

Índice

Índice de Figuras.....	IV
Índice de Equações.....	VI
Índice de Tabelas.....	VII
Nomenclatura.....	VIII
Resumo.....	IX
Abstract.....	XI
Agradecimentos.....	XIII
CAPITULO 1 - Considerações Gerais.....	14
1.1 Enquadramento.....	14
1.2 Objectivo.....	15
1.3 Metodologia do trabalho.....	15
CAPITULO 2 - Ruído Ocupacional.....	16
2.1 Princípios fundamentais do som.....	16
2.2 Anatomia e fisiologia da audição.....	18
2.3 Filtros de ponderação.....	19
2.4 Ruído.....	21
2.5 Efeitos sobre a saúde.....	24
2.5.1 Que problemas pode o ruído causar?.....	24
2.5.2 Perda auditiva induzida pelo ruído.....	25
2.6 Legislação.....	26
2.7 Conceitos e definições.....	27
2.8 Controlo de ruído.....	29

2.8.1 Medidas Organizacionais	30
2.8.2 Medidas Construtivas	30
2.8.3 Medidas de Protecção Individual	31
2.8.4 Exames médicos e audiométricos	32
CAPITULO 3- Vibrações	33
3.1 Princípios Fundamentais	33
3.2 Riscos para a saúde.....	34
3.3 Legislação	36
3.4 Conceitos e definições	37
3.5 Medidas de prevenção	39
CAPITULO 4- Poeiras	40
4.1 Conceitos e Definições.....	40
4.2 Legislação	42
4.3 Riscos para a saúde.....	43
4.4 Medidas gerais de prevenção e protecção	46
Capitulo 5 – Equipamentos e técnicas utilizadas	49
5.1 Ruído	49
5.1.1 Método de medição no ruído	50
5.1.2 Intervalo de Tempo de Medição e Número de Medições	51
5.1.3 Incerteza da medição	51
5.2 Vibrações	53
5.3 Poeiras	56

CAPITULO 6 - Apresentação e discussão de resultados.....	58
6.1 Apresentação dos postos monitorizados	58
6.2 Ruído.....	59
6.3 Vibrações	63
6.4 Poeiras.....	70
CAPITULO 7- Conclusões.....	75
Bibliografia	81
ANEXOS	85

Índice de Figuras

Figura 1 - Amplitude versus comprimento de onda	16
Figura 2 - Comprimento de onda versus frequência	17
Figura 3 - Anatomia do ouvido Humano	18
Figura 4 - Curvas isofónicas	20
Figura 5 - Curvas de ponderação resultantes da resposta do ouvido humano	20
Figura 6 - Escala comparativa da pressão sonora e do nível de pressão sonora e do nível de pressão sonora	22
Figura 7 - Curvas de igual sensibilidade sonora	23
Figura 8 - Efeitos do ruído sobre o Homem	26
Figura 9 – Modelagem mecânica do corpo humano	36
Figura 10 - Tipo de fracções de poeiras e sua penetração no aparelho respiratório ...	44
Figura 11 - Tamanho de partículas associados com os seus efeitos da saúde	45
Figura 12 - Sonómetro 2260 Light da Bruel & Kjaer	49
Figura 13a - Acelerómetro X6-2	53
Figura 13b - Acelerómetro X6-2, com os 3 eixos	53
Figura 14 - Direcções do sistema de coordenadas para avaliação das vibrações	54
Figura 15 - Medidor de poeiras HANDHELD 3016 IAQ Particle Counter	56
Figura 16 - Posto: silos	58
Figura 17 - Posto: tapete	58

Figura 18 - Posto: britador	59
Figura 19 - Eixos x,y,z; considerados pelo acelerómetro (a) e pela legislação (b)	63
Figura 20 - Colocação dos acelerómetros no posto tapete	64
Figura 21 – Valores limiares de incomodidade a_z	65
Figura 22 – Valores limiares de redução da capacidade de trabalho por fadiga a_z	66
Figura 23 – Valores limites de exposição máxima a_x ou a_y – foram considerados os valores de a_y (a_y é o valor com menos correcções)	66
Figura 24 – Valores limiares da incomodidade a_x ou a_y – foram considerados os valores de a_y (a_y é o valor com menos correcções)	67
Figura 25 – Valores limiares da produção da capacidade de trabalho por fadiga a_x ou a_y – foram considerados os valores de a_y (a_y é o valor com menos correcções)	67
Figura 26 – Valores limites de exposição a_z	68
Figura 27 – Concentrações medidas em 2003 e 2011, bem como máximo admissível de poeiras definido pelo decreto lei 162/90	72
Figura 28 – Aspecto da amostra após a descarbonatação do material recolhido nos silos (a), armazenagem da brita 40-60 (b) e tapete 5 (c)	73

Índice de Equações

Equação 1 – Nível pressão sonora	21
Equação 2 – Designação de cada oitava correspondente à frequência central	23
Equação 3 - Nível Sonoro Contínuo Equivalente	27
Equação 4 - Nível de Pressão Sonora de Pico	27
Equação 5 - Exposição pessoal diária ao ruído	28
Equação 6 - Exposição pessoal diária efectiva	28
Equação 7 - Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído	28
Equação 8 – Cálculo da aceleração para um movimento sinusoidal	33
Equação 9 – Cálculo do diâmetro aerodinâmico	41
Equação 10 – Margem de erro no resultado da medição	51
Equação 11 – Cálculo da incerteza combinada, u	51
Equação 12 – Cálculo da incerteza combinada,expandida U	52
Equação 13 – Exposição diária às vibrações	54
Equação 14 – Exposição diária às vibrações quando existem diferentes amplitudes e durações	55
Equação 15 – Cálculo do volume de ar pelo medidor de poeiras	56

Índice de Tabelas

Tabela I – Risco de surdez devido ao ruído expressando a percentagem de indivíduos que adquirem surdez ≥ 25 dB(A)	25
Tabela II – Valores do diâmetro aerodinâmico	42
Tabela III – Estratégias de medição para o ruído laboral	50
Tabela IV – Contribuição da incerteza para a determinação dos níveis de exposição sonora no método baseado nas tarefas	52
Tabela V – Resumo dos valores de ruído nos vários anos	59
Tabela VI – Cálculos das incertezas dos valores medidos nos vários postos de trabalho	60
Tabela VII – Estudo dos protectores auditivos para o trabalhador que opera nos silos, para um tempo de exposição de 8h	61
Tabela VIII – Estudo dos protectores auditivos para o trabalhador que opera no tapete, para um tempo de exposição de 8h	61
Tabela IX – Estudo dos protectores auditivos para o trabalhador que opera no britador, para um tempo de exposição de 8h	62
Tabela X – Resumo dos valores das acelerações nos três eixos	65
Tabela XI – Resumo dos valores das acelerações por frequência de az versus tempo de permanência recomendado no local de trabalho	69
Tabela XII – Teores em sílica e máximos admissíveis	70
Tabela XIII – Datas da monitorização e respectivas temperaturas e humidades médias	70
Tabela XIV – Valores (teores de poeiras respiráveis)	71
Tabela XV – Valores não contabilizando o dia fora do habitual	71
Tabela XVI – Valores (teores de poeiras em 2003)	71
Tabela XVII – Valores de peso em percentagem (%) de material da descarbonatação.....	73

Nomenclatura

Sigla	Significado
ACT	Autoridade para as Condições de Trabalho
dB	Décibel
dB (A)	Décibel A (com ponderação do filtro A)
DGS	Direcção Geral de Saúde
EPI'S	Equipamento de Protecção Individual
EU	União Europeia
Hz	Hertz
ISO	International Standardization Organisation
kPa	kilo Pascal
OMS	Organização Mundial de Saúde
OHSAS	Occupational health and safety assessment specification
OIT	Organização internacional do trabalho
VLE	Valores limite de exposição
PM10	Partículas em Suspensão com diâmetro inferior a 10 μ m
AESST	Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho
OREA	Observatório dos Riscos Europeus da Agência
FEMCVT	Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho
EASHW	European Agency for Safety and Health at work
IARC	Agência Internacional para Pesquisa sobre o Cancro
CDCP	Centers for Disease Control and Prevention
XDR	Difracção de Raios X

Resumo

O estudo da relação entre o trabalho e a saúde implica uma correcta identificação dos riscos ocupacionais, bem como das suas repercussões, positivas ou negativas, sobre os trabalhadores.

Para tal, é indispensável a realização de estudos práticos incidindo sobre os contextos reais de trabalho, identificando nestes as principais fontes dos riscos ocupacionais.

Nos locais de trabalho, os riscos profissionais são inerentes ao ambiente ou ao processo operacional das diferentes actividades.

Estes reflectem as condições inseguras do trabalho, capazes de afectar a saúde, a segurança e o bem-estar do trabalhador.

O Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras - decreto-lei nº 162/90 de 22 de Maio, tem uma aplicação generalizada a todas as variáveis ocupacionais, assim as variáveis estudadas têm por base este diploma, nunca esquecendo a legislação e normas aplicadas em cada um dos casos em particular.

A exposição ao ruído no local de trabalho é causa directa da segunda mais importante doença profissional no nosso país - a surdez - originando ainda, frequentemente, outras perturbações fisiológicas e psicológicas. A exposição a poeiras e vibrações são também riscos de elevada importância.

Com o trabalho desenvolvido pretendeu-se dar um contributo para a análise da evolução dos riscos ocupacionais e suas condicionantes num seu processo produtivo. A finalidade foi de verificar a evolução dos níveis de ruído e poeiras ao longo de vários anos. Relativamente ao estudo de vibrações a perspectiva foi de realizar um estudo preliminar das vibrações mecânicas no corpo inteiro, pois nunca tinha sido estudado este risco físico, no caso da pedreira em estudo.

Foram realizadas medições nos três postos de trabalho durante o período de laboração e em vários dias, para monitorização dos riscos identificados. Os dias escolhidos foram aleatórios para abranger vários tipos de condicionantes, por exemplo: temperatura, vento, humidade. Os postos monitorizados foram a armazenagem (silos), tapete de escolha britador.

Quanto aos níveis de ruído e poeiras, verificou-se da análise de dados que as diferenças entre vários anos, durante os quais foram efectuadas medições, não sofrem variações significativas. Em relação às vibrações verificou-se que as acelerações são maiores no eixo dos z quando comparadas com os valores dos outros eixos.

Neste trabalho são referidos alguns aspectos relativos às necessidades de investigação futura, visando diminuir/eliminar a exposição ocupacional ao ruído, às vibrações e às poeiras, e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores.

Palavras chave: Ruído, vibrações, poeiras, saúde, segurança.

Abstract

The study of the relationship between work and health involves a correct identification of occupational hazards, as well as its impact, positive or negative, on the workers.

For this, it is essential to carry out practical studies focusing on the real context of work, identifying the main sources of these occupational hazards.

In workplaces, occupational risks are inherent to the environment or to the operating process of the different activities.

These risk reflect the unsafe conditions of work, capable of affecting the health, safety and welfare of the worker.

The General Regulations of the Health and Safety at Work in Mines and Quarries -Decree-Law No. 162/90 of May 22, has a broad application to all occupational variables, so the variables studied are based on this law, never forgetting the rules and standards applied in each case in particular.

Exposure to noise at work is the direct cause of the second most important occupational disease in our country-deafness-resulting still, often in other physiological and psychological disturbances. Exposure to dust and vibrations are also risks of high in importance.

The developed work was intended to give a contribution to the analysis of the evolution of occupational hazards and their constraints in a production process. The purpose was to check the progress of noise and dust level over several years. Concerning the vibration's study, the prospect was to perform a preliminary study of mechanical vibrations in the whole-body, because it had never been studied this physical risk at the quarry under study.

Measurements were made in three work positions during the period of labour and at several days, to monitor the identified risks. The random days were chosen to cover various types of conditions, like temperature, wind and humidity. The stations monitored were the crusher, the storage (silos) and the sorting belt.

As for noise and dust levels, the analyses of data show that the differences between the different years were not significant. It was found that the vibrations at these working positions were greater in the z axes than in the other axes.

This work contain references to some aspects of future research needs in order to reduce / eliminate occupational exposure to noise, vibration and dust, and therefore improve the quality of life of workers.

Keywords: Noise, vibration, dust, health and safety.

Agradecimentos

Os meus primeiros agradecimentos vão para os meus orientadores: Professor Doutor Fernando Pedro Figueiredo e Professora Doutora Lúcia Catarino pela paciência, disponibilidade e toda a indispensável ajuda.

Também quero agradecer aos colaboradores da empresa J. Batista Carvalho, Lda., especialmente ao Engenheiro Alberto Barreto, que forneceu todos os dados necessários para que este trabalho fosse possível. Agradeço também à empresa Rui Prata Ribeiro Lda., que emprestou o equipamento para medição de poeiras e também ao Engenheiro Ricardo Caldeira que descarregou os dados das medições.

Aos meus familiares e amigos, e em especial ao Alfredo Cruz, Humberto Cruz e Isabel Cruz por todo o apoio, compreensão e paciência que demonstraram ao longo deste período. À minha mãe que tanto amo e que tanto carinho e compreensão tem demonstrado. Quero deixar aqui um beijo muito especial para os meus filhos Mariana e Alexandre a quem amo muito. A todos um muito obrigada.

Gostaria também de agradecer, a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho, cujos nomes não foram mencionados mas sempre estarão presentes.

Ao meu pai, a quem dedico este trabalho, que sempre me ensinou a não desistir nos momentos mais difíceis.

“Os mortos são na vida os nossos vivos. Andam pelos nossos passos, trazemo-los ao colo pela vida fora e só morrem connosco.”

(Florabela Espanca)

CAPITULO 1 - Considerações Gerais

1.1 Enquadramento

A Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho recolhe estatísticas e inquéritos sobre segurança e saúde no trabalho de todo o mundo. Os relatórios estatísticos da Agência cobrem domínios como os acidentes de trabalho, as tendências demográficas e as doenças relacionadas com o trabalho.

Os relatórios elaborados pelo Observatório dos Riscos Europeu da Agência analisam fontes de dados nacionais e comunitárias e descrevem as implicações desses dados para a saúde e segurança no trabalho.

A Agência colabora estreitamente com a Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho e com o Eurostat (serviço de estatística da União Europeia) a fim de construir uma imagem clara da segurança e saúde no trabalho na UE (EASHW, 2006).

Apesar de não serem um instrumento perfeito, as estatísticas são uma parte essencial de qualquer análise, em matéria de saúde e segurança. Revelam, por exemplo, verdades incómodas como as seguintes:

- Todos os anos, 5720 pessoas morrem na União Europeia em consequência de acidentes de trabalho, segundo dados do EUROSTAT (EASHW, 2006),
- Além disso, a Organização Internacional do Trabalho estima que mais de 159 500 trabalhadores morram todos os anos na UE de doenças profissionais. Tendo em conta estes dois dados, estima-se que a cada três minutos e meio morra uma pessoa na UE de causas relacionadas com o trabalho (EASHW, 2006).

O presente trabalho reflecte a sensibilidade adquirida ao longo de vários anos de experiência na área de higiene e segurança no trabalho numa pedreira de exploração de calcário. Por conhecer bem a empresa exploradora e após várias avaliações de risco, verificou-se que seria interessante o estudo em três postos de trabalho relativamente a três riscos físicos: ruído ocupacional, vibrações e poeiras.

O trabalho foi realizado numa exploração de calcário a céu aberto. A produção centra-se, neste momento, nos agregados. O desmonte é efectuado com perfuração mecânica e disparo eléctrico. As operações de furação e as cargas são realizadas em diferentes pisos,

evitando assim acidentes entre equipamentos de grande e pequena mobilidade. Quanto às operações normais de carga e transporte são realizadas por meios mecânicos (pá frontal e *dumper*).

Este estudo incidiu apenas no processo de beneficiação, mais propriamente em três postos de trabalho: silos, tapete de escolha e britador.

1.2 Objectivo

Neste trabalho procurar-se-á caracterizar a situação em termos de exposição dos trabalhadores envolvidos nas operações de armazenamento/descarga de produto (silos), tapete de escolha e primário (britador). Neste contexto, os objectivos principais são os seguintes:

- Caracterizar os parâmetros de ruído, poeiras ocupacionais e vibrações mecânicas;
- No estudo do ruído ocupacional pretendeu-se comparar os valores de ruído ao longo dos últimos anos;
- No estudo das vibrações realizou-se um estudo preliminar de vibrações de corpo inteiro,
- Nas poeiras ambicionou-se verificar a existência de alterações significativas ao longo de vários anos, através da comparação de valores e concentrações de poeiras e composição química.

Pretende-se desta forma, contribuir para um maior desenvolvimento da análise de potenciais efeitos na saúde e no ambiente de trabalho, provocados pela exposição aos vários riscos (ruído, vibrações e poeiras) e sugerir soluções de melhoria.

1.3 Metodologia do trabalho

A metodologia utilizada iniciou-se com a pesquisa bibliográfica, numa segunda fase a recolha e tratamento de dados, seguida da discussão de resultados. Durante o desenvolvimento do trabalho procurou-se estabelecer relações das variáveis em estudo e as possíveis consequências para a saúde dos trabalhadores.

CAPITULO 2 - Ruído Ocupacional

2.1 Princípios fundamentais do som

A palavra som deriva da palavra latina “sonu”, que significa tudo que impressiona o ouvido, corresponde à definição do ponto de vista fisiológico. Do ponto de vista físico a definição de som é um pouco mais complexa, tratando-se essencialmente de uma onda longitudinal, por vezes com uma componente transversal, de compressão e rarefacção de um dado meio, provocada pela vibração de um corpo (in Pereira, 2009).

Todas as ondas, apresentam algumas características em comum, tais como amplitude e comprimento de onda (figura 1).

Amplitude (y) - Deslocamento máximo em relação à posição média ou de equilíbrio A unidade utilizada para a medida depende do tipo da onda. Por exemplo, a amplitude de ondas de som e sinais de áudio costumam ser expressas em decibéis (dB) (Infopédia, 2000).

Comprimento de Onda (λ) - Distância, em metros, entre dois pontos consecutivos na mesma fase de vibração (Infopédia, 2000).

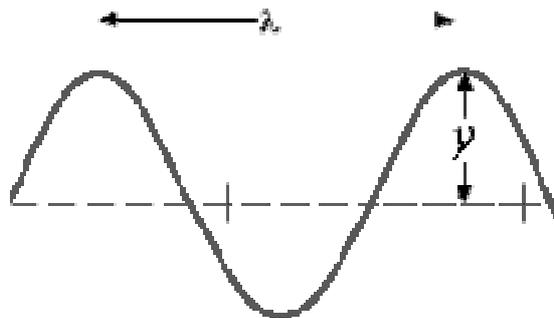


Figura 1-Amplitude versus comprimento de onda(MRA, 2008)

Período (T)

Intervalo de tempo correspondente a uma vibração. Exprime-se em segundos, (s) (Infopédia, 2000).

Frequência (f)

Número de vibrações por unidade de tempo. A frequência é igual ao inverso do período. Exprime-se em hertz, Hz, ou segundo menos um, (s⁻¹) (Infopédia, 2000).

Quando as ondas sonoras apresentam uma forma regular normalmente são de audição agradável, mas quando possuem uma forma irregular, são incómodas e designam-se por ruído. Cada som apresenta duas características importantes: intensidade (volume) e tom (nota). A intensidade de um som corresponde a amplitude da onda que o representa. Um som é tanto mais intenso, quanto maior a amplitude da onda. A intensidade do som é medida em decibéis, dB. Ao tom de um som corresponde a frequência da onda. Quanto maior a frequência, mais agudo é o som, quanto menor mais grave este se apresenta. O comprimento de onda λ tem uma relação inversa com a frequência f (Infopédia, 2000).

Assim, a pequenos comprimentos de onda correspondem a altas frequências e vice-versa (figura 2).

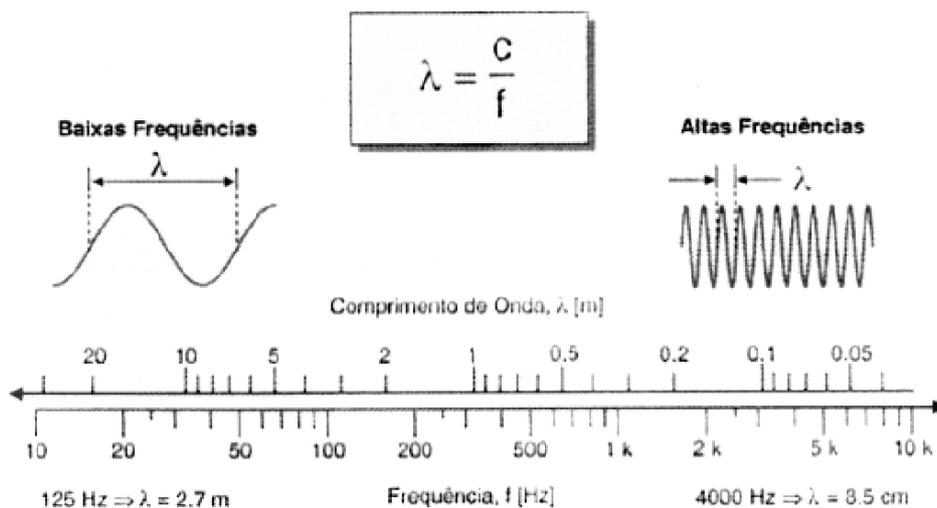


Figura 2-Comprimento de onda versus frequência (Gonçalves, 2005)

As ondas sonoras podem transmitir-se da fonte até ao ouvido, tanto directamente pelo ar, ou indirectamente através dos materiais, estruturas sólidas, paredes, pavimentos e tectos, que funcionam como caminhos secundários (Miguel, 2002).

Quando o ruído atinge determinados níveis, o aparelho auditivo apresenta uma fadiga que, embora inicialmente seja susceptível de recuperação, pode em casos de exposição prolongada a ruído intenso transformar-se em surdez permanente devido a lesões irreversíveis do ouvido interno (Miguel, 2002).

2.2 Anatomia e fisiologia da audição

O órgão da audição humana divide-se em 3 partes: ouvido externo, médio e interno (figura 3).

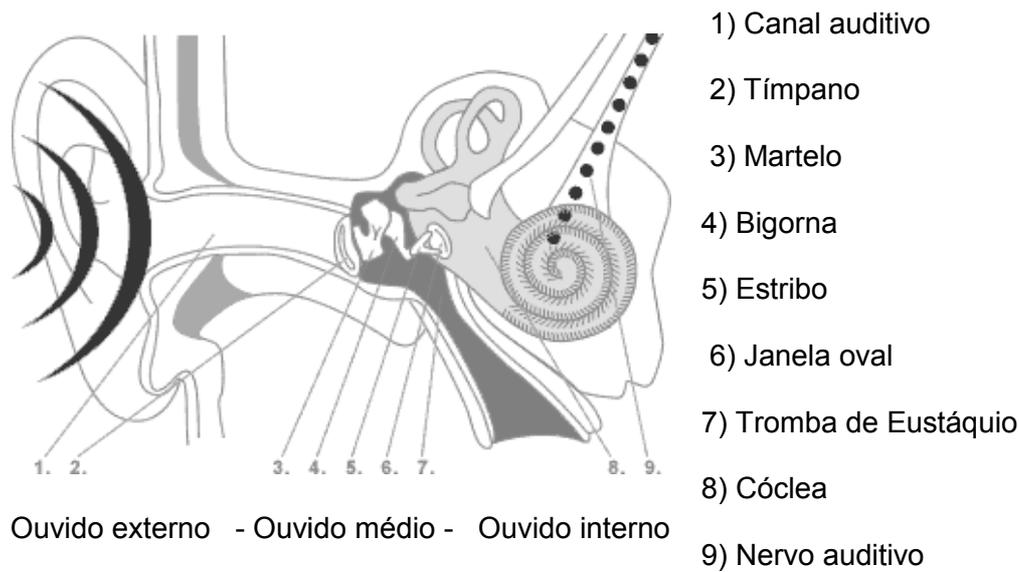


Figura 3- Anatomia do ouvido humano (StudioMel, 2011)

O ouvido externo é constituído pelo pavilhão auricular e pelo canal auditivo externo. Este é constituído por 1/3 de cartilagem e 2/3 por porções timpânica e escamosa do osso temporal. O ouvido médio é a ligação entre o ouvido externo e 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). O ouvido interno é um sistema complexo de canais preenchidos por um líquido (perilíngua) e pode ser dividido em 2 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 (Miguel, 1998).

Os sons agudos geram ondas que atingem o máximo de vibração na base da cóclea, ao passo que os sons graves atingem o máximo no seu topo. O influxo nervoso é posteriormente levado pelo nervo coclear até ao córtex cerebral, onde se torna consciente.

De uma forma geral, uma alteração vibratória da pressão sobre a membrana timpânica é transmitida pelos ossículos ao líquido do ouvido interno através da janela oval (Miguel, 2002).

As vibrações propagam-se produzindo esforços às células ciliadas (as células ciliadas convertem as vibrações em impulsos eléctricos que através das delgadas fibras do nervo acústico chegam ao cérebro, onde determinam a sensação auditiva). Estes esforços culminam na transmissão nervosa ao cérebro através de potenciais de acção (Miguel, 2002).

A intensidade do som ou ruído está directamente relacionada com a amplitude das flutuações de pressão transmitidas através do ar e que chegam ao ouvido.

Estas pequenas flutuações de pressão em torno da pressão barométrica viajam como ondas no ar e flexionam o tambor do ouvido, criando a sensação de som.

O ouvido saudável pode detectar flutuações de pressão tão baixas quanto $2 \times 10^{-5} \text{ N.m}^{-2}$ e flutuações até o início da dor física aproximadamente a 63 N.m^{-2} . Esta larga escala de valores é difícil de manipular, além disso, a resposta da audição humana não é linear.

2.3 Filtros de ponderação

A estrutura do nosso aparelho auditivo e as características do sistema nervoso relacionadas com a audição têm formas diferentes de reagir aos sons de várias frequências, mesmo tendo o nível de pressão sonora igual.

A gama audível do ouvido humano está compreendida entre 20 Hz e os 20000Hz, e também a sensibilidade do ouvido humano varia em função do conteúdo de frequência do som.

A sensibilidade máxima acontece à volta dos 4000Hz. Por exemplo, um estímulo sonoro de 70 dB a 1000Hz é sentido de modo equivalente a um estímulo de 85 dB a 50 Hz (figura 4).

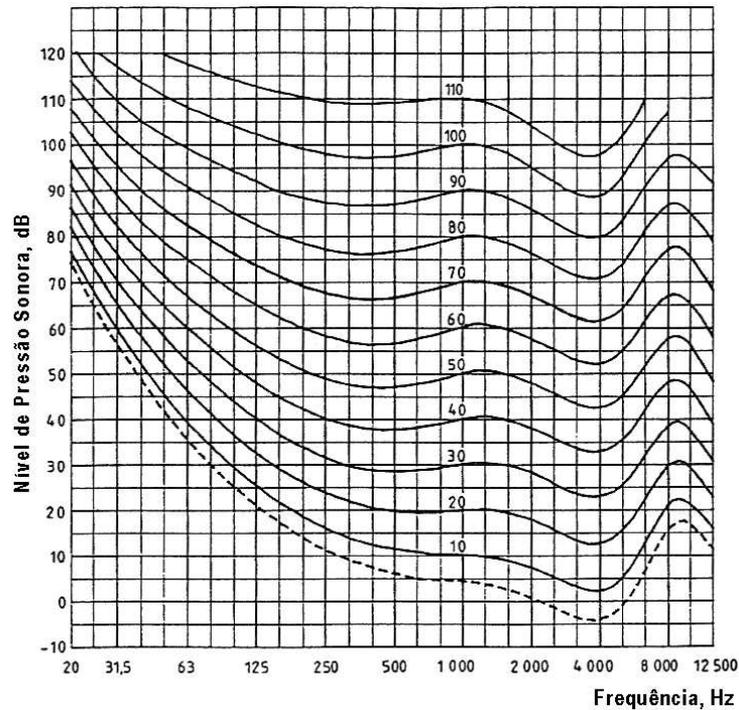


Figura 4- Curvas isofónicas (Miguel, 2002)

Assim existem, para simular o ouvido humano, vários tipos de filtros normalizados que correspondem de uma forma não linear às diferentes frequências. A estes filtros chamam-se filtros de ponderação (A,B,C ou D).

O mais usado é o filtro de ponderação A, que traduz aproximadamente a resposta do ouvido humano (Campo, 2009). Os valores das medições feitas através do filtro A são seguidos pela designação de decibel A, dB(A). A malha de ponderação A segue a isofónica 40 (figura 5).

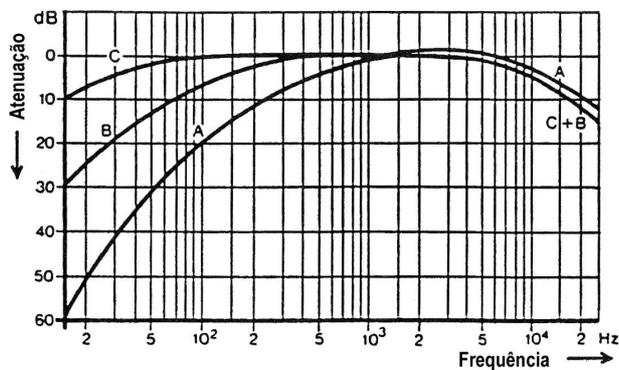


Figura 5- Curvas de ponderação resultantes da resposta do ouvido humano (Miguel, 1998)

2.4 Ruído

Do ponto de vista físico, pode definir-se o ruído como toda a vibração mecânica, estatisticamente aleatória, de um meio elástico. Do ponto de vista fisiológico será todo o fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa (Miguel, 2002).

Os efeitos do ruído sobre as pessoas dependem das três características seguintes: amplitude, frequência e duração. O ruído segundo a OIT é um som indesejado, medido em decibel (dB).

A escala de decibéis é logarítmica, portanto um aumento de três decibéis no nível do som, já representa uma duplicação da intensidade do ruído. Por exemplo, uma conversa normal pode ser de cerca de 65 dB e alguém a gritar pode ter o valor de cerca de 80 dB.

A diferença é de apenas 15 dB, mas o som dos gritos é 30 vezes mais intenso. Tendo em conta o facto de o ouvido humano possuir uma sensibilidade diferente a frequências diferentes, a força ou intensidade do ruído geralmente é medido em decibéis ponderados de filtro A (dB(A)).

O nível de pressão sonora (L_p), décibéis, é calculado pela equação 1 (Miguel, 2002).

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

em que,

L_p - o nível de pressão sonora (dB);

p - valor eficaz ou RMS (valor médio quadrático, isto é a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores instantâneos da pressão sonora), (Pa);

p_0 - valor eficaz da pressão sonora de referência (2×10^{-5} Pa = 20 μ Pa).

O uso do logaritmo não só reduz a larga escala de valores que devem ser tratados, como também corresponde mais aproximadamente à forma como os ouvidos humanos apercebem ou captam o som.

A escala de pressão sonora transforma-se assim numa escala linear que varia entre 0 dB (ponto inicial do acto de ouvir) até aproximadamente 130 dB (ponto inicial da dor).

A diferença entre nível de pressão sonora e pressão sonora é muito significativa (figura 6).

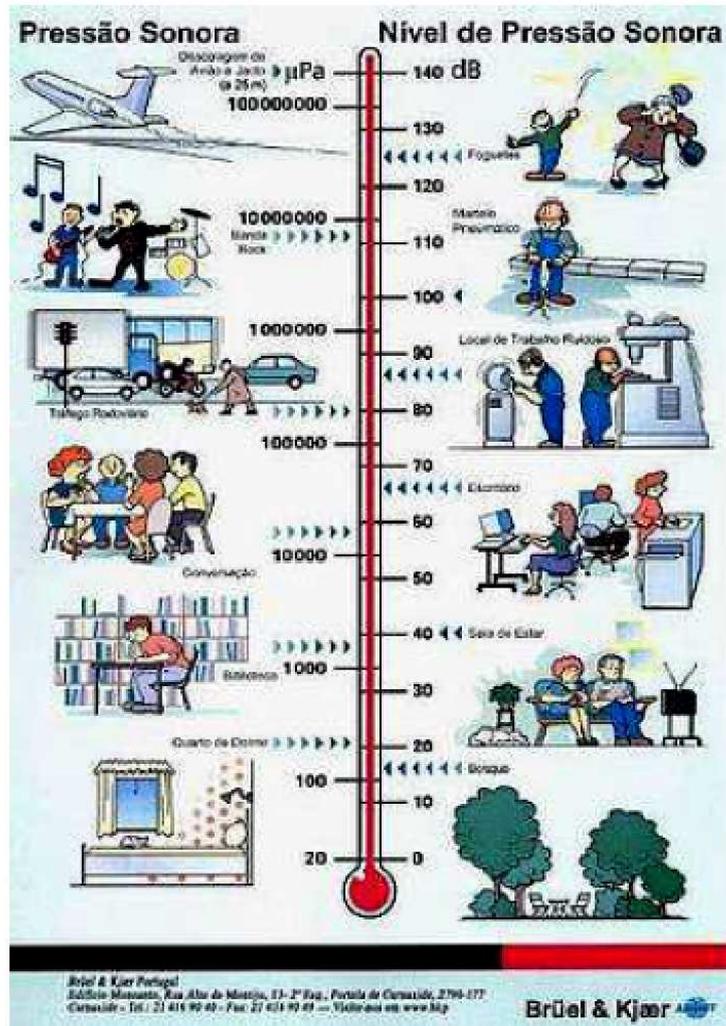


Figura 6 – Escala comparativa da pressão sonora e do nível de pressão sonora (nível sonoro)(Kjaer, 2006)

Não é apenas a intensidade que determina se o ruído é perigoso. A duração da exposição é também muito importante. O cálculo do ruído no local de trabalho é normalmente baseado num dia de 8 horas de trabalho.

Para se ter uma noção exacta da composição do ruído é necessário determinar o nível sonoro para cada frequência. Este estudo, chama-se análise espectral ou análise por

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-som, gama de frequências audível e ultra-som. A gama audível compreende os sons cujas frequências vão desde 20 a 20000Hz e, como o seu nome sugere, é susceptível de provocar reacção ao nível da audição humana. Abaixo de 20 Hz situam-se os infra-sons, e acima de 20000 Hz os ultra-sons. A gama audível está dividida em 10 grupos de frequências designadas por oitavas. Cada oitava, por seu turno, está subdividida em 3 grupos de terços de oitava. A escala musical utilizada no mundo ocidental é a escala diatónica, constituída por oito notas (oitava) (Miguel, 2002).

A designação de cada oitava corresponde à sua frequência central (f_c) (equação 2), que é o dobro da frequência central da oitava antecedente e a média geométrica das frequências limite. Na mesma oitava, a frequência limite superior f_L é dupla da frequência limite inferior f_i .

Temos portanto que:

$$f_c = \sqrt{f_i \times f_L} = \sqrt{2} \times f_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \times f_L \quad (2)$$

Na gama audível do ouvido humano a sensibilidade varia. A sensibilidade é máxima para sons de frequências compreendidas entre 500 e 5000 Hz e atenua-se fortemente nas frequências baixas (figura 7).

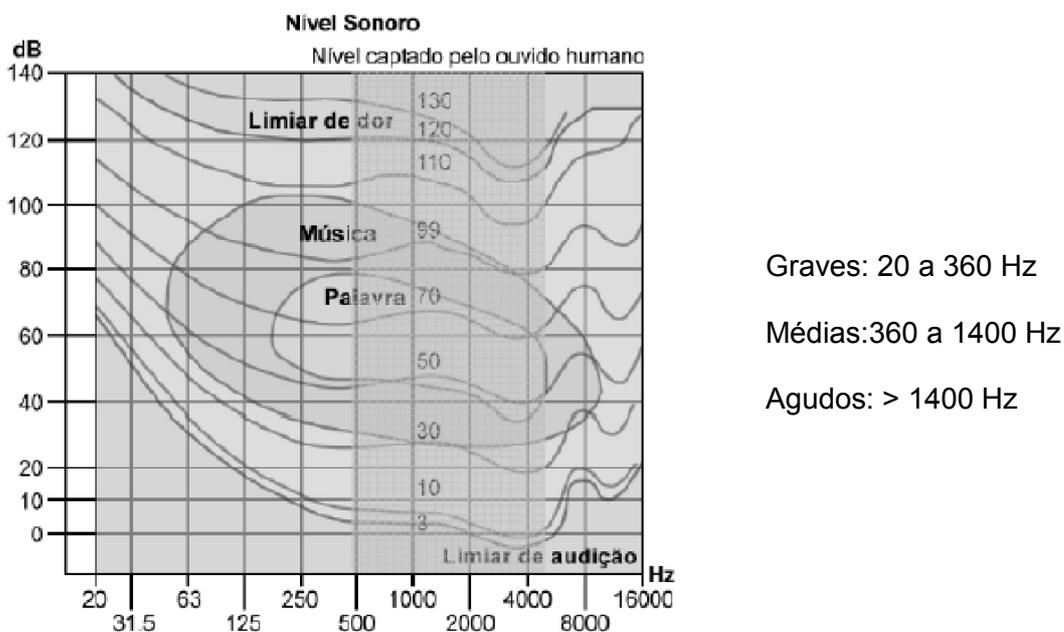


Figura 7 – Curvas de igual sensibilidade sonora, (MRA, 2008)

O ruído pode ser classificado em três tipos, designadamente ruído contínuo, ruído intermitente e ruído impulsivo, em função da sua variação no tempo.

O ruído contínuo é o que permanece estável com variações máximas de 3 a 5 dB(A) durante um longo período. É exemplo de um ruído contínuo uma máquina a trabalhar (furadora ou britador em operação), ou trânsito na cidade.

O ruído intermitente é um ruído com variações, maiores ou menores de intensidade em períodos muito curtos. O alarme do rádio, relógio ou alarme de carros são exemplos de ruídos intermitentes.

O ruído de impacto apresenta picos com duração menor de 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo, como o disparo de armas de fogo ou explosões em pedreiras (Guerreiro, 2010) .

2.5 Efeitos sobre a saúde

2.5.1 Que problemas pode o ruído causar?

O ruído não precisa ser excessivamente alto para causar problemas no trabalho. Este pode interagir com outros perigos no local de trabalho para aumentar os riscos para os trabalhadores, por exemplo:

- o aumento do risco de acidentes por mascarar os sinais de alerta;
- interagindo com a exposição a alguns produtos químicos para aumentar ainda mais o risco de perda auditiva;
- sendo um factor causal do *stress* relacionado ao trabalho.

A exposição ao ruído pode apresentar uma variedade de riscos à saúde e segurança dos trabalhadores:

- A perda de audição: o ruído excessivo danifica as células ciliadas da cóclea, parte do ouvido interno, levando à perda de audição. Em muitos países, a perda induzida por ruído é a mais prevalente doença profissional irreversível (OMS, 1997).

Em 1999, estimava-se que o número de pessoas na Europa com dificuldades de audição era maior do que a população da França (AESST,1999).

- Efeitos fisiológicos: há provas de que a exposição ao ruído tem efeitos sobre o sistema cardiovascular, resultando na liberação de catecolaminas e aumento da pressão arterial. Os níveis de catecolaminas no sangue incluindo epinefrina (adrenalina) estão associados com o *stress*. O *stress* no trabalho raramente tem uma única causa, e, geralmente, resulta de uma interação de vários factores de risco. O ruído no ambiente de trabalho pode ser um factor de *stress*, mesmo em níveis bastante baixos (in Miguel, 2002).

- Aumento do risco de acidentes: níveis de ruído elevados tornam difícil para o pessoal ouvir e comunicar-se, aumentando a probabilidade de acidentes. O *stress* no trabalho (em que o ruído pode ser um factor) pode agravar este problema.

2.5.2 Perda auditiva induzida pelo ruído

O efeito mais conhecido é a surdez. Quando a agressão não é demasiado intensa, a surdez corresponde apenas a perturbação funcional e é reversível. Por exemplo: a audição de um som de 90 dB durante 7 dias provoca surdez reversível durante cerca de uma semana e a audição de um som de 100 dB durante uma hora e meia provoca surdez reversível que leva cerca de oito horas a recuperar. Já a audição dos mesmos 100 dB durante 7 dias provoca uma pequena surdez permanente correspondente a lesão orgânica das células ciliadas da cóclea (Miguel, 2002). O risco de surdez permanente varia de acordo com a intensidade e a duração da exposição ao ruído (tabela I).

Tabela I – Risco de surdez devido ao ruído expressando a percentagem de indivíduos que adquirem surdez ≥ 25 dB(A) (adaptado da norma NP 1733)

Nível 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	81	75	64	47

Nota: o facto de após muitos anos de exposição, o risco aparentemente diminuir, tem a ver com o ajustamento feito para a idade.

Segundo Lehmann, 1961, podem considerar-se 4 zonas de efeitos do ruído (figura 8), de acordo com o valor da intensidade do mesmo (Miguel, 2002).

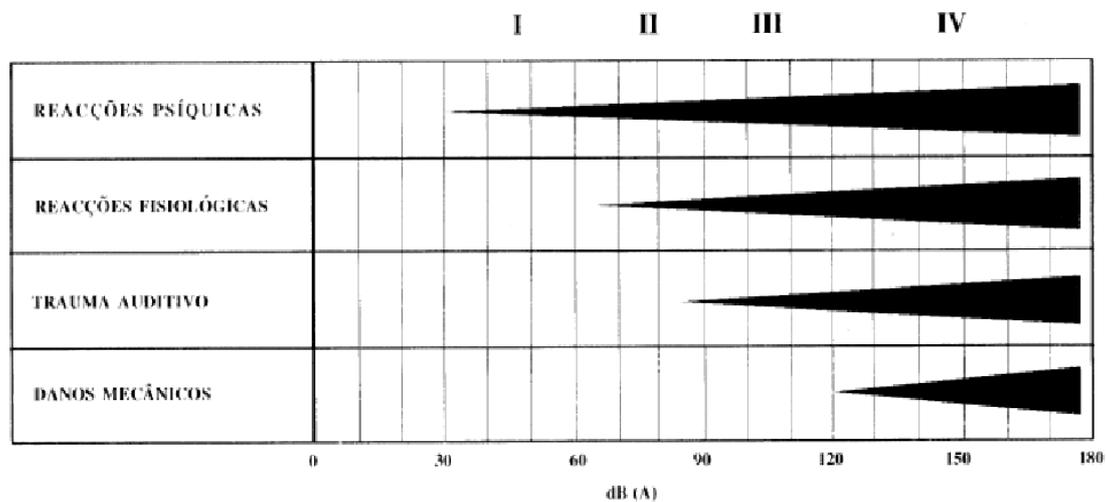


Figura 8 - Efeitos do ruído sobre o Homem (Miguel, 2002)

Das quatro zonas apresentadas na figura 8 os efeitos produzidos são os seguintes:

Zona I - Fundamentalmente efeitos psíquicos, não excluindo contudo alguns efeitos fisiológicos.

Zona II – Efeitos psíquicos e fisiológicos, sobretudo no sistema neurovegetativo.

Zona III – Danos irreversíveis no sistema auditivo.

Zona IV – Lesões irreversíveis no sistema auditivo e destruição de células nervosas à superfície da pele.

2.6 Legislação

Com o objectivo de prevenir o aparecimento da surdez profissional e de manter registos de historial da exposição de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho, existe legislação específica em vigor:

- Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro – Valores limite de exposição e valores de acção;
- Norma Portuguesa NP 1730, 1981 – Acústica. Grau de reacção humana ao ruído;
- Norma Portuguesa NP 1733, 1981 – Acústica. Higiene e Segurança no Trabalho. Estimativa ao ruído durante o exercício de uma actividade profissional, audição;
- ISO 9612:2009 – Cálculo da incerteza na medição do ruído.

2.7 Conceitos e definições

São vários os conceitos necessários para se perceber os problemas de ruído no local de trabalho. De seguida expomos os principais, de acordo com o decreto-lei 182/2006 de 6 de Setembro:

-Nível Sonoro Contínuo Equivalente

O conceito de dose tem uma importância fundamental para a definição de trauma auditivo. Assim, a partir de um determinado nível de ruído, o efeito da perda de audição depende do produto do nível sonoro pelo tempo de exposição.

Tal objectivo é conseguido através do nível sonoro contínuo equivalente (Equação 3), que representa um nível sonoro constante que, se estivesse presente durante todo o tempo de exposição, produziria os mesmos efeitos, em termos de energia, que o nível variável.

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T} \int_1^2 \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\} \quad (3)$$

em que:

T- é o tempo de exposição de um trabalhador ao ruído no trabalho $T=t_2-t_1$ (s)

$p_A(t)$ – é a pressão sonora instantânea ponderada de filtro A expressa em pascal, a que está exposto um trabalhador (Pa).

p_0 é o valor eficaz da pressão sonora de referência (2×10^{-5} Pa= 20μ Pa).

-Nível de Pressão Sonora de Pico

O nível de pressão sonora de pico, L_{Cpico} , é (equação 4) o valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado, de filtro C, expresso em dB(C), a que o trabalhador está exposto, expresso em Pa:

$$L_{Cpico} = 10 \lg \left(\frac{p_{Cpico}}{p_0} \right) \quad (4)$$

Em que

p_{Cpico} é o valor máximo da pressão sonora instantânea.

- Exposição pessoal diária ao ruído

O nível sonoro contínuo equivalente, ponderado de filtro A, e calculado para um período normal de trabalho de oito horas (T_0), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB(A), é dado pela expressão $L_{EX,8h}$ (Equação 5).

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \quad (5)$$

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 (28800 segundos)

- Exposição pessoal diária efectiva

A exposição pessoal diária efectiva ao ruído, $L_{EX,8h,efect}$ (equação 6);, tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protectores auditivos, expresso em dB(A), é calculada pela seguinte expressão.

$$L_{EX,8h,efect} = \left[\left(\frac{1}{8} \right) \sum_{k=1}^{K=n} T_k 10^{(0.1 L_{Aeq,TK,efect})} \right] \quad (6)$$

em que:

T_k - é o tempo de exposição ao ruído k

$L_{Aeq,TK,efect}$ - é o nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos

- Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído

A média dos valores de exposição diários, $\overline{L_{EX,8h}}$ (Equação 7), com uma duração de referência de quarenta horas, obtida pela expressão (decreto lei 182/2006).

$$\overline{L_{EX,8h}} = 10 \lg \left[\left(\frac{1}{5} \right) \sum_{k=1}^m 10^{(0.1 L_{EX,8h})k} \right] \quad (7)$$

em que

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

- Valores de acção superior e inferior

O valores de acção superior ou inferior são os níveis de exposição diária ou semanal ou os níveis da pressão sonora de pico que em caso de ultrapassagem implicam a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores.

- Valor limite de exposição

O valor limite de exposição é o nível de exposição diária ou semanal ou o nível da pressão sonora de pico que não deve ser ultrapassado.

- Incerteza

Em metrologia, física e engenharia, a incerteza ou margem de erro de uma medição é indicada dando um intervalo de valores susceptíveis de colocar o valor verdadeiro. A Incerteza de medição (U), é calculada de acordo com a norma NP ISO 9612:2009 (*“Acoustics - Determination of occupational noise exposure —Engineering method”*).

2.8 Controlo de ruído

Quando o nível de ruído nos locais de trabalho ultrapassa os níveis considerados aceitáveis deve proceder-se a um controlo do mesmo a fim de o reduzir aos níveis pretendidos.

A absorção sonora consiste na conversão de energia acústica em energia térmica e tem lugar à superfície dos materiais. No impacto de uma onda sonora sobre uma superfície, para além da energia reflectida ou absorvida, é necessário considerar também a energia transmitida.

Na absorção sonora também é importante considerar os seguintes factores:

- o espectro do ruído ambiente,
- a densidade e a espessura do material absorvente,
- o tipo (absorvente, poroso, ressonador) e o modo de fixação à estrutura,
- natureza da estrutura,
- a camada de ar entre o material e a estrutura.

Assim, por exemplo: as altas frequências são mais facilmente absorvidas do que as baixas e um aumento de espessura do material ou da camada de ar resulta num aumento da absorção a baixas frequências (MRA, 2008).

Um programa de controlo de ruído poderá admitir as seguintes soluções (O'Mahony, 2003):

- Medidas organizacionais: Controlo administrativo,
- Medidas construtivas ou de engenharia: Actuação sobre a fonte produtora de ruído e sobre as vias de propagação,
- Medidas de protecção individual: Actuação sobre o receptor.

2.8.1 Medidas Organizacionais

As medidas organizacionais ou administrativas têm em vista a redução dos níveis de ruído ou do tempo de exposição.

As medidas mais comuns são:

- Redução do tempo de exposição e rotação dos trabalhadores.
- Planificação da produção com vista à eliminação de postos de trabalho sujeitos a elevados níveis de ruído.
- Separação de postos de trabalho em função do ruído produzido e adopção de uma política de aquisição de equipamentos em que o factor nível de ruído seja considerado.
- Realização de trabalhos ruidosos em horas em que haja menor número de trabalhadores expostos (MRA, 2008).

2.8.2 Medidas Construtivas

Existem duas formas de actuação: sobre a fonte produtora de ruído ou sobre as vias de propagação.

No primeiro caso, o método de controlo de ruído mais eficaz, pode incluir (MRA, 2008):

- Eliminação ou substituição de máquinas excessivamente ruidosas.
- Modificação do ritmo de funcionamento da máquina.

- Aumento da distância à fonte emissora.
- Melhoria da manutenção preventiva.
- Aplicação de silenciadores e atenuadores sonoros;
- Melhorias da construção em chumaceiras, engrenagens, estrutura.

No segundo caso a actuação sobre as vias de propagação, inclui:

- Utilização de painéis absorventes (tectos e zonas de trabalho).
- Utilização de amortecedores.
- Encapsulamento de elementos ruidosos.
- Atenuação da transmissão de ruído de percussão, com reforço das estruturas;
- Desacoplamento dos elementos que radiam o ruído da fonte (utilização de ligações flexíveis nas tubagens);
- Isolamento contra vibrações.

2.8.3 Medidas de Protecção Individual

Quando o nível sonoro a que o trabalhador está submetido ultrapassa os valores previstos na legislação em vigor, e não é viável (técnica e economicamente) qualquer das soluções anteriormente descritas ou o controlo efectuado não se revela eficaz, terá então que se recorrer à protecção individual.

Segundo o Anexo V e artigo 3º do decreto-lei nº182/2006 de 6 de Setembro, sempre que a exposição diária de cada trabalhador ao ruído ou o valor máximo da pressão sonora exceder os 80 dB(A) deve ser utilizada protecção auditiva.

Os valores limite de exposição e valores de acção superior são (decreto lei 182/2006 de 6 de Setembro):

- Valores limites de exposição: $L_{EX,8h}=87$ dB(A) e $L_{Cpico}=140$ db(A),
- Valores de acção superiores: $L_{EX,8h}=85$ dB(A) e $L_{Cpico}=137$ db(A),
- Valores de acção inferiores: $L_{EX,8h}=80$ dB(A) e $L_{Cpico}=135$ db(A).

Os protectores auditivos adequados, devem ser calculados segundo o mesmo decreto-lei.

Os empregadores têm o dever legal de proteger a saúde e a segurança pessoal de todos os riscos relacionados com o ruído no trabalho. Eles devem realizar uma avaliação de riscos, o que pode implicar a realização de medições de ruído, mas devem considerar todos os riscos potenciais do ruído (por exemplo, acidentes, bem como perda da audição).

Com base na avaliação de risco, colocar em prática um programa de medidas para:

- Sempre que possível, eliminar as fontes de ruído;
- Controle de ruído na fonte;
- Reduzir a exposição dos trabalhadores, através da organização do trabalho e alteração de *layout*, incluindo a marcação da restrição de acesso às áreas de trabalho onde os estes possam estar expostos a níveis de ruído superiores a 85 dB (A);
- Fornecer equipamentos de protecção individual aos trabalhadores, como último recurso;
- Informar, consultar e formar os trabalhadores sobre os riscos, as medidas de baixo ruído de trabalho, e como usar protecção contra o ruído;
- Monitorar os riscos e analisar medidas de prevenção - que pode incluir a vigilância da saúde (Decreto Lei 182/2006 de 6 de Setembro).

2.8.4 Exames médicos e audiométricos

Os exames específicos, incluindo exame clínico do aparelho auditivo, estudo do histórico de qualquer problema no aparelho auditivo e exames audiométricos devem ser feitos previamente à admissão de trabalhadores em locais muito ruidosos. Os exames médicos periódicos, incluindo exames audiométricos (Decreto Lei 182/2006 de 6 de Setembro), visam identificar os mais sensíveis ao ruído e evitar que uma perda inicial de audição (ainda não percebida pelo individuo) possa atingir maiores proporções.

O padrão-ouro na avaliação da audição é a audiometria tonal. A gama auditiva humana é de 20 a 20000 Hz, a avaliação tonal é realizada em sentido estrito e só cobre o espectro da fala: 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz (Campo, 2009).

Os exames audiométricos servem também para avaliar a eficácia do equipamento individual utilizado.

CAPITULO 3- Vibrações

3.1 Princípios Fundamentais

O movimento oscilatório de um objecto envolve alternadamente uma velocidade, numa direcção e na direcção oposta. Esta mudança de velocidade significa que o objecto sofre uma aceleração constante, primeiro numa direcção e depois na direcção oposta. As vibrações têm características as quais devem ser estudadas, como por exemplo: magnitude, frequência, direcção e duração. A magnitude de uma vibração pode ser quantificada em termos de deslocamento, relativamente à sua velocidade ou aceleração (Infopédia, 2011).

O movimento oscilatório determina a passagem periódica em pontos do corpo oscilante pela sua posição de equilíbrio. Para avaliar um sinal vibratório devem ser conhecidas as seguintes grandezas:

- raiz média quadrática (RMS) ou valor eficaz - é o mais utilizado para caracterizar a gravidade das vibrações, pois reflecte o respectivo potencial destrutivo da vibração,
- pico_{max} - é a amplitude máxima da aceleração medida no período.

Os parâmetros de vibração são universalmente mensuráveis em unidades métricas, de acordo com as normas internacionais, utiliza-se a aceleração, expressa em metros por segundo ao quadrado (m.s^{-2}). No entanto, também é comum a utilização de escalas logarítmicas para a representação das amplitudes das vibrações, sendo neste caso os valores apresentados em decibéis (dB)(Dashofer, 2005).

Em termos práticos, a aceleração é geralmente medida com acelerómetros. A unidade de aceleração é o metro por segundo ao quadrado (m.s^{-2}). A magnitude de uma oscilação pode ser expressa como distância entre as extremidades alcançadas pelo movimento (valor pico a pico). Muitas vezes, a magnitude da vibração é expressa como o valor médio da aceleração, geralmente o RMS médio. Para um movimento de única frequência (onda sinusoidal), o valor efectivo é o valor de pico dividido por $\sqrt{2}$ (Griffin e al., 2004).

Para um movimento sinusoidal, a aceleração pode ser calculada a partir da frequência f (Hz) e o deslocamento d (em metros), equação 8.

$$a = (2\pi f)^2 d \quad (8)$$

Esta expressão ajuda a converter a aceleração medida num determinado deslocamento, mas só tem precisão quando o movimento ocorre numa única frequência.

A Norma ISO 2631 estabelece curvas de limite de aceleração máxima recomendadas para cada tempo de exposição. O corpo pode ser submetido a vibrações em várias direcções e posições, em pé, sentado ou deitado. Três códigos de severidade são encontrados na norma:

1. limite de conforto, que é aplicável para passageiros de veículos;
2. limite de perda de eficiência causado por fadiga, que está relacionado à preservação da eficiência do trabalho e é relevante para operadores de máquinas e motoristas;
3. limite de exposição sob condições específicas que oferecem perigo à saúde.

Para medição de vibrações de corpo inteiro periódica e aleatória, a escala de frequência considerada é:

- 0,5 hertz a 80 hertz para a saúde, o conforto e a percepção;
- 0,1 hertz a 0,5 hertz para a doença de movimento.

As vibrações podem ocorrer em três direcções. Os três eixos lineares são designados como eixo x (longitudinal), eixo y (lateral) e eixo z (vertical). A resposta humana à vibração depende da duração exposição total à vibração. Muitas exposições ocupacionais são intermitentes, com uma magnitude variável. A intensidade de tais movimentos complexos pode construir uma forma que dá um peso adequado para, períodos curtos de vibração de grande magnitude e longos períodos de vibração de baixa magnitude.

3.2 Riscos para a saúde

Já no século XIX os médicos do trabalho concluíram que os trabalhadores que usavam equipamentos que vibravam eram atingidos por certas doenças, que no início do século seguinte se identificaram como lesões dos vasos sanguíneos nas extremidades dos dedos das mãos (Miguel, 2002).

A repetição diária das exposições a vibrações no local de trabalho pode levar a doenças várias conforme as partes do corpo atingidas.

As diferentes partes do corpo humano reagem de forma distinta às diversas vibrações. As oscilações verticais, que penetram no corpo que se encontra na posição de ou de pé sobre bases vibratórias (veículos), levam preferencialmente a manifestações de desgaste na coluna vertebral. As oscilações de ferramentas motorizadas geram maioritariamente doenças nas mãos e braços.

As consequências das vibrações mecânicas transmitidas a todo o corpo reflectem-se sobretudo ao nível da coluna vertebral com o aparecimento de hérnias, lombalgias, e outras.

Estas podem ser classificadas em duas categorias correspondentes a duas classes de frequências vibratórias. As vibrações de muito baixas frequências (inferiores a 1 Hz) o mecanismo de acção destas vibrações centra-se nas variações de aceleração provocadas no aparelho auditivo, sendo responsáveis pelo "mal dos transportes" que se manifesta por náuseas e por vômitos. As vibrações de baixas e médias frequências (de alguns Hertz a algumas dezenas de Hertz) correspondem a perturbações de tipos diferentes:

- Patologias diversas ao nível da coluna vertebral;
- Afecções do aparelho digestivo: hemorróides, dores abdominais, obstipação;
- Perturbação de visão (diminuição da acuidade visual), da função respiratória e, mais raramente, da função cardiovascular;
- Inibição de reflexos (Griffin, 2004).

Longos períodos de exposição usando ferramentas manuais, tais como martelos pneumáticos ou motosserras, podem conduzir a afecções dos vasos sanguíneos e das articulações. A situação mais comum traduz-se por uma diminuição da circulação com consequente perda de sensibilidade nas mãos e sobretudo nos dedos, sendo conhecida por doença de Raynaud (também conhecida por doença dos dedos brancos ou dedos mortos). Esta doença pode ocasionar lesões permanentes ou mesmo gangrena (Miguel, 2002).

Os efeitos sobre o organismo podem também ser lombalgias, distúrbios osteoarticulares e lesões raquidianas.

Outro efeito de ressonância é encontrado entre 20 e 30 Hz, que é causada pela ressonância do sistema cabeça-pescoço-ombro. Também nas frequências que variam entre de 60 a 90 Hz são sentidos distúrbios pela ressonância do globo ocular.

O mesmo efeito é sentido no sistema crânio-maxila, que acontece entre 100 e 200 Hz. Acima de 100 Hz as partes do corpo absorvem a vibração, não ocorrendo ressonâncias. A

figura 9 mostra as partes do corpo e as respectivas correspondentes frequências de ressonância.

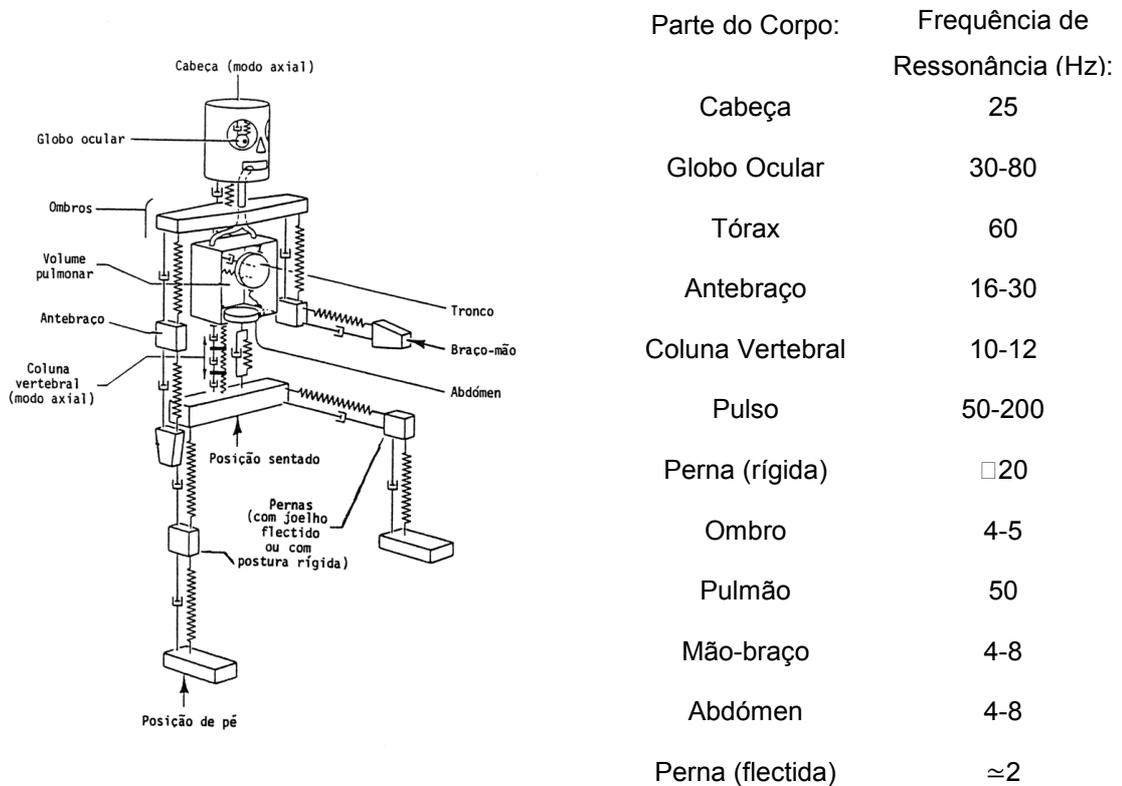


Figura 9 – Modelagem mecânica do corpo humano (Miguel, 2002)

3.3 Legislação

Até à publicação do decreto-lei 46/2006- vibrações mecânicas, em 24 de Fevereiro de 2006, que transpôs a Directiva 2002/44/CE, de 25 de Junho de 2002, não existia regulamentação portuguesa específica que assegurasse a protecção dos trabalhadores contra os riscos decorrentes da exposição a vibrações.

Essa publicação constituiu um marco extremamente importante, na medida em que passou a haver um requisito regulamentar para esta importante causa de doenças profissionais, traduzindo-se na necessidade de realizar avaliações periódicas da exposição dos trabalhadores a vibrações, estabelecendo valores de acção e valores limite.

As vibrações também estão contempladas na lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro que regulamenta os trabalhos proibidos ou condicionados aos trabalhadores menores de idade e às trabalhadoras grávidas, puérperas e lactantes.

A Norma Portuguesa NP 1673:1980: Vibrações mecânicas, define directrizes para a prevenção ou efeitos nocivos das vibrações globais no corpo humano, recomendando limites para a exposição profissional diária, destinada a salvaguardar a saúde e a segurança dos trabalhadores expostos; apresenta também os seguintes limites:

- Limiares de incomodidade;
- Limiares de perda de eficiência por fadiga;
- Limite máximo de exposição.

A Norma Portuguesa NP 2041:1986: Acústica. Higiene e Segurança no Trabalho, indica os limites de exposição do sistema braço-mão às vibrações. Define uma técnica de medição da exposição das vibrações transmitidas às mãos, providencia uma tabela de consequências para as diferentes exposições.

3.4 Conceitos e definições

A vibração é um agente nocivo presente em várias actividades laborais do nosso quotidiano.

As várias actividades no trabalho submetem os trabalhadores às vibrações localizadas (também denominadas de vibração de mãos e braços ou de extremidades) e vibrações de corpo inteiro. Cada parte do corpo humano vibra numa frequência característica; quando uma vibração externa de mesma frequência atinge aquela parte, ocorre o fenómeno da ressonância (amplificação da vibração)(Griffin, 2004).

As vibrações localizadas são transmitidas aos membros superiores (e menos vulgarmente aos membros inferiores) através, principalmente, do uso de ferramentas manuais, portáteis ou não, tais como motosserras, furadoras, serras e martelos pneumáticos.

Por seu turno, as vibrações de corpo inteiro são características em plataformas industriais, veículos pesados, tractores, retro escavadeiras e até mesmo no trabalho em embarcações marítimas e fluviais e comboios (Griffin,2004).

São vários os valores geralmente considerados importantes e que devem ser definidos para cada situação:

- Média semanal de exposição

A média semanal dos valores de exposição diária, calculada para um período de tempo de 7 dias consecutivos, com uma duração de preferência de 40 horas (Decreto lei 46/2006).

- Valor de acção de exposição

O valor de acção de exposição diária, calculado num período de referência de 8 horas, expresso em metros por segundo quadrado, que, uma vez ultrapassado, implica a tomada de medidas preventivas adequadas.

- Valor limite de exposição

O valor limite de exposição pessoal diária, calculado num período de referência de 8 horas, expresso em metros por segundo quadrado, que não deve ser ultrapassado.

- Vibrações transmitidas ao corpo inteiro

As vibrações mecânicas transmitidas ao corpo inteiro que implica riscos para a saúde e a segurança dos trabalhadores, em especial lombalgias e traumatismos da coluna vertebral.

-Vibrações transmitidas ao sistema mão-braço

As vibrações mecânicas transmitidas ao sistema mão-braço que implicam riscos para a saúde e a segurança dos trabalhadores, em especial perturbações vasculares, neurológicas ou musculares ou lesões osteoarticular.

Segundo o artigo 3.º do referido Decreto-Lei nº 46/2006, são fixados os seguintes valores:

– Para as vibrações transmitidas ao sistema mão-braço:

a) Valor limite de exposição: 5 m.s^{-2} ,

b) Valor de acção de exposição: $2,5 \text{ m.s}^{-2}$.

– Para as vibrações transmitidas ao corpo inteiro:

a) Valor limite de exposição: $1,15 \text{ m.s}^{-2}$;

b) Valor de acção de exposição: $0,5 \text{ m.s}^{-2}$.

3.5 Medidas de prevenção

Quanto à prevenção para além da necessária vigilância médica, há que proceder em cada caso ou situação a medições e à consequente implementação de medidas adequadas que previnam ou minimizem o mais possível os riscos das vibrações.

A empresa deve utilizar todos os meios disponíveis para eliminar na fonte ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição dos trabalhadores a vibrações mecânicas, de acordo com os princípios gerais da prevenção legalmente estabelecidos.

Caso o valor de acção seja excedido deve a empresa ter em atenção os seguintes aspectos (Decreto lei 46/2006):

- métodos de trabalho alternativo que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas;
- Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo de vibrações possível;
- Instalação de equipamentos auxiliares que reduzam o risco de lesões provocadas pelas vibrações, nomeadamente assentos ou punhos que reduzam as vibrações transmitidas ao corpo inteiro ou ao sistema mão-braço, respectivamente;
- Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e das instalações neste existentes;
- Concepção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho;
- Informação e formação adequada dos trabalhadores para a utilização correcta e segura do equipamento com o objectivo de reduzir ao mínimo a sua exposição a vibrações mecânicas;
- Limitação da duração e da intensidade da exposição;
- Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados;
- Fornecimento aos trabalhadores expostos de vestuário apropriado para a protecção do frio e da humidade.

A protecção contra as vibrações exige um bom diagnóstico quanto à origem e tipo da energia vibratória.

CAPITULO 4- Poeiras

4.1 Conceitos e Definições

As poeiras são um agente químico em estado sólido, e podem ser definidas como uma suspensão no ar de partículas esféricas de pequeno tamanho, formadas pelo manuseamento de certos materiais e por processos mecânicos de desintegração (Miguel, 2002).

Nos últimos anos, estudos científicos têm confirmado que a exposição a partículas, a curto e a longo prazo, provoca efeitos adversos na saúde humana. Assim, face às provas acumuladas sobre os efeitos na saúde, a protecção no ambiente de trabalho e na saúde constitui um dos maiores desafios que se colocam à sociedade moderna, sendo cada vez mais assumido o compromisso de salvaguarda da equidade entre gerações, assente num modelo de desenvolvimento sustentável.

Nos países em desenvolvimento o tratamento, britagem e moagem são consideradas actividades de alto risco em relação à exposição à sílica cristalina. A sílica cristalina respirável inalada a partir de fontes ocupacionais foi classificada como um carcinógeno humano em 1997 pela IARC (Demircigil et al., 2009).

Face à grande necessidade de avaliar quais os potenciais riscos da inalação de partículas para saúde humana desenvolveram-se metodologias para a sua quantificação. Actualmente existe um conjunto de técnicas que permitem quantificar o risco associado a partículas inaláveis utilizadas por várias organizações e autores, tais como a OMS entre outras.

Foi utilizado um método directo de quantificação da exposição. Neste método directo da exposição individual foi medido através da monitorização pessoal. Esta monitorização pessoal foi realizada com equipamento que mede directamente a concentração de poeiras a que os indivíduos estão expostos, independentemente do local onde se encontram (Covello, (2005), in Dias 2008).

A avaliação de risco apresenta-se como uma ferramenta importante, com o objectivo de auxiliar os processos decisivos, de controlo e prevenção da exposição a poeiras.

As poeiras podem distinguir-se segundo o tipo de lesão que causam (Miguel, 2002):

- Poeiras inertes: Não produzem alterações fisiológicas significativas, embora possam ficar retidas nos pulmões. Somente apresentam problemas em concentrações muito elevadas. Exemplos: alguns carbonatos, celulose e caulino.
- Poeiras fibrogénicas ou pneumoconióticas: São poeiras susceptíveis de provocar reacções químicas ao nível dos alvéolos pulmonares, dando origem a doenças graves (pneumoconiose). Exemplos: sílica livre, cristalina (*silicose*), amianto (asbestose).
- Poeiras alergizantes e irritantes: Podem causar sobre a pele ou sobre o aparelho respiratório alergias ou irritações. Exemplos: madeiras tropicais, cromatos e resinas.
- Poeiras tóxicas (sistémicas): Podem causar lesões num ou mais órgãos viscerais, de uma forma rápida e em concentrações elevadas (intoxicações agudas) ou lentamente e em concentrações relativamente baixas (intoxicações crónicas). A maioria das poeiras metálicas, são tóxicas. Destacam-se entre outras as de chumbo, cádmio, manganês, berílio, crómio, e outros. Podem ainda originar cancro e alterações no sistema nervoso central.

Ao caracterizar as partículas tendo em conta o aspecto da sua permanência no ar, é definida uma grandeza que integra não só a sua dimensão (diâmetro geométrico), mas também a densidade do material que a constitui. Esta grandeza é designada por diâmetro aerodinâmico.

Pela Norma NP EN 1540:2004 o diâmetro aerodinâmico é definido como o diâmetro de uma esfera de densidade 1 (massa volúmica = 1g/cm^3) com a mesma velocidade terminal da partícula, devido à força da gravidade em ar calmo, nas mesmas condições de temperatura, pressão e humidade relativa.

O diâmetro aerodinâmico (D_a) é calculado pela equação 9 (Dashofer, 2005):

$$D_a = D_p \sqrt{\rho} \quad (9)$$

Onde:

D_a - diâmetro aerodinâmico (μ),

D_p - diâmetro projectado (μ),

ρ - massa específica da substância da partícula (1g/cm^3).

Assim podemos concluir que o mesmo diâmetro aerodinâmico, pode ser obtido com partículas de dimensão real muito variável, dependendo da sua densidade.

Na tabela II apresentam-se os valores do diâmetro aerodinâmico para partículas de sílica livre e para o chumbo cujas massas específicas são muito diferentes (respectivamente, de 2,5 e 11,3).

Tabela II – Valores do diâmetro aerodinâmico (Dashofer, 2005)

Diâmetro Projectado-Dp(μ)		Diâmetro
Sílica livre	Chumbo	Da (μ)
0.31	0,15	0,5
0.62	0,30	1,0
1.86	0,90	3,0
3.10	1,5	5,0
4.40	2,11	7,10

Observando os valores apresentados na tabela anterior, verifica-se que, para o mesmo padrão de deposição, o diâmetro projectado das partículas de sílica é duas vezes superior ao diâmetro projectado das partículas de chumbo (substância muito mais densa).

4.2 Legislação

Com o objectivo de prevenir o aparecimento doenças relacionadas com a exposição a poeiras com sílica livre nos trabalhadores, existe legislação específica em vigor:

- Decreto-lei nº290/2001 de 16 de Novembro e decreto lei nº 305/2007 de 24/08, avaliação da exposição profissional a agentes químicos;
- Decreto Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de Julho, Lista de Doenças Profissionais;
- Decreto-lei nº 162/1990 de 22 de Maio, aborda os aspectos fundamentais para a prevenção, minimização de riscos e combate em caso de acidente ou situações de

emergência e define as concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis no ar nos locais de trabalho, expressas pelo seu teor em sílica.

4.3 Riscos para a saúde

Segundo o artigo 147º do decreto-lei nº162/1990 de 22 de Maio, as concentrações médias das partículas e os valores limite de exposição em relação aos trabalhadores são:

- Teor em sílica inferior a 6% - 5 mg/m³;
- Teor em sílica entre 6% e 25% - 2 mg/m³;
- Teor em sílica superior a 25% - 1 mg/m³.

O mesmo decreto-lei indica que, quando se verifique a ocorrência repetida de empoeiramentos com concentrações superiores às indicadas anteriormente, as medições devem ser feitas com frequência não inferior a três meses.

A silicose, produz-se a partir da constante inalação de partículas de sílica ou óxido de silício, que se encontra no quartzo sob a forma de cristais. A asbestose é provocada pela inalação de partículas de asbesto ou amianto. Os sintomas de silicose aparecem, geralmente, após 20 ou 30 anos de exposição às poeiras. No entanto, nos trabalhos em que se utilizam jactos de areia, na construção de túneis e outro, que requerem quantidades elevadas de pó de sílica, os sintomas podem surgir em menos de 10 anos (adaptado CDCP, 2011). As poeiras ocupacionais não são todas iguais, ou seja, apresentam características morfológicas e químicas diferentes que fazem com que a selecção das metodologias de amostragem e análise sejam diferenciadas.

Golbabaie (2004) realizou uma pesquisa numa pedreira de mármore localizada no nordeste do Irão. Nesta pesquisa foram avaliadas a concentração média ponderada de poeiras totais, peso, poeira respirável e sílica cristalina (α -quartzo-forma mais tóxica e abundante da sílica) na zona de respiração dos trabalhadores, usando os métodos gravimétricos e XRD.

Os resultados mostraram que os trabalhadores que estão nos martelos perfuradores manuais têm uma maior exposição à poeira total e respirável: $107,9 \pm 8,0 \text{ mg.m}^{-3}$, $11,2 \pm 0,77 \text{ mg.m}^{-3}$, respectivamente, enquanto os trabalhadores da máquina de corte têm a menor exposição: $9,3 \pm 3,0 \text{ mg.m}^{-3}$, $1,8 \pm 0,82 \text{ mg.m}^{-3}$. A prevalência de sintomas respiratórios foram mais elevados em trabalhadores martelo de perfuração. Em relação à idade média dos trabalhadores foi de $31,6 \pm 1,9$ anos e o seu tempo médio de trabalho foi de $3,8 \pm 1,0$ anos.

A sílica não permite a passagem do oxigénio para o sangue de forma normal, logo os pulmões perdem elasticidade e o trabalhador necessita de mais esforço para respirar (adaptado CDCP, 2011). Conforme a dimensão da partícula na inalação pode definir-se as seguintes fracções (Dashofer, 2005):

- Fracção total: todas as partículas em suspensão no ar;
- Fracção inalável: fracção mássica de partículas totais em suspensão no ar que são inaladas pelo nariz ou boca;
- Fracção extra-torácica: fracção mássica de partículas inaladas que não penetram além da faringe;
- Fracção torácica: fracção mássica de partículas inaladas que penetram para além da faringe;
- Fracção traqueobronquial: fracção mássica de partículas inaladas que penetram para além da laringe, mas não na região do aparelho respiratório desprovida de cílios;
- Fracção respirável: fracção mássica de partículas que penetram na região do aparelho respiratório desprovida de cílios.

Do ponto de vista da Higiene do Trabalho, a fracção inalável , torácica e respirável, podem ser depositadas no sistema respiratório, como está indicado na figura 10.

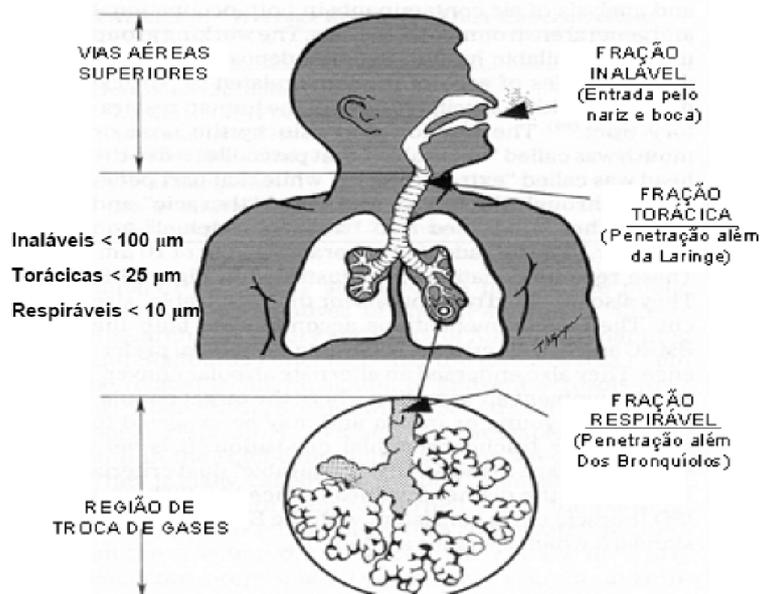


Figura 10 – Tipo de fracções de poeiras e sua penetração no aparelho respiratório (ACT, 2008).

A fracção inalável corresponde à fracção de partículas em suspensão, existentes no ar ambiente, que são inaladas pelo nariz e/ou boca e ficam retidas nas vias superiores do sistema respiratório (região naso-faríngea), apresentando estas um diâmetro aerodinâmico equivalente inferior a 100 µm.

Relativamente à fracção respirável, que é composta pela fracção de partículas inaladas capaz de penetrar até à região alveolar, onde ocorrem as trocas gasosas na respiração, corresponde às partículas cujo diâmetro aerodinâmico é inferior a 10 µm (PM10) (Defra,(2002) in Dias 2008).

A deposição da fracção respirável varia de indivíduo para indivíduo e com o ritmo respiratório, pelo que as convenções que lhe estão associadas devem ser encaradas como valores médios de referência.

A probabilidade de uma partícula com um diâmetro aerodinâmico específico penetrar nas diferentes partes do sistema respiratório humano está representada na figura 11.

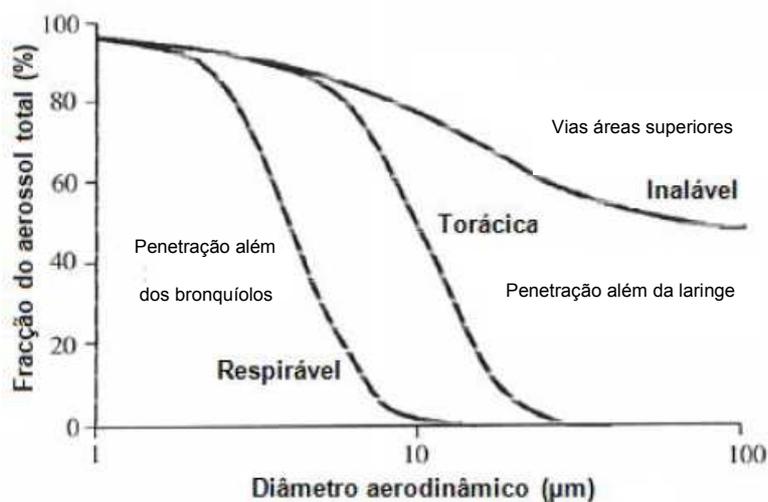


Figura 11 - Tamanho de partículas associado com os seus efeitos na saúde, (adaptado Salgado, 2003)

Verifica-se que enquanto as partículas grosseiras tem uma maior probabilidade de se depositarem nas vias superiores respiratórias e brônquios, as partículas finas depositam-se tendencialmente na periferia dos pulmões, em especial nos bronquíolos e alvéolos pulmonares de onde a sua remoção, após deposição, é muito lenta (Schwartz, 1993).

4.4 Medidas gerais de prevenção e protecção

O controlo da produção de poeiras no local de trabalho pode ajudar a prevenir doenças, nomeadamente a silicose. Quando esta não pode ser controlada com meios colectivos, os trabalhadores devem usar máscaras que forneçam ar exterior limpo ou que filtrem completamente as partículas.

A silicose é uma doença profissional incurável, mas pode deter-se a evolução da doença, interrompendo a exposição à sílica ao ocorrerem os primeiros sintomas. Uma pessoa com dificuldade em respirar pode sentir alívio com o tratamento utilizado para a doença pulmonar crónica obstrutiva, como são os medicamentos que dilatam os brônquios e expelem as secreções das vias aéreas. Dado que os indivíduos que sofrem de silicose têm um alto risco de contrair tuberculose, devem submeter-se periodicamente a revisões médicas que incluam a prova cutânea para a tuberculose (CDCP, 2011).

Todas as empresas devem utilizar todos os meios disponíveis para eliminar na fonte ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição aos trabalhadores a poeiras, de acordo com os princípios gerais da prevenção legalmente estabelecidos.

Quanto à prevenção, para além da necessária vigilância médica, há que proceder em cada caso ou situação a medições e à conseqüente implementação de medidas adequadas que previnam ou minimizem o mais possível os riscos de exposição a poeiras.

De uma forma geral, a eliminação ou redução da fonte deve ser prioritária (adaptado Freitas,2004), ou seja, deve-se procurar eliminar a exposição, não utilizando a poeira (sílica) ou aplicando-a em menores quantidades possíveis para que nenhum trabalhador fique exposto de forma grave ao risco. Para alcançar este objectivo tem que se adoptar as seguintes medidas:

- i) Substituir os materiais existentes, por materiais menos perigosos;
- ii) Utilizar materiais de forma a reduzir as poeiras;
- iii) Modificar processos de modo a produzir menos poeira, utilizando, por exemplo, equipamentos que permitam ao trabalhador executar as suas tarefas numa cabine isolada, não se expondo, assim, às poeiras da sílica cristalina proveniente dos trabalhos de escavação;
- iv) Utilizar métodos húmidos (pentes de água e rega dos caminhos ou pistas).

A actuação na transmissão é outra forma de prevenção que é aplicável quando não é possível actuar na fonte do risco (adaptado Miguel, 2002), assim deve-se controlar ou minimizar a emissão de poeira, através de medidas que visem:

- i) Isolar ou enclausurar equipamentos;
- ii) Proceder à aspiração localizada da instalação;
- iii) Limpar adequadamente os locais de trabalho.

Também é outra forma de prevenção actuar no trabalhador, esta situação somente deve suceder se não for possível dar prioridade às medidas referidas anteriormente. Deste modo deve-se fornecer equipamentos de protecção individual adequados (adaptado Miguel, 1998), os quais devem satisfazer os seguintes requisitos:

- i) Ser fornecido pela empresa e ter a marca CE;
- ii) Estabelecer um programa que inclua todos os aspectos da selecção, utilização e manutenção do equipamento;
- iii) Seleccionar os equipamentos de protecção individual com base no desempenho (factor de protecção), conformidade e durabilidade;
- iv) Verificar se os equipamentos de protecção individual são compatíveis entre si, em caso de haver necessidade de utilizar mais do que um tipo de equipamento de protecção;
- v) Utilizar um fato-macaco na execução de todas as tarefas em que haja levantamento de pó (evitando a impregnação de poeiras na pele);
- vi) Disponibilizar protecção respiratória de boa qualidade e eficiente que se adapte ao rosto do trabalhador, e garantir a sua correcta utilização dentro de um programa que inclua manutenção, higienização e reposição de filtros;
- vii) Garantir que as partes essenciais da face do operador fiquem cobertas com a máscara seleccionada. Isto pode ser verificado utilizando métodos de teste simples, por exemplo, pode ser pulverizada uma mistura de solução de açúcar no ar para verificar se o operador consegue saboreá-la. Se conseguir, há indícios de fuga;
- viii) Para cada actividade de trabalho, realizar uma avaliação que determine a frequência com que o equipamento de protecção respiratório deve ser substituído, de forma a garantir a sua eficácia;
- ix) Substituir o equipamento de protecção respiratória com a regularidade recomendada pelo respectivo fornecedor;

- x) Fornecer locais de armazenamento para que os equipamentos de protecção individual se mantenham limpos quando não estiverem a ser utilizados;
- xi) Utilizar a sinalização de segurança alusiva à utilização dos equipamentos de protecção individual.

Os exames médicos devem ser periódicos, ou seja, serem realizados em intervalos de tempo regulares, de acordo com a natureza e importância dos riscos a que o trabalhador pode estar exposto.

Mesmo que haja ausência de patologias, deverão ser efectuados exames tão completos como os de admissão. No entanto, é importante orientar atenções para os factores de risco presentes no posto de trabalho ocupado, verificar se existem alterações do estado de saúde do trabalhador e analisar se este mudou de posto de trabalho ou se o posto de trabalho sofreu alterações.

Nos postos de trabalho em que existe uma exposição a substâncias químicas deve ser feita uma monitorização biológica (análises), a qual permite analisar a dose de contaminante químico que entrou no organismo do indivíduo e assim, desta forma, permitir a prevenção de doenças profissionais.

Capítulo 5 – Equipamentos e técnicas utilizadas

5.1 Ruído

Na Convenção Relativa à Protecção dos Trabalhadores Contra os Riscos Profissionais Devidos à Poluição do Ar, ao Ruído e às Vibrações nos Locais de Trabalho realizada pela OIT, definiu-se ruído como todos os sons que possam causar a perda da audição ou ser nocivos para a saúde ou perigosos de qualquer forma. Para a medição de um nível de ruído, utiliza-se um instrumento designado por sonómetro e aplicam-se procedimentos normalizados.

Apesar da variedade de sonómetros existentes no mercado, o princípio de funcionamento de todos eles é basicamente o mesmo: um microfone, uma unidade de processamento e uma unidade de leitura. Além do *display* onde são lidos os resultados existem outros componentes fundamentais para o funcionamento de um sonómetro: amplificadores de sinal e outros componentes electrónicos de menor importância. O microfone é um transdutor, convertendo um sinal mecânico num sinal eléctrico. São normalmente utilizados nos sonómetros, microfones de condensador que devido às suas características combinam precisão com estabilidade de sinal. O sistema de ponderação é o sistema no qual podem ser aplicadas ao sinal as ponderações A, B, C, D.

De acordo com a norma ISO 9612:2009 e o decreto-lei 182/2006 de 6 de Setembro, são necessárias no mínimo de três medições para cada tarefa. Se a diferença entre o valor superior e o valor inferior das três medições for maior que 3 dB(A), o número mínimo de medições passa a ser de 6. As medições foram realizadas de forma a abranger os vários eventos ruidosos prováveis de ocorrer nos postos de trabalho. Foram cumpridas toda a legislação e Normas em vigor e o equipamento utilizado, modelo 2250 Light da Bruel & Kjaer classe1(figura 12), está de acordo com o anexo I do decreto-lei 182/2006 de 6 de Setembro.



Figura 12 – Sonómetro 2260 *Light* da Bruel & Kjaer

5.1.1 Método de medição no ruído

Existem 3 estratégias de medição para a determinação da exposição ao ruído no local de trabalho, devendo ser escolhida a mais adequada, como se pode verificar na tabela III:

Tabela III – Estratégias de medição para o ruído laboral (ISO 9612:2009)

Tipo de Trabalho Padrão	Estratégia de Medição		
	Estratégia 1 Medição com base na tarefa	Estratégia 2 Medição com base no posto de trabalho	Estratégia 3 Medição de um dia inteiro de trabalho
Posto de trabalho fixo-tarefa simples e única	☑*		
Posto de trabalho fixo- tarefas complexas ou múltiplas	☑*	☑	☑
Trabalhador móvel-modelo previsível-número pequeno de tarefas	☑*	☑	☑
Trabalhador móvel-modelo previsível-número grande de tarefas ou modelo de trabalho complexo	☑	☑	☑*
Trabalhador móvel-modelo previsível-modelo de trabalho imprevisível	—	☑	☑*
Trabalhador Fixo ou móvel-tarefas múltiplas com durações não especificadas	—	☑*	☑
Trabalhador Fixo ou móvel-não há atribuição de tarefas. Apenas objectivos a cumprir.	—	☑*	☑
☑ Estratégia que pode ser usada		* Estratégia recomendada	

A estratégia utilizada foi a medição com base na tarefa, ou seja, o trabalho realizado durante um dia é analisado e dividido num número representativo de tarefas e medições separadas para cada tarefa.

5.1.2 Intervalo de Tempo de Medição e Número de Medições

O tempo de medição considerado foi de 5 minutos, que é considerado representativo para a duração da tarefa.

Para cada tarefa foram realizadas pelo menos três medições, abrangendo um nível de ruído mais elevado e mais baixo observado durante a tarefa.

Foram consideradas válidas as medições com desvios de ± 3 dB(A). Caso sejam obtidas medições com desvios superiores a ± 3 dB(A), realizaram-se mais 3 medições.

5.1.3 Incerteza da medição

Independentemente da estratégia de medição utilizada, a incerteza expandida deve ser associada ao valor da exposição pessoal diária.

As fontes de incerteza podem ser: amostras das tarefas, amostras de trabalhos, estimativa da duração da tarefa, instrumentos de medição e selecção imperfeita de posições de medida.

Entende-se por margem de erro o intervalo entre o resultado da medição, subtraído e adicionado o valor da incerteza da medição representado pela equação 10:

$$L_{EX,8h} - \text{incerteza da medição} \leq \text{valor de acção ou valor limite} \\ \leq L_{EX,8h} + \text{incerteza da medição} \quad (10)$$

De acordo com a ISO 9612:2009, a incerteza combinada, u , para um ruído $L_{EX,8h}$ deve ser calculada a partir de valores numéricos como estão presentes na equação 11.

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left\{ \sum_{m=1}^M \left[c_{a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_{3,m}^2) + (c_{1b,m} u_{b,m})^2 \right] \right\} \quad (11)$$

Onde,

$u_{1a,m}$ – incerteza *standard* devido à amostragem de tarefa,

$u_{1b,m}$ - incerteza *standard* devido à estimativa de duração da tarefa m ,

$u_{2,m}$ - incerteza *standard* devido ao instrumento de medição utilizado para a tarefa m ,

$u_{3,m}$ - incerteza *standard* devido à selecção imperfeita da posição microfone para a tarefa m ,

$c_{a,m}$ e $c_{b,m}$ - são os coeficientes de sensibilidade,

m – é o numero de tarefas,

M – é o numero total de tarefas.

A incerteza combinada expandida é dado pela equação 12.

$$U = 1,65 \cdot u \quad (12)$$

A contribuição da incerteza está patente na tabela IV.

Tabela IV – Contribuição da incerteza para a determinação dos níveis de exposição sonora no método baseado nas tarefas (adaptado ISO 9612:2009)

Quantidade	ESTIMATIVA (1)	Incerteza Standard	Coeficiente de Sensibilidade	Contribuição da Incerteza
$L_{pAeq,T,m}$	Média de energia de $L_{pAeq,T,m}$ exemplo de valores para a tarefa m	$u_{1a,m}$ deve ser determinado para cada tarefa (*)	$c_{a,m}$ deve ser determinado para cada tarefa (*)	$c_{a,m} u_{1a,m}$ Um valor por tarefa
T_m	Valor estimado para T_m	$u_{b,m}$ deve ser determinado para cada tarefa (*)	$c_{b,m}$ deve ser determinado para cada tarefa (*)	$c_{b,m} u_{b,m}$ Um valor por tarefa
K_{2m}	0	u_2 valor dado pela tabela que consta na ISO 9612:2009	$c_{2,m} = c_{a,m}$	$c_{a,m} u_{2,m}$
$K_{3m(1)}$	0	u_3 valor dado pela tabela que consta na ISO 9612:2009	$c_{a,m}$	$c_{a,m} u_{3,m}$
(1) É esperado que o K_{3m} esteja na gama de -1 dB e 0,5 dB. Para simplificar considerou-se o valor 0. A incerteza standard relacionada com as posições de medição $u_{3,m}$ é assumido como cobrindo este aumento de incerteza.(*) Estes valores são calculas de acordo com as equações existentes na ISO 9613:2009.				

5.2 Vibrações

O acelerómetro utilizado, USB X6-2 (figura 13a), usa uma gama de seis frequências de acelerações de 3 eixos, efectuando o registo de tempo e é realizado o armazenamento numa memória microSD. A aceleração é medida em 3 direcções (eixo X,eixo Y,eixo Z - figura 13b) e as frequências podem ser seleccionadas de 10 Hz até 320 Hz, pelo utilizador.

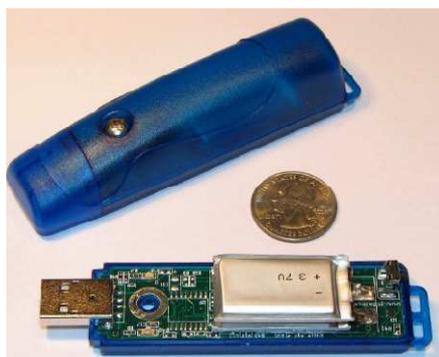


Figura 13a – Acelerómetro X6-2 (Gulf Coast,2009)

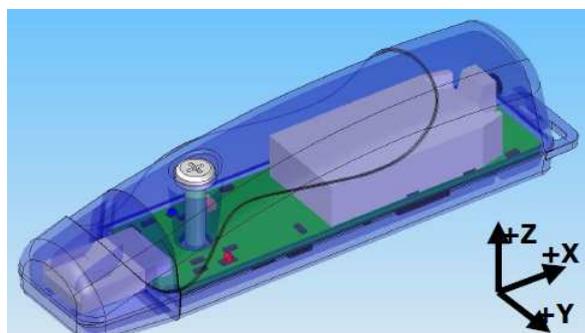


Figura 13b – Acelerómetro X6-2, com os 3 eixos (Gulf Coast,2009)

As acelerações são seleccionadas manualmente pelo utilizador. O acelerómetro em cada medição realiza a monitorização das acelerações numa só frequência, por isso em cada posto de trabalho são colocados três acelerómetros para obter os resultados em três frequências diferentes. Este equipamento é aplicável a monitorização de movimento de cargas críticas, monitorização da actividade motora humana, monitorização de vibração e fins educacionais.

É essencial que vibrações sentidas pelo corpo humano sejam correctamente medidas para que a análise dos valores obtidos permita concluir sobre:

- o eventual desconforto produzido pela vibração em análise e,
- o possível risco em termos da integridade física de indivíduos expostos.

As medições das vibrações transmitidas ao corpo inteiro foram realizadas segundo as directizes descritas no Anexo II do Decreto-Lei n.º 46/2006.

A medição da exposição diária às vibrações dos trabalhadores foi realizada com base no cálculo da exposição pessoal diária, para um período de 8 horas, expressa como aceleração contínua equivalente.

A determinação da vibração deve ser efectuada com base no valor eficaz mais elevado das acelerações ponderadas em frequência, medidas segundo os três eixos ortogonais (figura 14).

As frequências monitorizadas neste estudo foram as 10Hz, 20Hz, 40Hz, 80 Hz, 160Hz e 320 Hz. Tendo em consideração o campo de aplicação da NP1673:1980, que contempla o estudo das vibrações na gama de 1 a 80 Hz as duas últimas frequências não vão ser apreciadas.

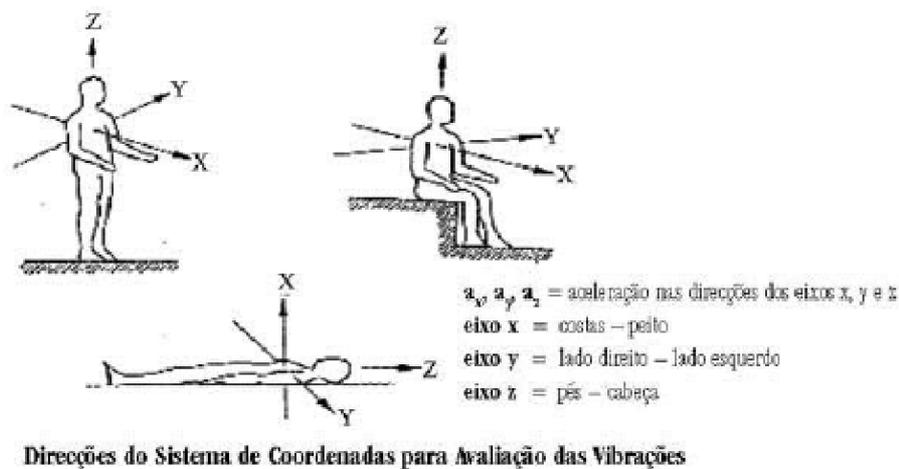


Figura 14 – Direcções do sistema de coordenadas para avaliação das vibrações (Decreto lei 46/2006)

A exposição diária às vibrações $A(8)$ é expressa em $m.s^{-2}$ e é obtida usando a equação 13.

$$A(8) = k a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (13)$$

a_w é a aceleração eficaz ponderada, em $m.s^{-2}$

T é a duração diária total da exposição às vibrações (s)

T₀ é a duração de referência de 8 horas (28800s)

k é o factor multiplicativo

Para vibrações horizontais (eixos x e y), considera-se k=1.4 sendo o valor de a_w obtido usando a ponderação em frequência. Para vibrações verticais (eixo z), considera-se k=1,0 e a_w é obtido usando a ponderação em frequência.

Quando a exposição a vibrações decorre durante dois ou mais períodos de tempo com diferentes amplitudes e durações, a exposição diária às vibrações, A(8), deve ser obtida com a equação 14:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_i} \quad (14)$$

Onde,

a_w é a aceleração eficaz ponderada, em m/s²

n é o numero de exposições parciais às vibrações

T₀ é a duração de referência de 8 horas (28800s)

k é o factor multiplicativo

i São os diferentes períodos

A vibração que é transmitida ao corpo deve ser medida entre o corpo e a superfície de apoio.

Os movimentos vibratórios são transmitidos ao corpo inteiro através das superfícies de apoio, ou seja, dos pés de uma pessoa em pé, e, no caso de pessoas sentadas, da superfície de suporte do assento, das costas do assento e da superfície de assentamento dos pés.

Os pontos foram monitorizados na estrutura onde o trabalhador se encontrava a exercer a sua actividade. No posto dos silos o trabalhador não está as 8 horas de trabalho em permanência no local, nos restantes 2 postos de trabalho os operários estão no local, as 8 horas de trabalho.

É de salientar que este estudo tem como objectivos averiguar a necessidade de realizar um estudo mais aprofundado das vibrações de corpo inteiro.

5.3 Poeiras

Para a medição de poeiras respiráveis, utilizou-se o equipamento designado por HANDHELD IAQ 3016 (figura 15).



Figura 15 – Medidor de poeiras HANDHELD 3016 IAQ Particle Counter (William,2007)

Neste equipamento o tamanho de partícula mínima medida é de 0,3 μ m de tamanho e o caudal utilizado de 2,8 (m³.min⁻¹).

O volume de ar bombeado em cada medição (m³) está relacionado com o caudal, pela equação 15.

$$\text{Volume de Ar} = \text{tempo de exemplo (minutos)} \times \text{caudal (m}^3\text{.min}^{-1}\text{)} \quad (15)$$

Um microprocessador controla todas as funções do equipamento. Os dados da contagem são exibidos como contagem cumulativa ou diferencial quando seleccionado o modo partículas. A concentração de partículas é dada em microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Para a detecção o equipamento utiliza uma fonte de luz laser.

No âmbito do presente trabalho procedeu-se à quantificação das poeiras respiráveis comparando os resultados com dados já existentes. Assim, pretende-se verificar se houve ou não alterações que possam afectar a saúde dos trabalhadores.

É de salientar que este equipamento não é aplicado no trabalhador, ou seja, para realizar as medições o equipamento foi colocado no posto de trabalho à uma altura aproximada do nariz.

CAPITULO 6 - Apresentação e discussão de resultados

6.1 Apresentação dos postos monitorizados

Os três postos de trabalho seleccionados para avaliação do risco de surdez profissional, vibrações e poeiras são bastante distintos. Estes locais foram escolhidos porque cada um deles apresenta riscos elevados. Nos silos a predominância significativa são as poeiras e o ruído. No britador e tapete a hipótese de transmissão de vibrações ao trabalhador é considerável como também o ruído.

O posto de trabalho situado na zona dos silos é exposto às condições meteorológicas, estando habitualmente o trabalhador por baixo da estrutura metálica dos silos a realizar a operação de carga dos camiões de transporte, podendo esporadicamente subir a estrutura para verificar se o armazenamento do material é eficaz (figura 16).



Figura 16 – Posto: silos

No tapete transportador o trabalhador realiza a escolha do material em cima da estrutura metálica do tapete e está muito exposto às condições meteorológicas, embora haja uma plataforma para o trabalhador estar mais resguardado (figura 17).



Figura 17 – Posto: tapete

CAPITULO 6 - Apresentação e discussão de resultados

O posto de trabalho a que demos o nome de britador é composto por uma torva, um alimentador e um britador de maxilas. A cabine do trabalhador situa-se imediatamente ao lado (na parte de cima) do britador, na zona onde é descarregado o material tal-qual (figura 18).



Figura 18 – Posto: britador

6.2 Ruído

Os valores monitorizados em estudos anteriores, efectuados em 2009 e 2010 pela empresa prestadora de serviços na área de higiene e segurança no trabalho, e no ano 2011, são apresentados na tabela V.

Tabela V – Resumo dos valores de ruído nos vários anos

Ano	Silos		Tapete		Britador	
	L _{Aeq} dB(A)	L _{Cpico} dB(A)	L _{Aeq} dB(A)	L _{Cpico} dB(A)	L _{Aeq} dB(A)	L _{Cpico} dB(A)
2009	90,1	109,7	82,2	106,9	95,6	123,1
2010	87,0	109,0	86,9	114,6	95,8	128,3
2011	89,0	110,3	86,2	122,2	93,7	136,9

Nota: Os valores da tabela V foram retirados do ANEXO I.

Ao observar o quadro resumo, verifica-se que ao longo dos últimos 3 anos não existe grande alteração dos níveis de ruído. Durante o ano 2011 tivemos a oportunidade de implementar o estudo de incertezas dos valores medidos (tabela VI).

Tabela VI – Cálculos das incertezas dos valores medidos nos vários postos de trabalho

Local de trabalho	N.º de horas de trabalho	$L_{EX, 8h}$ dB(A)	Incerteza Expandida dB(A)(*)
Silo	8	89,2	± 2,4
Tapete	8	86,2	± 2,4
Britador	8	93,7	± 3,6

(*) ver folha de cálculo em Anexo I.

É considerada aceitável uma incerteza com valor inferior a 4 dB(A). O valor da incerteza de 3.6 dB(A) é devido à realização de 6 medições (a diferença entre o valor mais alto e mais baixo nas três primeiras medições foi maior que 3 dB(A)). As incertezas encontradas estão dentro dos parâmetros considerados aceitáveis (decreto lei 182/2006 e ISO 9612:2009).

Da análise da tabela VI podemos observar que os níveis de exposição ao ruído são superiores aos valores expressos na legislação nacional (decreto lei 182/2006).

A mesma legislação obriga a que “nos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos valores de acção superior, o empregador deve estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais.” Estes locais de trabalho devem estar sinalizados de acordo com a legislação aplicável à sinalização de segurança e saúde e serem delimitados e o acesso aos mesmos deve ser restrito, sempre que seja tecnicamente possível e o risco de exposição o justifique. A entidade patronal deve ainda colocar à disposição dos trabalhadores protectores auditivos individuais, adequados ao ruído existente.

Como todos os postos medidos apresentam valores de ruído acima do valor permitido por lei, e enquanto não se aplicam as medidas de protecção colectivas, vamos verificar se os protectores auriculares são adequados ao trabalhador e ao ruído a que este está exposto.

A verificação dos protectores auditivos por bandas de oitava foi realizado segundo o decreto lei 182/2006 de 6 de Setembro, e está expressa nas tabelas VII, VIII e IX. Os protectores fornecidos pela entidade patronal têm como referência 3M 1435.

Tabela VII – Estudo dos protectores auditivos para o trabalhador que opera nos silos, para um tempo de exposição de 8h

3M 1435								
Frequências (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Aeq,f,TK}$ (dB (A))	65,6	69,6	72,5	78,7	84,0	84,7	83,4	73,7
Atenuação do protector dado pelo fabricante	12,8	11,6	17,2	21,7	30,4	29,2	35,4	34,4
Desvio padrão dado pelo fabricante (*2)	4,7	3,5	2,7	3,1	3,4	4,2	4,1	4,6
Níveis Globais L_n (dB (A))	36,2	49	51,7	60,2	60,4	64,9	57,2	47,5
$L_{Aeq,Tk,efectivo}$ (dB (A))	70,8							
$L_{Ex,8h,efectivo}$ (dB (A))	70,8							

Tabela VIII – Estudo dos protectores auditivos para o trabalhador que opera no tapete, para um tempo total de exposição de 8h

Modelo do protector: 3M 1435								
Frequências (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Aeq,f,TK}$ (dB (A))	62,0	71,7	78,1	80,6	80,7	78,8	73,8	66,9
Atenuação do protector dado pelo fabricante	12,8	11,6	17,2	21,7	30,4	29,2	35,4	34,4
Desvio padrão dado pelo fabricante (*2)	4,7	3,5	2,7	3,1	3,4	4,2	4,1	4,6
Níveis Globais L_n (dB (A))	32,6	51,1	57,3	62,1	57,1	59,0	47,6	40,7
$L_{Aeq,Tk,efectivo}$ (dB (A))	71,6							
$L_{Ex,8h,efectivo}$ (dB (A))	71,6							

Tabela IX – Estudo dos protectores auditivos para o trabalhador que opera no britador para um tempo de exposição 8h

Modelo do protector: 3M 1435								
Frequências (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Aeq,f,TK}$ (dB (A))	69,5	78,6	85,1	88,9	89,1	83,2	80,2	70,1
Atenuação do protector dado pelo fabricante	12,8	11,6	17,2	21,7	30,4	29,2	35,4	34,4
Desvio padrão dado pelo fabricante (*2)	4,7	3,5	2,7	3,1	3,4	4,2	4,1	4,6
Níveis Globais L_n (dB (A))	40,1	58	64,4	70,4	66,5	66,9	55,2	45,9
$L_{Aeq,Tk,efectivo}$ (dB (A))	78,9							
$L_{Ex,8h,efectivo}$ (dB (A))	78,9							

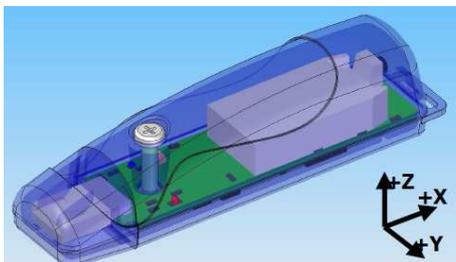
Em função dos resultados expostos podemos afirmar que os protectores individuais utilizados pelos trabalhadores são adequados ao ruído a que estes estão expostos, pois reduzem o ruído de forma a atingir valores admissíveis e permite manter um diálogo. Pela figura 6, verificamos que os parâmetro adequados a um diálogo são entre os valores de 60 a 79 dB(A).

Tendo em conta que a empresa de extracção de calcário não inovou os equipamentos, nos postos de trabalho onde foi efectuado o estudo, é quase impossível cumprir a alínea 3 do artigo 6.º do D.L. n.º 182/2006, que diz "... nos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos valores de acção superior, o empregador estabelece e aplica um programa de medidas técnicas e organizacionais..."

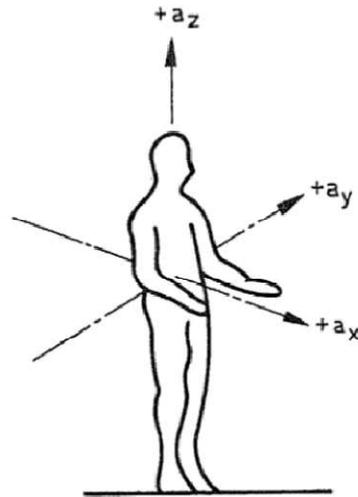
No entanto, verificou-se que disponibiliza protectores auditivos para fornecer aos seus trabalhadores, cumprindo desta forma a alínea 2 do artigo 7.º do decreto lei n.º182/2006.

6.3 Vibrações

Os valores monitorizados nos 3 eixos (x,y,z ou a_x , a_y , a_z) nas frequências 10, 20, 40 e 80 Hz tiveram em conta os eixos pré estabelecidos do equipamento, figura 19, no entanto considerando os eixos estipulados nas normas e na legislação vigente, tivemos de fazer alguns acertos, tendo em conta as características dos acelerómetros.



Acelerómetro (a)



Norma e legislação (b)

Figura 19 - Eixos x,y,z ,considerados pelo acelerómetro (a) e pela legislação em vigor (b).

Assim, nos postos de trabalho silos e britador os valores de a_x (aceleração no eixo dos x) no acelerómetro correspondem no trabalhador a a_y (aceleração no eixo dos y) e vice-versa, sem que isso introduza qualquer perda de informação.

No posto de trabalho do tapete é ainda necessário outro acerto, pois não foi possível colocar o acelerómetro no mesmo plano do trabalhador como mostra a seguinte figura 20.



Figura 20 - Colocação dos acelerómetros no posto tapete

Deste modo, além da troca de valores de a_x com a_y , efectua-se também uma correcção dos valores de a_z com a_x relativamente ao ângulo α , que no caso presente tinha o valor de 17° .

Os resultados obtidos encontram-se apresentados na tabela X e mais detalhadamente no ANEXOII.

Tabela X – Resumo dos valores das acelerações nos três eixos

Designação	Eixo	Frequências (Hz)			
		10	20	40	80
Silos	a_x	0,007	0,007	0,021	0,016
	a_y	0,008	0,005	0,005	0,007
	a_z	0,972	0,976	0,986	0,986
Tapete	a_x	0,025	0,052	0,341	0,062
	a_y	0,184	0,177	0,337	0,028
	a_z	0,875	0,929	0,927	0,933
Britador	a_x	0,023	0,001	0,067	0,065
	a_y	0,029	0,027	0,050	0,029
	a_z	0,976	0,987	1,09	0,982

Através da NP-1673,1980 realizou-se o critério de apreciação do espectro das componentes da aceleração nas frequências 10, 20, 40 e 80 Hz, como mostram as figura 21, 22, 23, 24, 25 e 26 da NP-1673,1980). Os valores projectados nos gráficos são muito próximos e ficam sobrepostos, assim a identificação de cada um é colocada lado a lado para melhor identificação.

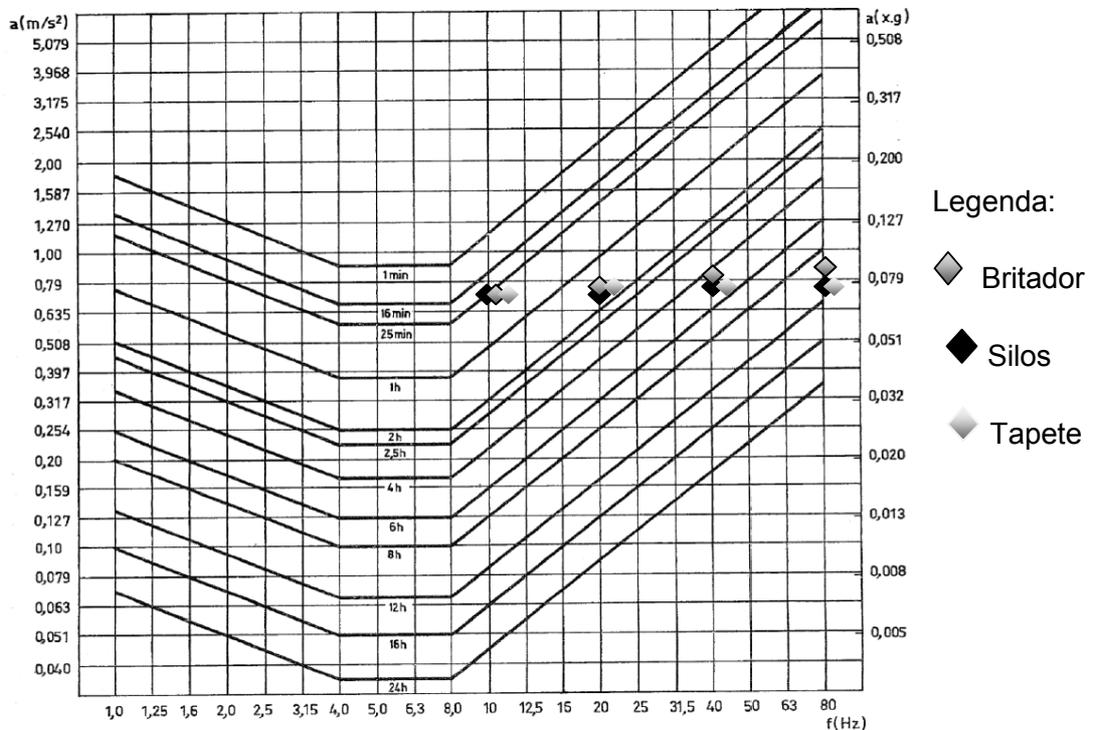


Figura 21 -Valores limiares de incomodidade (a_z)

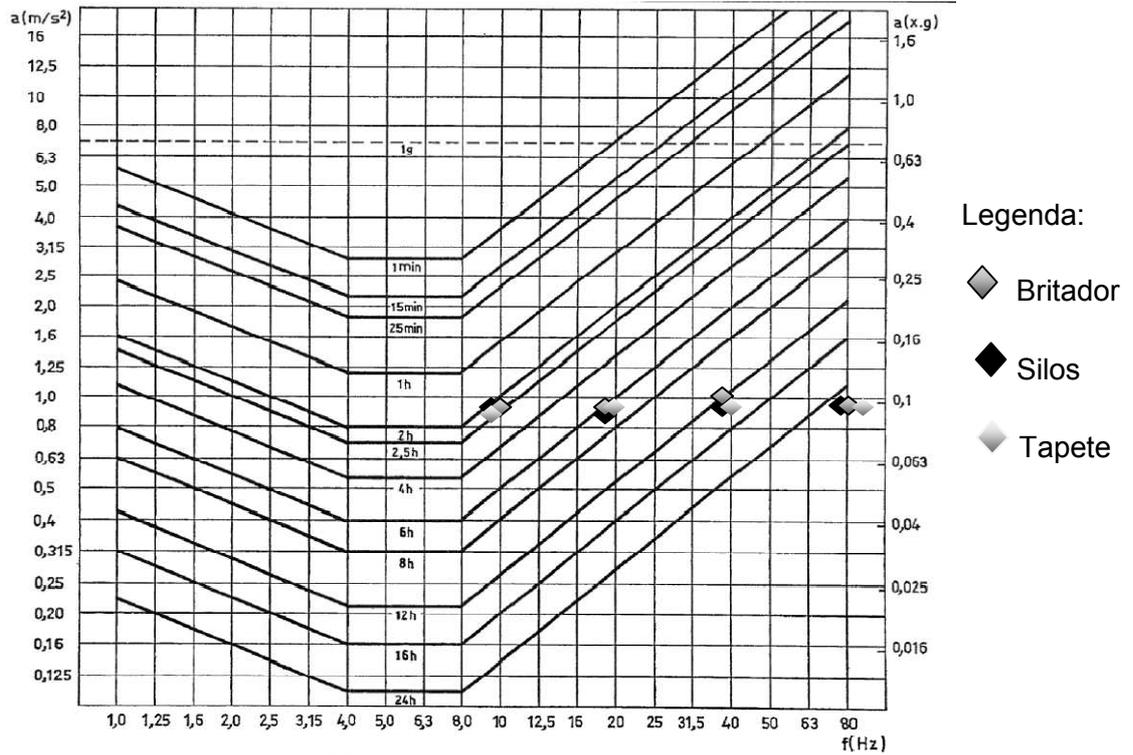


Figura 22 - Valores limiares de redução da capacidade de trabalho por fadiga a_z

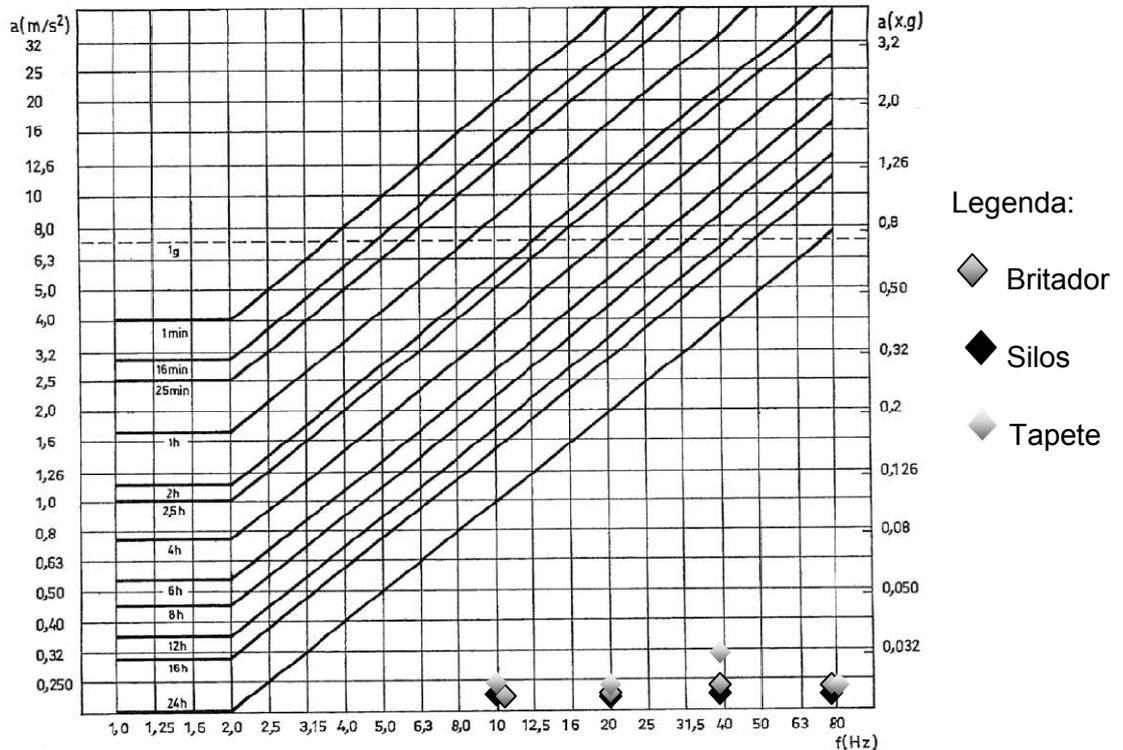


Figura 23 - Valores limites de exposição máxima (a_x ou a_y) – foram considerados os valores de a_y (a_y é o valor com menos correcções).

CAPITULO 6 - Apresentação e discussão de resultados

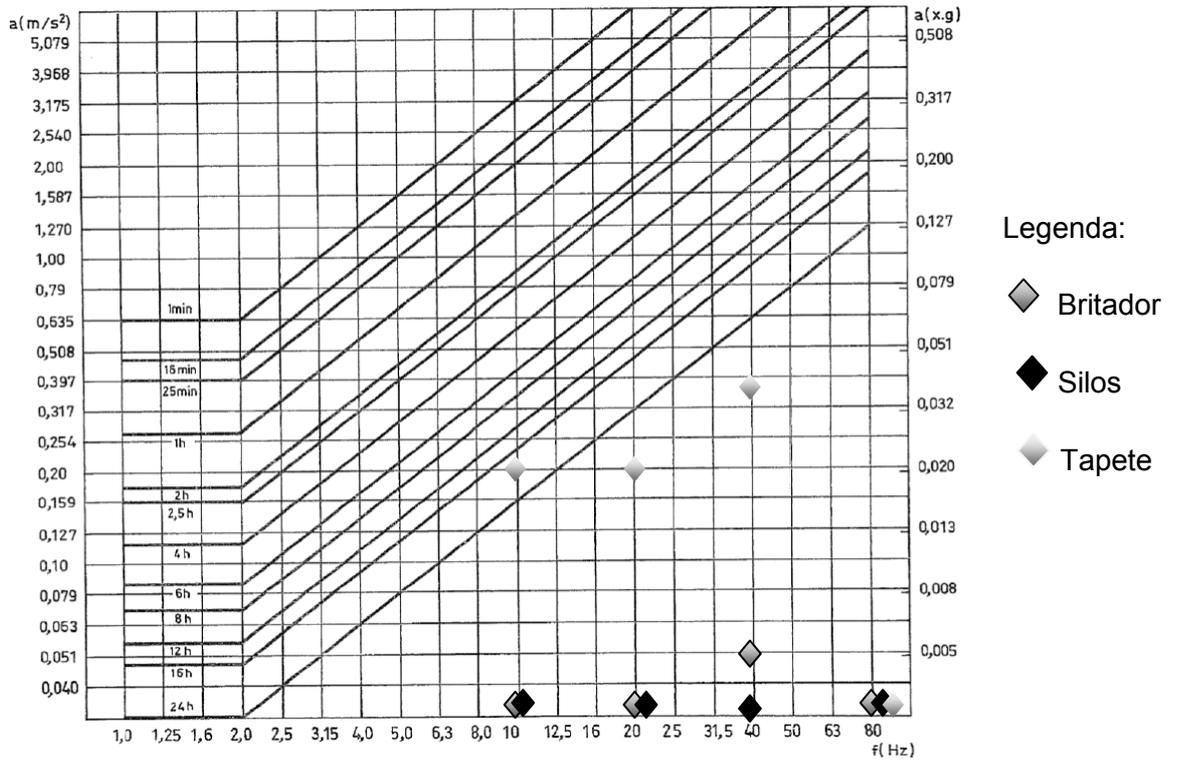


Figura 24 - Valores limiares de incomodidade a_x ou a_y - foram considerados os valores de a_y (a_y é o valor com menos correcções).

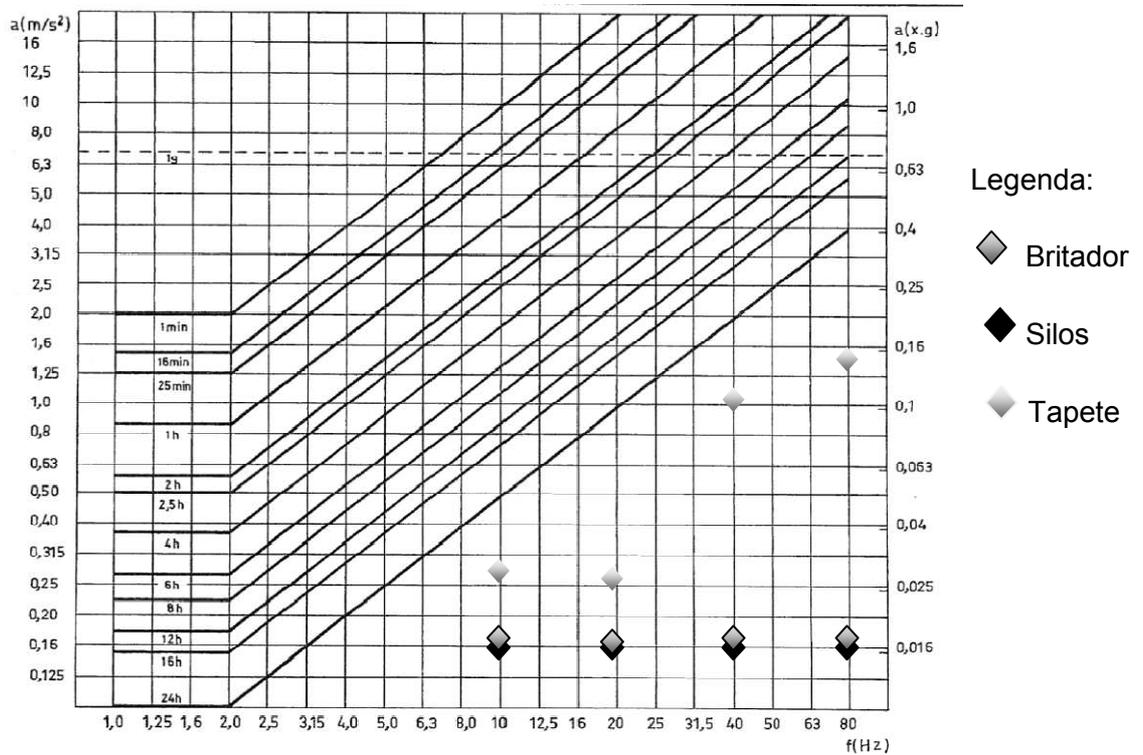


Figura 25 - Valores limiares de produção da capacidade de trabalho por fadiga a_x ou a_y - foram considerados os valores de a_y (a_y é o valor com menos correcções).

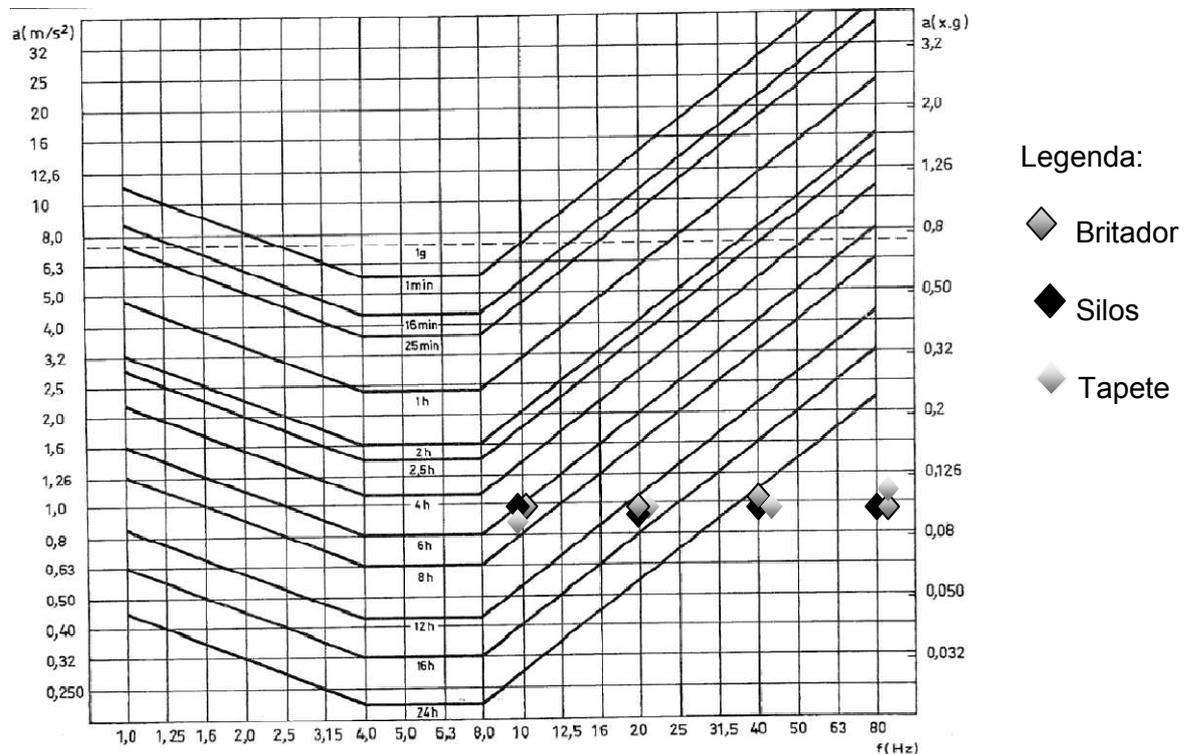


Figura 26 - Valores limites de exposição máxima a_z

Da análise dos gráficos expostos podemos afirmar que os valores das acelerações nos eixos a_x e a_y não são preocupantes, o que já não acontece relativamente à aceleração no eixo a_z .

Após análise dos gráficos e da tabela XI, verificou-se que para os valores limiares de incomodidade (a_z) nas frequências 10 Hz, 20 Hz, 40 Hz e 80 Hz, o tempo aconselhado de permanência é inferior a 8h (excepto na frequência 80 Hz nos silos e tapete), logo existem aqui riscos de afectação bem estar dos trabalhadores por estarem expostos demasiado tempo a estas frequências. Relativamente aos valores limiares de redução da capacidade de trabalho por fadiga (a_z) verificou-se que as frequências que podem estar a prejudicar os trabalhadores são as de 10 Hz e 20 Hz. Tendo em conta os valores de exposição máxima (a_z) somente a frequência de 10 Hz está com valores inadequados.

A tabela XI apresenta o resumo dos vários valores de a_z a que o trabalhador pode estar sujeito.

Tabela XI – Resumo dos valores das acelerações por frequência em a_z versus tempo de permanência recomendado no local de trabalho

Valores limiares de incomodidade (a_z)			
Frequências (Hz)	Silos	Britador	Tapete
10	16-25 minutos	16-25 minutos	16-25 minutos
20	1-2 horas	1-2 horas	1-2 horas
40	2,5-4 horas	2,5-4 horas	2,5-4 horas
80	6-12 horas	4-6 horas	6-12 horas
Valores limiares de redução da capacidade de trabalho por fadiga (a_z)			
10	2-2,5 horas	2-2,5 horas	2-2,5 horas
20	6-8 horas	6-8 horas	6-8 horas
40	8-12 horas	12-16 horas	8-12 horas
80	>24 horas	>24 horas	>24 horas
Valores de exposição máxima (a_z)			
10	4-6 horas	4-6 horas	4-6 horas
20	12-16 horas	12-16 horas	12-16 horas
40	>24 horas	>24 horas	>24 horas
80	>24 horas	>24 horas	>24 horas

6.4 Poeiras

Foi realizada a recolha de amostragem em vários locais da instalação de britagem, com o objectivo de obter o valor do teor de poeiras respiráveis e verificar a presença de sílica nessas poeiras.

Este valor é importante, porque de acordo com a legislação aplicável às pedreiras, decreto-lei nº 162/90 de 22 de Maio, os limites máximos admissíveis em poeiras respiráveis no ar dos locais de trabalho são fixados de acordo com o teor em sílica, tabela XII:

Tabela XII – Teores em sílica e máximos admissíveis (decreto lei 162/90)

Teores em sílica (%)	Máximos admissíveis (mg.m ⁻³)
<i>Inferior a 6</i>	<i>5</i>
<i>Entre 6 e 25</i>	<i>2</i>
<i>Superior a 25</i>	<i>1</i>

Foram realizadas medições de teor de poeiras respiráveis em vários dias de trabalho de campo e em várias condições de temperatura e humidade (tabela XIII) e os valores observados estão apresentados no ANEXO III.

Tabela XIII – Datas da monitorização e respectivas temperaturas e humidades médias

Datas	Valores médios de temperatura (°C)	Valores médios de humidade relativa (%)
25/03/2011	18,9	69,9
05/04/2011	28,5	35,1
18/05/2011	24,1	59,7
07/06/2011	22,3	50,1
12/07/2011	25,2	50,5

A média dos valores encontrados nos locais de trabalho monitorizados, estão expostos na tabela XIV.

Tabela XIV – Valores (teores de poeiras respiráveis)

Local	Concentração 2011 (mg.m ⁻³)
<i>Silos</i>	1,1
<i>Britador</i>	11,6
<i>Tapete</i>	10,1

Ao observar a tabela XIV e após uma análise mais atenta dos valores da campanha de recolha de dados (ANEXOIII), verificou-se que no dia 12/07/2011 o registo de dados correspondia a valores fora do normal. Assim de modo a obter uma informação mais correcta repetiram-se cálculos retirando esse dia, (tabela XV).

Tabela XV – Valores não contabilizando o dia fora do habitual

Local	Concentração 2003 (mg.m ⁻³)
<i>Silos</i>	1,1 (*)
<i>Britador</i>	2,0
<i>Tapete</i>	2,5

(*) no dia 12/07/2011 não foi monitorizado este posto.

De modo a verificar se os teores de poeiras respiráveis se têm alterado ao longo do tempo fomos recolher dados a um relatório efectuado pelo Centro Tecnológico de Cerâmica e Vidro em 2003 nos mesmos locais de trabalho (tabela XVI) nesta empresa.

Tabela XVI – Valores (teores de poeiras respiráveis em 2003) (CTCV, 2003)

Local	Concentração 2003 (mg.m ⁻³)
<i>Silos</i>	0,5
<i>Britador</i>	<l.q. (*)
<i>Tapete</i>	1,6

(*) l.q.-limite de quantificação=0.11 mg.m⁻³

Para uma melhor visualização e análise dos resultados obtidos em 2011 efectuou-se a sua comparação com os valores de 2003, apresentando-se graficamente (figura 26) os resultados obtidos nesses dois anos com os limites máximos admissíveis em poeiras respiráveis legislados pelo decreto lei 162/90 de 22 de Maio.

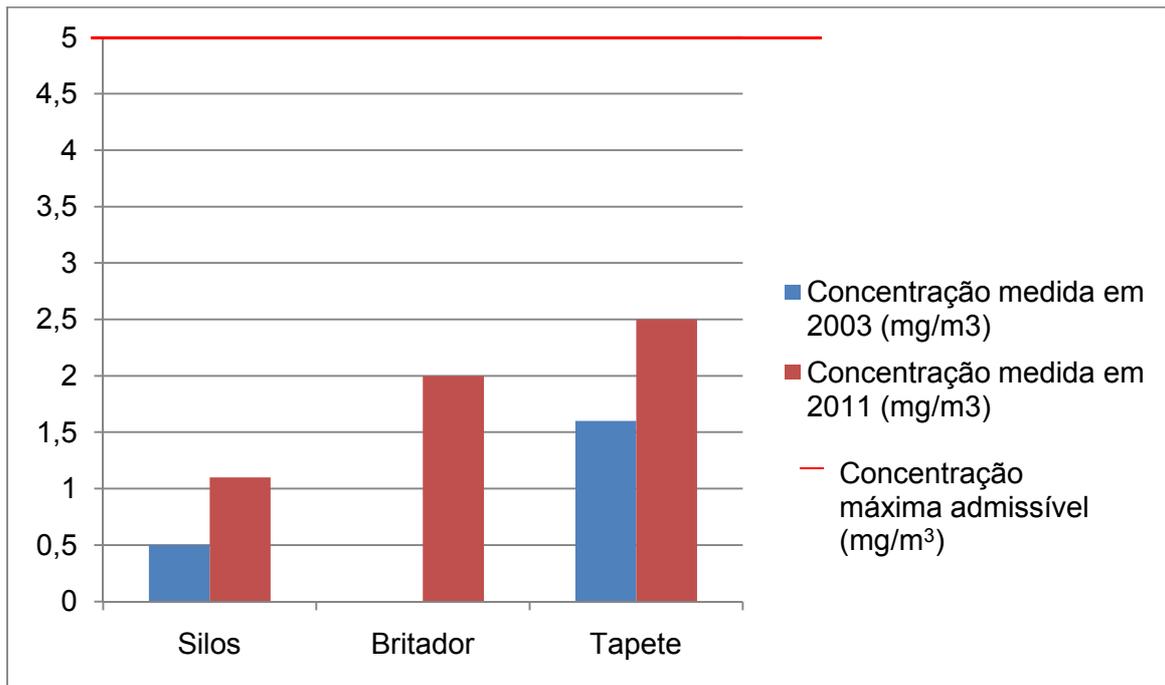


Figura 27 – Concentrações medidas em 2003 e 2011 bem como máximo admissível da concentração de poeiras respiráveis definido pelo decreto lei 162/90.

De modo a verificar a presença de sílica cristalina nas poeiras existentes nos locais de trabalho, foi efectuada a recolha de pó inicial na zona dos silos.

O material recolhido foi sujeito a difracção de raios X de amostra total em pó. O resultado obtido, numa avaliação semi-quantitativa, foi de 0,7% de quartzo (reflexão de 4,25 A e 3,34 A).

Numa segunda fase, e de modo a obter resultados mais representativos, realizou-se nova recolha em três locais da instalação de beneficiação (tapete junto aos silos, armazenagem da brita 40-60 e tapete 5).

Para verificar se o quartzo era a principal ou a única fonte de sílica, procedemos à decarbonatação, com ácido clorídrico, do pó recolhido nos três locais de amostragem (figura 27).

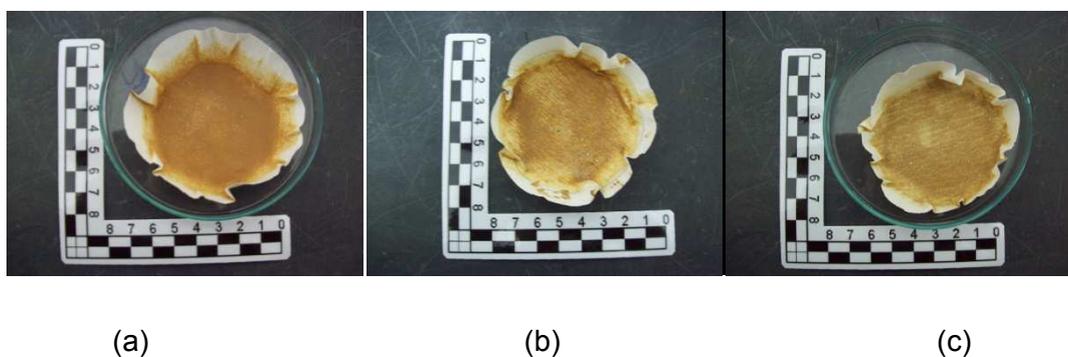


Figura 28 - Aspecto da amostra após a decarbonatação do material recolhido nos silos (a), armazenagem da brita 40-60(b) e Tapete 5 (c).

A fracção não carbonatada presente nas várias amostras está expressa na tabela XVII e todos os valores obtidos são inferiores a 6%.

Tabela XVII – Valores de peso em percentagem (%) de material depois da decarbonatação

Local	Valores em % (peso gramas)
1 (Silos -junto ao tapete)	3,60
	4,48
	2,74
2(Silos -em cima tapete)	4,63
	3,02
	4,69
3(Tapete brita 0-40)	5,58
	4,88
	3,94

A observação à lupa binocular da fracção residual permitiu identificar quartzo hialino, quartzo branco, feldspato além da fracção da argila. Recorrendo novamente à difracção de

raios x, foram preparadas lâminas de material sedimentado de modo a identificar e quantificar o quartzo.

Após a observação dos difractogramas de raios x (normal, glicolado e aquecido) foi possível identificar quartzo, ilite, caulinite, feldspato e ainda resíduos de calcite que não reagiu com o ácido clorídrico.

Deste modo, e com base nos resultados da difracção de raios x e da descarbonatação das amostras é possível dizer que a percentagem de sílica cristalina presente nas poeiras observadas foi sempre inferior a 6%.

CAPITULO 7- Conclusões

Nesta fase do trabalho, pretende-se resumir as principais conclusões relativamente aos resultados obtidos no capítulo seis (apresentação e discussão de resultados).

Relativamente aos níveis de ruído registados e comparando com os registos existentes dos anos anteriores podemos afirmar que não se registaram alterações significativas nos últimos três anos, o que se compreende pois não existiu nenhuma alteração na instalação de beneficiação durante este período.

As principais fontes de ruído no posto de trabalho silos são o carregamento do material nos camiões de transporte e o funcionamento intrínseco da própria instalação de beneficiação. No posto de trabalho tapete a principal fonte de ruído é o britador. Enquanto que no posto britador as principais fontes de ruído são o funcionamento do britador, o alimentador e a descarga dos *dumpers* na tremonha.

Os valores obtidos em 2011 nos postos de trabalho silos e britador estão acima dos valores limite de exposição (Valores limites de exposição: $L_{EX,8h}=87$ dB(A) e $L_{Cpico}=140$ db(A)) e o posto de trabalho tapete está acima do valor de acção superior (Valores de acção superiores: $L_{EX,8h}=85$ dB(A) e $L_{Cpico}=137$ db(A)).

Os postos de trabalho estudados devem estar sinalizados, pois nos pontos 3 e 4 do artigo 6º, do decreto-lei nº186/2006 refere-se que caso sejam ultrapassados os valores de acção superior os locais de trabalho devem estar sinalizados, ou seja devem ser utilizadas placas sinaléticas alusivas à obrigatoriedade de utilização de protecção individual. Esta sinalização deve estar de acordo com a legislação e norma (decreto lei 141/95 de 14 junho, portaria 1456-A/95 de 11 de Dezembro e NP 3992:1994).

O posto de trabalho tapete ultrapassa o valor de acção superior, definido no decreto-lei nº186/2006, pelo que o empregador deve estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais, com vista a minimizar os efeitos potencialmente nocivos dessa exposição nos trabalhadores.

Em relação aos postos de trabalho silos e britador, onde se verifica que ultrapassam os valores limites de exposição, ao abrigo do artigo 8º do decreto-lei 186/2006 o empregador deve:

- tomar medidas imediatas que reduzam a exposição a que o trabalhador está sujeito,
- identificar as causas da ultrapassagem dos valores limite,
- corrigir as medidas de protecção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas.

Enquanto as medidas de protecção colectivas não são aplicadas, os trabalhadores devem utilizar os protectores auditivos fornecidos pela empresa, uma vez que ao realizar o estudo para a selecção destes protectores, verificou-se que os mesmos são adequados à protecção pretendida.

No que diz respeito ao estudo do valor da incerteza combinada e expandida nas medições dos níveis de ruído, em cada posto de trabalho, verificou-se que os mesmos estão dentro dos parâmetros exigidos pela legislação e normas vigentes. Perante os dados obtidos e por imposições da lei, estes postos estudados devem ser monitorizados anualmente, pois os trabalhadores estão sujeitos a ficar com lesões no aparelho auditivo (surdez profissional).

Apesar dos custos associados às medidas de protecção individual e colectiva dos trabalhadores, verificar-se-á o retorno do investimento a médio prazo, sendo de referir que haverá benefícios para a empresa que são economicamente quantificáveis, uma vez que quanto mais seguro e saudável for o ambiente de trabalho, menor será a incidência de acidentes de trabalho e de doenças profissionais, sendo também expectável a diminuição dos índices de absentismo e o aumento da produtividade.

Mas interessa também investir na formação e informação dos trabalhadores, de forma a tentar-se a médio prazo alterar hábitos e incutir uma cultura que visa a prevenção e segurança dos mesmos, com a adopção de práticas de trabalho adequadas, nomeadamente a utilização de auriculares em locais com níveis de ruído nocivos.

No que diz respeito ao estudo das vibrações e aos valores das acelerações obtidos nos três eixos espaciais os resultados permitiram concluir que nos postos de trabalho estudados há uma maior influência da aceleração em a_z do que em a_x e a_y , logo há um deslocamento tendencialmente vertical da estrutura onde os trabalhadores estão a efectuar as suas tarefas.

Pela análise da tabela XI podemos afirmar que os tempos de permanência no local de trabalho são maioritariamente inferiores a 8h. Nesta tabela relaciona-se os valores das acelerações de a_z com os limiares da incomodidade, capacidade de trabalho e exposição máxima, dando origem ao tempo de permanência recomendável em cada posto de trabalho. Considerando que a jornada de trabalho é de oito horas e que o tempo de permanência recomendável varia de 16 minutos a 8 horas, podemos afirmar que os trabalhadores estão expostos a acelerações que afectam o seu conforto e a sua capacidade de trabalho ao executar as suas tarefas diárias. Relativamente aos valores de exposição máxima na aceleração a_z podemos afirmar que só na frequência 10 Hz é que esta relação toma valores de permanência nos locais de trabalho preocupantes.

É de salientar que com os resultados apresentados e sabendo-se que na gama de frequência 20Hz e 30 Hz o sistema cabeça-pesocoço-ombro é mais afectado, conclui-se que os trabalhadores estão expostos a valores não recomendáveis nas acelerações no eixo dos z. Também neste eixo, as frequências que variam entre os 60Hz e 90Hz não são aconselháveis, pois podem afectar o globo ocular.

O gráfico da figura 23 relaciona os valores da aceleração a_y em cada frequência com o tempo de permanência dos trabalhadores nos locais de trabalho tendo em conta os limiares de incomodidade para o trabalhador. Ao observar o referido gráfico, verificou-se que para as frequências estudadas, o posto de trabalho tapete apresenta valores maiores de aceleração a_y do que os valores mesma da aceleração nos postos de trabalho britador e silos. Estes valores ainda não prejudicam o conforto do trabalhador, tendo em conta que a jornada de trabalho é de oito horas. No entanto, o valor da aceleração na frequência de 10 Hz já é alto, o que pode indicar que num curto espaço de tempo esta seja prejudicial ao trabalhador.

Através da figura 24 retirada da NP 1673:1980, que relaciona os valores da aceleração a_y com fadiga dos trabalhadores e tendo em consideração os tempos de permanência aconselhados para cada posto de trabalho, verificou-se que o tapete toma valores de destaque quando comparado com os restantes postos. Assim, podemos concluir que neste posto de trabalho a estrutura tem também um deslocamento horizontal, e segundo a ISO 2631-1 pode provocar distúrbios no conforto e na percepção do trabalhador a médio ou longo prazo. Recomenda-se que para evitar o aumento das acelerações seja realizado um plano de manutenção da estrutura para não haver degradação do local onde o trabalhador realiza as suas tarefas.

Este trabalho não pôde ser mais desenvolvido uma vez que o equipamento não contempla frequências inferiores a 10 Hz.

De acordo com a ISO 2631-1:1997 e com o estudo efectuado, será necessário realizar um trabalho mais aprofundado nas gamas de frequências 0,5 Hz a 80 Hz e 0,1Hz a 0,5 Hz. Estas gamas de frequência são dirigidas para averiguar a percepção/conforto e enjoo dos trabalhadores nos locais de trabalho.

O decreto-lei nº 46/2006, que transpõe para a legislação portuguesa a directiva 2002/44/CE, está a ser aplicado nas empresas, contribuindo assim para promover a melhoria das condições de trabalho e garantir um melhor nível de protecção da segurança e da saúde dos trabalhadores, designadamente no que respeita aos riscos decorrentes de vibrações. Cabe ressaltar que os acidentes e as doenças profissionais são danos previsíveis e, portanto, evitáveis. Os trabalhos em máquinas e equipamentos obsoletos e inseguros são responsáveis por acidentes de trabalho graves e incapacitantes.

Como já foi mencionado as vibrações afectam várias partes do corpo humano e também actuam como factor de contribuição para o agravamento de lesões nos trabalhadores por esforço repetitivo, pelo que deve haver uma alteração dos métodos de trabalho e deve ser feita uma escolha de máquinas e ferramentas ergonomicamente correctas, reduzindo a vibração ao nível mais baixo possível. A rotatividade dos trabalhadores também diminui o tempo exposição destes às acelerações prejudiciais à saúde, logo é importante que haja na empresa essa preocupação.

Como já foi mencionado a manutenção e conservação dos equipamentos e uma vigilância adequada da saúde têm uma importância fundamental na prevenção dos riscos para a saúde dos trabalhadores.

É importante assinalar que cada trabalhador reage às vibrações de modo particular, o que significa que os efeitos danosos ocorrerão em função da sensibilidade de cada trabalhador e do tempo de exposição a essas vibrações.

A evolução da legislação, as restrições preventivas, as modificações e/ou melhorias das máquinas quanto às vibrações mecânicas, certamente vão contribuir, significativamente, para a redução dos acidentes e doenças ocupacionais.

Relativamente às poeiras e de modo a melhorar a representatividade da monitorização, esta foi realizada em dias distintos. A direcção do vento pode deslocar a massa de poeira em suspensão em diferentes direcções e pode influenciar os valores de concentração de poeiras nos postos de trabalho, devido à sua exposição às condições meteorológicas. No

entanto, não nos foi possível confirmar esta suspeita por falta de equipamento que nos indicasse a direcção do vento. Este factor terá de ser considerado em futuros trabalhos, com a utilização do anemómetro adequado.

A variação dos tempos e ritmos nas diferentes fases de cada ciclo de descargas no britador influencia os valores de concentração de poeiras neste posto e no tapete. A concentração de poeiras no silo também pode ser influenciada pelo ciclo de carga dos camiões de transporte.

Ao observar a figura 26 que compara as concentrações medidas em 2003 e 2011, com concentração máxima admissível de poeiras respiráveis, ficou evidenciado que aquelas estão dentro dos valores admissíveis. No que diz respeito à percentagem de sílica cristalina presente nas poeiras, é possível afirmar que a mesma é inferior a 6%, logo está dentro dos valores aceitáveis.

É de acentuar que os valores das concentrações em 2011 são superiores a 2003. Em 2003 o britador tinha um valor em 2003 inferior a $0,11 \text{ mg.m}^{-3}$ e em 2011 toma o valor de 2 mg.m^{-3} . Quanto aos valores das concentrações de poeiras no posto de trabalho tapete o valor em 2011 teve um acréscimo de $0,9 \text{ mg.m}^{-3}$. Tendo em conta estes resultados podemos afirmar que os trabalhadores não estão sujeitos a valores que possam provocar doenças respiratórias.

Embora os valores encontrados estejam dentro dos valores permitidos por lei, será sempre recomendável a realização de formação dos trabalhadores nesta área, a monitorização das poeiras respiráveis e a realização de exames médicos que possam indicar algum indício de problemas nas vias respiratórias.

Os objectivos principais deste trabalho passavam por:

- caracterizar os parâmetros de ruído e realizar a comparação dos níveis de ruído ao longo dos últimos anos,
- realizar um estudo preliminar de vibrações de corpo inteiro,
- verificar a existência de alterações significativas ao longo dos anos das concentrações de poeiras e sua composição química, através da comparação de valores.

Mediante o exposto estes objectivos foram atingidos.

A conclusão deste trabalho não se encerra com o estudo destes riscos físicos. Como também já foi mencionado neste trabalho, o estudo das vibrações e das poeiras não foi realizado com equipamento mais adequado.

Assim, pelo conhecimento adquirido ao longo do desenvolvimento deste estudo sugere-se o aprofundamento do mesmo com equipamento com maiores potencialidades e que a amostra do estudo seja maior, para que os resultados sejam mais representativos e possam desta forma proporcionar uma melhoria das condições de trabalho nos referidos postos de trabalho, tendo em conta a melhoria da saúde dos trabalhadores.

Também seria importante:

- monitorizar em contínuo o ruído de forma a permitir um melhor conhecimento da sua evolução ao longo do tempo e as causas dessa variação de modo a poder intervir mais correctamente,
- verificar a influência da direcção e intensidade do ar (vento) na produção de poeiras,
- conferir um valor limite de exposição e definir de modo mais rigoroso a forma de combater as doenças relacionadas com a sílica e vibrações,
- sensibilizar os trabalhadores para cada tipo de risco associado ao seu posto de trabalho e assim estabelecer novas práticas e procedimentos para melhoria das condições de trabalho. O desenvolvimento de metodologias de formação adequadas é um aspecto importante.

Bibliografia

Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. Prevention of noise-induced hearing loss 1997. Grupo de estudo SIH da universidade de Maastricht 1999. Consult 10 maio 2011. Disponível em: osha.europa.eu/pt/topics/noise/problems

Alois, D.; Gregory. 2004. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. vol I. Capítulo 10. p109.

Anderson, Leif e tal. -Atlas Copco Manual. 1984. 4ª edição. Madrid: Atlas Copco. p 73-83. 84-398-2343-6.

Asselineau, M.; Gaulupeau, A. 2010. Noise exposure assessment: some arguments regarding the simplification of ISO9612 methodology. Lisboa. Internoise. Consult 15 abril 2010. Disponível em <http://www.pentz.nl/info/publicaties/definitief/48.pdf>

Bruel & Kjaer. 2006. Curso de Acústica Laboral. Sebenta. Porto. p20.

Campo, P.; Stafan, G.; Gómez, M. D. 2009. Combined exposure to noise and ototoxic substances. European Agency for Safety and Health at Work. 978-92-9191-276-6.

Centers for Disease Control and Prevention: silica. Consult 01 junho 2011. disponível em <http://cdc.gov/niosh/topics/silica/>

Decreto-Lei nº46/2006. D.R.I Série-A.40 (24-02-06). p 1532-1538.

Decreto-Lei nº102/2009. D.R.I Série. 176 (10-09-09). p 6167-6192.

Decreto-Lei 141/1995. D.R.I Série A. 136 (14-06-1995). p 3848-3850.

Decreto-Lei nº162/1990. D.R.I Série. 117 (22-05-90). p 2290-2312.

Decreto-Lei nº182/2006. D.R.I Série. 172 (06-09-06). p 6584-6593.

Decreto-Lei nº290/2001. D.R.I Série-A. 266 (16-11-01). p 7330-7336.

Decreto-Lei nº305/2007. D.R.I Série. 163 (24-08-07). p 5728-5731.

Demircigil, G.; Coskun, E.; Vidinli, N.; Erbay, Y.; Yilmaz, M.; Cimrin, A.; Schins, R.; Born, P.; Burgaz, S. 2009. Increased micronucleus frequencies in surrogate and target cells from workers exposed to crystaline silica-containing dust. Oxford Journals. vol 25. p 163-169. Consult 31 de julho de 2011. Disponível em : mutage.oxfordjournals.org/content/25/2/163short.

Dias, D.2008.Avaliação de risco para a saúde humana associada a partículas inaláveis.Tese de mestrado.

European Risk Observatory. Consult 04 abril 2011. Disponível em: <http://osha.europa.eu/en/riskpbservatory>.

Ferreira,N.;Guerreiro,H.2010.O ruído e a indústria extractiva. Boletim de Minas45.p10.

Freitas,L.C.2004. Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. Edições Universitárias Lusófonas.Vol 1. 972-8276-91-6.

Freitas,L.C.2004. Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho. Edições Universitárias Lusófonas.Vol 2. 972-8276-91-6.

Golbabaei,F.Barghi,M. e Sakhaei,M.2004.Evaluation of workers' exposure to total, respirable and silica dust and related health symptoms in senjedak stone quarry, Irão. Industrial Health.42.p. 29-33.

Griffin,J..2004.Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.vol II.Capitulo50.p17.

Guide to good practice.2006.Whole-Body Vibration-implementation of directive 2002/44/EC.p60.

Gulf Coast Data Concepts.USB Accelerometer.model X6-2.julho 2009.p10.disponível em: www.gcdadataconcepts.com.

Infopédia.2011.Ondas sonoras.Consult 10 maio 2011.Disponível em <http://infopédia.pt>.

ISO 9612:2009 .Cálculo da incerteza na medição do ruído.

Miguel,A.S.S.R.1998.Segurança e Higiene. Universidade aberta.Lisboa.p324.972-674-229-3.

Miguel,A.S.S.R.2002.Manual de Segurança e Higiene. 6ª edição. Porto Editora.p 527.972-0-45100-9.

MRA.2008Curso de Acústica de Edifícios.Sebenta.p 32.Porto.

NP EN 1540:2004 . Atmosferas dos locais de Trabalho. Terminologia.

NP 1673:1980.Vibrações mecânicas - avaliação da reacção à excitação global do corpo por vibrações. Lisboa.

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.

NP 1733:1981. Acústica Higiene e segurança no trabalho Estimativa da exposição ao ruído durante o exercício de uma actividade profissional, com vista à protecção da audição. Acústica. Grau de reacção humana ao ruído.

NP 1786:1988 .Higiene e Segurança no Trabalho. Valores limite de exposição de concentração para substâncias nocivas existentes no ar nos locais de trabalho.

NP 2041:1986.Acústica. Higiene e Segurança do Trabalho. Limites de exposição do sistema braço-mão às vibrações.

NP 3992:1994. Sinais de segurança utilizáveis no domínio da prevenção, protecção e do combate a incêndio. Descrição, em figura, formas, cores e significado dos sinais utilizados nos domínios acima referidos, desde a sinalização de alarme, alerta e comandos manuais até aos sinais complementares passando por: meios de evacuação; equipamentos de combate a incêndio; e zonas ou materiais que apresentam um risco particular de incêndio.

O'Mahony,M.S.2003. Gestão de Sistemas de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho,Monitor-Projectos e Edições Lda.p321.972-9413-55-x.

Pereira,A. 2009. Avaliação da Exposição dos Trabalhadores ao Ruído (Análise de Casos).Tese de mestrado.

Portaria 1456-A/95.D.R.I Série-B.284 (11-12-1995),p 7734(2)-7734(11).

Salgado,P.2003.Informações Gerais ev Ecotoxicológicas do Material Particulado,cadernos de referência ambiental,vol 4.p156.85-88595-18-4.

Schwartz,J.1993.Particulate Air ^Pollution and Chronic Respiratory Disease.vol 62.p 13/07.

Seabra,A.2003.Centro Tecnológico de Cerâmica e do Vidro. Determinação de teores de Poeiras em locais de trabalho. Relatório de trabalho n3.3.3/3288-1/03.p6.

StudioMel.201. Sistema Auditivo. Consult 28 de Julho 2011.Disponível <http://www.studiomel.com/60.html>

Estudo de riscos físicos associados a uma pedreira de calcário - Caso de estudo na pedreira de Vale de Junco, Portunhos, Cantanhede

Verlag Dashofer.2005.Higiene do Trabalho.Documento electrónico:informação de poeiras.CD-ROM.versão 13.

William, L.Shade-V.P. Engineering-Lighthouse Worldwide Solutions. 2007.Operating Manual.p60.

ANEXOS

Apresentam-se os diferentes anexos deste trabalho, que podem ser consultados no CD-ROM apenas a este estudo.

ANEXO I – Incluído no CD-ROM

Ficheiro “Ruido3Postos2011.pdf” - Dados dos níveis de ruído monitorizados e cálculo das suas incertezas.

ANEXO II – Incluído no CD-ROM

Ficheiro “Acelerações3Postos2011” – Dados e cálculos das acelerações nos eixos x, y e z.

ANEXO III – Incluído no CD-ROM

Ficheiro “Poeiras3Postos2011a” – Gráficos

Ficheiro “Poeiras3Postos2011b” – Valores das poeiras monitorizados nos diferentes dias nos postos de trabalho “Tapete” e “Britador”, considerando o dia 12/7/2011; e valores das poeiras monitorizados nos diferentes dias nos postos de trabalho “Tapete” e “Britador”, não considerando o dia 12/7/2011.

Ficheiro “Poeiras3Postos2011c” – Valores das poeiras monitorizados nos diferentes dias no posto de trabalho “Silos”, considerando o dia 12/7/2011.

Ficheiro “Poeiras3Postos2011d” – Valores das poeiras monitorizados nos diferentes dias no posto de trabalho “Silos”, não considerando o dia 12/7/2011.

ANEXO IV – Incluído no CD-ROM

Ficheiro “Características do equipamento” – Descrição das características do equipamento utilizado nas avaliações nos três postos de trabalho.