estudo após a aplicação dos critérios detalhados no ponto 5.2.5.

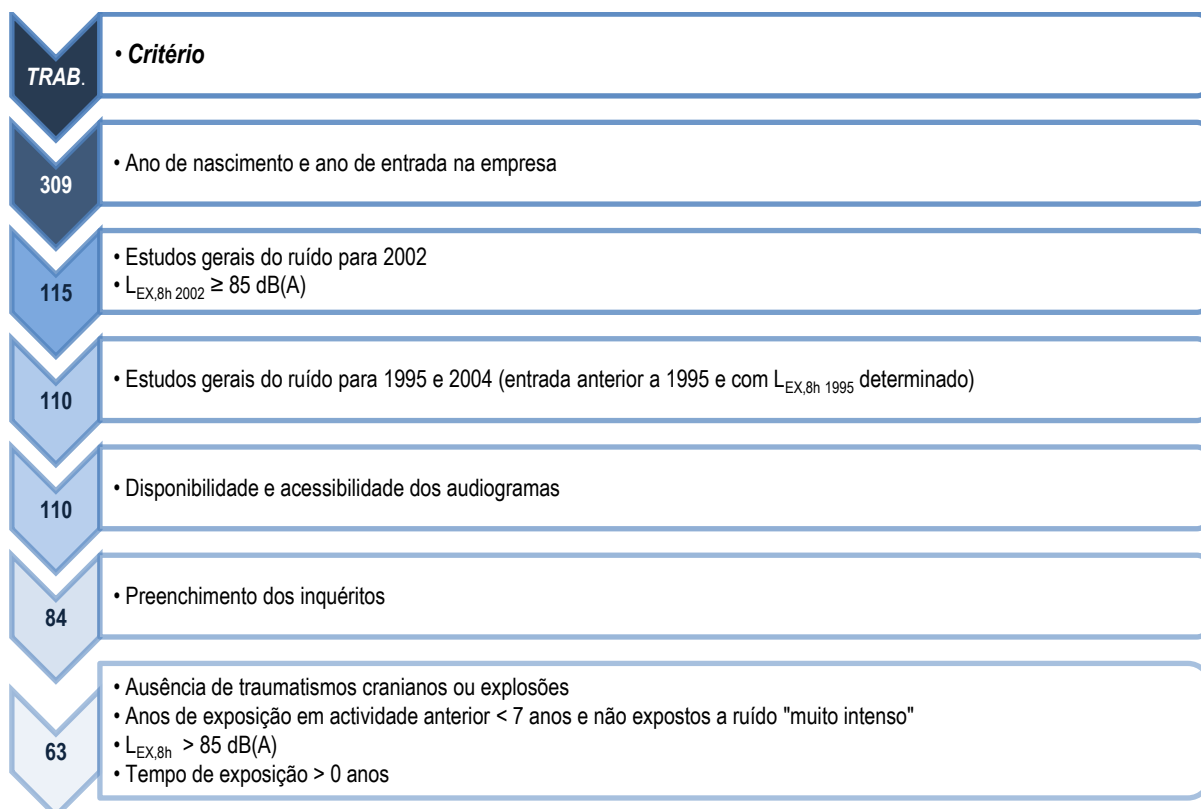


Figura 16 - Evolução do número de trabalhadores a considerar no estudo, após a aplicação dos critérios de aceitação dos dados recolhidos.

Após a aplicação dos critérios, foi então considerada uma amostra de **63** trabalhadores potencialmente expostos a um $L_{EX,8h}$ **superior a 85 dB(A)**. O grupo de controlo foi constituído por **13** trabalhadores, potencialmente expostos a um $L_{EX,8h}$ **inferiores a 70 dB(A)**.

Na Tabela 14 apresentam-se dados específicos das amostras estudadas. De referir que a idade e antiguidade não são calculadas tendo em conta o ano 2011, mas sim as condicionantes apresentadas no ponto 5.2.1 e 5.2.2.

Tabela 14 – Caracterização da amostra em estudo.

Amostra	Nº de trabalhadores considerados	Sexo				Idade (Anos)		Antiguidade (Anos)	
		M	%	F	%	Média	dp	Média	dp
Estudo	63	62	98,6	1	1,6	43,3	10,0	20,3	11,1
Controlo	13	4	30,8	9	69,2	52,2	4,3	30,2	6,0

Da análise da Tabela 14 é possível constatar que a quase totalidade dos trabalhadores em estudo é do sexo masculino, a idade média ronda os 43,3 anos, sendo o período de permanência na empresa elevado (valor médio de 20,3 anos). O grupo de controlo é mais reduzido, apresentando uma média de idades e de antiguidade superior, existindo uma prevalência de indivíduos do sexo feminino.

5.4. Análise das respostas aos inquéritos dos trabalhadores expostos a $L_{EX, 8h} \geq 85 \text{ dB(A)}$

Como referido no capítulo 4.2.3, a inquirição dos trabalhadores tinha como objectivo a caracterização do posto de trabalho, a história de exposição ao ruído de âmbito ocupacional e não ocupacional, a existência de características pessoais, familiares ou de eventos clínicos que poderiam pudessem as perdas auditivas, dos hábitos de utilização de protecção auditiva e da percepção individual do estado auditivo.

5.4.1. Escolaridade

Na Tabela 15 apresentam-se os níveis de escolaridade dos trabalhadores, observando-se um número significativo de indivíduos que prosseguiram os seus estudos para além do ensino básico (aproximadamente 75%).

Tabela 15 – Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo.

Amostra	Até ao 4º ano	Do 4º ano ao 9º ano	Do 9º ano ao 12º ano	Superior ao 12º ano
N	8	8	35	12
%	12,7	12,7	55,6	19,0

5.4.2. Histórico de exposição ao ruído

5.4.2.1. Profissional

Tabela 16 – Histórico de exposição ao ruído - âmbito ocupacional.

Actividade anterior	Pouco intensa		Intensa		Total	
	N	%	N	%	N	%
Actividade 1	22	34,5	14	22,2	36	57,1
Actividade 2	2	3,2	6	9,5	8	12,7

Da Tabela 16, é possível verificar que 57% dos trabalhadores considerados exerceram funções noutras empresas, antes de ingressarem na fábrica. Tal como estabelecido nos critérios de aceitação dos dados (ponto 5.2.5), o período máximo de exposição terá sido de 7 anos.

5.4.2.2. Não profissional

Tabela 17 – Histórico de exposição ao ruído proveniente de actividades não ocupacionais.

Actividade / Origem do ruído	N	%
Prestação de serviço militar	31	49,2
Envolvimento em cenários de guerra	3	4,8
Prática de caça ou tiro	1	1,6
Prática de automobilismo, motociclismo ou outros desportos motorizados	2	3,2
Utilização de ferramentas ruidosas (berbequins, fresas, martelos, etc.), por exemplo numa oficina doméstica	23	36,5
Actividades ou visita frequente de discotecas ou espectáculos musicais	9	14,3

A análise da Tabela 17 permite verificar o elevado número de trabalhadores que recorrem a ferramentas domésticas para a realização de actividades não ocupacionais (36,5%). A questão que surge, é saber de que forma essa exposição pode ou não ter afectado o aparelho auditivo do indivíduo, uma vez que a simples “indicação do uso” não permite saber a frequência, tipo de ferramentas, duração da exposição e mesmo utilização ou não de EPI.

Um significativo número de trabalhadores esteve a cumprir serviço militar (49,2%), pelo que se pode assumir que a prática de tiro foi uma realidade, contudo, são desconhecidas as condições em que tal prática foi realizada.

Considerando estes dois aspectos, e no sentido de manter o tamanho da amostra em torno de um valor minimamente aceitável (uma vez que se retirassem todas as respostas a amostra ficaria apenas com 13 trabalhadores), a exposição não profissional (à excepção das explosões e dos rebentamentos), foi apenas considerada quando se detectaram, nos audiogramas, perdas auditivas suspeitas, isto é, com um valor demasiado elevado ou com uma diferença acentuada nas perdas entre ouvidos.

5.4.3. Antecedentes familiares e pessoais

Tabela 18 – Antecedentes familiares e pessoais.

Antecedentes		
Familiares	N	%
Familiares com surdez	12	19,0
Pessoais	N	%
Tabagismo	28	44,4
Diabetes	6	9,5
Problema nos ouvidos - (<i>otites, rompimentos dos tímpanos, intervenções cirúrgicas, etc.</i>)	12	19,0
Doenças infecciosas (<i>rubéola, meningite, sarampo, febre tifóide, sífilis, etc.</i>)	16	25,4
Tratamentos com medicamentos potencialmente ototóxicos, contendo <i>quinino, salicilatos, gentamicina, cefamicina, etc.</i>	3	4,8
Exposição profissional a substâncias ototóxicas	N	%
Trabalhos com chumbo, benzeno, tolueno, mercúrio ou monóxido de carbono	4	6,3

Através da Tabela 18 constata-se o elevado índice de tabagismo entre os trabalhadores (44,4%) bem como a existência no passado de algumas doenças infecciosas e de problemas nos ouvidos. De igual forma que para a exposição a ruídos não ocupacionais, estes aspectos (à excepção dos traumatismos cranianos) foram considerados apenas quando se detectaram, nos audiogramas, perdas auditivas suspeitas, isto é, com um valor demasiado elevado ou com uma diferença acentuada nas perdas entre ouvidos.

5.4.4. Utilização de protecção auditiva e percepção individual do estado auditivo

Na Tabela 19 apresentam-se os hábitos de utilização de protecção auditiva dos trabalhadores bem como a percepção individual do estado auditivo.

Tabela 19 – Utilização de protecção auditiva e percepção individual do estado auditivo.

Protecção auditiva				
	Sempre / Frequentemente		Às vezes / Nunca	
	N	%	N	%
Utilização da protecção auditiva	39	61,9	24	38,1
	Tampões		Abafadores	
	N		N	
Tipo de protector auditivo utilizado	53		14	
Percepção individual do estado auditivo				
	N		%	
Ouve bem	53		84,1	
Sente zumbidos (<i>acufenos</i> ou <i>tinnitus</i>) nos ouvidos	16		25,4	

Constata-se que mais de 60% dos trabalhadores utilizam protecção auditiva “Sempre/Frequentemente”, o que poderia indicar que cerca de 40% dos trabalhadores, expostos a um $L_{EX,8h}$, não estaria convenientemente protegido. Convém contudo ser cauteloso nesta abordagem, sobretudo porque respostas do tipo “às vezes” podem querer indicar a não utilização dos EPI durante toda a jornada laboral (precisamente aqueles períodos nas quais o trabalhador não estará exposto a níveis sonoros excessivos), e não um comportamento inconstante na utilização, face a uma exposição constante. Daí que a pergunta mais correcta seria “Quando se encontra exposto a ruído elevado (níveis sonoros elevados), utiliza protecção auditiva?”. Para além desta questão, há ainda a ressaltar que as respostas são dadas para a situação actual, não podendo ser extrapoladas para o passado, uma vez que há 15 ou 20 anos, esta mesma pergunta poderia ter uma resposta totalmente oposta.

De referir que o tipo de protector auditivo mais utilizado são os tampões, havendo ainda trabalhadores que indicam o uso de ambos. Novamente, no questionário deveriam estar disponíveis duas valências mais, indicando “ambos; outro tipo”.

Por fim, importa referir que cerca de 85% dos trabalhadores afirmam que ouvem bem, enquanto cerca de 25% indicam a sensação de zumbidos nos ouvidos.

5.5. Estudo retrospectivo das perdas auditivas

5.5.1. Trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}$

No Anexo 1.1 apresenta-se o cálculo e a classificação da perda auditiva (critério do BIAP) para a amostra, seguindo a metodologia indicada no ponto 5.2.4. Os resultados obtidos encontram-se resumidos na Tabela 20 e na Figura 17. Com estes é possível observar que 72% dos trabalhadores têm uma perda auditiva considerada “normal”, 22% uma perda “ligeira”, sendo que para 6% dos trabalhadores, o discurso é entendido apenas quando se eleva o tom de voz, compreendendo estes melhor a mensagem se puderem observar o interlocutor. De referir que este grau de perda “moderado” ainda está no início desta grupo de classificação (iniciada nos 41 dB), uma vez que a perda máxima calculada foi de 47 dB. Nenhum trabalhador se encontra em situação de perda “severa” (acima de 71 dB) ou num grau de perda superior (profunda ou total).

Tabela 20 – Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas auditivas dos trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}$.

	Valor médio	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
$L_{EX,8h}$ (dB)	92,4	3,2	100,0	85,0
Tempo de exposição ao ruído (Anos)	20,3	11,1	36,0	3,0
Idade (Anos)	43,3	10,0	61	28
Perda auditiva (dB)	17,5	9,9	47	6

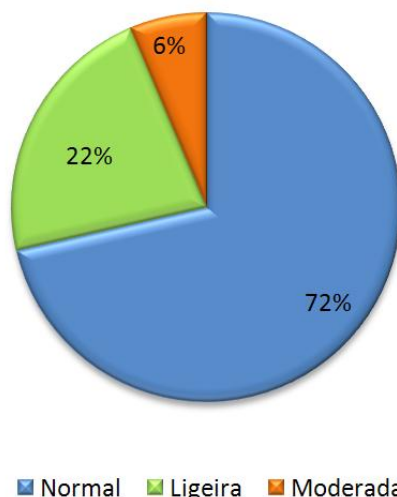


Figura 17 - Distribuição da classificação da perda auditiva dos trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A), segundo o critério BIAP.

A relação dos trabalhadores com “perdas ligeiras” e “moderadas” está apresentada na Tabela 21.

Tabela 21 – Relação de trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \geq 85$ dB(A) e com perdas auditivas “ligeiras” e “moderadas”.

Nº Trabalhador	Idade (Anos)	Tempo de exposição (Anos)	$L_{EX,8h}$ dB(A)	Perda média (dB)	Classificação	Resposta NÃO à pergunta “ouve bem?”
12 (a)	58	33	85,6	47	Moderada	x
53 (b)	28	3	85,9	21	Ligeira	
30	47	21	90,8	21	Ligeira	
6	54	35	91,9	41	Moderada	x
9	56	35	91,9	40	Ligeira	x
14	57	32	92,2	22	Ligeira	
54 (c)	34	7	92,3	24	Ligeira	
10	53	36	92,4	32	Ligeira	
4	60	35	92,7	42	Moderada	
3	50	33	93	22	Ligeira	
28	39	18	94	21	Ligeira	x
51 (d)	30	4	94,1	21	Ligeira	
32	39	14	94,3	22	Ligeira	x
13	44	26	94,6	32	Ligeira	
18	55	27	95,9	21	Ligeira	
5	53	36	98,2	34	Ligeira	x
7	54	35	98,8	44	Moderada	
20	49	34	100	28	Ligeira	

(a) Doenças otológicas

(b) Doenças otológicas + doenças infecciosas
(c) Ferramentas ruidosas + doenças otológicas
(d) Nenhum antecedente apresentado

Observa-se que o trabalhador nº 12 é aquele que possui uma perda média mais elevada, sendo ainda de destacar os trabalhadores nºs 53, 54 e 51, por apresentarem perdas elevadas apesar de, comparativamente, terem tempos de exposição mais baixos. Se nos 2 primeiros casos são referidas doenças otológicas e a utilização de ferramentas ruidosas, para o trabalhador 51 não foi apontado qualquer antecedente.

Evidencia-se desta forma a necessidade de conhecer em detalhe o histórico e os antecedentes da população em estudo, sobretudo porque, por exemplo, a indicação de ter sofrido doenças otológicas, sem referir em concreto qual, não permite tirar ilações claras, porque os efeitos de uma otite, ao nível da audição, podem ser diferentes dos de um rompimento do tímpano.

O ideal seria eliminar estes casos duvidosos; contudo, para o este estudo, o tamanho da amostra condiciona esta prática.

Importa observar a situação dos trabalhadores 6, 9, 14, uma vez que possuem idade, tempo de exposição e $L_{EX,8h}$ semelhantes, variando contudo o valor das perdas auditivas. Esta situação pode revelar 3 situações que em termos práticos são de difícil equação:

- a utilização efectiva de protecção auditiva ao longo dos anos de exposição: o facto de se afirmar, no presente, que a mesma é utilizada, não implica que no passado se tenha trabalhado de forma desprotegida, alterando desta forma o $L_{EX,8h}$ real dos trabalhadores (ainda que seja expectável que no passado, os trabalhadores mais antigos não tivessem tanto cuidado com o correcto uso dos EPI, não sendo ainda de descuidar a eventual não disponibilidade da mesma);
- as perdas por presbiacusia: eventualmente o trabalhador nº 14 poderá não ter perdas tão significativas como os restantes;
- a relevância e importância que deve ser dada aos inquéritos (destes 3 trabalhadores, apenas o nº 6 indica a utilização frequente de ferramentas ruidosas em actividades não ocupacionais – atendendo aos resultados, não será de todo incorrecto considerar que o mesmo poderia ocorrer com o trabalhador 9 e este simplesmente não o ter indicado).

Sobressai novamente a necessidade de focar este tipo de estudos em populações exaustivamente caracterizadas e com tamanhos de amostra elevados, para que se possa encontrar um padrão consistente, baseado em critérios abrangentes e válidos.

De referir ainda a evidência da subjectividade da resposta “ouve bem”, uma vez que apenas 6 trabalhadores com perdas “ligeiras” ou “moderadas” indicam a percepção de limitações ao nível da audição, sendo que 5 indivíduos com classificação “normal” também mencionam este problema.

Por último, observando a perda auditiva média por banda de frequência, Figura 18, verifica-se que esta é mais significativa para os 4000 Hz e 6000 Hz (escotoma característico do ruído industrial), registando-se também aqui os valores mais elevados de desvio padrão da amostra.

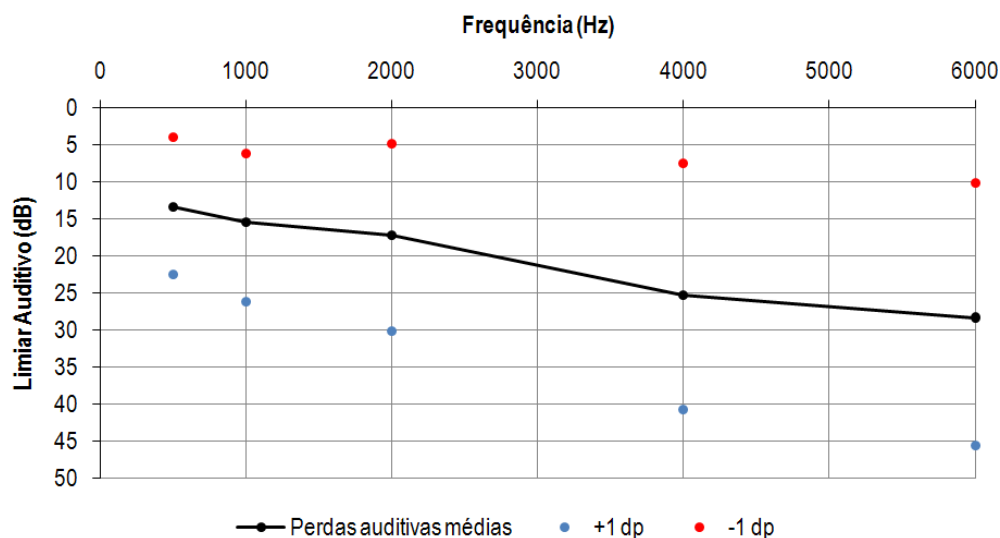


Figura 18 - Perdas auditivas médias da população em estudo.

5.5.2. Trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} \leq 70$ dB(A)

No anexo 1.2 apresenta-se o cálculo e a classificação da perda auditiva (critério do BIAP) para a amostra de controlo, seguindo a metodologia indicada no ponto 5.2.4. Os resultados obtidos encontram-se resumidos na Tabela 22.

Tabela 22 – Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas auditivas da amostra de controlo.

	Valor médio	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
$L_{EX,8h}$ (dB)	60,1	3,6	67,2	55,9
Tempo de exposição ao ruído (Anos)	30,2	6,0	36,0	20,0
Idade (Anos)	52,2	4,3	58,0	44,0
Perda auditiva (dB)	15,2	5,4	25,0	7,0

Da análise da informação, constata-se que, por estarem expostos a $L_{EX,8h}$ significativamente inferiores a 85 dB(A) (apesar de tempos de exposição superiores), as perdas auditivas registadas são invariavelmente menores (valor médio de 15,2 – classificado como “normal”), sendo o valor máximo também bastante inferior. Por comparação dos 2 grupos em estudo, fica acentuada a influência negativa da exposição ao ruído sobre a função auditiva dos indivíduos.

Apenas 2 trabalhadores (nº 3 e 13) apresentam perdas “ligeiras”. Observando os respectivos inquéritos, estes indiciam a possibilidade de a perda ser influenciada por factores não ocupacionais (utilização de ferramentas ruidosas). Contudo, este mesmo aspecto aparenta não ter influência na perda dos trabalhadores 11 e 12, uma vez que são aqueles que aparentam valores de perda auditiva mais reduzidos (apesar de indicarem a utilização desse tipo de ferramentas).

Por último, é interessante verificar ainda que as perdas a 4000Hz são superiores no grupo exposto a um $L_{EX,8h}$ superior a 85 dB(A) – valor médio de 24,1 dB, sendo para o grupo de controlo cerca de 20,0 dB.

5.6. Correlação matemática entre a variável dependente “perda auditiva” e as variáveis independentes “nível sonoro”, “tempo de exposição” e “idade”

Com base nos dados apresentados no Anexo 1.1, obtidos de acordo com os critérios apresentados no ponto 5.2.5, testou-se uma regressão multivariável, determinando os coeficientes de regressão da expressão 21, bem como os respectivos coeficientes de correlação, Anexo 1.3. Testou-se ainda a linearização (logaritmização) das variáveis, não obtendo vantagens comparativas ao modelo inicialmente testado.

Tabela 23 – Resumo dos valores obtidos para uma regressão tetra-dimensional entre as perda auditiva [PA] e as variáveis independentes [$L_{EX,8h}$, tempo de exposição (T) e idade (i)].

	a	b	c	d
Parâmetros do modelo de regressão	26,18	-0,12	0,62	-0,18
Coefficiente de correlação de Pearson (r)	0,54			
Coefficiente de determinação (r^2)	0,29			
Erro padrão da estimativa	8,32			
Modelo de Regressão	$PA = 26,18 - 0,12 \cdot i + 0,62 \cdot T - 0,18 \cdot L_{EX,8h}$			

O coeficiente de correlação de Pearson obtido indica que existe uma correlação positiva moderada ($0,30 < r < 0,70$) entre a variável dependente e as variáveis independentes, sendo que 29% dos dados se ajustam ao modelo de regressão calculado. Esta qualidade mediana do ajuste é observável na Figura 19, na qual estão representadas as diferenças entre o valor real das perdas auditivas e o valor estimado.

O resultado obtido deve ser, contudo, encarado de forma pragmática e crítica, sobretudo porque, atendendo à expressão obtida, as perdas auditivas estariam principalmente associadas ao tempo de exposição, sendo que quando se aumentasse $L_{EX,8h}$ e/ou a idade, a perda diminuiria, o que notoriamente contraria o pressuposto dos efeitos negativos da idade e da exposição ao ruído ocupacional, sobre a capacidade auditiva.

Esta situação pode ser explicada pelo facto de que, na amostra em estudo, a idade e o tempo de exposição estarem fortemente correlacionados (para que o modelo fosse correcto, estas deveriam ser independentes), influenciando negativamente os resultados.

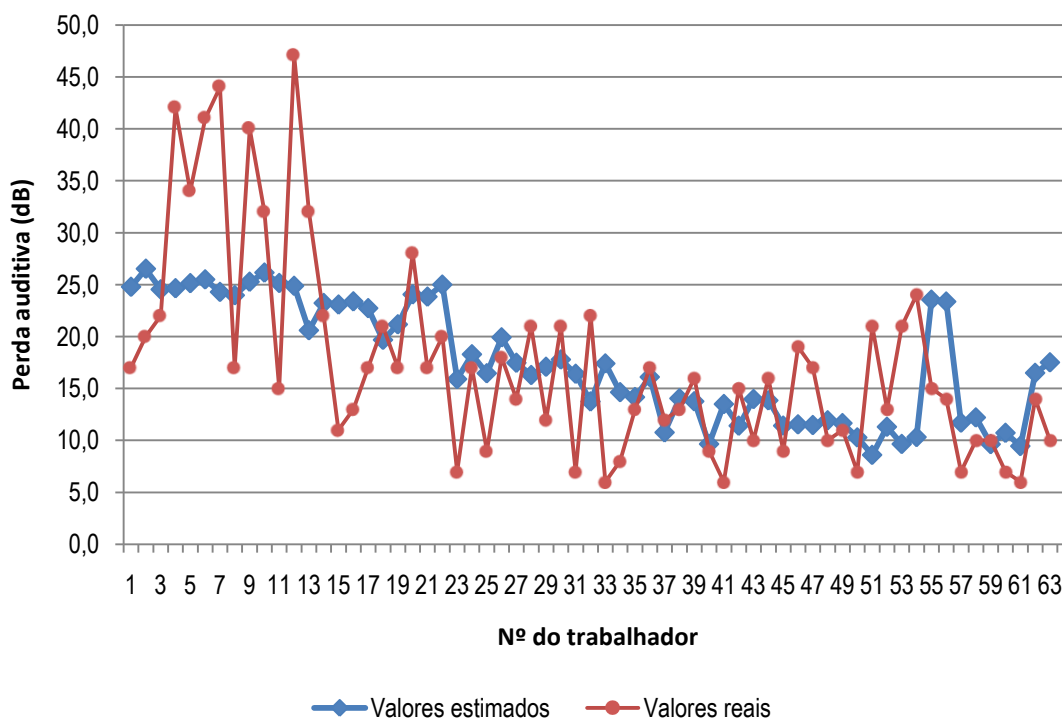


Figura 19 - Perda auditiva real dos trabalhadores e perda estimada pelo modelo de regressão.

Novamente ressalva-se que, na prática, o valor das perdas não corresponde exactamente àquelas originadas exclusivamente pela exposição ao ruído ocupacional, pelo tempo de exposição e pela idade. Isto porque alguns indivíduos, que indicaram factores de ordem pessoal e de exposição ao ruído não ocupacional, com potencial de provocarem perdas auditivas, não foram retirados da amostra. No caso em que todos esses factores fossem retirados, restariam apenas 13 indivíduos para o estudo.

Acentua-se desta forma, a necessidade de que, neste tipo de estudos, o tamanho da amostra populacional seja o mais alargado possível, para que se possam retirar todas as situações que suscitem dúvidas e assim se obtenham conclusões mais fiáveis e robustas.

Desta forma, conclui-se que o resultado obtido é válido apenas para a amostra em estudo, não podendo ser extrapolado nem generalizado.

6. Conclusões

As principais conclusões a retirar deste trabalho referem-se, sobretudo, à metodologia aplicada e à incerteza associada aos dados utilizados.

Atendendo ao número significativo de aspectos que podem influenciar, negativamente, as perdas auditivas (relacionados com a exposição ao ruído ocupacional, não ocupacional e com factores pessoais), é de suma importância que a amostra em estudo seja a mais ampla e caracterizada possível, de forma a eliminar todas as situações que possam introduzir incerteza ao nível da interpretação dos resultados. Neste estudo, se tal fosse realizado, de uma amostra de 63 indivíduos estudados, apenas 13 poderiam ser considerados.

A determinação da exposição pessoal diária ao ruído é um dos factores que envolve maior incerteza e que condiciona de forma significativa este tipo de estudos. Tal, advém da escassez de medições e de caracterizações do ruído ocupacional nos locais de trabalho, sobretudo para indivíduos com maior antiguidade. Neste trabalho, o estudo geral do ruído mais antigo reportava a 1995, quase 20 anos após o início de laboração da fábrica.

Por outro lado, é de questionar a forma como é estimada a exposição pessoal diária ao ruído, uma vez que na sua maioria não se tratam de postos de trabalho fixos. O seu cálculo, através da determinação de n níveis sonoros a que o trabalhador estará exposto durante t intervalos de tempo, poderá subestimar ou mesmo sobrestimar a exposição, enviesando a influência real da exposição ao ruído, na perda auditiva determinada.

Convém ainda assinalar a eventual utilização de protecção auditiva por parte dos trabalhadores, o que na prática resultaria numa diminuição significativa da exposição ao ruído ocupacional. Contudo, o assinalar, nos inquéritos, da utilização de EPIs, não significa que no passado essa protecção tenha sido efectivamente utilizada, sobretudo para trabalhadores mais antigos (podendo, inclusive, nem ter sido disponibilizada), realçando novamente o elevado grau de incerteza que este tipo de estudos retrospectivos envolve.

As respostas aos inquéritos devem ser a base para eliminar indivíduos da amostra a estudar. Contudo, não é de excluir que alguns indivíduos não indiquem determinados aspectos que na prática tenham realmente ocorrido e vice-versa, por exemplo, referentes ao uso de protecção auditiva ou de ferramentas ruidosas em ambientes não ocupacionais.

Do estudo retrospectivo das perdas auditivas, conclui-se que a maioria (72%) dos trabalhadores em estudo apresenta perdas auditivas classificadas como normais. Comparativamente, registam-se perdas auditivas médias superiores em trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h}$ superior a 85 dB(A), quando comparados com trabalhadores expostos a um $L_{EX,8h} < 70$ dB(A). Apesar de o valor médio das perdas auditivas de ambas as amostras ser relativamente próximo, os valores máximos de perda chegam a ser 50% superiores no caso de exposições mais elevadas.

Observando a perda auditiva média por banda de frequência, verifica-se que esta é mais significativa para os 4000 Hz e 6000 Hz, sendo concordante com o escotoma característico do ruído industrial. Verificam-se ainda perdas mais elevadas a 4000Hz, para o grupo exposto a um $L_{EX,8h}$ superior a 85 dB(A).

A percepção individual do estado auditivo, não pode ser directamente relacionada com a classificação da perda auditiva, uma vez que alguns indivíduos com uma perda classificada como “normal” indicam que “não ouvem bem”. De forma idêntica, certos indivíduos com uma perda “ligeira” ou moderada, indicam que “ouvem bem”.

O coeficiente de correlação de Pearson, obtido para a regressão entre a variável dependente “perdas auditivas” e as variáveis independentes “nível sonoro”, “tempo de exposição” e “idade”, indica que existe uma correlação positiva moderada, entre a variável dependente e as variáveis independentes.

O resultado obtido deve ser, contudo, encarado de forma pragmática e crítica, sobretudo porque, atendendo à expressão obtida, as perdas auditivas estariam principalmente associadas ao tempo de exposição, sendo que quando se aumentasse $L_{EX,8h}$ e/ou a idade, a perda diminuiria, o que notoriamente contraria o pressuposto dos efeitos negativos da idade e da exposição ao ruído ocupacional, sobre a capacidade auditiva. Esta situação pode ser explicada pelo facto de que, na amostra em estudo, a idade e o tempo de exposição estarem fortemente correlacionados entre si, influenciando negativamente o resultado obtido.

Desta forma, conclui-se que a expressão deduzida é válida apenas para a amostra em estudo, não podendo ser extrapolada nem generalizada.

A nível prático, este estudo contribuiu, ainda que de forma singular, para a sensibilização dos trabalhadores envolvidos para os riscos associados à exposição a ruído elevado, sobretudo pela tomada de consciência dos efeitos nefastos destes sobre a sua saúde, bem como da reflexão sobre o seu próprio estado auditivo e dos seus hábitos de auto-protecção de prevenção.

Do ponto de vista científico, reforça-se a necessidade e premência de se obterem dados recolhidos de uma forma pragmática e capazes de serem validados para este tipo de estudos, sob pena de se obterem resultados enviesados e conclusões incongruentes.

Por fim, é de reforçar a ideia de que as medidas de controlo e minimização do ruído devem ser pensadas ainda na fase de projecto. Devem ser independentes das previsões que se façam sobre as potenciais perdas auditivas que possa sofrer uma população de trabalhadores exposta a um determinado nível sonoro.

7. Bibliografia

- Arezes, P. (2002). *Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído*. Universidade do Minho.
- Carvalho, A. (2007). *Acústica Ambiental e de Edifícios*. DEC-FEUP.
- Chao, E. *Hearing Conservation - OSHA 3074:2002 (revised)*. OSHA - US Department of Labor: www.osha.gov/Publications/osha3074.pdf.
- CNCT. NTP 270 : Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos. Instituto Nacional de Seguridad y Higiene en el Trabajo.
- *Decreto-Lei n.º 182/2006 - Prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído*.
- *Decreto-Lei n.º 352/2007 Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais e Tabela Nacional para Avaliação de Incapacidades Permanentes em Direito Civil*.
- Decreto-Lei n.º 381/2007 - Classificação portuguesa de Actividades Económicas, Revisão 3.
- EASHW. (2005). *European Agency for Safety and Health at Work - Reducing the risks from occupational noise*. <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/6805535>.
- EASHW. (2005). *Magazine 8 - El ruido en el trabajo*. <http://osha.europa.eu/es/publications/magazine/8>.
- Fiuza, A. (2003). *Aquisição e Análise de Dados*. FEUP.
- Guerra, M. R. (2004). *Prevalência de perda auditiva induzida por ruído em empresa metalúrgica*. <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v39n2/24048.pdf>.
- HSE. Noise at work - Guidance for the employers on the control of Noise at Work - Regulations 2005. In *Health and Safety Executive*. www.hse.gov.uk/pubns/indg362.pdf.
- INSHT. *NTP 284: Audiometría tonal liminar: exploraciones previas y vía aérea*. INSHT - España: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_284.pdf.
- ISSA. (2008). *Guide for Risk Assessment in Small and Medium Enterprises: Noise - Identification and Evaluation of Hazards, Taking Measures*. In *Internation Social Security Association (ISSA)*. www.issa.com.
- Lizana, C. P. (2008). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruído*. INSHT - España.
- MacGoris, S. (2010). *Changes over time – First findings from the fifth European Working Conditions Survey*. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions: <http://www.eurofound.europa.eu/pubdocs/2010/74/en/3/EF1074EN.pdf>.
- Matos, M. L. (2007). *Consequências da aplicação da nova legislação sobre o ruído nos locais de trabalho, à indústria extractiva*. http://cis.engenheiros.pt/2007/comunicacoes/Maria_Luisa_Matos.pdf.
- Megerson, S. (2001). *Update on Workers' Compensation Practices for Hearing Loss . Associates in Acoustics, Inc. , p.* <http://www.esion.com/Files/workerscomp2.pdf>.
- Miguel, A. S. (2010). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. 11ª Edição: Porto Editora.
- Miguel, A. S. (1992). *Protecção Auditiva Individual em Ambientes Industriais*. Universidade do Minho.

- Nunes, F. O. (2006). *Segurança e Higiene do Trabalho - Manual Técnico*. Edições Gustavo Eiffel.
- Portaria n.º 53/71 alterada pela Portaria n.º 702/80 - Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais.
- Rabinowitz, P. M. (2006). *Do ambient noise exposure levels predict hearing loss in a modern industrial cohort?* published in "Occupational and Environmental Medicine" journal.
- Rod Seeley, T. S. (2007). *Anatomia e Fisiologia, 6ed.* McGraw-Hill.
- Schneide, E. (2006). *Noise in Figures*. European Agency for Safety and Health at Work: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/6905723>.
- Sliwinska-Kowalska, M. (2005). *Exacerbation of noise-induced hearing loss by co-exposure to workplace chemicals*. published in "Environmental Toxicology and Pharmacology 19 (2005) pg 547–553".
- SRL Ltd. (1991). *Noise control in industry, 3rd edition by Sound Research Laboratories Ltd. E. & F.N. Spon.*
- Viljoen, C. A. (2007). *Noise - induced hearing loss in a paper mill in KZN*. <http://wiredspace.wits.ac.za/handle/10539/5087?show=full>.
- Williams, W. (2007). *Towards more effective methods for changing perceptions of noise in the workplace*. published in "Safety Science 45 (2007) pg. 431–447".

8. Anexos

Os anexos deste documento encontram-se em formato digital, estando gravados no CD-ROM que se encontra na contra-capa.