

**Instituto Politécnico de Setúbal**

**Escola Superior de Ciências Empresariais  
Escola Superior de Tecnologia de Setúbal**



# Ruído Ocupacional

Avaliação de Ruído - Estaleiro Central da SETH, SA

Ana Paula Soromenho Fernandes

PROJETO INDIVIDUAL

MESTRADO EM SEGURANÇA E HIGIENE NO TRABALHO

Orientador: Prof. Dr. Nuno Nunes

Setúbal, 2013

Projeto Individual realizado sob a orientação de

**Nuno António Neves Nunes**

Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Superior de  
Tecnologia de Setúbal



---

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Nuno António Neves Nunes, por toda a orientação, pela enorme disponibilidade oferecida durante a realização deste projeto e essencialmente pela compreensão que tão importante foi para mim neste momento menos fácil da minha vida.

Ao Administrador da SETH Engenheiro Ricardo Pedrosa Gomes pela oportunidade de poder realizar este projeto mas acima de tudo pela confiança e motivação durante estes quase vinte anos, na minha realização profissional e pessoal.

A todos os professores do mestrado, pelos ensinamentos facultados, um agradecimento especial ao Professor Doutor Filipe Didelet por toda a disponibilidade e pela ajuda que permitiu a minha presença neste primeiro ano de Mestrado.

Aos colegas, pelo companheirismo, pela interajuda e por tornarem bastante agradáveis todos os momentos que estivemos juntos com o seu enorme sentido de humor.

À minha mãe, porque sem ela eu não seria o que sou hoje, e porque a minha força vem dela, com quem sempre aprendi a limpar as lágrimas e voltar á luta.

Ao meu marido, pelo apoio incondicional, por acreditar em mim, por tornar possível eu concluir este projeto nesta fase tão complicada da nossa vida, mas acima de tudo por todo o amor que me dedica.

Ao meu filho, porque apesar de já serem longos os anos que a mãe tem de estudar á noite, roubando o tempo de o ver crescer, ele continua a não me deixar desistir e a fazer-me acreditar que todos os dias podemos ser ainda um pouco melhores.

*"Live as if you were to die tomorrow.  
Learn as if you were to live forever". Gandhi*

## NOTA PRÉVIA

O presente Projeto Individual sobre Ruído Ocupacional trata da Avaliação de Ruído nos locais de trabalho num Estaleiro Central da SETH, SA, foi efetuado no âmbito da 21ª Edição do Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho. O seu objetivo geral é de servir de componente de avaliação e de consolidação de conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

A exposição ao ruído constitui um importante fator de risco para os trabalhadores, afetando a sua saúde física mas também psicológica e conseqüentemente a sua segurança, o que provoca igualmente uma diminuição na qualidade do trabalho e a produtividade.

Desta forma, o projeto que se apresenta tem como objetivo específico desenvolver esta temática e efetuar um estudo de avaliação do ruído nos locais de trabalho, como caso de estudo surge o Estaleiro Central da SETH, SA sito em Palmela e a avaliação do nível de ruído causado por equipamentos mecânicos utilizados diariamente nas atividades da Oficina de Metalomecânica. O controlo do ruído passa pelo conhecimento dos conceitos fundamentais da natureza do som, da sua propagação, da sua medição em especial em ambiente de trabalho (fabril/industrial) ou no campo, dos critérios e normas existentes, da sua prevenção e atenuação dos seus efeitos sobre o homem.

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	IV
NOTA PRÉVIA.....	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE QUADROS .....	IX
ÍNDICE DE EQUAÇÕES .....	X
INTRODUÇÃO.....	1
Objetivo do Projeto.....	4
Objetivos Específicos .....	4
1    CONCEITOS FUNDAMENTAIS .....	5
1.1    O Som e as Suas Propriedades Físicas .....	5
1.2    Pressão Sonora .....	8
1.3    Potência Sonora.....	11
1.4    Intensidade Sonora .....	12
1.5    Tipos de Ruído .....	13
1.6    Espectro.....	15
1.7    Filtros Ponderadores.....	16
1.8    Instrumentos de Medição .....	17
1.9    Medição da Exposição ao Ruído.....	18
1.10    O Ouvido Humano e os Efeitos Do Ruído no Corpo Humano .....	19
1.10.1    Anatomia e Fisiologia da Audição .....	20
1.10.2    Audibilidade Humana .....	21
1.10.3    Efeitos do Ruído sobre a Saúde e o Bem-estar.....	22
1.11    Medidas de Redução.....	28
1.12    Doença Vibro acústica (DVA) .....	30
1.13    A Surdez como Doença Profissional.....	32
2    ENQUADRAMENTO LEGAL / NORMALIZAÇÃO APLICÁVEL.....	38
2.1    Ruído Ambiente .....	38
2.1.1    Normalização Aplicável .....	40
2.2    Ruído Ocupacional.....	41
2.2.1    Normalização Aplicável .....	52
2.3    Outros Diplomas Legais.....	52
3    CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	54
3.1    Identificação .....	54
3.1.1    Capacidades e Especialidades .....	55

3.1.2	Localização e Descrição das Instalações .....	56
3.1.3	Certificação do Sistema de Segurança Saúde no trabalho e Ambiente .....	57
4	CASO DE ESTUDO - ESTALEIRO CENTRAL DA SETH, SA .....	60
4.1	Caracterização das Atividades .....	60
4.2	Oficina de Metalomecânica.....	62
4.2.1	Caracterização dos Equipamentos .....	62
4.2.1.1	Torno Mecânico .....	62
4.2.1.2	Rebarbadora .....	63
4.2.1.3	Serra De Fita De Corte Lento .....	64
4.2.1.4	Rebolo Pneumático .....	65
4.3	Características e Método de Medição .....	66
4.3.1	Aparelhagem Utilizada .....	66
4.3.2	Medições Efetuadas .....	68
4.4	Critérios seguidos .....	69
4.5	Resultados obtidos.....	71
4.6	Interpretação dos Resultados.....	76
4.7	Considerações Finais e Recomendações .....	78
	CONCLUSÃO.....	82
	BIBLIOGRAFIA E CIBERGRAFIA .....	84
	ANEXOS .....	88
	LISTA DE ANEXOS .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Frequências Audíveis.....	7
Figura 2: Propagação de uma onda sonora.....	8
Figura 3: Comparação entre pressões sonoras (Pa) e níveis de pressão sonora (dB).....	10
Figura 4: Curvas isofónicas.....	11
Figura 5: Efeito Calor e Efeito Potencia Sonora.....	11
Figura 6: Radiação do som.....	12
Figura 7: Ruído Contínuo.....	13
Figura 8: Ruído Intermitente.....	13
Figura 9: Ruído Impulsivo.....	14
Figura 10: Ruído Tonal.....	14
Figura 11: Ruído Baixas Frequências.....	15
Figura 12: Representação das curvas de ponderação.....	16
Figura 13: Ilustração de um sonómetro.....	18
Figura 14: Ouvido humano.....	20
Figura 16: Efeitos do Ruído no Homem.....	25
Figura 17: Exemplo de Audiograma.....	33
Figura 18: Seleção de protetores auditivos.....	43
Figura 19: Diagrama do grupo. (Fonte: <a href="http://www.seth.pt">www.seth.pt</a> ).....	54
Figura 20: Imagem da empresa.....	55
Figura 21: Sede Social da SETH, SA.....	56
Figura 22: Estaleiro Central da SETH, SA – Palmela.....	57
Figura 23: Empresa certificada – Imagem utilizada nos documentos internos.....	58
Figura 24: Oficina Metalomecânica – Torno Mecânico.....	63
Figura 25: Oficina Metalomecânica - Torno Mecânico – Placa de marcação CE.....	63
Figura 26: Oficina Metalomecânica - Rebarbadora.....	64
Figura 27: Oficina Metalomecânica - Rebarbadora.....	65
Figura 28: Oficina Metalomecânica – Rebolo Pneumático.....	65
Figura 29: Sonómetro utilizado.....	67
Figura 30: Pontos de medição.....	68
Figura 31: Modelo de protetores auriculares H510A da 3M.....	75
Figura 32: Implementação dos painéis antirruído.....	81

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Alteração da Denominação dos parâmetros de medição .....	44
Quadro 2 – Alterações aos valores de exposição .....	45
Quadro 3 – Medidas a adotar.....	46
Quadro 4 – Quadro comparativo do regime legal revogado e do em vigor, em função dos níveis de exposição ao ruído. ....	49
Quadro 5: Risco de perda de audição para a conversação, devido exclusivamente ao ruído, em função dos anos de exposição. ....	69
Quadro 6: Percentagem de perda de audição devida exclusivamente a causas naturais. 69	
Quadro 7: Postos de trabalho e respectivos trabalhadores. ....	70
Quadro 08: Medições de $L_{Aeq, Tk}$ e $L_{Cpico}$ nos postos de trabalho. ....	71
Quadro 09: Resultados pessoais obtidos I. ....	73
Quadro 10: Tabela de atenuação dos Protetores H510A da 3M marca CE (EN352-1). 74	
Quadro 11: Exemplo do Calculo de Protetor auricular para um Trabalhador.....	75
Quadro 12: Resultados pessoais obtidos II.....	76
Quadro 13: Interpretação dos resultados. ....	76
Quadro14: Comparação de valores 2012 vs 2013. ....	78

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1: Intensidade Sonora - I.....	6
Equação 2: Frequência [Hz]. .....	7
Equação 3: Velocidade de Propagação do Som .....	8
Equação 4: Comprimento de onda. ....	9
Equação 5: Nível de pressão sonora em decibel [dB]. .....	9
Equação 6: Pressão sonora. ....	10
Equação 7: Nível de potência sonora [dB]. .....	12
Equação 8: Nível de intensidade sonora [dB]. .....	13
Equação 9: Intensidade Sonora. ....	13
Equação 10: Nível Sonoro Equivalente.....	19
Equação 11: Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A [dB(A)]. .....	19
Equação 12: Lden Indicador diurno-entardecer-noturno.....	39
Equação 13: Exposição pessoal diária ao ruído. ....	42
Equação 14: Exposição pessoal diária efetiva.....	42
Equação 15: Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído. ....	42
Equação 16: Nível de pressão sonora de pico. ....	43
Equação 17: Exposição pessoal diária efetiva.....	43
Equação 18: Níveis globais, por banda de oitava. ....	74
Equação 19: Nível sonoro contínuo equivalente. ....	74
Equação 20: Exposição diária efetiva.....	74

---

## INTRODUÇÃO

---

A **perda da capacidade auditiva** e mesmo a **surdez** é um dos riscos ocupacionais com maior destaque e importância na vida laboral, para tal contribui o facto de diariamente, **milhões de trabalhadores europeus** estarem expostos ao ruído e a todos os riscos inerentes a essa exposição nos seus locais de trabalho. Sendo o ruído um problema intrínseco para determinados sectores como **a indústria transformadora e o sector da construção**, podendo igualmente constituir um problema para um vasto leque de outros ambientes de trabalho profissionais ou sociais, desde **centros de atendimento telefónico a escolas, ou de fossos de orquestras** a bares.

De acordo com os dados disponíveis, a perda de audição provocada pelo ruído é a doença ocupacional mais comum na União Europeia<sup>[1]</sup>, tendo um em cada cinco trabalhadores europeus tem de falar alto durante pelo menos metade das suas horas de trabalho e 7% sofre de problemas auditivos relacionados com o trabalho.<sup>[2]</sup>

Ao longo dos anos, conformes resultados obtidos em Inquéritos Europeus às Condições de Trabalho, existem cada vez mais trabalhadores europeus onde a sua saúde é posta em risco pelo trabalho que executam <sup>[3]</sup>.

Também segundo nesses mesmos inquéritos os trabalhadores europeus nunca raramente utilizam os equipamentos de proteção individual, em cerca de metade ou mais do horário normal de trabalho <sup>[3]</sup>.

Tendo em consideração o divulgado no *Livro Verde da União Europeia para a Futura Política Relativa ao Ruído (Comissão Europeia, 1996)*, estima-se que cerca de 20% da população europeia (aproximadamente 80 milhões de pessoas) estão expostos a níveis de pressão sonora inaceitáveis, o que, segundo a mesma fonte, origina distúrbios no sono, perturbações do equilíbrio psicológico e outros efeitos adversos para a saúde. O mesmo relatório estima que existam 170 milhões de pessoas a residirem em locais cujos níveis de pressão sonora durante o dia atingem valores susceptíveis de causarem distúrbios significativos. Por outro lado, sabe-se que a exposição ao ruído elevado, na sua grande maioria nos locais de trabalho, é responsável por muitos destes problemas. Segundo estimativa do NIOSH — *National Institute for Occupational Safety and Health (US NIOSH, 1999 e 2001)*, nos EUA serão perto de 30 milhões os trabalhadores expostos a ruído excessivo no local de trabalho.

Da evolução do estudo desta temática vários autores consideram que o ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral (*Crandell et al., 1997*) e, em casos extremos, trauma acústico e alterações fisiológicas extra-auditivas. Trata-se de, um **som indesejado e um incómodo** (*T. L. C., 1998*). Sendo esta de facto a definição mais simplista do conceito de ruído. Geralmente é aceite que a perceção individual do ruído depende das suas características, nomeadamente: da intensidade, do espectro e da frequência com que ocorre. No entanto, são fatores como a idade do indivíduo, o seu estado emocional, os gostos, as crenças ou o modo de vida que determinam o grau de incomodidade do ruído.

A exposição ao ruído não é um risco recente. Antes mesmo da revolução industrial, embora em pequeno número, já existiam pessoas expostas a ruído elevado nos seus postos de trabalho.

O aumento da mecanização em todas as indústrias e atividades económicas tem vindo a agravar o problema. Contudo, nos dias de hoje, a atitude perante este problema obriga a ações diferentes, não só relativamente aos aspetos legislativos e regulamentares, mas também pelo conhecimento e consciência dos empresários para as consequências na saúde dos trabalhadores, segurança e as implicações no rendimento e consequente produtividade da empresa.

Apesar da certificação da SETH na área de Ambiente é de frisar que o presente relatório não abrange a área de Ruído Ambiental uma vez que as instalações em causa (oficina de metalomecânica) se encontram numa área com cobertura e estudo realizado é direcionado aos limites de exposição dos trabalhadores. No entanto, é de referir que a importância dos problemas relacionados com a exposição ao ruído de populações, também designado (ruído ambiental), cuja envolvimento não se restringe ao meio ocupacional. Assume particular relevância a exposição ao ruído proveniente de empresas, indústrias, estabelecimentos comerciais, espetáculos, tempos livres e serviço militar (*Jan, 2000*) em termos de efeitos sobre os indivíduos (*Delange, 1975; Costa, 1994; Gunderson, Moline e Catalano, 1997; Hohmann, Mercier e Felchlin, 1999; Toppila e Starck, 2000*).

Embora fora do âmbito deste documento, é de salientar que a SETH tem um estudo de Ruído Ambiental realizado de 5 em 5 anos para controle dos parâmetros estipulados para a área de implantação do Estaleiro Central.

Focando novamente o Ruído Ocupacional o controlo do ruído passa pelo conhecimento de alguns conceitos fundamentais, aplicação de normas e legislações em vigor e realização de um estudo através de uma avaliação de ruído de forma a avaliar e quantificar o ruído existente podendo assim descortinar os seus efeitos e quais as melhores medidas a implementar caso seja necessária uma intervenção.

Desta forma com este projeto pretende-se realizar uma avaliação concreta para apurar os níveis de ruído emitido pelas máquinas na Oficina de Metalomecânica, a exposição diária de cada trabalhador exposto, e conseqüentemente aplicar as medidas de minimização e controlo do ruído mais adequadas, cumprindo a legislação e Normas legalmente aplicáveis e previstas no Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, decreto este dedicado integralmente ao Ruído Ocupacional.

As medidas corretivas e/ou preventivas a serem apresentadas terão como objetivo a redução da exposição dos trabalhadores ao ruído e serão vantajosas, para além da preservação da audição. Como por exemplo, benefícios ao nível da redução do absentismo e redução da sinistralidade (*Berger, 1981; Berger, 1985*).

As medidas apresentadas neste projeto serão inseridas na política geral da empresa, com efeitos visíveis de médio/longo prazo. Apesar de potencialmente muito variadas, desde a adoção de medidas técnicas à escolha adequada de proteção individual, à formação de trabalhadores e ao acompanhamento clínico, serão encaradas como um conjunto de ações equilibradas e com objetivos convergentes. Isto é, a intervenção no âmbito da redução da exposição ocupacional ao ruído será sempre planeada no âmbito da política da empresa, e não como um conjunto de ações dispersas e sem planeamento efetivo.

## Objetivo do Projeto

O objetivo deste projeto será de contribuir para o aprofundamento do tema do Ruído desenvolvido no Mestrado de Segurança e Higiene no Trabalho e para a caracterização dos níveis de ruído a que estão expostos os trabalhadores da Oficina Metalomecânica (soldadores e serralheiros principalmente) do estaleiro Central da SETH, SA.

Apresentar propostas de medidas para a redução dos níveis de ruído caso os valores registados sejam superiores aos níveis legalmente estipulados.

Apesar de existirem outros equipamentos ruidosos na empresa nomeadamente na Carpintaria, esta encontra-se desativada apesar da presença das máquinas no local e não se verifica existe qualquer trabalhador ou qualquer tipo de trabalhos nestas instalações.

## Objetivos Específicos

De forma a dar cumprimento ao estabelecido no diploma legal Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro serão preenchidas as Fichas Individuais de Ruído de todos os trabalhadores que se encontrem em risco de perda da capacidade auditiva.

## 1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Um dos princípios importante no estudo do ruído é antes de se iniciar qualquer medição do som ter o conhecimento da terminologia básica utilizada em acústica, da propagação sonora e das características dos instrumentos de medição.

Neste capítulo do projeto serão abordados os conceitos de pressão sonora, nível sonoro, as unidades acústicas e as características fundamentais dos sonómetros em especial do equipamento utilizado nesta avaliação.

A palavra som deriva da palavra latina “sonu”, que significa tudo que impressiona o ouvido, e de um ponto de vista fisiológico é esta a definição de som. A definição de som de um ponto de vista físico é um pouco mais complexa, tratando-se o som essencialmente de uma onda longitudinal<sup>1</sup> de compressão e rarefação de um dado meio, provocada pela vibração de um corpo. No entanto, não se pode deixar de referir também que o som pode de igual forma ser resultado de um fenómeno aerodinâmico (Ex: assobio).

### 1.1 O Som e as Suas Propriedades Físicas

O som é um fenómeno vibratório resultante de variações da pressão no ar. Essas variações de pressão dão-se em função da pressão atmosférica e propagam-se longitudinalmente, à velocidade de 344 m/s para 20°C. Qualquer fenómeno capaz de causar ondas de pressão no ar é considerado uma fonte sonora. Pode ser um corpo sólido em vibração, uma explosão, um vazamento de gás a alta pressão, etc..

Basicamente, todo som caracteriza-se pelas seguintes variáveis físicas:

➤ **A intensidade** sonora depende da energia transportada pelo som; é essa quantidade de energia, que pode ser medida por equipamentos adequados, que representa a intensidade do som.

Se quisermos uma definição um pouco mais técnica da intensidade sonora como característica do fenómeno físico que é o som, diremos que:

<sup>1</sup> Nos meios sólidos, as ondas sonoras também possuem uma componente transversal

- A intensidade sonora é o fluxo de energia por unidade de área. Refere-se ao produto da pressão pela velocidade das partículas em um meio fluido, o que é equivalente à potência recebida por unidade de área. Assim, tem-se:

**Equação 1: Intensidade Sonora - I.**

$$I = \frac{\text{Força}}{\text{Area}} \times \frac{\text{Distancia}}{\text{Tempo}} = \frac{\text{Energia}}{\text{Area} \times \text{Tempo}} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Area}}$$

A intensidade sonora exprime-se na unidade Watt/m<sup>2</sup>.

- **O Espectro** sonoro, é o conjunto de todas as ondas que compõem os sons audíveis e não audíveis pelo ser humano.

Matematicamente, representa-se o espectro sonoro como uma série de Fourier, uma função no domínio das frequências, em oposição à forma de onda que é uma função no domínio do tempo. Qualquer onda sonora, assim como qualquer outro fenómeno ondulatório, pode ser representado através de seu espectro. Um gráfico de espectro sonoro é composto de barras, cada uma delas representando a amplitude de uma das frequências componentes do som analisado. Este tipo de gráfico é utilizado em equipamentos eletrónicos, tais como analisadores de espectro ou em equalizadores. No caso dos analisadores digitais, o cálculo é realizado através da Transformada Rápida de Fourier - FFT (Fast Fourier Transform), um algoritmo bastante eficiente que permite calcular o valor de uma transformada discreta de Fourier, em tempo real.

- **A frequência (f), é uma grandeza que quantifica as oscilações por unidade de tempo** e no Sistema Internacional exprime-se em Hertz (Hz). Assim, um som de 1000 Hz é mais alto que um de 500 Hz ou, como também se diz, é mais agudo. Quanto mais elevada for a frequência mais alto se diz um som.

O hábito de considerar (e identificar) os sons agudos como altos, e os sons graves como baixos deriva do facto de, emitidos no mesmo lugar, ou sons agudos parecerem vir de uma fonte sonora mais elevada em relação ao solo (mais alta, portanto), e os sons graves de uma fonte mais junto ao solo (mais baixa, portanto).

Assim, a frequência é a número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som. A velocidade com que as variações/oscilações acontecem ao longo do tempo, define a sua frequência em ciclos por segundo ou Hertz. Quanto maior a frequência,

mais ciclos de oscilações acontecem no mesmo espaço de tempo. A duração temporal de cada oscilação é designada por período (T) da oscilação/onda. Assim, vem

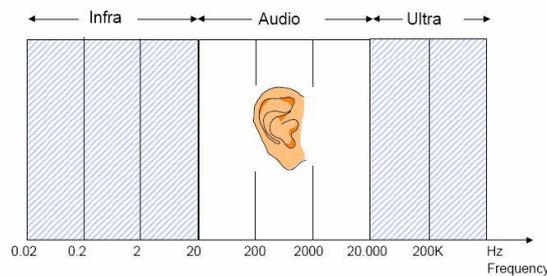
**Equação 2: Frequência [Hz].**

$$f = \frac{1}{T}$$

Onde: T – Período [s]

O nosso ouvido é capaz de captar sons de 20 a 20 000 Hz. Os sons com frequências inferiores a 20 Hz são designados infra-sons e os sons com valores superiores a 20 000 Hz são designados ultra-sons. A faixa de frequências entre 20 e 20 000 Hz é definida como **faixa audível** de frequências ou banda audível.

De referir que cada espécie animal tem a sua gama audível que pode ser diferente da do ser humano. Por este facto é normal existirem alguns sons que só são perceptíveis por alguns animais.



**Figura 1: Frequências Audíveis.**

➤ **Na música é usual referir-se o timbre que** é uma característica sonora que define que um som foi produzido por um determinado instrumento musical e que nos permite diferenciá-lo de outros.

Quando ouvimos uma nota tocada por um piano e a mesma nota (uma nota com a mesma altura) produzida por um violino, podemos imediatamente identificar os dois sons como tendo a mesma frequência, mas com características sonoras muito distintas.

O que nos permite diferenciar os dois sons é o timbre instrumental. De forma simplificada podemos considerar que o timbre é a impressão digital sonora de um instrumento.

## 1.2 Pressão Sonora

A diferença entre o nível da pressão do local (não perturbada) e os valores máximo ou mínimos que as oscilações de pressão atingem, define a amplitude da **pressão sonora** que se mede em Newton/m<sup>2</sup> ou Pascal [Pa]. A figura seguinte ilustra este fenómeno para uma onda de pressão sonora com uma amplitude unitária.

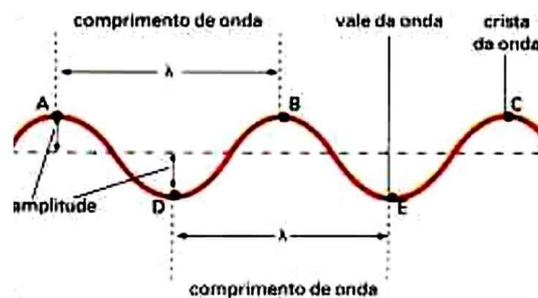


Figura 2: Propagação de uma onda sonora.

As ondas de pressão sonora propagam-se no meio a uma velocidade que é dada por:

**Equação 3: Velocidade de Propagação do Som**

$$c = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$$

A velocidade do som depende da pressão atmosférica, da densidade do ar e da relação :

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

Onde  $\gamma=1,4$  ,

$\rho$ —densidade do ar -1,23kg/m<sup>3</sup>

P- pressão atmosférica = 10<sup>5</sup> Pa

No caso de se estar ao nível do mar à temperatura standard a velocidade do som no ar  $c=344\text{m/s}$  (aproximadamente 340 m/s). e não depende da sua amplitude ou frequência. É, no entanto, dependente da temperatura do ar na proporção da sua raiz quadrada. Assim sendo o comprimento de onda ( $\lambda$ ) de uma onda sonora, que corres-

ponde ao espaço ocupado num dado instante por uma oscilação completa, pode ser calculado por:

**Equação 4: Comprimento de onda.**

$$\lambda = cT = \frac{c}{f}$$

Onde: c – Velocidade do som no ar = 344 m/s a 20 °C , T – Período [s] e f – Frequência [Hz]

Na gama audível encontram-se  $\lambda$  entre 0,017m e 17m.

O  $\lambda$  de uma onda sonora condiciona a sua propagação através de obstáculos. Se a dimensão dos obstáculos for inferior ao  $\lambda$ , verifica-se o fenómeno da difracção, isto é, nem toda a energia sonora é reflectida ou absorvida pelo obstáculo.

**Ruído** entende-se normalmente por **um som não desejável e incomodo** No entanto, para a surdez contribui qualquer tipo de som, ainda que agradável.

Assim sendo, o ruído é um som ou conjunto de sons desagradáveis e/ou perigosos, capazes de alterar o bem-estar fisiológico ou psicológico das pessoas, de provocar lesões auditivas que podem levar à surdez e de prejudicar a qualidade e quantidade do trabalho.

O ouvido humano consegue detetar pressões entre 20 $\mu$ Pa e os 100.000.000 $\mu$ Pa.

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

De acordo com a norma portuguesa NP 1730-1 (1996), o nível de pressão sonora,  $L_p$ , em decibéis, é dado pela seguinte expressão:

**Equação 5: Nível de pressão sonora em decibel [dB].**

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

Onde: P – Pressão sonora N/m<sup>2</sup> ou [Pa.] é o valor eficaz ou RMS da pressão sonora

$P_0 = 20 \mu$ Pa (20 x 10<sup>-6</sup> Pa) – Pressão sonora de frequência de referência (limiar de audição a 1000 Hz)

A variação de 1 dB no nível de pressão sonora corresponde à menor diferença que o ouvido humano pode diferenciar e a variação (redução/aumento) de 6 dB corresponde, aproximadamente, à redução para metade/aumento para o dobro da pressão sonora.

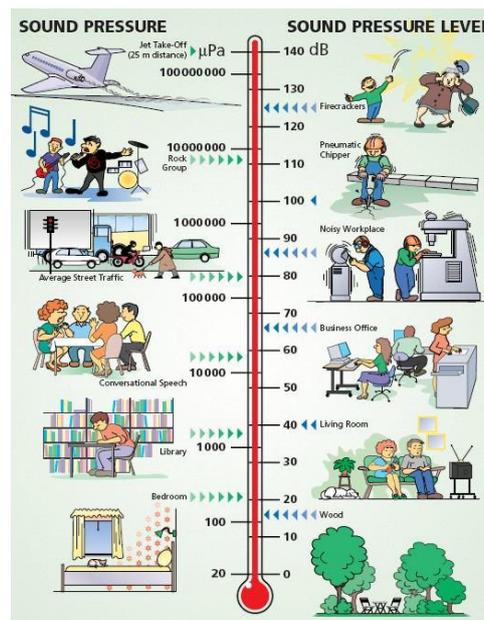
Conhecido o nível de pressão sonora –  $L_p$  (em dB) é também possível calcular a pressão sonora –  $P$  (em Pa), através da equação:

**Equação 6: Pressão sonora.**

$$P = P_0 \cdot 10^{\frac{L_p}{20}}$$

A sensibilidade auditiva humana pode então variar entre o Limiar da Audição: 20  $\mu$ Pa e o designado Limiar da Dor: 100Pa

A comparação entre estas duas escalas de medida da pressão sonora é feita na figura seguinte, onde se apresenta a correspondência com sons conhecidos.



**Figura 3: Comparação entre pressões sonoras (Pa) e níveis de pressão sonora (dB).**

A sensibilidade ao som, isto é, a percepção do volume do som é uma característica subjetiva que depende da interpretação dos sons pela nossa mente, não podendo, por isso, ser considerada uma propriedade física. As experiências efetuadas com indivíduos jovens e com uma boa audição permitiram estabelecer curvas de igual sensibilidade auditiva – curvas isofónicas (Figura 3), em termos de sensações auditivas obtidas em várias frequências com sons puros), em comparação com as sensações auditivas de frequência de 1000 Hz. A unidade utilizada para a sensibilidade auditiva é o

phon, que é numericamente igual à respectiva pressão sonora à frequência de 1000 Hz conforme se pode verificar na figura seguinte.

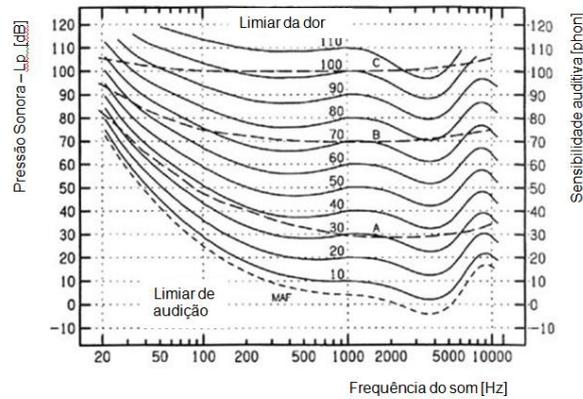


Figura 4: Curvas isofónicas.

### 1.3 Potência Sonora

Uma fonte sonora produz uma certa **potência sonora** –  $w$ , tal como um aquecedor produz uma certa quantidade de potência calorífica. O efeito dessa potência sonora é a pressão sonora, que chega aos nossos ouvidos e que se pode medir. Por exemplo, o efeito do calor produzido pelo aquecedor é a temperatura resultante. Tal como a temperatura que é atingida no ambiente onde o aquecedor estiver, a pressão sonora também está dependente do meio ambiente, da sala, do isolamento, de outras fontes existentes, da distância a que a fonte se encontra, etc.

Não só será importante medir a pressão sonora, como também a potência sonora emitida que é mais ou menos independente do meio envolvente.

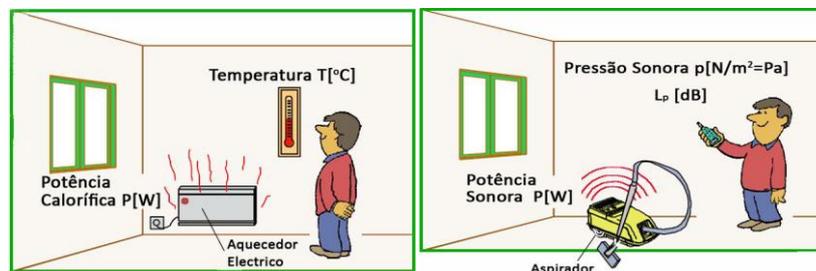


Figura 5: Efeito Calor e Efeito Potencia Sonora

Pretendendo-se utilizar para a potência sonora uma escala logarítmica, tal como foi feito para o nível de pressão sonora, o Nível de Potencia Sonora (*NWS, Sound Power*

Level) é expresso em decibéis e tem que se tomar um valor de referência  $W_0$  que represente uma potência sonora de referência.

**Equação 7: Nível de potência sonora [dB].**

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$$

Onde:

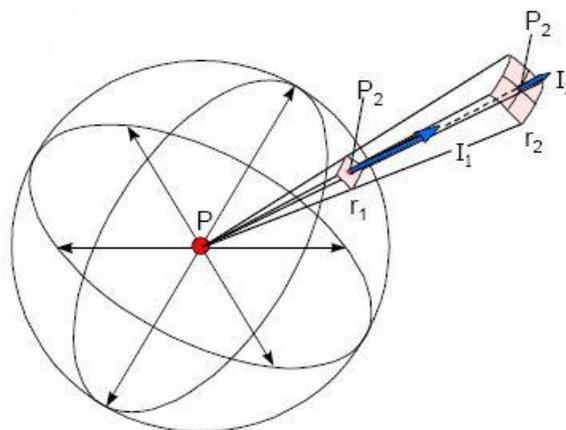
$W$  – Potência sonora em w e  $W_0 = 10^{-12}$  W – Potência sonora de referência ( $L_w = 0$  dB)

Falar em potência sonora, é falar também de intensidade sonora. A intensidade sonora está, também associada à quantidade de energia acústica radiada.

Ao contrário do que acontece com a intensidade e a pressão sonora, a potência não depende do ambiente nem da distância da fonte. Seu valor não varia já que a potência sonora refere-se à energia emitida pela fonte

### 1.4 Intensidade Sonora

A potência sonora é a quantidade de energia acústica produzida por unidade de tempo. A essa potência sonora corresponderá uma **intensidade sonora** –  $I$ , que mais não é do que a densidade do fluxo da energia acústica emitida por unidade de tempo, num determinado ponto (potência sonora por unidade de área), medida em Watts/m<sup>2</sup> (Figura 5). A intensidade tem a ver com o produto da pressão sonora pela velocidade de propagação.



**Figura 6: Radiação do som.**

Também se pode utilizar para a intensidade sonora uma escala logarítmica tomando um valor de referência  $I_0$  que corresponda à potência sonora de referência  $W_0$ .

**Equação 8: Nível de intensidade sonora [dB].**

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

Onde: I – Intensidade sonora [W/m<sup>2</sup>] e I<sub>0</sub> = 10<sup>-12</sup> W/m<sup>2</sup> – Intensidade sonora de referência (L<sub>I</sub> = 0 dB)

Conhecido o nível de intensidade sonora, também é possível calcular a intensidade sonora I [W/m<sup>2</sup>], através da equação:

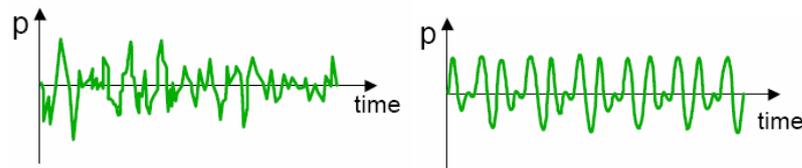
**Equação 9: Intensidade Sonora.**

$$I = I_0 10^{\frac{L_I}{10}}$$

**1.5 Tipos de Ruído**

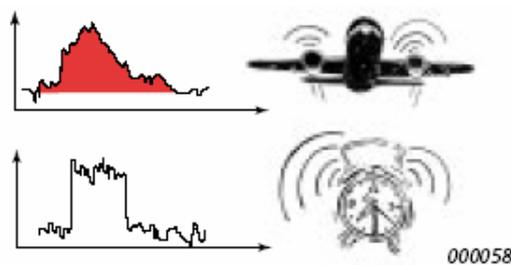
De um modo geral, o ruído pode ser classificados em 5 tipos:

**Contínuo** – ruído com variações de níveis desprezáveis (até ±3 dB) durante o período de observação. Com pequenas flutuações (Exemplo: motor elétrico);



**Figura 7: Ruído Contínuo.**

**2. Intermitente** – ruído cujo nível varia continuamente de um valor apreciável (superior a ±3 dB) durante o período de observação. Ruído constante que inicia e pára alternadamente, como numa máquina automática;



**Figura 8: Ruído Intermitente**

**3. De impacto ou impulsivo** – ruído que se apresenta em picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, como a martelar ou rebitar. A forma de onda deste tipo de ruído mais nocivos à audição, com intensidades que variam de 100 dB para o ruído de impacto acima de 140 dB para o ruído de impulso.

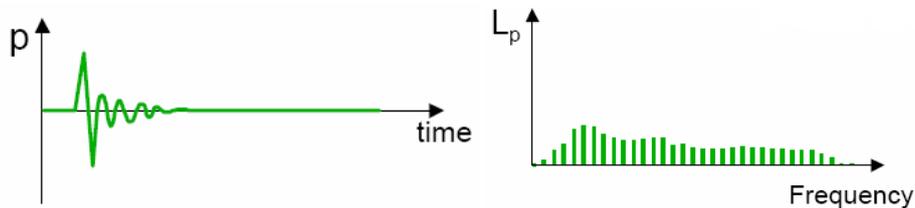


Figura 9: Ruído Impulsivo.

**4 . Tonal** – O método para detectar as características tonais do ruído dentro do intervalo de tempo de avaliação consiste em verificar, no espectro de um terço de oitava, se o nível de uma banda excede o das adjacentes em 5 dB ou mais, caso em que o ruído deve ser considerado tonal.

A medição deve ser efetuada na gama de frequências entre 50 Hz e 8 kHz por bandas de frequências de 1/3 de oitava.

A análise por bandas de frequências deverá ser efetuada utilizando a malha de ponderação A.

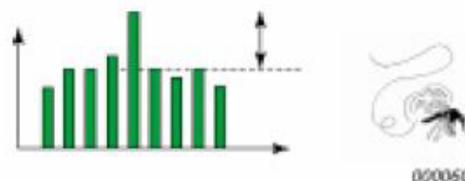


Figura 10: Ruído Tonal

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



Figura 11: Ruído Baixas Frequências

## 1.6 Espectro

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

A escala de frequências é, usualmente, dividida em três grandes grupos:

- infra-sons;
- gama de frequências audível;
- ultra-sons.

A gama audível compreende os sons cujas frequências vão de 20 a 20 000 Hz e, como o seu nome sugere, é susceptível de provocar reação ao nível da audição humana. Abaixo de 20 Hz situam-se os infrasons e acima de 20.000 Hz os ultra-sons.

A gama audível está dividida em 10 grupos de frequências designados por oitavas. Cada oitava, por seu turno, está subdividida em 3 grupos de terços de oitava. A designação de cada **oitava** corresponde à sua frequência central, que é o dobro da frequência central da oitava antecedente e a média geométrica das frequências limite [Miguel, 2000].

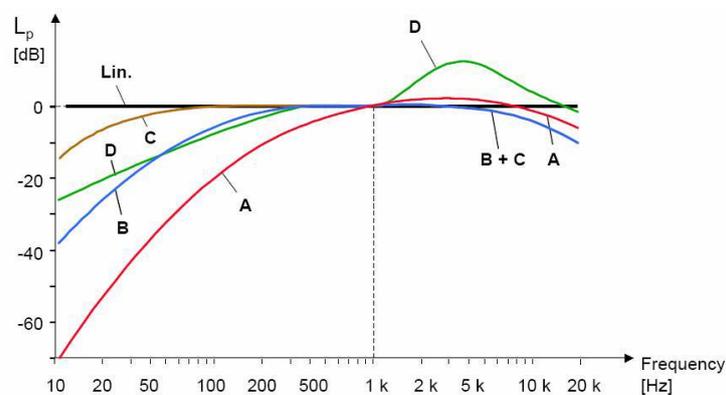
A análise da composição de um som em frequência implica a medição do nível sonoro em cada uma das bandas de frequência. A mais utilizada é a banda de oitava (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz).

Por vezes, usam-se também os filtros de meia oitava e banda estreita, não são tão usados pela sua morosidade e complexidade.

## 1.7 Filtros Ponderadores

Devido à estrutura do nosso aparelho auditivo e das características do sistema nervoso relacionadas com a audição, reagimos de modo diverso aos sons de diferentes frequências, não obstante um mesmo nível de pressão sonora [Miguel, 2000].

A resposta do ouvido em frequência tem uma variação não linear e por isso foram introduzidos (nos sonómetros) filtros de ponderação com o objetivo de correlacionar os valores medidos com a resposta do ouvido. Estes filtros têm a particularidade de atenuar o sinal sonoro de acordo com curvas de ponderação que seguem aproximadamente as curvas isofónicas. Nas normas internacionais estão definidas 4 curvas: A, B, C e D, apresentadas na figura seguinte.



**Figura 12: Representação das curvas de ponderação.**

As curvas A, B e C seguem as isofónicas 40, 70 e 100 dB. A curva de ponderação mais utilizada é a curva A por ser aquela que melhor correlaciona os valores medidos com a incomodidade ou risco de trauma auditivo do sinal sonoro. No caso do transporte rodoviário, que é a fonte de ruído mais ocorrida no meio urbano, o filtro A é considerado o mais representativo da curva de sensibilidade auditiva.

A utilização dos filtros de ponderação é aconselhada em função dos níveis de ruído que são analisados, uma vez que a sensibilidade auditiva se altera, à medida que o som é mais intenso. A escala A permite medições que levam em conta a sensibilidade auditiva humana.

A escala B está em desuso e raramente se encontram referências a ela.

A escala C é basicamente linear, apenas com pequenas atenuações para baixas e altas frequências.

A escala D foi padronizada para a medição de ruído na aeronáutica.

## 1.8 Instrumentos de Medição

Existem vários aparelhos para a determinação numérica do ambiente acústico, cada um com a sua aplicação específica.

Dentre os vários aparelhos auxiliares existentes destacam-se os sonómetros, os dosímetros e os analisadores de frequência. Cada um deles com uma função específica.

O **sonómetro** é um instrumento eléctrico-electrónico capaz de medir o nível de pressão acústica expresso em decibel, independente do seu efeito acústico. Regista um nível global ou linear de energia sobre a totalidade do espectro de 0 – 20 000 Hz. É composto por um microfone, um atenuador, um amplificador, um circuito de medida, um ou vários filtros, cuja missão é a decomposição das pressões acústicas recebidas segundo as suas frequências.

Com o objetivo de ter em conta as distintas sensibilidades do ouvido humano, segundo a sua frequência, os sonómetros estão dotados de filtros cujas curvas de resposta estão tomadas aproximadamente da rede de curvas isofónicas.

Em suma um sonómetro é um analisador de som com um banco paralelo de filtros em frequência e com a capacidade de seleccionar filtros ponderadores (curvas A, B, C e D).

É também essencial que os equipamentos de avaliação de níveis de ruído sejam homologados, pois isso é uma garantia da sua qualidade e desempenho e devem ser calibrados anualmente por Organismo Competente e reconhecido para o efeito.

Há uma grande variedade de sonómetros, utilizando-se uns ou outros consoante o ruído que se quer medir.

A Norma Portuguesa NP 3496 - 1988 especifica várias características dos sonómetros, os ensaios eléctricos e acústicos destinados a verificar a conformidade com as características e descreve um método de calibração para sensibilidade absoluta.

Apesar de neste projeto não ter sido utilizado o **dosímetro**, este é de referir que este é um aparelho capaz de acumular os sinais dos ruídos num condensador, tornando possível a análise das médias e picos sonoros gerados pela fonte. São aparelhos de bolso que se usam quando a exposição ao ruído é variável, isto é, quando os trabalhadores têm postos de trabalho móveis. É um aparelho que integra de uma forma automática os parâmetros de nível de pressão acústica e o tempo de exposição, obtendo diretamente leituras expressas em percentagem da dose máxima permitida legalmente para oito horas de exposição diárias.

Como já se referiu não foi utilizado o dosímetro pelo que o nível de exposição pessoal diária ao ruído,  $L_{EX, 8h}$ , foi calculado com base na sua fórmula matemática.

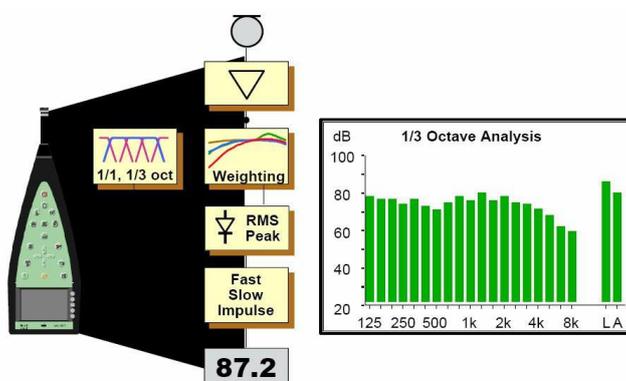


Figura 13: Ilustração de um sonómetro.

Os sonómetros têm também, normalmente a capacidade de efetuar leituras lentas (Slow – em intervalos de 1 segundo), rápidas (Fast - em intervalos de 125 milissegundo) ou impulsivas (Impulse - em intervalos de 35 milissegundo), para sons de pouca variação ou de grande variação. O funcionamento do sonómetro ilustra-se na figura seguinte.

### 1.9 Medição da Exposição ao Ruído

Para se analisarem os efeitos dos vários tipos de ruído perante a exposição de um trabalhador, criou-se o conceito de **Nível Sonoro Contínuo Equivalente (Leq)** que representa um nível sonoro constante, equivalente aos vários tipos de ruído durante o mesmo intervalo de tempo de exposição.

**Equação 10: Nível Sonoro Equivalente.**

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{p(t)}{p_0} \right)^2 \cdot dt \right]$$

Onde:

T – Tempo de exposição de um trabalhador ao ruído no trabalho  $T = t_2 - t_1$  e  $p(t)$  – é a pressão sonora instantânea, expressa em pascal, a que está exposto o trabalhador

A sua definição matemática, corresponde ao cálculo da média dos valores quadráticos da pressão sonora instantânea ( $p(t)$ ) ao longo do período (T) em análise, o que exige um sonómetro com capacidade de integração no tempo (sonómetro integrador).

Se o nível sonoro contínuo equivalente num determinado período de medição – T for obtido através de um filtro de ponderação A é designado por nível sonoro contínuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq, T}$ ).

**Equação 11: Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A [dB(A)].**

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

Onde:

T – Tempo de exposição de um trabalhador ao ruído no trabalho  $T = t_2 - t_1$

$p_A(t)$  – é a pressão sonora instantânea, ponderada A, expressa em pascal, a que está exposto, com o ar à pressão atmosférica, um trabalhador que poderá ou não deslocar-se de um sítio para outro durante o trabalho

$p_0 = 20 \mu Pa = 2 \times 10^{-5}$  pascal

Os restantes parâmetros de medição são tidos em conta mais à frente no Capítulo 3 – Enquadramento Legal.

**1.10 O Ouvido Humano e os Efeitos Do Ruído no Corpo Humano**

Enquanto as várias características do som e, de uma forma geral, toda a física que envolve o seu estudo é bem definida e exata, já os seus efeitos ao nível do comportamento humano se revestem de um carácter mais ou menos subjetivo, que tem muito a ver com a perceção do som através de todo o complicado e sensível aparelho auditivo humano.

O ouvido é o órgão humano que permite a recepção de sons. Trata-se essencialmente de um transdutor, ou seja um mecanismo que transforma ondas sonoras (mecânicas), em impulsos elétricos.

### 1.10.1 Anatomia e Fisiologia da Audição

Sob o ponto de vista anatómico o órgão da audição, ou ouvido, divide-se em três partes distintas: o **ouvido externo**, o **ouvido médio** e o ouvido **interno**.

Do ponto de vista funcional, o ouvido externo e o ouvido médio estão associados com vista à receção dos sons e transformação de energia acústica em energia mecânica. O **ouvido interno** tem como função a transformação desta energia numa série de impulsos nervosos que serão encaminhados para o cérebro.

O **ouvido externo** é constituído pelo pavilhão auricular e pelo canal auditivo externo.

O **ouvido médio**, visível na figura 13, representa a ligação entre o ouvido externo e o interno. É constituído pela membrana do tímpano, que separa o ouvido médio do ouvido externo, e pela cavidade do ouvido médio e seu conteúdo (ossículos - martelo, bigorna e estribo). No ouvido médio estão contidos dois músculos que operam no martelo (*tensor tympani*) e no estribo (*stapedius*), contraindo-se na resposta a níveis sonoros elevados. A sua acção reduz a amplitude do movimento dos ossículos, limitando assim a intensidade sonora transmitida ao ouvido interno.

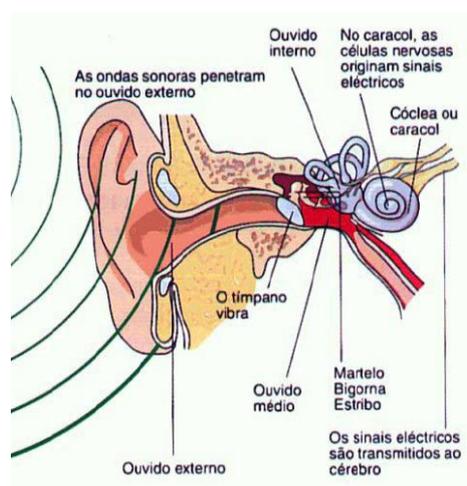


Figura 14: Ouvido humano.

O ouvido interno está encerrado numa cápsula óssea, que se designa por labirinto ósseo, e comunica com o ouvido médio pela janela oval, já referida, e ainda pela jane-

la redonda. O ouvido interno é um sistema complexo de canais preenchidos por um líquido (perilíngua) e pode ser dividido em dois sistemas: a cóclea ou caracol, que é um órgão de audição, e os órgãos de equilíbrio, de entre os quais se destacam os canais semicirculares. A cóclea é uma estrutura altamente especializada como órgão recetor de sons.

Em resumo, uma alteração vibratória da pressão sobre a membrana timpânica é transmitida pelos ossículos ao líquido do ouvido interno através da janela oval. As vibrações propagam-se, então, à membrana basilar, produzindo esforços transversais nas células ciliadas do órgão de Corti. Estes esforços culminam na transmissão nervosa ao cérebro através de potenciais de ação, na figura seguinte mostra-se o trajeto das ondas sonoras até ao cérebro.

Esta é a chamada teoria da ressonância, a mais aceite, apresentada em 1863 por *Helmholtz*.

### 1.10.2 Audibilidade Humana

Como já foi referido neste projeto o homem não consegue ouvir todos os sons.

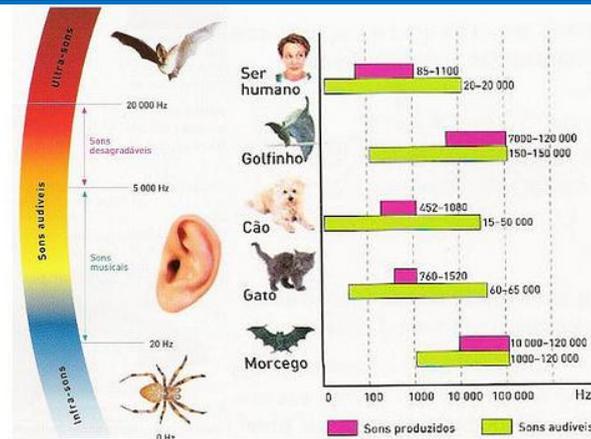
Embora não sendo audíveis para o homem, tanto os infra-sons como os ultra-sons podem afetar o nosso bem-estar.

Os infra-sons de grande intensidade produzem náuseas, vômitos, tremores e dores na nuca. Os ultra-sons se a intensidade for elevada, por volta dos 25.000 Hz produzem alterações no sangue, aos 30.000 Hz e mais de 100 dB, podem provocar hemorragias cerebrais e ataques epiléticos.

É óbvio que a nocividade dos ruídos se acentua quando os indivíduos estão expostos habitualmente.

Por outro lado, o ouvido humano não ouve todas as frequências do mesmo modo, isto é, ouvimos melhor sons com umas frequências do que sons com outras frequências, embora com o mesmo nível de intensidade.

A figura seguinte mostra a forma de audição do ouvido humano, em comparação com a audição de algumas espécies de animais em função frequências (em Hz).



Fonte: <http://173.203.31.59/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=204220>

**Figura 15: Áreas de audição humanas e animais.**

### 1.10.3 Efeitos do Ruído sobre a Saúde e o Bem-estar

Os efeitos do ruído não têm apenas a ver com a sua intensidade, mas também com a duração da exposição ao risco. A frequência (conforma seja alta ou baixa) e o tipo de ruído (padrão impulsivo ou não) constituem elementos importantes para o aparecimento de perturbações da saúde no indivíduo.

#### Fatores que Influenciam a Lesão Auditiva

São diversos os fatores com influência nas lesões auditivas produzidas pelo ruído, conforme de seguida se irá analisar.

##### Intensidade do ruído

O limiar de nocividade do ruído situa-se entre os 80 e os 87 dB(A). Qualquer ruído superior a 85 dB(A) apresenta um risco considerável, sendo fortemente lesivo para o ser humano.

##### Frequência do ruído

Os sons mais perigosos são os de alta frequência (superiores a 1 000 Hz). A maioria dos ruídos industriais compreende uma gama ampla de frequências.

Por razões fisiológicas ainda mal identificadas, as células ciliadas mais susceptíveis à ação nociva do ruído são encarregadas de identificar as frequências entre 3000 e 6000 Hz, sendo a lesão da zona da membrana basilar destinada a perceber os sons de frequências de 4000 Hz, o primeiro sinal de alarme.

---

## Tempo de exposição

O efeito adverso do ruído é proporcional à duração da exposição e está relacionado com a quantidade total de energia sonora que chega ao ouvido interno.

## Susceptibilidade individual

Aceita-se como fator de risco, apesar de ser muito difícil a sua demonstração. Sabe-se que alguns indivíduos têm maior sensibilidade ao ruído e, submetidos a este risco, tendem a sofrer uma lesão maior e mais rapidamente do que o resto da população.

## Idade

Torna-se necessário ter em conta a possibilidade de, num grande número de casos, o efeito de ruído se adicionar ao da presbiacusia própria da idade. Por vezes, pode ser este processo degenerativo que vai favorecer o aparecimento da lesão acústica.

## Natureza do ruído

A exposição intermitente é menos lesiva do que a exposição contínua. Os ruídos permanentes lesionam menos que os pulsados, a igual intensidade, devido à subjugação que se procede no ouvido médio.

Perante o exposto pode-se entender que o ruído pode ser um problema em praticamente todos os ambientes de trabalho, desde fábricas a explorações agrícolas, salas de concerto ou estaleiros de construção, creches e escolas, bares, discotecas, etc..

O ruído no local de trabalho não põe em perigo apenas a audição. A exposição ao ruído tem efeitos sobre o sistema cardiovascular, provocando uma libertação da adrenalina associada ao stress, bem como o aumento da pressão arterial. O ruído no local de trabalho, mesmo a níveis bastantes baixos, pode ser um fator de stress relacionado com o trabalho.

O ruído no local de trabalho aumenta igualmente o risco de acidentes, podendo dificultar a audição e a comunicação entre o pessoal. Pode, ainda, interagir com substâncias químicas perigosas, aumentando o seu impacto sobre a saúde. Pode, igualmente, ser perigoso para mulheres grávidas como se pode verificar em ponto seguinte.

O som pode afetar um indivíduo em diversos aspetos, psicológicos e fisiológicos. Tome-se como **exemplo sons entre os 0 e 90 dB**:

### Consequências do ruído

Trabalhos científicos relacionados com o ruído ambiental demonstram que uma pessoa só se consegue relaxar totalmente durante o sono, em níveis de ruído abaixo de 39 dB(A), enquanto a Organização Mundial de Saúde estabelece 55 dB(A) como nível médio de ruído diário para uma pessoa viver bem.

Acima de 75 dB(A), começa a surgir o desconforto acústico, ou seja, para qualquer situação ou atividade, o ruído passa a ser um agente de desconforto, nestas condições, verificando-se:

- Perda da inteligibilidade da linguagem;
- Prejuízo na comunicação, passando a ocorrer distrações;
- Surgimento de irritabilidade;
- Diminuição da produtividade no trabalho.
- Acima de 80 dB(A) as pessoas mais sensíveis podem sofrer **perda de audição (surdez profissional)**, o que se generaliza para níveis acima de 85 dB(A).

### Principais alterações associadas ao risco do ruído

#### Alterações fisiológicas reversíveis:

- Dilatação das pupilas;
- Hipertensão sanguínea;
- Mudanças gastrointestinais;
- Reação da musculatura do esqueleto;
- Vasoconstrição das veias.

#### Mudanças bioquímicas:

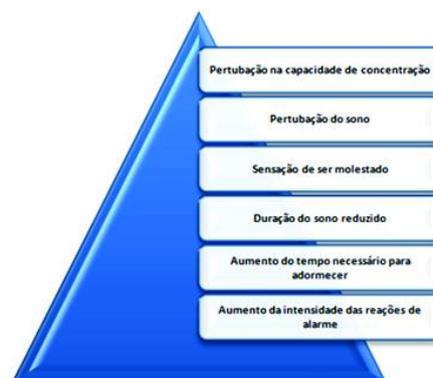
- Mudanças na produção de cortisona;
- Mudanças na produção de hormona da tiroide;
- Mudança na produção de adrenalina;
- Fracionamento dos lípidos do sangue;
- Mudança na glicose sanguínea;
- Mudança nas proteínas do sangue.

### Efeitos cardiovasculares:

- Aumento da pressão sanguínea – sistólica (máxima);
- Aumento da pressão sanguínea – diastólica (mínima);
- Hipertensão arterial.

### Efeitos sobre o sono:

- Os efeitos dependem do estímulo sonoro, da intensidade, da largura de banda, duração, frequência e da idade da pessoa;
- Como efeitos primários podem ocorrer: aumento da frequência cardíaca, vasoconstricção periférica, movimentação do corpo;
- Com o aumento do nível de ruído, pode verificar-se uma diminuição do sono acima de 39 dB(A);
- Com o aumento do nível de ruído, pode estimar-se que ao atingir 64 dB(A) uma pequena percentagem das pessoas acordam e com 97 dB(A) poderão acordar 50%;
- Como efeitos secundários (no dia seguinte) pode ocorrer mudança na disposição, mudança no rendimento, perda da eficiência, queda de atenção e aumento do risco de acidentes.



Fonte: <http://www.fiepbrasil.org/colunas/ergonomia-e-ginastica-laboral/652/efeito-ruído-na-saude-ser-humano/>

**Figura 16: Efeitos do Ruído no Homem**

---

## Alteração temporária do limiar auditivo (fadiga auditiva)

É um efeito a curto prazo. Representa uma mudança da sensibilidade da audição e depende da susceptibilidade individual, do tempo de exposição e da intensidade do ruído. A queda do limiar retorna gradualmente ao normal depois de cessada a exposição.

Os ruídos de alta frequência produzem mais alterações temporárias. A banda de 2.000 a 6.000 Hz produz mais alterações temporárias.

Para a maioria das pessoas, os níveis acima de 60 a 80 dB(A) provocam mudança no limiar auditivo.

A recuperação dos limiares normais dá-se proporcional ao logaritmo do tempo. A maior parte das alterações temporárias recuperam-se nas primeiras 2 ou 3 horas.

## Alteração permanente do limiar auditivo

Decorre da acumulação de exposições ao ruído. Inicia-se com zumbido, cefaleias, fadiga e tontura.

Na primeira fase o indivíduo tem dificuldade em escutar os sons agudos como, por exemplo, o tique-taque do relógio, as últimas palavras de uma conversação, o barulho da chuva, além de confundir os sons em ambientes ruidosos. Numa última fase, a perda auditiva interfere diretamente na comunicação oral, tornando-a difícil ou praticamente impossível.

Pode aparecer também um zumbido permanente que piora as condições auditivas e perturba o repouso.

Alguns autores afirmam que a mudança permanente do limiar auditivo é o resultado de repetidas mudanças temporárias de limiar.

## Trauma acústico

É definido como uma perda súbita da audição, decorrente de uma única exposição a ruído muito intenso. Geralmente aparece o zumbido, podendo haver o rompimento da membrana timpânica.

## Doença vibro acústica

Devido à sua importância este tema é abordado exaustivamente no capítulo 1.12.

---

## Exposição de mulheres grávidas ao ruído

O desenvolvimento da audição, no feto, inicia-se por volta do quinto mês de gravidez. Estudos realizados indicam que os sons graves passam facilmente ao útero, podendo causar lesões ao nível do ouvido interno. Ruídos de 60 a 80 dB produzem stresse no feto e acima de 80 dB são seguramente nocivos para a saúde fetal.

## 1.11 Medidas de Redução

Para atuar nas medidas de redução deve ter-se em conta que o ruído, ao encontrar uma superfície, reflete parte da sua energia e que a frequência tem influência nas medidas a adotar.

Na redução de um ruído pode-se atuar a vários níveis:

- **Medidas Organizacionais**
- **Medidas Construtivas**
  - **Atuação na fonte**, eliminando ou reduzindo na origem.
  - **Na transmissão**, eliminando ou reduzindo na propagação.
  - **Na receção**, utilizando protetores de ouvido e/ou rotação de operadores.

### Algumas medidas organizacionais, tem-se:

- Redução dos níveis de ruído ou dos tempos de exposição;
- Planificação da produção com o objetivo de eliminar postos de trabalho sujeitos a elevados níveis de ruído;
- Considerar o nível de ruído produzido pelo equipamento a adquirir;
- Rotação periódica do pessoal exposto ao ruído;
- Realização de trabalhos ruidosos quando haja um menor número de trabalhadores expostos.

### Algumas medidas de redução na fonte, tem-se:

#### Atuação sobre a fonte produtora de ruído:

- Substituição de máquinas lentas e grandes dimensões por máquinas rápidas e de pequenas dimensões;
- Substituir máquinas antigas por outras menos ruidosas;
- Atuar a nível de manutenção, no aperto das peças soltas, evitando o choque entre os componentes das máquinas;
- Substituição de engrenagens metálicas por engrenagens plásticas (redução do atrito);
- Blindagem de partes ruidosas de máquinas, utilizando nas paredes internas material absorvente;

- Diminuição da velocidade de rotação dos ventiladores;
- Utilização de materiais amortecedores de choques e vibrações;
- Utilização de silenciadores nas saídas de jatos de ar ou gases;
- Substituição e ajustamento de partes do equipamento soltas ou desequilibradas.

### Algumas medidas de redução na transmissão, tem-se:

Atuação sobre as vias de propagação: Quando não é possível o controlo do ruído na fonte ou quando a redução conseguida não é suficiente

- ✓ **Isolamento anti vibrátil:**
  - Diminuição da transmissão das vibrações produzidas por uma máquina através de elementos sólidos adjacentes à fonte de ruído;
  - Utilização de suportes adequados (borracha, cortiça, resinas sintéticas) que permitem a redução dos níveis de ruído em locais mais ou menos afastados.
- ✓ **Encapsulamento:**
  - Pode constituir uma medida muito eficaz se projectada e executada adequadamente;
  - Deve conferir um bom isolamento (através de materiais densos e compactos) e uma boa absorção sonora (através de materiais porosos e pouco densos).
- ✓ **Painel antirruído:**
  - Não tão eficientes como o encapsulamento, mas permitem o controlo da propagação do ruído numa determinada direção;
  - Devem ser construídos por materiais isolantes revestidos por materiais absorventes do lado em que se encontra a fonte de ruído.
- ✓ **Tratamento acústico das superfícies (como tetos, paredes e pavimentos):**
  - Permite a redução da reverberação no interior de um local de trabalho
  - As superfícies lisas e duras, que refletem o ruído, devem ser evitadas e, quando existam, devem ser revestidas por placas de material absorvente;
  - Não é eficaz na proteção de trabalhadores próximos das fontes de ruído;
  - Afastamento das fontes sonoras das superfícies refletoras;
  - Paredes espessas e porosas;
  - Painéis absorventes no teto.
- ✓ **Cabines:**
  - Em vez de encapsular as máquinas, protegem-se as pessoas;
  - Sobretudo úteis quando existem muitas fontes de ruído cuja proteção seria impossível ou demasiado dispendiosa;

- Deve evitar-se que as paredes opostas tenham superfícies vidradas, para evitar ondas sonoras estacionárias.

### Algumas medidas de redução na receção, tem-se:

Quando o nível sonoro a que o trabalhador está exposto ultrapassa os valores admissíveis e não é viável qualquer uma das soluções anteriores, é necessário recorrer à proteção individual:

- Devem ser calculados os níveis sonoros equivalentes resultantes da utilização de protetores auditivos.

## 1.12 Doença Vibro acústica (DVA)

Como supracitado a exposição ao ruído pode causar surdez bem como outras perturbações, tais como, incomodidade, hipertensão e alterações do sono. Geralmente, considera-se que estas situações são causadas pelos fenómenos acústicos escutados pelo ouvido. Existem no entanto processos acústicos não escutados pelo ouvido mas, não menos nocivos. O **Ruído de baixa frequência** (RBF), <500 Hz, incluindo os infrassons é um fenómeno acústico que pode afetar o corpo humano causando danos irreversíveis, mas que não provoca as perdas auditivas clássicas. Considera-se que os fenómenos acústicos não percebidos pelo ouvido humano não causam qualquer lesão. Isto reflete-se nos procedimentos de avaliação de ruído utilizados, que apenas requerem a quantificação de fenómenos acústicos perceptíveis ao ouvido humano (daí a unidade dB(A)). Assim, os estudos que investigam os efeitos da exposição ao ruído em saúde pública, e que não consideram todo o espectro de energia acústica, são enganadores e podem, efetivamente, estar cientificamente incorretos.

De acordo com Branco (2006), nos anos 80 as alterações provocadas pelo RBF conduziram a definição da Doença Vibro acústica (DVA) pelo autor, como sendo uma patologia sistémica que envolve todo o organismo, originada por exposições permanentes ao RBF, caracterizada pela proliferação anormal de colagénio e elastina na ausência de um processo inflamatório.

Para além das fibroses do pericárdio e válvulas cardíacas, têm vindo a ser descritas alterações celulares em diferentes órgãos e sistemas.

Os seus portadores são muitas vezes considerados hipocondríacos tendo em conta a grande diversidade de sintomas que podem não se relacionar uns com os outros,

como ocorre na maioria dos casos identificados, e à ausência de processos físicos que demonstrem a sua existência.

Neste âmbito surge a Doença Vibroacústica (DVA) ou Vibroacoustic Disease (VAD), trata-se de uma patologia sistémica (de corpo inteiro), envolvendo todo o organismo, caracterizada pela proliferação anormal das matrizes extracelulares<sup>2</sup> e causada pela exposição excessiva aos RBF. A pré disposição para o desenvolvimento da patologia varia de indivíduo para indivíduo assim como de profissão para profissão. No entanto, alguns dos indivíduos mais suscetíveis são os pilotos e hospedeiras tendo em conta o número continuado de horas que são sujeitos ao RBF, resultante da vibração e ruído provocado pelo funcionamento dos aviões no entanto, muitas outras profissões como camionistas, operadores de ferramentas vibrantes e outros, promovem o desenvolvimento da DVA nos trabalhadores (Branco, 2006).

Mas, sendo uma doença nova, ainda é desconhecida da maioria dos médicos e cidadãos, não sendo possível estimar o número de doentes. Estes, sem cura e sem prevenção à vista, desesperam. A sensação de "ouvir bem de mais ou ouvir coisas que os outros não ouvem" é típica de quem tem a DVA e algo que pode ajudar os médicos a detectar esta "nova" patologia. O diagnóstico tem sido complicado, tanto pelo desconhecimento como pela variedade de sintomas que os doentes apresentam.

São precisamente os ruídos que mal se ouvem, e que não são avaliados nas medições rotineiras, que estão na origem da doença. Aqui não se trata de volumes excessivos ou decibéis a mais, mas de frequências baixas com efeitos em todo o organismo. "O agente patogénico é físico, como se fosse uma pressão interior. Quando alguém está exposto a um ambiente assim, sente-se oprimido e a resposta biológica do seu organismo é reforçar a integridade estrutural, produzindo uma substância que é o colagénio<sup>3</sup> (mesmo não havendo inflamação) ", explica Mariana Alves Pereira, sendo Portugal líder mundial, nesta investigação.

<sup>2</sup> Chama-se **matriz extracelular** à massa que une as células dos animais e que é composta de colágeno, proteoglicanos, glicoproteínas e integrinas, segregadas pelas próprias células. Para além de permitir a migração das células durante o desenvolvimento embrionário, esta matriz é também um factor de coesão e de flexibilidade do corpo dos animais.

<sup>3</sup> É uma proteína de importância fundamental na constituição da matriz extracelular do tecido conjuntivo, sendo responsável por grande parte de suas propriedades físicas.

Em 1992, iniciaram-se os estudos em modelos animais expostos a IRBF numa tentativa de obter mais conhecimentos sobre este vector acústico de doença.

A exposição excessiva aos RBF induz espessamentos das estruturas cardíacas. Especificamente, o espessamento do pericárdio (saco de menos de 0,5 mm de espessura, que envolve o coração) na ausência de um processo inflamatório e sem adiestamento<sup>4</sup> é o “cartão-de-visita” da DVA. Depressão, aumento da irritabilidade e agressividade, tendência para o autoisolamento e perturbação dos processos cognitivos fazem parte do quadro clínico da DVA. O RBF é um agente genotóxico<sup>5</sup>, demonstrando-se que induz aumento da frequência de trocas de cromátides<sup>6</sup> irmãos, em populações humanas e animais. O aumento do desenvolvimento de tumores entre as populações humanas e, de metaplasia<sup>7</sup> e displasia<sup>8</sup> em populações animais, evidenciam e corroboram o efeito claramente mutagénico da exposição ao RBF.

### 1.13 A Surdez como Doença Profissional

A surdez é resultante de exposição a níveis sonoros elevados nos locais de trabalho e em termos de manifestação clínica é das doenças com maior relevância em Portugal. As doenças com maior incidência são as doenças músculo-esqueléticas que no seu conjunto representam 66,32% - 2925 doenças – seguidas dos casos de surdez profissional que representam 12,97% - 572 casos – do total (Relatório de Dados Estatísticos do CNPRP/ 2008).

4 Ausência ou imperceptibilidade da diástole (um período de relaxamento muscular ou recuperação do músculo cardíaco).

5 Tóxico para o ADN. As substâncias genotóxicas podem unir-se directamente ao ADN e actuar indirectamente mediante a afectação das enzimas envolvidas na replicação do ADN e causando, em consequência, mutações que podem ou não desencadear num cancro. As substâncias genotóxicas não são necessariamente cancerígenas, mas a maior parte dos cancerígenos são genotóxicos.

6 Os cromátides ou cromátides-irmãs; Cromátide é um dos dois filamentos interligados, formado pela duplicação de um cromossoma durante os processos de divisão celular. Conhecida como uma das cópias de um cromossoma formado pela replicação do DNA, que ainda permanece unida a outra cópia pelo centrômero. Cromátides irmãos: Nome dado aos tais filamentos interligados citado acima, quando se duplicam, na fase de divisão celular. São geneticamente iguais. Ocorre separação das cromátides irmãs nos processos chamados Meiose e Mitose, gerando células geneticamente iguais.

7 É uma alteração reversível quando uma célula adulta, seja epitelial ou mesenquimal é substituída por outra de outro tipo celular.

8 Termo generalizado para designar ocorrência de anomalias relacionadas com o desenvolvimento de um órgão ou tecido.

### Notificação da Surdez profissional

Considera-se doença profissional, com obrigatoriedade de notificação à Previdência Social, toda alteração do limiar auditivo que supere o valor de 25 decibéis, desde que apresente história ocupacional e traçado audiométrico compatível: exposição a ruído e alterações no audiograma que se iniciam e são mais acentuadas nas frequências altas (6000, 4000 e 3000).

As perdas de audição causadas por exposição ao ruído caracterizam-se por:

- Início na faixa de 3.000 Hz a 5.000 Hz, sendo mais aguda em 4.000 Hz.

Esse processo é facilmente constatado através de um audiograma, aparecendo como uma curva em forma de «V».

No audiograma é registado o valor de dB onde o trabalhador deixou de ouvir o som emitido em cada frequência, este processo é realizado para o ouvido direito e posteriormente para o ouvido esquerdo sendo registado em cores diferentes vermelho e azul respectivamente.

Quanto mais acentuada for a curva no sentido descendente mais grave é a perda da capacidade auditiva por cada frequência analisada.

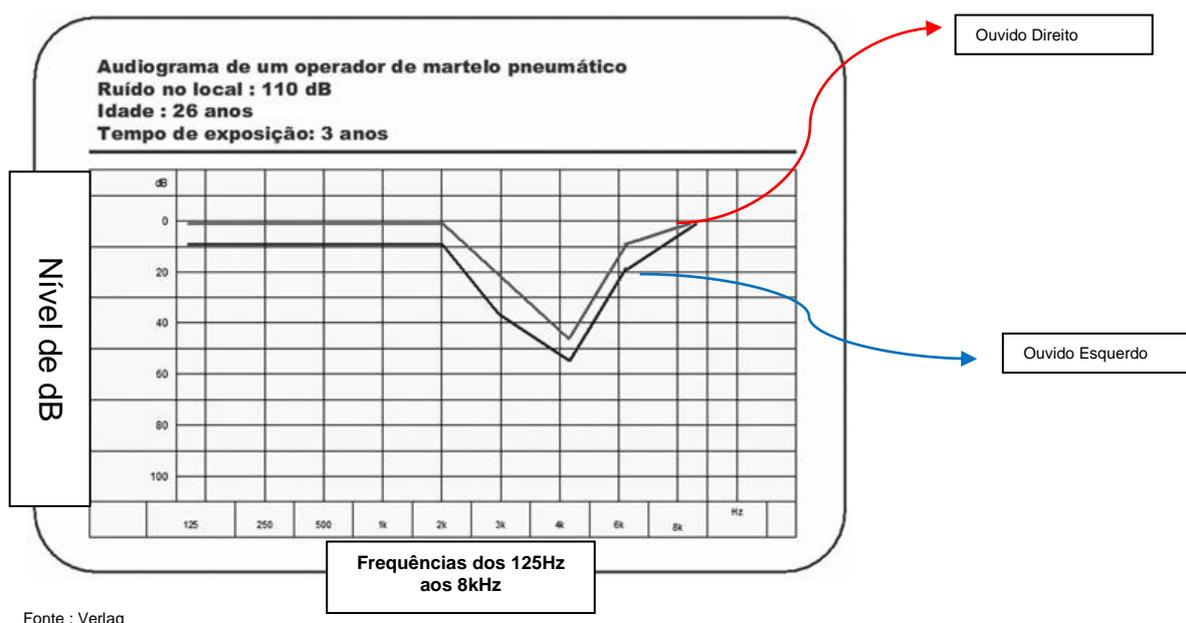


Figura 17: Exemplo de Audiograma

O aparecimento da surdez profissional é influenciada, principalmente, pelos seguintes fatores:

### **Intensidade do ruído**

O limiar de nocividade do ruído situa-se entre os 80 e os 87 dB(A). Qualquer ruído superior a 85 dB(A) apresenta um risco considerável, sendo fortemente lesivo para o ser humano.

### **Frequência do ruído**

Os sons mais perigosos são os de alta frequência (superiores a 1 000 Hz). A maioria dos ruídos industriais compreende uma gama ampla de frequências.

Por razões fisiológicas ainda mal identificadas, as células ciliadas mais susceptíveis à acção nociva do ruído são encarregadas de identificar as frequências entre 3000 e 6000 Hz, sendo a lesão da zona da membrana basilar destinada a perceber os sons de frequências de 4000 Hz, o primeiro sinal de alarme.

### **Tempo de exposição**

O efeito adverso do ruído é proporcional à duração da exposição e está relacionado com a quantidade total de energia sonora que chega ao ouvido interno.

### **Susceptibilidade individual**

Aceita-se como fator de risco, apesar de ser muito difícil a sua desmonstração. Sabe-se que alguns indivíduos têm maior sensibilidade ao ruído e, submetidos a este risco, tendem a sofrer uma lesão maior e mais rapidamente do que o resto da população.

### **Idade**

Torna-se necessário ter em conta a possibilidade de, num grande número de casos, o efeito de ruído se adicionar ao da presbiacusia própria da idade. Por vezes, pode ser este processo degenerativo que vai favorecer o aparecimento da lesão acústica.

---

## Natureza do ruído

A exposição intermitente é menos lesiva do que a exposição contínua. Os ruídos permanentes lesionam menos que os pulsados, a igual intensidade, devido à subjugação que se procede no ouvido médio.

A perda da audição é normalmente decorrente de lesão do nervo auditivo, em razão do dano causado às células do órgão de Corti localizado no ouvido interno, e pode ser agravada pela exposição simultânea a produtos químicos e às vibrações. Uma vez instalada, a perda auditiva é irreversível e quase sempre atinge os dois ouvidos; manifesta-se, primeira e predominantemente, nas frequências altas (sons agudos de 6000, 4000 e 3000 Hertz ) e, com o agravamento da lesão, estende-se às frequências baixas (sons graves de 2000, 1000, 500 e 250 Hertz);

Raramente, leva à perda auditiva profunda pois, geralmente, não ultrapassa os 40 decibéis nas baixas frequências e os 75 decibéis nas frequências altas, atingindo o seu nível máximo após cerca de 10 a 15 anos de exposição sob condições estáveis de ruído. Uma vez cessada a exposição ao ruído intenso, não deverá haver progressão da surdez profissional;

Para além da perda auditiva podem ocorrer intolerância a sons intensos, zumbidos, dificuldades na comunicação social e outros comprometimentos orgânicos, tais como estresse, distúrbios da atenção, do sono e do humor, alterações transitórias na pressão arterial, distúrbios gástricos, entre outros sintomas.

### Tratamento

A perda auditiva induzida pelo ruído é de natureza nervosa (neuro sensorial) e, portanto, irreversível, pois as células sensoriais do órgão de Corti não se regeneram depois de destruídas. Não existe tratamento clínico para restaurar a audição e os aparelhos de amplificação sonora individual (aparelhos de surdez) são de difícil adaptação. O melhor procedimento diante da surdez profissional ainda é a prevenção.

### Prevenção

O Programa de Conservação Auditiva – PCA é um conjunto de medidas a serem desenvolvidas pela empresa com o objetivo de prevenir a instalação ou a evolução de perdas da audição, devendo contemplar, pelo menos, a avaliação ambiental do ruído, o monitoramento da exposição ao ruído, medidas de proteção coletiva e individual, um programa de controle médico e um programa educativo.

## Surdez profissional e direito à reparação

A incapacidade (para o trabalho) resultante de surdez profissional é calculada através das perdas audiométricas nas frequências 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz e 4.000 Hz. As perdas são lidas na via óssea, ao contrário das situações traumáticas de origem mecânica que são lidas por via aérea.

O direito à indemnização ou reparação ocorre a partir de 35 dB de perdas médias ponderadas no melhor ouvido, de acordo com o cálculo:

$$((2 \times \text{Freq}500) + (4 \times \text{Freq}1.000) + (3 \times \text{Freq}2.000) + (\text{Freq}4.000))/10 = R$$

Sendo que Freq 500, Freq1.000, Freq2.000, Freq4.000 – São os valores retirados do audiograma do trabalhador, é colocado na formula o nível de ruído no qual o trabalhador deixou de ouvir em cada uma destas frequências.

Pelo que, após o cálculo para cada ouvido, e para haver direito a reparação devido a incapacidade, o quociente R deve ser maior ou igual a 35 dB no ouvido menos lesado.

O cálculo da incapacidade processa-se da mesma forma ao adotado para a surdez de origem não profissional, mas, neste caso, as perdas são lidas na via óssea.

## Como atuar numa incapacidade por doença profissional

O médico do trabalho, ou outro médico, quando suspeita de qualquer doença profissional associada ao ruído, deve comunicar essa situação ao Centro Nacional de Proteção Contra os Riscos Profissionais, podendo os formulários para o efeito ser obtidos pessoalmente ou pela Internet através do endereço [cnprp@seg-social.pt](mailto:cnprp@seg-social.pt).

## Vigilância médica

A vigilância médica deverá ser focalizada no despiste de todas as patologias esperadas pela exposição ao ruído. Todavia, a legislação sobre o ruído no local de trabalho focaliza a vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores no âmbito do diagnóstico de qualquer perda de audição. Tal vigilância inclui:

- Um exame inicial, a efetuar antes da exposição ao ruído;

- Exames periódicos quando forem verificadas situações de ultrapassagem do nível de ação e para detectar situações de fadiga auditiva. A vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores expostos deve ser feita com periodicidade trianual, salvo se o médico responsável estipular periodicidade inferior. Quando forem ultrapassados os valores limite a vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores expostos deve ser com periodicidade anual, salvo se o médico responsável estipular periodicidade inferior;
- Cada exame deve consistir, pelo menos, numa otoscopia, combinada com um controlo audiométrico que inclua uma audiometria liminar tonal em condução aérea, com elaboração dos correspondentes audiogramas tonais;
- O exame inicial deve incluir uma anamnese, devendo repetir-se a otoscopia inicial e o controlo audiométrico no prazo de 12 meses, excepto se o médico responsável definir período inferior;
- O controlo audiométrico, que deve ser efetuado por pessoal qualificado sob a responsabilidade de um médico, bem como a manutenção dos audiómetros, faz-se em conformidade com a norma portuguesa;
- O médico responsável pela vigilância médica dos trabalhadores expostos, em função dos exames médicos e audiométricos que concluam uma perda de audição ou uma susceptibilidade individual de um trabalhador exposto, deverá propor uma solução adequada, tal como uma mudança preventiva do posto de trabalho ou a utilização de protetores de ouvido;
- Os resultados dos exames médicos e audiométricos da função auditiva dos trabalhadores expostos devem ser enviados ao médico da empresa, estabelecimento ou serviço responsável pela vigilância médica, com a identificação do trabalhador e da empresa, estabelecimento ou serviço onde o trabalhador exerce a sua atividade;
- Os trabalhadores devem poder ter acesso aos resultados dos exames médicos e audiométricos que lhes digam pessoalmente respeito. O empregador deve manter informado o médico responsável pela vigilância médica e audiométrica sobre os resultados das avaliações da exposição diária ao ruído;
- O empregador deve informar imediatamente o médico responsável pela vigilância médica e audiométrica sobre qualquer incidente ou acidente técnico, bem como sobre qualquer operação não habitual que possa ter originado a exposição de qualquer trabalhador a um pico de nível de pressão sonora de valor superior ao valor limite de pico.

## 2 ENQUADRAMENTO LEGAL / NORMALIZAÇÃO APLICÁVEL

---

Neste capítulo, refere-se o enquadramento legal da temática do ruído, para tal, serão focados alguns diplomas legais e algumas normas respeitantes ao ruído, nomeadamente no que diz respeito ao ruído ambiente (embora não seja objeto de estudo deste trabalho), à exposição ao ruído e à proteção auditiva dos trabalhadores. Enquanto os diplomas legais estabelecem as leis, as normas fornecem indicações precisas sobre os procedimentos.

### 2.1 Ruído Ambiente

O Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro, que aprovou o **Regime Legal sobre Poluição Sonora (RLPS)**, revogou o Decreto-Lei n.º 251/87, de 24 de Junho, que aprovou o primeiro Regulamento Geral sobre o Ruído e reforçou a aplicação do princípio da prevenção em matéria de ruído. Acresce-se que este regime foi objeto de alterações introduzidas por diversos diplomas legais, pelo que se justificou atualizar as suas normas e conferir coerência a um regime que se revela tão importante para a saúde humana e o bem-estar das populações, assim, é provado o Regime Legal sobre a Poluição Sonora (Regulamento Geral do Ruído).

O novo quadro legal relativo a ruído ambiente consiste no Decreto-lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, que aprova o **Regulamento Geral de Ruído (RGR)** (Anexo 1) e no Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, que transpõe a Diretiva nº 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente (adiante designado por **DRA**).

O âmbito do RGR é mais vasto do que o da DRA, aplicando-se às atividades ruidosas permanentes, temporárias, às infraestruturas de transporte e a outras fontes de ruído susceptíveis de causar incomodidade e ainda ao ruído de vizinhança; a DRA estabelece um regime especial para as grandes infraestruturas de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo e para as aglomerações de maior expressão populacional.

O Decreto-lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro foi retificado pela Declaração de Retificação n.º 18/2007, de 16 de Março, e alterado pelo Decreto-lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto.

O Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho foi retificado pela Declaração de Retificação n.º 57/2006, de 31 de Agosto.

O Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho (DRA) estabelece a obrigação, a nível comunitário, de recolha de dados acústicos, elaboração de relatórios sobre o ambiente acústico e de planos de ação, por forma a criar a base para a definição da futura política comunitária neste domínio.

Contudo o seu âmbito é menos alargado do que o do RGR, abrangendo apenas:

#### As Grandes Infraestruturas de Transporte (GIT):

- Aéreo: aeroporto com mais de 50 000 movimentos/ano;
- Ferroviário: troços com mais de 30 000 passagens/ano;
- Rodoviário: troços com mais de 3 milhões passagens/ano.

#### As Aglomerações de maior expressão populacional:

- População residente > 100.000 habitantes;
- Densidade populacional  $\geq 2.500 \text{ hab/Km}^2$ .

Este requisito legal prevê, mais especificamente:

- A obrigatoriedade de elaboração de mapas estratégicos de ruído e de planos de ação pelos serviços municipais;
- O indicador  $L_{den}$  – indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, é o indicador de ruído associado ao incómodo global (especificado no Anexo I do DL), expresso em [dB(A)] é definido pela seguinte fórmula:

➤ **Equação 12:  $L_{den}$  Indicador diurno-entardecer-noturno.**

$$L_{den} = 10 \log_{24} \left[ 13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right]$$

- O indicador  $L_n$  – indicador de ruído noturno, é o indicador de ruído associado a perturbações do sono (especificado no Anexo I do DL, é equivalente a  $L_{night}$ ). Trata-se do nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na norma NP 1730-1:1996, ou na versão atualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos noturnos representativos de um ano;

- O indicador  $L_d$  ou  $L_{day}$  – indicador de ruído diurno, é o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na norma NP 1730-1:1996, ou na versão atualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos diurnos representativos de um ano;
- O indicador  $L_e$  ou  $L_{evening}$  – indicador de ruído do entardecer, é o nível sonoro médio de longa duração, conforme definido na norma NP 1730-1:1996, ou na versão atualizada correspondente, determinado durante uma série de períodos do entardecer representativos de um ano;
- Métodos de avaliação harmonizados;
- Obrigação de divulgação e participação do público na informação sobre ruído ambiente (mapas estratégicos de ruído e planos de ação).

E estabelece duas fases de cumprimento para os Mapas Estratégicos de Ruído que são elaborados, aprovados e enviados ao Instituto do Ambiente (Atualmente Agência Portuguesa do Ambiente) até 31 de Março 2007 (relativos à situação civil de 2006 para todas as aglomerações com mais de 250000 habitantes) ou até 28 de Fevereiro de 2012 (relativos à situação civil de 2011, para todas as infraestruturas de transporte rodoviário com mais de 3 milhões de passagens de veículos por ano e para todas as grandes infraestruturas de transporte ferroviário com mais de 30000 passagens de comboio por ano) e para os Planos de Ação que são elaborados, aprovados e enviados ao Instituto do Ambiente (Atualmente Agência Portuguesa do Ambiente) até 31 de Março de 2008 (relativos à situação no ano civil de 2006 nas zonas com aglomerações com mais de 250000 habitantes) ou até 31 de Março de 2013 (relativos à situação no ano civil de 2011 nas zonas com aglomerações com mais 100000 habitantes).

A revisão do RLPS deveu-se à necessidade de harmonizar a legislação portuguesa com os novos indicadores de ruído ambiente, estabelecidos pela DRA e de alterar determinados aspetos de forma ou conteúdo menos claros, facilitando a leitura do diploma e o seu melhor enquadramento com outros diplomas legais que, no período de vigência do RLPS, foram surgindo e que com ele se misturam.

### 2.1.1 Normalização Aplicável

A Norma Portuguesa **NP 1730** (constituída em 3 partes) de 1996 intitulada "**Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente.**", harmonizada com a Norma Internacional ISO 1996 "Acoustics. Description and measurement of environmental noise", estabelece os procedimentos a adoptar na realização de ensaios acústicos para avaliação de

exposição a níveis de Ruído Ambiente exterior e para avaliação da incomodidade devida ao ruído.

Do seu conteúdo salientam-se as definições dos vários tipos de ruído e grandezas fundamentais, os fatores a ter em conta para uma correta seleção dos intervalos de avaliação dos níveis sonoros bem como o equipamento a utilizar e correspondente classe de precisão. São ainda estabelecidas recomendações sobre as posições de medição, diferenciadas para medições no exterior e interior de recintos.

A norma divide-se em três partes:

- NP 1730-1:1996 "Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos.";
- NP 1730-2:1996 "Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo.";
- NP 1730-3:1996 "Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 3: Aplicação aos limites do ruído.".

## 2.2 Ruído Ocupacional

A exposição ao ruído em contexto laboral encontra-se regulamentada pelo **Decreto-Lei n.º 182/2006** (Anexo 2), de 6 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído). Este diploma revoga a anterior legislação sobre esta matéria, o Decreto-Lei n.º 72/92 e o Decreto Regulamentar n.º 9/92, ambos de 28 de Abril.

É aplicável a todas as atividades dos sectores privado, cooperativo e social, da administração pública central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas coletivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria.

Reveste-se de particular importância para o sector metalúrgico e metalomecânico, cujas indústrias apresentam, de uma forma geral, processos produtivos com potencial para gerarem níveis de ruído significativos e passíveis de inferir riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores expostos.

Para efeitos deste diploma, entende-se por:

- Exposição pessoal diária ao ruído ( $L_{EX, 8h}$ ), o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas ( $T_0$ ) ou para uma média semanal dos valores diários de exposição pessoal ao ruído, nas situações em que a exposição sonora é muito variável de um dia para o outro. Nestas situações, a avaliação de um único dia de trabalho seria pouco representativa da exposição real. E abrange todos os ruídos, presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB(A), dado pela expressão:

**Equação 13: Exposição pessoal diária ao ruído.**

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

Em que:  $T_e$  é a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;  $T_0$  é a duração de referência de oito horas (28 800 segundos).

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

**Equação 14: Exposição pessoal diária efetiva.**

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

Em que:  $T_k$  é o tempo de exposição ao ruído k; e  $L_{Aeq, T_k, efect}$  é o nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protetores auditivos.

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

**Equação 15: Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído.**

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

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

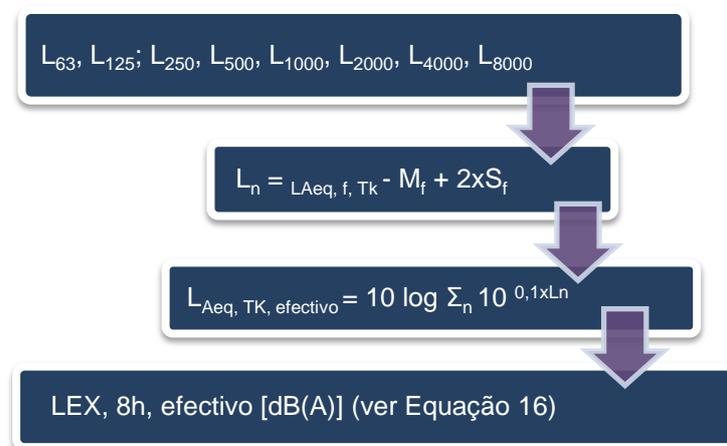
- Nível de pressão sonora de pico ( $L_{Cpico}$ ), o valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB(C), dado pela expressão:

**Equação 16: Nível de pressão sonora de pico.**

$$L_{Cpico} = 10 \log \left( \frac{P_{Cpico}}{p_0} \right)^2$$

Em que:  $P_{Cpico}$  é o valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto, ponderado C, expresso em pascal.

- A seleção dos protetores auditivos utilizando o método por banda de oitava, efetua-se da seguinte forma:



**Figura 18: Seleção de protetores auditivos.**

Aplicando ao conjunto do valores calculados como refere a equação  $L_{EX, 8h}$ , para calcular a exposição diária, obtém-se a exposição diária efetiva,  $L_{EX, 8h, efect}$ , em db(A), de cada trabalhador que use protetores auditivos, dada pela seguinte expressão:

**Equação 17: Exposição pessoal diária efetiva.**

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

- Ruído impulsivo, o ruído constituído por um ou mais impulsos de energia sonora, tendo cada um uma duração inferior a um segundo, e separados por mais de 0,2 segundos;
- Valores de ação superior e inferior, os níveis de exposição diária ou semanal ou os níveis da pressão sonora de pico que em caso de ultrapassagem implicam a

necessidade de desencadear medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores;

- ▶ Valores limite de exposição, o nível de exposição diária ou semanal ou o nível da pressão sonora de pico que não deve ser ultrapassado.

Uma das principais alterações introduzidas por este enquadramento legal é o facto de que com a sua entrada em vigor, não é permitida, em situação alguma, a exposição pessoal diária ou semanal de trabalhadores a níveis de ruído iguais ou superiores a 87 dB(A) ou a valores de pico iguais ou superiores a 140 dB(C), sendo estes valores definidos como os Valores Limite de Exposição (VLE) ao ruído, em cuja determinação se passa a considerar a atenuação dos protetores auditivos. Relativamente à legislação revogada, em que o VLE diária era de 90 dB(A), este parâmetro sofre uma redução de 3 dB(A), que considerando que o ruído é quantificado segundo uma escala logarítmica, significa uma redução de 50% no nível de pressão sonora.

Para além de um VLE consideravelmente inferior, o Decreto-Lei 182/2006, de 6 de Setembro substitui o até então denominado como nível de ação (NA) por dois níveis distintos, denominados agora como valores de ação inferiores e valores de ação superiores, respectivamente.

Assim sendo, é importante conhecer as alterações introduzidas no atual Decreto-lei face à regulamentação anterior porque ainda existem estudos de avaliação de ruído em instalações mais antigas com as denominações e valores da legislação anterior.

- ▶ Alteração dos parâmetros/indicadores sonoros, como se pode constatar no quadro seguinte:

**Quadro 1: Alteração da Denominação dos parâmetros de medição.**

Parâmetros DR 9/92		Parâmetros DR 182/06
$L_{EP, d}$		$L_{EX, 8h}$
$L_{EP, w}$		$\bar{L}_{EX, 8h}$
$L_{EP, d, effect}$		$L_{EX, 8h, effect}$
$MaxL_{pico}$		$L_{Cpico}$

- ▶ Face aos valores de exposição anteriores, no quadro 5 resumem-se as alterações, salientando-se a obrigação do empregador em assegurar que a exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho seja reduzida ao nível mais baixo possível e, em qualquer caso, não seja superior aos valores limite de exposição.

Nas situações em que a ultrapassagem dos valores limite de exposição aconteça é obrigatória a tomada de medidas corretivas imediatas, bem como a identificação das respectivas causas para a prevenção de situações idênticas futuras.

**Quadro 2 – Alterações aos valores de exposição**

	DR 9/92, de 28 de Abril		DL 182/2006, de 6 de Setembro	
	LEP,d dB(A)	MaxL <sub>pico</sub> dB	L <sub>EX, 8h</sub> dB(A)	L <sub>Cpico</sub> dB(C)
Valores Limite de Exposição	90	140	87	140
Nível de ação	85	-	-	-
Valores de ação Superiores	-	-	85	137
Valores de ação Inferiores	-	-	80	135

- Nas atividades susceptíveis de apresentar riscos de exposição ao ruído, o empregador deve avaliar e, se necessário medir os níveis de ruído a que os trabalhadores se encontram expostos. Foram igualmente introduzidas novas obrigações no que respeita à adoção de medidas, o quadro seguinte (Quadro 6) apresenta um resumo das medidas que vigoravam antes e depois do DL182/06.

**Quadro 3 – Medidas a adotar.**

Medidas	DL 182/2006	DL 182/2006
	Exposição Pessoal Diária ao Ruído Igual ou Superior aos Valores de Ação Inferiores ( $L_{EX, 8h} = 80 \text{ dB(A)}$ e $L_{Cpico} = 135 \text{ dB(C)}$ )	Exposição Pessoal Diária ao Ruído Igual ou Superior aos Valores de Ação Superiores ( $L_{EX, 8h} = 85 \text{ dB(A)}$ e $L_{Cpico} = 137 \text{ dB(C)}$ )
Permitir acesso dos trabalhadores aos resultados das avaliações individuais e às medidas a tomar para eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição ao ruído	Obrigatório	Obrigatório
Informar os trabalhadores sobre os riscos potenciais para a segurança e saúde derivado da exposição ao ruído durante o trabalho	Obrigatório	Obrigatório
Consultar os trabalhadores sobre a seleção dos protetores de ouvido	Obrigatório	Obrigatório
Disponibilizar protetores de ouvido	Obrigatório	Obrigatório
Utilizar protetores de ouvido	Facultativo	Obrigatório
Verificar a função auditiva	—	Anualmente
Realizar exames audiométricos	Bianal	Anualmente
Colocar em prática um programa de medidas técnicas e organizacionais para redução da exposição ao ruído	—	Obrigatório
Sinalizar os locais, delimitá-los e estabelecer limitações de acesso aos mesmos	—	Obrigatório
Avaliar os riscos da exposição ao ruído durante o trabalho	Sempre que hajam alterações significativas nos postos de trabalho ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação	Sempre que hajam alterações significativas nos postos de trabalho ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação ou caso, não se verifique nenhuma das anteriores, com periodicidade mínima de 1 ano

- Relativamente a quem pode realizar a medição: A medição pode ser realizada por entidades acreditadas pelo Instituto Português de Acreditação ou por Técnicos Superiores e Técnicos com Certificado de Aptidão Profissional válido e formação específica em instrumentação e metodologias de medição e avaliação da exposição ao ruído laboral.
- Em relação à medição destaca-se o nível de pressão sonora que deixa de ser medido de forma linear, passando a ser medido com ponderação C. evidencia-se,

também que o enfoque na evidência da repetibilidade dos resultados e na consideração da incerteza da medição.

Quanto à **redução da exposição** e de acordo com os princípios gerais de prevenção dos riscos, a entidade empregadora deve utilizar todos os meios disponíveis para conseguir eliminar na origem ou reduzir ao mínimo possível os riscos associados ao ruído no local de trabalho, seguindo as seguintes principais linhas orientadoras:

- a) Procura adotar métodos de trabalho alternativos que permitam diminuir os tempos de exposição dos trabalhadores ao ruído;
- b) Escolher equipamentos de trabalho bem concebidos, ergonomicamente adequados e que produzam o mínimo ruído possível;
- c) Conceber, dispor e organizar os locais e os postos de trabalho de forma adequada;
- d) Proporcionar informação e formação dos trabalhadores, com o objetivo de garantir uma utilização correta e segura dos equipamentos de trabalho e reduzir ao mínimo a sua exposição ao ruído;
- e) Recorrer à implementação de medidas técnicas de redução de ruído, tais como o encapsulamento de fontes ruidosas, instalação de painéis absorventes e equipamentos amortecedores para evitar a transmissão de ruído para as estruturas;
- f) Desenvolver, implementar e garantir uma correta programação das atividades de manutenção dos locais de trabalho e de todos os equipamentos a estes associados;
- g) Adotar medidas de organização do trabalho, de forma a diminuir a duração da exposição ao ruído;
- h) Ajustar os horários de trabalho e os respectivos períodos de descanso, considerando-os como uma possível forma de reduzir a exposição dos trabalhadores ao ruído.

Em todas as situações em que não seja possível reduzir a exposição ao ruído através das medidas anteriormente referidas, o empregador deve garantir a disponibilidade de equipamentos de **proteção auditiva individual**, sempre que seja ultrapassado um dos valores de ação inferiores, e assegurar a sua efetiva utilização, sempre que o nível de exposição ao ruído alcance ou ultrapasse os valores de ação superiores.

As alterações citadas anteriormente representam um aumento da responsabilidade, quer da entidade empregadora quer das empresas prestadoras de serviços nesta área.

Para além das obrigações gerais em matéria de saúde no trabalho, a entidade empregadora deve garantir uma adequada vigilância médica dos trabalhadores expostos ao ruído, com o objetivo de detectar precocemente eventuais perdas de audição e de tomar medidas no sentido da preservação da sua capacidade auditiva.

Assim, o empregador deve garantir a vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores com a seguinte periodicidade:

- Anual (ou inferior se o médico o entender) para os trabalhadores que tenham estado expostos a níveis de ruído superiores aos valores de ação superiores ( $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$  e  $L_{Cpico} = 137 \text{ dB(C)}$ );
- De dois em dois anos (ou inferior se o médico o entender) para os trabalhadores que tenham estado expostos a níveis de ruído superiores aos valores de ação inferiores ( $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$  e  $L_{Cpico} = 135 \text{ dB(C)}$ ).

O quadro seguinte apresenta um resumo geral das medidas, dos requisitos alterados e o conjunto de ações a desencadear para o cumprimento do regime legal em vigor nesta matéria.

**Quadro 4 – Quadro comparativo do regime legal revogado e do em vigor, em função dos níveis de exposição ao ruído.**

Exposição pessoal diária ao ruído ( $L_{EP,d}$ / $L_{EX,8h}$ )	DL 72/92 e DR 9/92, ambos de 28 de Abril	DL 182/2006, de 6 de Setembro
< 80 dB(A)	- Sempre que o exposição pessoal diária for manifestamente inferior a 80 dB(A) e o valor máximo de pico for inferior a 140 dB(A), a avaliação pode ser feita sem necessidade de medição.	- De uma forma geral mantém-se o previsto no anterior regime legal. Refere-se que se deve avaliar, e, se necessário, medir os níveis de ruído a que os trabalhadores estão expostos.
80 dB(A)	Não existiam referências específicas para este nível.	- Sem prejuízo das suas obrigações gerais relativas à informação e consulta dos trabalhadores, a entidade empregadora deve assegurar a informação e formação adequada aos trabalhadores expostos a níveis de ruído iguais ou superiores a um dos valores de acção inferiores ( $L_{EX,8h} = 80$ dB(A) e $L_{Cpico} = 135$ dB(C)).
> 80 dB(A)	Não existiam referências específicas para este nível.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar à disposição equipamentos de protecção auditiva adequados ao ruído a que os operadores estão expostos, sempre que seja ultrapassado um dos valores de acção inferiores (<math>L_{EX,8h} = 80</math> dB(A) e <math>L_{Cpico} = 135</math> dB(C));</li> <li>- Garantir a vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores que tenham estado expostos a níveis de ruído superiores aos valores de acção inferiores (<math>L_{EX,8h} = 80</math> dB(A) e <math>L_{Cpico} = 135</math> dB(C)), com periodicidade bianual ou inferior se o médico o entender;</li> <li>- Avaliar a exposição, recorrendo à medição, com periodicidade mínima anual, sempre que sejam excedidos os valores de acção inferiores (<math>L_{EX,8h} = 80</math> dB(A) e <math>L_{Cpico} = 135</math> dB(C));</li> <li>- Estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais que permitam que os riscos de exposição ao ruído sejam eliminados ou reduzidos ao mínimo;</li> <li>- Delimitar e sinalizar os postos de trabalho.</li> </ul>
85 dB(A)	Avaliar a exposição, recorrendo à medição, com periodicidade mínima anual, sempre que seja atingido ou excedido o nível de acção: 85 dB(A) ou o limite de pico: 140 dB(C);	Garantir a utilização pelos trabalhadores dos equipamentos de protecção individual auditiva adequados, sempre que os valores de exposição igualem ou superem um dos valores de acção superiores ( $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) e $L_{Cpico} = 137$ dB(C));
> 85 dB(A)	Garantir a vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores expostos com periodicidade trianual (ou inferior se o médico o entender);	Desencadear um conjunto de medidas técnicas e organizacionais destinadas a diminuir a produção e propagação do ruído, segundo as seguintes principais

Exposição pessoal diária ao ruído ( $L_{EP, d}$ / $L_{EX, 8h}$ )	DL 72/92 e DR 9/92, ambos de 28 de Abril	DL 182/2006, de 6 de Setembro
	<p>Colocar à disposição equipamentos de proteção auditiva adequados ao ruído a que os operadores estão expostos;</p> <p>Avaliar a exposição, recorrendo à medição, com periodicidade mínima anual, sempre que seja atingido ou excedido o nível de ação: 85 dB(A) ou o limite de pico: 140 dB(C);</p> <p>Garantir o registo das avaliações efetuadas em documentos conformes ao modelo definido pela legislação;</p> <p>Informar e, se necessário, dar formação aos trabalhadores.</p>	<p>diretrizes:</p> <p>Delimitação e sinalização dos postos de trabalho;</p> <p>Limitação do acesso aos postos de trabalho apenas aos operadores indispensáveis;</p> <p>Garantir a vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores que tenham estado expostos a níveis de ruído superiores aos valores de ação superiores (<math>L_{EX, 8h} = 85</math> dB(A) e <math>L_{Cpico} = 137</math> dB(C)), com periodicidade anual ou inferior se o médico o entender;</p>
<b>&gt; 87 dB(A)</b>	<p>Não existiam referências específicas para este nível.</p>	<p>Assegurar que a exposição ao ruído dos trabalhadores seja reduzida ao mínimo possível e, em qualquer das situações, esta não seja superior aos valores limite de exposição (<math>L_{EX, 8h} = 87</math> dB(A) e <math>L_{Cpico} = 140</math> dB(C));</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar as causas da ultrapassagem dos valores limite;</li> <li>- Corrigir as medidas de proteção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas</li> </ul>
<b>≥ 90 dB(A)</b>	<p>Desencadear um conjunto de medidas técnicas destinadas a diminuir a produção e propagação do ruído, ou um conjunto de medidas de organização do trabalho que permitam a diminuição da exposição dos trabalhadores ao ruído (Programa de Controlo de Trabalho);</p> <p>Vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores expostos, com periodicidade anual ou inferior se o médico o entender;</p> <p>Avaliar a exposição, recorrendo à medição, com periodicidade mínima anual, sempre que seja atingido ou excedido o nível de acção: 85 dB(A) ou o limite de pico: 140 dB(C);</p> <p>Garantir o registo das avaliações efectuadas em documentos conformes ao modelo definido pela</p>	<p>Tomar medidas imediatas até garantir o estabelecido no ponto anterior.</p>

Exposição pessoal diária ao ruído ( $L_{EP, d}$ / $L_{EX, 8h}$ )	DL 72/92 e DR 9/92, ambos de 28 de Abril	DL 182/2006, de 6 de Setembro
	<p>legislação;</p> <p>Delimitar e sinalizar os respectivos postos de trabalho;</p> <p>Limitar do acesso aos postos de trabalho apenas aos operadores indispensáveis;</p> <p>Estabelecer a obrigatoriedade de utilização dos equipamentos de protecção auditiva adequados ao ruído a que os operadores estão expostos;</p> <p>Sinalizar a obrigatoriedade de utilização dos equipamentos de protecção auditiva;</p> <p>Informar e, se necessário, dar formação aos trabalhadores.</p>	

### 2.2.1 Normalização Aplicável

A norma NP 1733:1981 “Acústica. Higiene e Segurança no Trabalho. Estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma atividade profissional, com vista à proteção da audição”, define como avaliar a incapacidade por perda da audição, como calcular os diversos níveis sonoros equivalentes, os riscos que lhe estão associados e os limites admissíveis.

Para efeitos da referida norma é considerada apenas a perda de audição apenas para a conversação, a qual é avaliada pela elevação permanente do limiar de audição para frequências essenciais à inteligibilidade da palavra. Relacionando o ruído em causa (expresso em nível sonoro contínuo equivalente) com a percentagem de trabalhadores cuja audição para a conversação se manifestará exclusivamente como consequência da exposição ao ruído, durante o tempo de atividade normal, até períodos de 45 anos.

### 2.3 Outros Diplomas Legais

O **Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio**, aprova o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, visando regular a vertente do conforto acústico no âmbito do regime da edificação, e, em consequência, contribuir para a melhoria da qualidade do ambiente acústico e para o bem-estar e saúde das populações.

Importa referir que o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios tem como princípios orientadores a harmonização, à luz da normalização europeia, das grandes características do desempenho acústico dos edifícios e respectivos índices e a quantificação dos requisitos, atendendo, simultaneamente, quer à satisfação das exigências funcionais de qualidade dos edifícios quer à contenção de custos inerentes à execução das soluções necessárias à sua verificação.

As normas deste Regulamento aplicam-se aos seguintes tipos de edifícios, em função dos usos a que os mesmos se destinam:

- a) Edifícios habitacionais e mistos;
- b) Edifícios comerciais, industriais ou de serviços;
- c) Edifícios escolares e de investigação;

- d) Edifícios hospitalares;
- e) Recintos desportivos;
- f) Estações de transporte de passageiros.

Este Regulamento define algumas regras para a elaboração de Projetos de Condicionamento Acústico, e prevê também um elenco de definições legais e de contraordenações e sanções acessórias, bem como a fiscalização dos processos.

O **Decreto-Lei n.º 221/2006, de 8 de Novembro**, transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2005/88/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Dezembro, que altera a Diretiva n.º 2000/14/CE, relativa à aproximação das legislações dos Estados membros em matéria de emissões sonoras para o ambiente dos equipamentos para utilização no exterior. Este diploma determina que os equipamentos devem exibir marcação CE, indicar o nível de potência sonora garantido e possuir uma declaração de conformidade CE.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

#### 3.1 Identificação

Com 80 anos de história (ano de constituição em Portugal: 1933), a SETH, SA tem realizado numerosos trabalhos de construção civil, industrial e obras públicas para a Administração Central e Autárquica, Institutos Autónomos, Forças Armadas Portuguesas, Forças Armadas dos EUA e para a NATO, com uma especial incidência nas obras marítimas e, mais recentemente, na cravação de estacas, em que é empresa líder em Portugal. A SETH, SA estabeleceu-se rapidamente como uma empresa de tecnologia avançada nesta área de intervenção.

A “Empresa-mãe” HØJGAARD & SCHULTZ A/S, empresa dinamarquesa constituída em 1918, que se funde a 2 de Maio de 2001 com a MONBERG & THORSEN A/S, dando origem à atual empresa MT HØJGAARD A/S (MTH), que conta com mais de 6000 empregados e desenvolve a sua atividade em mais de 10 países, situando-se numa das trinta maiores empresas europeias do sector da construção.



Figura 19: Diagrama do grupo. (Fonte: [www.seth.pt](http://www.seth.pt)).

➤ **Ficha Técnica da empresa:**

- **Sector de atividade:** Construção e obras públicas
- **Código (C.A.E.):** 45212
- **Certificado de Qualificação de empreiteiros de Obras Públicas:** N° 5-EOP de 24 de Maio de 1957
- **Certificado Industrial de Construção Civil:** 5290-ICC, de 20 de Setembro de 1989
- **Alvará de Construção:** N°5
- **N.º Trabalhadores:** 99

➤ **A Imagem da empresa:**

O logótipo da SETH, SA aposta na figura humana. A intenção é evidenciar que se trabalha com pessoas e para pessoas. O logótipo traduz a vocação da empresa para os mais diversos trabalhos de construção e obras públicas. As cores utilizadas simbolizam o ar, a água e a terra, traduzindo a capacidade técnica da empresa para projetar e gerir todas as atividades inerentes a qualquer processo de engenharia da construção.



Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos, S.A.

**Figura 20: Imagem da empresa.**

### 3.1.1 Capacidades e Especialidades

Fruto da sua longa experiência em todos os sectores da construção e contando com equipamento adequado – incluindo os mais especializados – a SETH, SA tem revelado uma excelente capacidade de intervenção em várias áreas, tais como:

- Coordenação Geral;
- Estruturas de betão – confrangem convencional e especial;
- Cravação de estacas (tubulares, estacas-prancha, moldadas, micro-estacas);
- Trabalhos de hidráulica fluvial e marítima (portos, marinas, obras de regularização e proteção costeira);
- Estações de Tratamento de Água e de Águas Residuais;
- Construção Comercial e Industrial;
- Instalações Militares.

A SETH, SA especializou-se:

- Em termos de **Coordenação**: em trabalhos chave-na-mão; na procura e aprovisionamento de materiais;
- Na área da **Engenharia**: na seleção de projetistas; em engenharia de detalhe; na aprovação de desenhos e especificações; em consultoria técnica; na otimização dos projetos;
- Em termos de **Mão-de-obra**: na gestão de mão-de-obra; na seleção e recrutamento de mão-de-obra; na seleção e gestão de subempreiteiros; na fiscalização de mão-de-obra;
- Em termos de **Equipamento**: na seleção e fornecimento; no aluguer nacional e internacional; na gestão operacional.

### 3.1.2 Localização e Descrição das Instalações

A SETH, SA distribui os seus recursos pela **Sede Social** e pelo **Estaleiro Central (EC)**. E anexo encontra-se o organigrama (Anexo 3)

Em Janeiro de 2008 a Seth deu o primeiro passo para um marco importante da sua história: a construção de uma sede própria. Pela primeira vez em décadas, Seth conseguiu uma sede própria que construiu no lugar e freguesia de Queijas (concelho de Oeiras) resultado do crescimento que a empresa teve e da perspetiva estratégica definida pela Administração para os anos vindouros.

Esta sede foi inaugurada em 21 de Abril de 2009, numa cerimónia presidida pelo Presidente da Câmara Municipal de Oeiras e pelo Embaixador da Dinamarca em Portugal.



Figura21: Sede Social da SETH, SA

O Estaleiro Central localiza-se em: Rua da Ponte, N.º 2, Orvidais – Volta da Pedra, 2950-422 Palmela, Portugal (ver Figura 20). A zona de implantação do estaleiro encontra-se localizada adjacente a uma via de comunicação principal (Autoestrada A2), mais adiante será feita uma descrição sumária do Estaleiro Central, o caso de estudo deste projeto.



Figura 22: Estaleiro Central da SETH, SA – Palmela.

### 3.1.3 Certificação do Sistema de Segurança Saúde no trabalho e Ambiente

A Seth – Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos iniciou a organização do Serviço de Higiene e Segurança do Trabalho, em Junho de 1994, tendo adotado nesse momento a modalidade de Serviço Externo (Artº7 do DL 26/94 de 1 de Fevereiro, ratificado pela Lei 7/95 de 29 de Março, pela Lei 118/ 99 de 11 de Agosto, e finalmente pelo DL 109/ 2000 de 30 de Junho), o qual ficou a cargo de uma empresa prestadora de serviços especializada na área, que tinha igualmente a seu cargo a área da Medicina do Trabalho.

Todas as obrigações legais impostas entretanto às empresas, surgiram no sentido de criar alterações de comportamentos e procedimentos no âmbito da Higiene e Segurança, pelo que se tornou necessário desenvolver na empresa um Sistema interno de Higiene e Segurança, com vista à obtenção de níveis elevados de segurança, saúde e bem-estar. Para se alcançarem estes objetivos foi necessário estabelecer um conjunto de metodologias (organização do serviço de Higiene e Segurança) e procedimentos de

prevenção, que implicassem o envolvimento efetivo de todos os intervenientes da empresa.

Em resposta às crescentes exigências em Maio de 1998 o Serviço de Higiene e Segurança passou então a ser um serviço interno da empresa, tendo sido admitido um Técnico de Higiene e Segurança do Trabalho e Ambiente com a qualificação exigida no artº22 do referido D.L 26/94 de 1 de Fevereiro.

Desde 2004, para corresponder às exigências de mercado, foi desenvolvido na empresa o Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho (SGSST), que implicou a designação de um Gestor de Sistema. Subjacente à criação deste Sistema na Seth, está uma política que encara a HST como um investimento e não como mero custo que importa minimizar.

Os resultados obtidos com a implementação do SGSST demonstram que houve melhorias significativas nas condições de trabalho, acompanhadas de uma nova cultura que considera a segurança e saúde no trabalho, um dos fatores essenciais na avaliação global do desempenho da empresa.

A SETH, SA implementou e desenvolveu o Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho de acordo com a metodologia prevista na Norma NP 4397 (OHSAS 18001), o que permitiu avançar para a certificação desse Sistema. Esta Certificação é um reconhecimento oficial de que não só cumprimos todas as especificações da Norma, mas também, que a empresa atua em conformidade com o que aí se encontra preceituado, ao nível da Higiene e Segurança do Trabalho.

A Seth obteve a certificação do seu Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho segundo a NP 4397:2001 (OHSAS 18001:1999), no dia 25 de Janeiro de 2007, através da entidade certificadora Certicon - Associação para a Qualificação e Certificação na Construção, que em 2008 transferiu a sua carteira de certificações para a Apcer - Associação Portuguesa de Certificação.



**Figura 23: Empresa certificada – Imagem utilizada nos documentos internos.**

Em Junho de 2009 a Seth efetuou simultaneamente a transição da certificação do SGSST para a Norma NP4397:2008 (OHSAS 18001:2007) e a renovação do certificado.

Em Março de 2009 vi igualmente implementado e certificado o Sistema de Gestão Ambiental segundo a Norma **NP 14001:2004**.

Em Março de 2013 a Seth renovou os seus certificados no âmbito do Sistema de Gestão Integrado de Ambiente e Segurança e de acordo com os requisitos gerais da Norma **NP4397:2008 (OHSAS 18001:2007) e NP 14001:2004**..

A Declaração de Política de Segurança e Ambiente encontra-se no Anexo 4, onde se pode verificar o compromisso da Administração da empresa com as temáticas da Higiene, Segurança e Ambiente.

Assim sendo, a SETH, SA estabeleceu procedimentos internos de prevenção baseados nos princípios gerais da prevenção, que se encontram descritos em vários documentos elaborados pela empresa, dos quais se destaca:

- Manual de Higiene e Segurança;
- Informações Técnicas Específicas ou Procedimentos Formais de Segurança;
- Plano de Segurança e Saúde (das várias obras) entre outros.

## 4 CASO DE ESTUDO - ESTALEIRO CENTRAL DA SETH, SA

No EC executam-se trabalhos necessários às várias atividades e de apoio às empreitadas em curso, tais como, a fabricação de elementos auxiliares da construção destinados a incorporar o produto final. Encontra-se implantado num terreno limitado por vedação em malha metálica e rede de ensombramento e cuja área total é **17 083m<sup>2</sup>**. O EC é constituído por uma área coberta que perfaz um total **1 723,25m<sup>2</sup>** e por pavilhões ou edifícios construídos em alvenaria de tijolo e betão armado, assim como armazéns de madeira com cobertura em chapas onduladas de alumínio, a planta do EC, assim como, a disposição das máquinas que são alvo da avaliação de ruído, encontra-se em anexo (Anexo 5 – Planta de Estaleiro)

O Estaleiro é dotado de sinalização de segurança, de modo a informar todos os trabalhadores dos respetivos riscos associados a cada atividade profissional.

### 4.1 Caracterização das Atividades

Na área do EC estão instalados diversos locais adequados a cada atividade, como referido seguidamente:

- Portaria;
- Carpintaria e pavilhão para estacionamento de embarcações e armazenamento de material e afins;
- Área de atividades de metalomecânica (Oficina Metalomecânica, pintura, decapagem, preparação de ferro e contentores);
- Armazém geral e armazém de óleos e combustíveis;
- Arquivo e balneários;
- Cantina;
- Posto médico;
- Escritórios;
- Área de armazenamento de materiais diversos (estacas prancha, tubos e outros);
- Área de acondicionamento de resíduos perigosos;
- Área de estacionamento de automóveis (ligeiros e máquinas pesadas).

Afectos às áreas supracitadas encontram-se a exercer as várias atividades cerca de 20 colaboradores. Estes colaboradores não estão permanentemente no EC, podem encontrar-se deslocados em obras.

No EC o Encarregado Geral assume várias responsabilidades com o propósito da gestão dos trabalhos, da gestão do pessoal, assim como, a distribuição de pessoal e equipamento às empreitadas em curso e administração e manutenção do equipamento.

Os postos de trabalho alvos do presente projeto situam-se na Oficina Metalomecânica, os postos de trabalho da carpintaria não foram avaliados porque a mesma encontra-se desativada não existindo previsão da sua ativação como, referido anteriormente. Seguidamente faz-se uma descrição dos locais, das atividades e tarefas realizadas e dos equipamentos utilizados (alvo da avaliação) que levantam maiores preocupações.

Já foram realizadas outras avaliações em anos anteriores e verificou-se o aumento dos níveis de ruído em quase todos os postos de trabalho, à exceção do Torno Mecânico, uma vez que este equipamento é recente. O Torno foi substituído e com esta medida o trabalhador que labora neste posto de trabalho já não se encontra sujeito a risco de surdez profissional (NP 1733:1981). Realizaram-se avaliações de ruído com periodicidade mínima anual (até 2005), uma vez que foi excedido o valor de nível de ação 85 dB(A) (Decreto-Regulamentar 9/92 art.º 3º n.º2 alínea c)). Avaliações suplementares eram realizadas sempre que fosse criado um novo posto de trabalho ou quando um posto de trabalho já existente sofresse modificações (o que nunca se verificou) que provocasse uma variação significativa da exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho ( $L_{Ep,d}$ ) ou do valor máximo de nível de pressão sonora a que cada trabalhador está exposto ( $MaxL_{pico}$ ). Nestes relatórios era aconselhado a continuação da implementação de várias medidas, entre as quais, para os trabalhadores que estavam sujeitos a níveis de ruído superiores a 85 dB(A) e a 90 dB(A), recomendava-se a utilização de protetores auriculares, sendo a sua utilização obrigatória quando o nível de ruído é superior a 90 dB(A) (todos os trabalhadores que laboravam com Serra de Fita, Serra Universal, Serra de Corte Lento e Rebarbadora).

## 4.2 Oficina de Metalomecânica

Neste local executam-se trabalhos mecânicos, de reparação/manutenção, de serralharia, soldadura, rebarbagem, oxi-corte e instalação elétrica, ocupa uma área de 442,25 m<sup>2</sup>. Trata-se de um edifício (zona coberta) com pavimento regular e cimentado, à volta das máquinas de corte e das bancadas no pavimento está demarcada a área de trabalho destinada aos operadores, que se deve encontrar sempre limpa e livre de detritos ou outros materiais (ver Anexo 5).

Afectos às atividades, relevantes para esta avaliação, efetuadas na oficina encontram-se entre seis e dez trabalhadores, deve-se ter em conta o seguinte:

- **N.º Trabalhadores:** 6-10;
- **Equipamento associado:** Serra de fita de corte lento, máquinas de moldagem de varão, rebarbadoras, torno mecânico, máquina de soldar, rebolo pneumático e conjunto de oxi-corte;
- **Materiais/Produtos:** Metais e alumínio, cabos elétricos, baterias, óleos;

### 4.2.1 Caracterização dos Equipamentos

Os equipamentos tidos em consideração são, os seguintes:

#### 4.2.1.1 Torno Mecânico

Este equipamento tem vindo a ser utilizado, somente por um trabalhador, existe o manual de instruções deste equipamento no EC. Este equipamento permite mecanizar peças de forma geométrica de revolução, opera fazendo girar a peça a mecanizar (presa em um cabeçote ou fixa entre os contra pontos de centragem) enquanto uma ou diversas ferramentas de corte são pressionadas em um movimento regulável de avanço de encontro à superfície da peça, removendo material de acordo com as condições técnicas adequadas.

É extremamente versátil e utilizado na confeção ou acabamento em peças.



**Figura 24: Oficina Metalomecânica – Torno Mecânico.**

Os principais dados do equipamento são:

- Marca: Pinacho
- Modelo: S-90VS/310; N.º 42110; Ano: 2000;
- Certificado CE: Marcado por METOSA, Espanha (Figura 24).



**Figura 25: Oficina Metalomecânica - Torno Mecânico – Placa de marcação CE.**

#### 4.2.1.2 Rebarbadora

Este equipamento tem vindo a ser utilizado por vários trabalhadores. É uma ferramenta elétrica portátil utilizada para trabalhos onde é necessário esmerilar, aparar rebarbas e cortar metais (chapa metálica, perfis de alumínio, chapas em ferro fundido) e materiais de construção (pedra, tijolo, betão armado, cerâmica, etc.). É composta por um pequeno motor elétrico que aciona um disco ou esmeril que desbasta o objeto em

trabalho por abrasão. E não existe qualquer documentação técnica associada (manual de utilização, características técnicas e etc.).

Em anexo (Anexo 6) encontra-se uma Instrução de Trabalho (interna) – Ficha de Análise de Riscos do Equipamento de Trabalho – Rebarbadora, em que a avaliação de riscos identifica, como os riscos mais significativos (moderados) os cortes/amputações devido à fractura e projeção do disco abrasivo, queimaduras e contactos elétricos.

Os dados existentes do equipamento são:

- Marca: BOSCH
- Modelo: GWS 20-230 H



Figura 26: Oficina Metalomecânica - Rebarbadora.

#### 4.2.1.3 Serra De Fita De Corte Lento

Este equipamento foi adquirido para substituir a Serra Circular de Corte Lento, visto que se verificava um nível de ruído muito elevado aquando da avaliação anterior ( $L_{Aeq,T}=94,3$  dB(A) e  $MaxL_{pico}=111,2$  dB).

Este equipamento tem vindo a ser utilizado por três trabalhadores. E é utilizado para cortar metais (chapa metálica, perfis de alumínio, chapas em ferro fundido), na figura seguinte mostra-se o equipamento (Figura 26) Não existe qualquer documentação técnica associada (manual de utilização, características técnicas e etc.).



Figura 27: Oficina Metalomecânica - Rebarbadora.

Os dados existentes do equipamento são:

- Marca: THOMAS S.P.A, Itália;
- Modelo: 2IP27;
- Matrícula: 03 02372;
- Ano Construção: 2003;
- 0,4-0,6 KW (50 Hz).

#### 4.2.1.4 Rebolo Pneumático

Equipamento utilizado maioritariamente pelos soldadores da empresa, para retirar a escória da soldadura de peças de grandes dimensões como por exemplo dos baldes de dragagem e de colocação de pedra.

O rebolo pneumático além de apresentar risco significativo de perda de audição quer temporária ou permanente aquando não se utilizam os protetores auriculares, apresenta igualmente o risco de várias patologias associadas à emissão de vibrações.



Figura 28: Oficina Metalomecânica – Rebolo Pneumático

### 4.3 Características e Método de Medição

O presente capítulo destina-se a definir a metodologia utilizada para a avaliação de ruído nos locais de trabalho.

#### 4.3.1 Aparelhagem Utilizada

Foi utilizado o sonómetro analisador da marca **Brüel & Kjaer**, modelo 2250, a figura seguinte mostra o aparelho utilizado (Figura 28), as principais características deste aparelho são:

- Modelo aprovado pelo Instituto Português da Qualidade com o nº 245.70.05.3.16;
- Classe de exatidão 1 (CEI 651/ CEI 804/ CEI 61672) com marcação CE;
- Gama única de medição de 120 dB-140 dB (consoante versão - não existe perda de informação entre mudança automática de gamas);
- Gama de medição: **16,7** (Ruído Inerente em “A” e 16,3 em “C”) até 140 dB com o microfone fornecido 4189 ou 152 dB com o microfone 4191 (opcional). **Esta gama encontra-se devidamente descrita no Diário da República relativo à aprovação;**
- Base de dados com características específicas por cada microfone, tais como número de série, sensibilidade nominal, impedância e tensão de polarização;
- Medição de todos os parâmetros acústicos em tempo real;
- Medição simultânea em Slow (1 seg.), Fast (125 mseg.) e Impulse (35 mseg.);
- Análise em frequência em tempo real: 1/1 oitava dos 8 Hz aos 16 kHz, 1/3 oitava dos 6,3 Hz aos 20 kHz;
- Correção automática de campo livre/campo difuso;
- Análise estatística em tempo real;
- Transferência de resultados para PC através de ligação USB;
- Bateria recarregável de Li-Ion;
- Software de transferência de dados BZ 5503 (incluído) em Português, permitindo o controlo de funções e visualização em tempo real no ecrã a partir de um PC, do sonómetro analisador de ruído 2250;
- Analisador de Ruído e Ajuda com explicações técnicas em Português.

E tem como principais aplicações:

- Ruído laboral (DL 182/2006);
- Ruído ambiental (DL 292/2000, DL 259/2002 e DL 9/2007);
- Impacte ambiental (DL 9/2007);
- Potência Sonora (Normas ISO);
- Controlo de qualidade;
- Desenvolvimento de produtos;
- Certificação acústica;
- Investigação e desenvolvimento.



**Figura 29: Sonómetro utilizado.**

A utilização deste aparelho permitiu:

- Medição do nível sonoro contínuo equivalente  $L_{Aeq, T_k}$  em [dB(A)] e da exposição diária ao ruído  $L_{EX, 8h}$  em [dB(A)];
- Medição do nível de pressão sonora de pico  $L_{Cpico}$  em [dB(C)];
- Medição da análise de frequência do  $L_{Aeq, f, T_k}$  por bandas de oitavas (63 a 8000 Hz) em [dB(A)].

O sonómetro utilizado foi submetido a calibração anual e ensaio de metrologia anual do sonómetro pelo Instituto de Soldadura e Qualidade dando desta forma cumprimento ao disposto legal sobre esta matéria (Boletim de calibração do ISQ no Anexo 10).

No entanto, o mesmo equipamento foi sujeito a uma verificação no local, mediante um calibrador acústico, antes e depois de cada medição.



#### 4.4 Critérios seguidos

Para a efetivação desta avaliação os critérios seguidos encontram-se definidos nos seguintes documentos:

- Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro “Regulamento Geral do Ruído”;
- Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, relativo às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído;
- Norma NP 1733:1981 – “Higiene e Segurança no Trabalho – Estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma atividade profissional, com vista à proteção da audição”.

Apresentam-se nos quadros seguintes e a título informativo, os valores do risco de perda da audição para a conversação, devido exclusivamente ao ruído, em função dos anos de exposição (Quadro 5) e devido exclusivamente a causas naturais (Quadro 6) (Fonte: Norma NP 1733:1981 – “Higiene e Segurança no Trabalho – Estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma atividade profissional, com vista à proteção da audição”).

**Quadro 5: Risco de perda de audição para a conversação, devido exclusivamente ao ruído, em função dos anos de exposição.**

Nível contínuo equivalente $L_{Aeq, T}$ [dB(A)]	Anos de Exposição									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
≤ 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
95	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
100	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
105	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	0	36	71	83	87	84	51	75	64	47

**Quadro 6: Percentagem de perda de audição devida exclusivamente a causas naturais.**

Nível Etário	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63
% de perda de audição devida a causas naturais	1	2	3	4	6	10	14	21	33	50

De acordo com o enquadramento legal relativo ao ruído nos locais de trabalho, os registos efetuados e os valores calculados apresentam-se no “Quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho” (DL 182/2006, Anexo III, quadro I), que integram o **Processo individual de Ruído (Anexo 9)** de cada trabalhador. Todos os postos de trabalho avaliados constam do quadro seguinte (Quadro 7), onde e incluem os nomes dos trabalhadores afectos aos referidos postos, o tempo de exposição ao ruído  $k$  ( $T_k$ ) e o número do respectivo **Processo Individual de Ruído**.

**Quadro 7: Postos de trabalho e respectivos trabalhadores.**

N.º de Processo	Posto de Trabalho	Trabalhador NOME	$T_k$ (h/dia)
01/08	Rebarbadora	Constantino Vitorino Dias Mendão	4 h
	Serra de Fita de Corte Lento <sup>9</sup>		2 h
	Rebolo Pneumático (Saguim)		0,5 h
	Outras Actividades <sup>15</sup>		1,5 h
(*)	Torno Mecânico	Acácio Manuel Trindade	4h
	Outras Atividades		4h
02/13	Serra de Fita de Corte Lento <sup>10</sup>	Fernando Paulo Martins Almeida	2h
	Rebarbadora		4h
	Outras Actividades <sup>15</sup>		2h
04/13	Serra de Fita de Corte Lento <sup>14</sup>	António Jose Geraldo	0h
	Rebarbadora		4h
	Outras Atividades <sup>11</sup>		4h
05/13	Serra de Fita de Corte Lento <sup>14</sup>	Jose Pedro Osório	1h
	Rebarbadora		3h
	Outras Actividades <sup>15</sup>		4h
06/13	Serra de Fita de Corte Lento <sup>14</sup>	João Peralta	0h
	Rebarbadora		4h
	Outras Actividades <sup>15</sup>		4h

(\*) O torno Mecânico foi adquirido novo e não sofreu alterações tanto a nível da sua conservação, assim como, a nível de aumento de níveis de ruído, tendo em conta o Quadro 8, o trabalhador que realiza as suas tarefas neste posto de trabalho já não se encontra desde 2008 (segundo a NP 1733:1981) sujeito a risco de perda de audição

<sup>9</sup> Esta serra veio substituir a serra circular de corte lento, onde se verificava um nível de ruído muito elevado ( $L_{Aeq, T} = 96,3$  dB(A) e  $Max_{L_{pico}} = 121,2$  dB(A), valores da avaliação de 2005).

<sup>10</sup> Esta serra veio substituir a serra circular de corte lento, onde se verificava um nível de ruído muito elevado ( $L_{Aeq, T} = 96,3$  dB(A) e  $Max_{L_{pico}} = 121,2$  dB(A), valores da avaliação de 2005).

<sup>11</sup>  $L_{EX, 8H} < 70$  dB(A).

para a conversação, devido exclusivamente ao ruído, em função dos anos de exposição (para  $L_{Aeq, T} \leq 80$  dB(A) o valor risco de surdez profissional é de zero), logo, este trabalhador não apresentará processo individual de ruído.

Durante o ano de 2013 o trabalhador em causa estará deslocado em obra no exterior pelo que o torno não se encontra a ser utilizado e não será utilizado por mais nenhum outro colaborador uma vez que, este trabalhador se encontra qualificado para o fazer.

#### 4.5 Resultados obtidos

Nos quadros seguintes constam os valores obtidos nas três medições, dos níveis de  $L_{Aeq, T_k}$  – nível sonoro contínuo equivalente e de  $L_{Cpico}$  – nível de pressão sonora de pico (valor máximo da pressão sonora instantânea) por cada posto de trabalho.

**Quadro 8: Medições de  $L_{Aeq, T_k}$  e  $L_{Cpico}$  nos postos de trabalho.**

Medições	Postos de Trabalho		
	Oficina Metalomecânica		
	Rebolo Pneumático	Serra de Fita de Corte Lento	Rebarbadora
<b>1ª Medição</b>			
$L_{Aeq, T_k}$ dB(A)	100,4(*)	73,1	94,6
$L_{Cpico}$ dB(C)	130,5(*)	118,1	113,9
<b>2ª Medição</b>			
$L_{Aeq, T_k}$ dB(A)	99,6	68,8	97,9
$L_{Cpico}$ dB(C)	122,2	99,6	119,1
<b>3ª Medição</b>			
$L_{Aeq, T_k}$ dB(A)	99,7	78,5	99,4
$L_{Cpico}$ dB(C)	122,7	117,2	122,3

(\*) Estes resultados foram considerados nulos por irregularidades no funcionamento do equipamento durante as medições.

**As medições que se encontram a laranja foram as medições com valores mais altos foram as quais foram colocadas nas fichas individuais de ruído e que serviram para todos os cálculos.**

Depois de efetuados os cálculos (Anexo 9 Cálculos – Medições) das três medições, obtiveram os valores finais da **exposição pessoal diária ao ruído ( $L_{EX, 8h}$ )** durante o trabalho e o valor máximo do nível do pico sonoro ( $L_{Cpico}$ ), calculado a partir de várias medições efetuadas de diferentes tipos de ruído ( $L_{Aeqn}$ ) com diferentes durações ( $T_k$ ) de acordo com o expresso no Quadro II do Anexo III do DL 182/2006, que constam do quadro seguinte (Quadro 9).

Estes valores constam, também no “Quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho” (Anexo 9) de cada trabalhador e, foram calculados a partir dos valores de  $L_{Aeq, T_k}$  medidos através da fórmula apresentada na Equação 14. Todos os Quadros individuais de ruído encontram-se preenchidos e no Anexo 8.

**Quadro 9: Resultados pessoais obtidos I.**

N.º de Processo	Trabalhador	$L_{EX, 8h}$ dB(A)	$L_{Cpico}$ dB(C)
01/13	Constantino Vitorino Dias Mendão	97,3	122,7
02/13	Fernando Almeida	96,4	122,3
03/13	Acácio Manuel Trindade (*)		
04/13	António Jose Geraldo	94,6	122,3
05/13	Jose Pedro Osório	94,6	122,3
06/13	João Peralta	94,6	122,3

(\*) Durante o ano de 2013 o trabalhador em causa estará deslocado em obra no exterior pelo que o torno não se encontra a ser utilizado e não será utilizado por mais nenhum outro colaborador uma vez que, este trabalhador se encontra qualificado para o fazer.

Nos locais de trabalho onde a exposição pessoal diária excedia os limites previstos procedeu-se à análise do ruído em frequência, por bandas de oitava, com vista ao estudo dos protetores auriculares adequados a cada caso.

Para a seleção de **protetores auditivos** as análises espectrais por banda de oitava e por cada ruído “K” são apresentadas no “Quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho” (Anexo 8) de cada trabalhador, no “Quadro da seleção de protetores auditivos em função da atenuação por bandas de oitava indicada pelo fabricante”.

Utilizou-se o seguinte método:

- a) Mediu-se o nível de pressão sonora contínuo equivalente, poder<sup>a</sup> do A, em cada banda de oitava,  $L_{Aeq, f, T_k}$ , a que cada trabalhador está exposto, para cada posto de trabalho que ocupa, definindo assim o espectro correspondente ao ruído “k” a que o trabalhador está exposto durante  $T_k$  horas por dia;
- b) Determinou-se os níveis globais, em dB(A) por banda de oitava,  $L_{63}, L_{125}, \dots, L_n, \dots, L_{8000}$ , de acordo com a seguinte equação:

**Equação 18: Níveis globais, por banda de oitava.**

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

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

- c) Obteve-se os níveis globais, calculou-se o **nível sonoro contínuo equivalente**,  $L_{Aeq, Tk, efect}$  de cada ruído que ocorra durante o tempo  $T_k$ , estando o trabalhador equipado com protetores auditivos, pela equação:

**Equação 19: Nível sonoro contínuo equivalente.**

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

- d) Por último, calculou-se a **exposição diária efetiva**,  $L_{EX, 8h, efect}$ , em dB(A) de cada trabalhador que use protetores auditivos.

**Equação 20: Exposição diária efetiva.**

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

Os protetores auditivos escolhidos foram o modelo **H510A da 3M**, fabricados segundo a norma EN 352 com as seguintes características:

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	14.1	11.6	18.7	27.5	32.9	33.6	36.1	35.8
sf (dB)	4.0	4.3	3.6	2.5	2.7	3.4	3.0	3.8
APVf (dB)	10.1	7.3	15.1	25.0	30.1	30.2	33.2	32.0

**Quadro 10: Tabela de atenuação dos Protetores H510A da 3M marca CE (EN352-1).**

Principais características dos protetores:

- Eliminação de transmissão de sons graças aos seus interiores moldados que maximizam o espaço;
- Sistema de dois pontos de fixação que traduz numa excelente distribuição pressão e garante um bom ajuste e comodidade;
- Almofadas suaves e de grande comodidade;
- Atenuação: 25 dB (SNR);
- **Peso: 218 gramas.**



Figura 31: Modelo de protetores auriculares H510A da 3M

Quadro 11: Exemplo do Calculo de Protetor auricular para um Trabalhador

**Antonio Geraldo** Processo: 04/2013

Frequency (Hz)	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Medição em Freq.(*)	44,5	51,8	62,7	73,8	83,8	91,8	94,6	94,8
Redução do auricular	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8
Desvio padrão do auricular	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8
Desvio padrao x 2(imposição legal)	8	8,6	7,2	5	5,4	6,8	6	7,6
Ln (niveis globais )(*1)	<b>38,4</b>	<b>48,8</b>	<b>51,2</b>	<b>51,3</b>	<b>56,3</b>	<b>65,0</b>	<b>64,5</b>	<b>66,6</b>

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \log \sum_n 10^{0,1L_n} \quad L_{Aeq,Tk,efect} = 70,5 \text{ dB(A)}$$

(\*)Os valores de medição em Frequência são os valores obtidos com a medição efetuada com o sonómetro em 1/1 de oitavas.

(\*1) Os Valores de Ln são os valores do ruido por frequência mas com a utilização dos referidos protetores auriculares.

Os valores de exposição pessoal diária efetiva,  $L_{EX, 8h, efect}$ , a exposição pessoal diária ao ruído tendo conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB(A) encontram-se no quadro seguindo mostrando também os valores de  $L_{EX, 8h}$ , ou seja sem a utilização dos protetores auriculares para que possa ser bem visível a diferença existente com a utilização deste tipo de equipamento de proteção individual:

**Quadro 12: Resultados pessoais obtidos II.**

N.º de Processo	Trabalhador	$L_{EX, 8h}$ dB(A)	$L_{EX, 8h, efect}$ dB(A)
01/13	Constantino Dias Mendão	97,3	68,8
02/13	Fernando Almeida	96,4	67,5
03/13	Acácio Manuel Trindade (*)		
04/13	António Jose Geraldo	94,6	67,5
05/13	Jose Pedro Osório	94,6	67,5
06/13	João Peralta	94,6	67,5

(\*) Durante o ano de 2013 o trabalhador em causa estará deslocado em obra no exterior pelo que o torno não se encontra a ser utilizado e não será utilizado por mais nenhum outro colaborador uma vez que, este trabalhador se encontra qualificado para o fazer.

**É de salientar novamente que os cálculos efetuados e apresentados nos processos individuais de ruído são relativos à 3ª Medição realizada por esta ser a mais gravosa em termos de resultados, e assim sendo serve de base representativa.**

#### 4.6 Interpretação dos Resultados

**Quadro 13: Interpretação dos resultados.**

N.º de Processo	Trabalhador	$L_{EX, 8h}$ dB(A)	DL 182/2006	$L_{Cpico}$ dB(C)	DL 182/2006
01/13	Constantino Dias Mendão	97,3		122,7	
02/13	Fernando Almeida	96,4	>	122,3	<
03/13	Acácio Manuel Trindade (*)				
04/13	António Jose Geraldo	94,6	Limite de exposição (87) e Valores de ação superiores (85) e inferiores (80)	122,3	Limite de exposição (140) e Valores de ação superiores (137) e inferiores (135)
05/13	Jose Pedro Osório	94,6		122,3	
06/13	João Peralta	94,6		122,3	

(\*) Durante o ano de 2013 o trabalhador em causa estará deslocado em obra no exterior pelo não se encontra elaborado o processo 03/13.

Analisando os resultados registados no quadro anterior, verifica-se que todos os postos de trabalho apresentam valores de  $L_{EX, 8h}$  superiores aos **valores de exposição** – nível de exposição que não deve ser ultrapassado<sup>12</sup> e, aos **valores de ação superiores e inferiores** – níveis que em caso de ultrapassagem, como é o caso, implicam a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores<sup>13</sup>. Relativamente aos níveis de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$ , medidos, verifica-se que nenhum excedeu ou foi igual aos **valores de exposição** e aos **valores de ação superiores e inferiores**. O valor máximo obtido foi de 122,7 dB(C) na “Rebarbadora”.

É de salientar que o trabalhador que exerce as suas funções na carpintaria é o que se encontra mais exposto.

Assim, como foram ultrapassados os valores limite de exposição, deve-se:

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

<sup>12</sup> “Para a aplicação dos valores limite de exposição, na determinação da exposição efetiva do trabalhador ao ruído é tida em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protetores auditivos.”, em DL 182/2006.

<sup>13</sup> “Para a aplicação dos valores de ação, na determinação da exposição do trabalhador ao ruído não são tidos em conta os efeitos decorrentes da utilização de protetores auditivos.”, em DL 182/2006.

## 4.7 Considerações Finais e Recomendações

Quadro14: Comparação de valores 2012 vs 2013.

Valores comparativos 2012 vs 2013			
Máquinas	Ano	Resultados	
		LAeq dB(A)	LCpico dB(C)
Rebarbadora	2012	92,8	111,6
	2013	99,7	122,7
Serra de corte lento	2012	77,5	105,1
	2013	78,5	117,2
Rebolo Pneumático	2012	Não foram efetuadas medições neste equipamento uma vez que no ano de 2012 não se encontrava a ser utilizado	
	2013	99,7	122,7
Torno Mecânico	2012	81,8	104,0
	2013	Não foram efetuadas medições neste equipamento uma vez que durante o ano de 2013 não se encontra a ser utilizado	

Analisando os resultados registados no quadro anterior e em comparação com as avaliações de ruído realizados em anos anteriores, verifica-se o aumento dos níveis de ruído em todos os postos de trabalho, à exceção do Torno Mecânico, uma vez que este equipamento é relativamente recente e encontra-se abaixo dos valores de ação e não se efetuou medição este ano, o Rebolo Pneumático teve a sua primeira medição pelo que ainda não existem valores de referencia para comparação. O Torno foi substituído e com esta medida o trabalhador que exerce as suas atividades neste posto de trabalho já não se encontra (segundo a NP 1733:1981) sujeito a risco de surdez profissional e durante o ano de 2013 como já foi referido nem se encontra neste posto de trabalho, estando este equipamento fora de utilização.

Segundo a Norma Portuguesa 1733:1981 podemos concluir que se continua a verificar que nos postos de trabalho onde o Leq (LAeq,T) é superior a **90 dB(A)** existe forte

probabilidade de perda de audição, havendo por conseguinte risco de **Surdez Profissional**<sup>14</sup>.

Perante o acima referido aconselha-se a continuação da implementação das medidas constantes a seguir referidas e referidas em avaliações anteriores, destacando:

1. Analisar a possibilidade de serem implementadas medidas de correção nos próprios equipamentos;
2. A continuação de **ações de manutenção** em todas as máquinas com o objetivo de verificar se é possível diminuir os níveis registados, o que já se efetuou e comprovou que existe uma diminuição dos níveis de ruído emitidos;
3. Tendo em consideração a data de fabrico do equipamento, em alguns casos, a possível substituição dos equipamentos deverá ser ponderada;
4. A continuação da vigilância médica e audiométrica da função auditiva dos trabalhadores expostos com **periodicidade anual** (DL 182/2006, artigo 11.º, ponto 3);
5. Esta é uma das medidas mais importantes: **um exame audiométrico completo deverá ser efetuado antes de qualquer exposição a um ruído superior a 80 dB(A)**;
  - a. Estes exames permitem descobrir, logo na admissão, os trabalhadores que apresentam uma sensibilidade particular ao ruído e constituem assim um controlo, à posterioridade, da eficácia das medidas de proteção tomadas.
  - b. Os controlos audiométricos periódicos terão por finalidade vigiar a audição de cada trabalhador ao longo da sua carreira profissional, o valor dos efeitos de exposição ao ruído e o eventual diagnóstico de surdez profissional ou outras patologias, para posterior encaminhamento para a **Caixa Nacional de Seguros e Doenças Profissionais**.
6. A continuação da realização de avaliações de ruído com **periodicidade mínima anual**, uma vez que foi excedidos os valores limite de exposição e os valores de ação (indicados no DL 182/2006, artigo 3.º e indicado no artigo 5.º ponto 3);

<sup>14</sup> “Limite Admissível – A partir do nível sonoro equivalente não ultrapasse 85 dB(A), tomando-se, presentemente, como limite máximo admissível para este nível sonoro o valor de 90 dB(A).”, em NP 1733:1981.

7. A **atualização das avaliações** sempre que seja criado um novo posto de trabalho ou quando um posto de trabalho já existente sofra modificações significativas que provoquem uma variação da exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho ( $L_{EX, 8h}$ ) ou do nível de pressão sonora pico a que cada trabalhador está exposto ( $L_{Cpico}$ );
8. A continuidade da implementação da **rotatividade de trabalhadores** nos postos de trabalho mais ruidosos, reduzindo assim a exposição de cada trabalhador ao ruído;
9. A continuidade de **informar durante ações de formação/sensibilização** todos os trabalhadores sobre os níveis de ruído a que estão expostos.
10. Aos trabalhadores que estão sujeitos a níveis de ruído superiores a 85 dB(A) e a 90 dB(A), **recomenda-se a utilização de protetores auriculares, sendo a sua utilização obrigatória** sempre que o nível de exposição ao ruído iguale ou ultrapasse os valores de acção superiores ( $L_{EX, 8h} = 85$  dB(A) e  $L_{Cpico} = 135$  dB(C)) *(aplicável a todos os trabalhadores tidos em consideração nesta avaliação, continuando a exceção ao trabalhador que exerce as suas funções com o torno mecânico)*.
11. Os protetores auriculares mais adequados, são aqueles que possuem as características dos protetores **H510A da 3M** devem ser utilizados pelos trabalhadores da oficina e por aqueles que possam deslocar-se às instalações da oficina.
  - a. Estes protetores possuem atenuações adequadas aos diferentes ruídos a que estão expostos os referidos trabalhadores, tendo sido a sua seleção baseada na Análise do Ruído em Frequência, por Bandas de Oitava, mas também tendo em conta as condições higieno-ambientais dos respectivos locais e a segurança dos trabalhadores, possibilitando a conversação e a audição de sirenes/alarmes/avisos sonoros das máquinas.
  - b. Os referidos protetores proporcionam a estes trabalhadores, quando corretamente equipados e utilizados uma Exposição Pessoal Diária Efetiva ( $L_{EX, 8h, efect}$ ) inferior ao valor de acção superior de 85 dB(A).

Para além da possível utilização de protetores auriculares (postos gratuitamente à disposição dos trabalhadores), a Empresa deverá continuar a empenhar o seu esforço para encontrar proteções coletivas adequadas a cada caso concreto.

Neste sentido propõe-se que na oficina Metalomecânica se coloquem **painéis anti-ruído, muito embora** não são tão eficientes como o encapsulamento, permitem o con-

trola da propagação do ruído numa determinada direção, entre as mesas de trabalho (ver figura seguinte), como a mesa de trabalho da rebarbadora e a serra de fita de corte lento. Estes painéis devem ser construídos por materiais isolantes revestidos por materiais absorventes (como referido anteriormente) do lado em que se encontra a fonte de ruído.

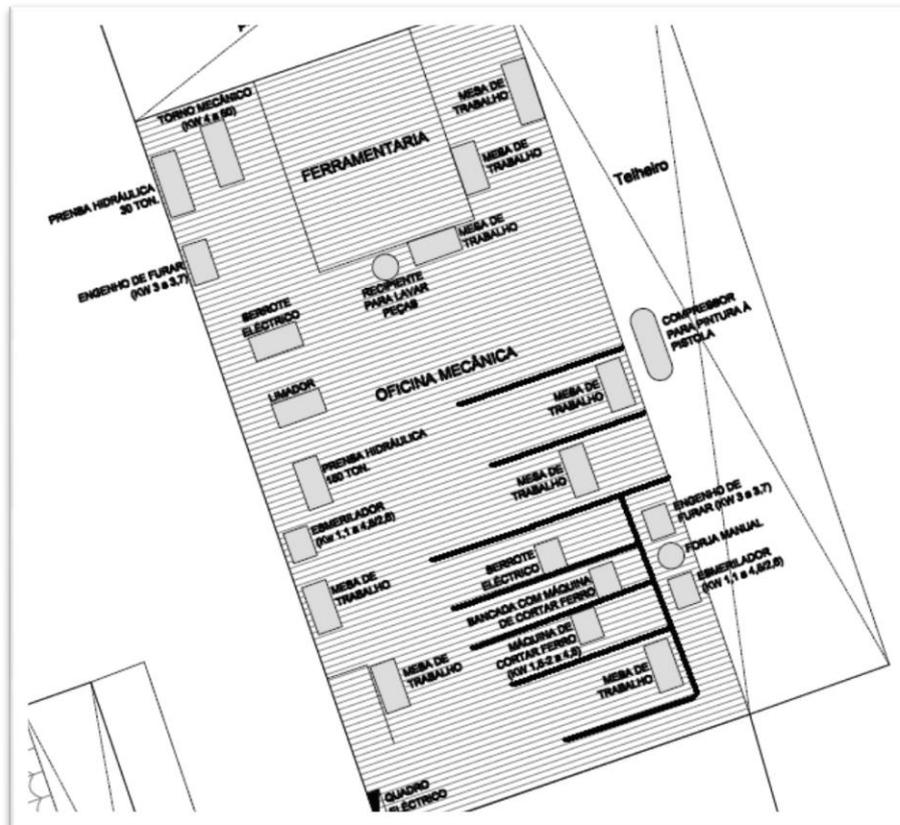


Figura 32: Implementação dos painéis antirruído.

---

## CONCLUSÃO

---

O desenvolvimento deste projeto na empresa foi bastante importante para dar continuidade às avaliações que tem sido realizadas em anos anteriores de forma a monitorizar os níveis de ruído nos postos de trabalho e a forma como afetam a saúde e bem-estar dos trabalhadores.

Este tipo de ruído provoca graves efeitos sobre a saúde do Homem, designadamente perturbações psicológicas ou fisiológicas, associadas a reações de stress, alterações de humor ou falta de concentração, hipertensão arterial e distúrbios cardiovasculares, bem como problemas graves no aparelho auditivo, como a perfuração do tímpano ou surdez profissional.

O ouvido humano é um sistema bastante sensível, delicado, complexo e discriminativo. Ele permite perceber e interpretar o som. A receção e análise do som pelo ouvido humano são processos complicados que ainda não são completamente conhecidos. O ouvido pode ser dividido em três partes: o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno. A surdez resulta da perda quer da sensibilidade em frequência (resposta do sistema auditivo às várias frequências que um som pode ter) quer do incremento do limiar de audição, ou seja, é necessária uma maior quantidade de som para que este se torne perceptível.

A exposição ocupacional ao ruído constitui, sem dúvida, uma questão transversal, na medida em que abrange um grande número de situações ocupacionais que vão desde a indústria à agricultura, passando pela construção e pelos serviços.

Apesar de este risco ser normalmente equacionado em meios ocupacionais, a verdade é que pouca importância se lhe tem dado, optando-se, geralmente, pela solução mais imediata: a adoção da proteção individual auditiva.

Com base nas medições efetuadas e após realização dos cálculos verificamos que na empresa existem trabalhadores que correm risco de vir a sofrer de surdez profissional, pelo que este relatório de avaliação será enviado para a medicina de trabalho (prática da empresa) para serem programados os exames médicos referidos anteriormente.

Como se verificou um Nível de Exposição Pessoal Diário superior ao estabelecido foi realizado o estudo dos protetores auriculares utilizando o método de cálculo de prote-

tores auditivos com bandas de oitavas e observou-se que para o caso particular do ruído em questão é adequado o H510A da 3M.

No entanto, a grande parte da resolução dos problemas poder estar associada a uma prevenção adequada, pelo que foram apresentadas algumas medidas de carácter coletivo que poderão vir a ser implementadas, mas existe ainda muito a fazer neste domínio, designadamente no desenvolvimento de instrumentos de prevenção.

É, por isso, necessário apostar em diferentes medidas preventivas e, até mesmo proactivas e não se limitar à utilização generalizada da proteção individual auditiva, solução que é frequentemente adotada pela sua relativa facilidade de implementação e baixo custo.

Em suma, o futuro da prevenção no que toca à exposição ao ruído passará, sem dúvida, pelo desenvolvimento e aperfeiçoamento de instrumentos de avaliação e análise mais eficazes, no sentido de diminuir, ou mesmo eliminar, o efeito deletério da exposição ocupacional ao ruído e a consequente diminuição da qualidade de vida dos trabalhadores.

## BIBLIOGRAFIA E CIBERGRAFIA

- [1] Valores da UE dos 15. Fonte: Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho  
Data to describe the link between OSH and employability 2002 ISBN 92-95007-66-2
- [2] Valores da UE dos 15. Fonte: Eurostat: Work and health in the EU: a statistical portrait  
ISBN 92-894-7006-2
- [3] [http://ec.europa.eu/news/employment/071009\\_2\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/news/employment/071009_2_pt.htm), 01 de Janeiro de 2008
- [4] Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro
- [5] Decreto-Lei n.º 182/2006
- [6] Nunes, Fernando M. D. Oliveira, “Segurança e Higiene do Trabalho – Manual Técnico”,  
Edições Gustave Eiffel, 1ª Edição, ISBN 972-8326-45-9, Maio 2006
- [7] Maia, Nuno Manuel Mendes, “Apontamentos de vibrações I, noções de acústica e controlo  
de ruído”, IST, 1992
- [8] Nunes, Nuno; Silva, Paula, “Modulo VI – Higiene no Trabalho – sub-módulo Vibrações e  
ruído”, EST, 2013
- [9] Vigia, Luis, “Ruído” (apresentação), k-med – Segurança e Higiene no Trabalho, Março  
2008
- [10] Mateus, Mário, “Ruído Industrial” (apresentação), FCTUC, Abril 2007
- [11] Telo, Emília, “O ruído” (apresentação), ISHST, Março 2006
- [12] Amaral, Rosário, “7º congresso Internacional de SST” (Apresentação), Maio 2007
- [13] Gândara, João, “Ruído”, Higiene e Segurança Industrial – Engenharia Alimentar
- [14] Perez, Ana Teresa; Leite, Maria João Leite; Guedes, Margarida e Bernardo, Fernanda, “O  
novo quadro legal do ruído ambiente” (apresentação), Instituto do Ambiente Abril 2007
- [15] Dias, Carlos, apontamentos “Acústica aplicada”, FCT, 2005
- [16] <http://sme.dcm.fct.unl.pt/u/dias/docencia/FISI/fisica1.htm>
- [17] Urgueira, António P. Vale, apontamentos “Curso de especialização para técnicos superio-  
res de SHT Parte II - Ruído”, FCT, Fevereiro 2004
- [18] Arezes, Pedro Martins; Miguel, Alberto Sérgio, “Riscos ocupacionais – A exposição ocupa-  
cional ao ruído em Portugal” vol.20, n.º 1 – Janeiro/Junho 2002
- [19] “A redução dos riscos do ruído no trabalho”, Agência Europeia para a SST, FACTS 59/PT,  
ISSN 1681-2166, 2005
- [20] “A medição do som”, Brüel & Kjaer
- [21] “Ruído ambiental”, Brüel & Kjaer
- [22] <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/acustica-ruídos-segunda-parte.doc>
- [23] Guedes, António Brandão, Bolsa de artigos – “Ruído nos locais de trabalho: Riscos para a  
saúde”, ISHST
- [24] Santos, Carla Cassandra de Souza Santos, “Processamento auditivo de militares expostos  
a ruído ocupacional: um estudo longitudinal” Santa Maria, RS (Brasil), 2007
- [25] “A redução dos riscos do ruído no trabalho”, Agência Europeia para a SST, FACTS 56/PT,  
ISSN 1681-2166, 2005

- [26] Verlag Dashöfer, “Higiene, Segurança e Prevenção de Acidentes de Trabalho” (28.0), 2013
- [27] Matos, Luísa Maria, “Consequências da Aplicação da Nova Legislação sobre o ruído nos locais de trabalho, à indústria extractiva”, Laboratório do INETI
- [28] Decreto Regulamentar nº 9/92 de 28/04/92, do Ministério do Emprego e da Segurança Social que Regulamenta o Decreto-Lei nº 72/92 (Protecção dos trabalhadores contra os riscos devidos à exposição ao ruído durante o trabalho).
- [29] Rodrigues, Carla, artigo “Avaliação da Exposição Pessoal Diária ao Ruído durante o trabalho – Impacto da Nova Legislação”, “Boletim informativo da Associação Nacional das Empresas Metalúrgicas e Electromecânicas”, ANEMM Informa, n.º 20, Novembro, 2006
- [30] Concha-Barrientos, Marisol; Campbell-Lendrum, Steenland Kyle, “Occupational Noise - Assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels”, World Health Organization, Protection of the Human Environment, Geneva 2004
- [31] Abelenda, Catarina Soares Sousa, Tese de Mestrado “Avaliação do conforto de protectores auditivos”, Universidade do Minho, Maio 2006
- [32] Puente, Miguel António Flores Puente; Ortiz, Sandra Torras; Guitiérrez, Rodolfo Téllez, “Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso IV, Veracruz”, Publicación Técnica N.º 194, Sanfandila, Qro 2002, ISSN 018-7297
- [33] Antunes, Alexandre; Caldeira, Ana; Margarido, Rita, “Poluição Acústica”, FCT, Novembro de 2005
- [34] Electromagnetic fields and public health: Extremely Low Frequency Fields and Cancer (ELF) [ em linha] 2001- World Health Organization [consultada a 2 de Novembro de 2005] Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs263/en/index.html>
- [35] Pedro, Ricardo, “A nova lei do ruído”, Tecnometal n.º 166 Setembro/Outubro, 2006
- [36] “novo Regulamento Geral de Ruído” (apresentação), IEP, Maio 2007
- [37] Arezes, Pedro Miguel Ferreira Martins, Tese “Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído”, Setembro, 2002
- [38] Creppe, Renato Crivellari; Porto, Luiz Gonzaga Campos, “Utilização do dosímetro nas avaliações de ruído ocupacional”, Unesp – Campus de Bauru
- [39] Guerreiro, Humberto J. P., Comunicações Técnicas - “O ruído laboral e a sua prevenção”, Visa consultores, Março 2002
- [40] Branco, Nuno A. A. Castelo – Center da Performance Humana, Alverca, Portugal; Alves-Pereira, Mariana – ERISA – Universidade Lusófona, Lisboa, Portugal, Publicado em inglês na revista científica “Noise & Health”, 2004, 6 (23): 3-20; Publicado em português na revista segurança, 2006, 161 (Março/Abril) Suplemento Especial
- [41] Branco, Nuno A. A. Castelo – Center da Performance Humana, Alverca, “A doença Vibroacústica” (apresentação),
- [42] Alves-Pereira, Mariana – ERISA – Universidade Lusófona, “Ruído de baixa frequência como agente patogénico” (apresentação)

- [43] Alves-Pereira, Mariana – ERISA – UNL, “Ruído de baixa frequência. Efeitos no corpo humano: A doença Vibroacústica
- [44] <http://www.ambienteglobal.pt>
- [45] <http://www.contraruido.com>
- [46] <http://www.univ-ab.pt/formacao/sehit/curso/ruído/uni1/ruído.html>
- [47] [http://www.ishst.pt/PPMVM/Doc/21-05-2006\\_sic\\_online.pdf](http://www.ishst.pt/PPMVM/Doc/21-05-2006_sic_online.pdf)
- [48] [http://revistasau.de.ulusofona.pt/pdf08/art\\_4.pdf](http://revistasau.de.ulusofona.pt/pdf08/art_4.pdf)
- [49] <http://www.esav.ipv.pt/sst1.pdf>
- [50] <http://www.citidep.pt/papers/articles/alvesper.htm>
- [51] <http://www.ssgrr.it/en/ssgrr2003w/papers/135.pdf>
- [52] <http://www.atsdr.cdc.gov/NEWS/viequesheartreport.html>
- [53] <http://www.sun-herald.com/NewsArchive2/082403/tp3ch18.htm>
- [54] <http://www.ssgrr.it/en/ssgrr2003w/papers/129.pdf>
- [55] [http://www.cm-seixal.pt/NR/rdonlyres/651998F5-6E7A-4835-BACE-5BFD4D00F02D/1140/11\\_1\\_doenca\\_vibroacustica\\_3.pdf](http://www.cm-seixal.pt/NR/rdonlyres/651998F5-6E7A-4835-BACE-5BFD4D00F02D/1140/11_1_doenca_vibroacustica_3.pdf)
- [56] [http://www.cm-seixal.pt/NR/rdonlyres/651998F5-6E7A-4835-BACE-5BFD4D00F02D/1141/12\\_0ruído\\_baixa\\_frequencia1.pdf](http://www.cm-seixal.pt/NR/rdonlyres/651998F5-6E7A-4835-BACE-5BFD4D00F02D/1141/12_0ruído_baixa_frequencia1.pdf)
- [57] Branco, Nuno A A Castelo, Ferreira, José Reis e Alves-Pereira, Mariana. O aparelho respiratório na doença vibroacústica: 25 anos de investigação. Rev Port Pneumol, jan. 2007, vol.13, no.1, p.129-135. ISSN 0873-2159.
- [58] Ferreira, José Reis, Monteiro, Miguel B, Tavares, Fernanda et al. Participação das vias aéreas centrais na doença vibroacústica. Rev Port Pneumol, mar. 2006, vol.12, no.2, p.93-105. ISSN 0873-2159.
- [59] Mendes, Ana, Alves-Pereira, Mariana e Branco, Nuno A A Castelo Padrões acústicos da voz em indivíduos com a doença vibroacústica. Rev Port Pneumol, jul. 2006, vol.12, no.4, p.375-382. ISSN 0873-2159.
- [60] Ferreira, José Reis, Sousa, José Albuquerque e, Foreid, Peter et al. Drive respiratório anormal na doença vibroacústica. Rev Port Pneumol, jul. 2006, vol.12, no.4, p.369-374. ISSN 0873-2159.
- [61] Ferreira, José Reis, Mendes, Carla P, Alves-Pereira, Mariana et al. Carcinomas epidermóides do pulmão na doença vibroacústica. Rev Port Pneumol, set. 2006, vol.12, no.5, p.539-544. ISSN 0873-2159.
- [62] <http://www.atasp-audio.org/noticias.html>
- [63] <http://www.sida-luz-positiva.org/modules.php?name=News&file=article&sid=73>
- [64] <http://www.lowertheboom.org/trice/vad.htm>
- [65] [http://www.bkpt.com/Modelo2250\\_Pacote1.htm](http://www.bkpt.com/Modelo2250_Pacote1.htm)
- [66] <http://www.factor-segur.pt/publicacoes/artigos/Artigo%20completo%20ru%C3%ADdo.pdf>
- [67] <http://www.cencal.pt/pt/livro/Cap4-A%20organiza%C3%A7%C3%A3o%20do%20Posto%20de%20Trabalho.pdf>
- [68] [http://www.engenheiros.pt/cis2007/comunicacoes/Maria\\_Luisa\\_Matos.pdf](http://www.engenheiros.pt/cis2007/comunicacoes/Maria_Luisa_Matos.pdf)
- [69] [http://www.ideiasambientais.com.pt/ruído\\_ambiente.html](http://www.ideiasambientais.com.pt/ruído_ambiente.html)

- 
- [70] [www.forma-te.com/mediateca/download-document/1696-ruido-no-trabalho.html](http://www.forma-te.com/mediateca/download-document/1696-ruido-no-trabalho.html)
- [71] [www.bigalcon.com/software/gextru/gextru\\_folheto.pdf](http://www.bigalcon.com/software/gextru/gextru_folheto.pdf)
- [72] [www.factor-segur.pt/publicacoes/artigos/Artigo%20completo%20ruído.pdf](http://www.factor-segur.pt/publicacoes/artigos/Artigo%20completo%20ruído.pdf)
- [73] [www.prof2000.pt/users/eta/Ruido.doc](http://www.prof2000.pt/users/eta/Ruido.doc)
- [74] [www.forma-te.com/mediateca/download-document/5224-ruido.html](http://www.forma-te.com/mediateca/download-document/5224-ruido.html)
- [75] [http://www.ishst.pt/downloads/content/9\\_O\\_ruido.pdf](http://www.ishst.pt/downloads/content/9_O_ruido.pdf)
- [76] Compilação de dados estatísticos sobre acidentes de trabalho e doenças profissionais em Portugal

---

## ANEXOS

---

### LISTA DE ANEXOS

-  **Anexo 1 – Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro**
-  **Anexo 2 – Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro**
-  **Anexo 3 - Organigrama SETH**
-  **Anexo 4 - Declaração de Política de Segurança e Ambiente**
-  **Anexo 5 – Planta do Estaleiro Central**
-  **Anexo 6 - Instrução de Trabalho SETH – Serra de Fita**
-  **Anexo 7 - Instrução de Trabalho SETH - Rebarbadora**
-  **Anexo 8 - Processos Individuais de Ruído dos Trabalhadores**
-  **Anexo 9 - Cálculos**
-  **Anexo 10– Boletim Calibração do Sonómetro**

## Anexo 1

# Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro

## Anexo 2

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

## Anexo 3

# Organigrama SETH

## Anexo 4

# Declaração de Política de Segurança e Ambiente

# Anexo 5

## Planta do Estaleiro Central

# Anexo 6

## Instrução de Trabalho SETH

### Serra de Fita

# Anexo 7

## Instrução de Trabalho SETH

### Rebarbadora

## Anexo 8

# Processos Individuais de Ruído dos Trabalhadores

## Anexo 9

### Cálculos de $LEX_{,8h}$ e $LEX_{,8h}$ efect

## Anexo 10

# Boletim Calibração do Sonómetro