

Saúde Ambiental

# **Exposição Ocupacional ao Ruído nas Pedreiras**

Rui de Sousa

Maio de 2015

**ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1	Objetivos	11
<b>2</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b>	<b>13</b>
2.1	Pedreiras	13
2.1.1	Processo Produtivo e Atividades Complementares	15
2.1.1.1	Perfuração e Desmonte	16
2.1.1.2	Ciclo de Carga, Transporte e Descarga	17
2.1.1.3	Britagem/ Unidades de Transformação	18
2.1.1.4	Central de Areias	19
2.1.1.5	Expedição	19
2.1.1.6	Outras Atividades	20
2.1.2	Enquadramento Legal	21
2.2	Som e Ruído	23
2.2.1	Características e Propriedades do Ruído	25
2.2.2	Efeitos do Ruído na Saúde	27
2.2.2.1	Sistema Auditivo	27
2.2.2.2	Audibilidade	30
2.2.3	Efeitos do Ruído na Saúde	32
2.2.3.1	Sistema Auditivo	32
2.2.3.2	Sistema Extra Auditivo	36
2.2.4	Enquadramento Legal	37
2.2.4.1	Medidas de Prevenção e Proteção	39
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>45</b>
3.1	Pesquisa Bibliográfica	46
3.2	Procedimento de Medição	46
3.2.1	Referências	46
3.2.2	Equipamentos	47
3.2.2.1	Calibração	47
3.2.3	Técnica de Medição	47
3.2.3.1	Seleção da Posição de Medição	48
3.2.3.2	Intervalo de Tempo de Medição	48
3.2.3.3	Duração das Tarefas de Trabalho	49
3.2.3.4	Medição do $L_{Aeq,Tk}$ para cada Tarefa de Trabalho	49
3.2.3.5	Duração da Amostragem	49

3.2.3.6	Número de Amostragens .....	50
3.2.4	Intervalos de Frequência das Medições .....	50
3.2.5	Armazenamento de Dados .....	50
3.2.6	Cálculos, Incertezas e Apresentação dos Resultados .....	50
3.2.6.1	Determinação da exposição pessoal diária ao ruído, $L_{EX,8h}$ .....	50
3.2.6.2	Determinação da Exposição Pessoal Diária Efetiva, $L_{EX,8h,efect}$ .....	51
3.2.7	Cálculo de Incertezas .....	51
3.2.8	Apresentação de Resultados .....	51
3.3	Parâmetros avaliados .....	52
3.4	Critérios de Avaliação .....	53
4	Resultados .....	54
5	Conclusões e Recomendações .....	75
5.1	Medidas de Minimização da Exposição ao Ruído Ocupacional .....	86
6	Bibliografia .....	90

## DEFINIÇÕES

Agregados britados - Material proveniente do desmonte, que já foi processado e transformado no produto final, que possui uma granulometria específica e ao qual é estipulado um valor comercial.

Desmonte - Operação de extração de matéria-prima mineral, vulgarmente com explosivos, de modo a desagregar o maciço remanescente, destacando a rocha, que entre outras finalidades, tem em vista a produção de agregados.

Dia nominal - Dia de trabalho escolhido para determinar a exposição sonora. Deve ser representativo da exposição média ao longo do período em análise.

Escombros - Material proveniente do desmonte.

Explorador - Titular da respetiva licença de pesquisa ou exploração da pedreira.

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

Exposição pessoal diária efetiva,  $L_{EX,8h,efect}$  - Representa a exposição pessoal diária ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em  $dB(A)$ .

Instalação de britagem - Conjunto de equipamentos necessários para o processamento de matérias-primas minerais nos vários estágios (britagem, separação e tratamento).

Massas minerais - As rochas e ocorrências minerais não qualificadas legalmente como depósito mineral, tal como definido no artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 90/90, de 16 de Março.

Nível de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$  - Valor máximo de pressão sonora instantânea, ponderado  $C$ , expresso em  $dB(C)$ .

Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado  $A$ , em *decibel*,  $L_{Aeq,T}$  - Valor do nível de pressão sonora ponderada  $A$  de um ruído uniforme que, no intervalo de tempo  $T$ , tem o mesmo valor eficaz da pressão sonora do ruído considerado cujo nível varia em função do tempo.

Pedreira - Conjunto formado por qualquer massa mineral objeto do licenciamento, pelas instalações necessárias à sua lavra, área de extração e zonas de defesa, pelos depósitos de massas minerais extraídas, estéreis e terras removidas e, bem assim, pelos seus anexos.

Posto de trabalho - Conjunto de todas as tarefas realizadas pelo trabalhador durante um dia inteiro de trabalho ou turno.

Primário - Equipamento situado no início da instalação de britagem e utilizado para fragmentar a matéria-prima mineral proveniente diretamente da pedreira. Produz uma regularização do calibre para a alimentação britagem secundária.

Profundidade das escavações - A diferença de cotas, na área da pedreira destinada à extração, entre a maior cota original e a menor cota prevista no plano de lavra.

Ruído impulsivo - Ruído constituído por um ou mais impulsos de energia sonora, tendo cada um uma duração inferior a 1 segundo, e separados por mais de 0,2 segundos.

Substâncias ototóxicas - Substâncias químicas que apresentam toxicidade para o aparelho auditivo. Na indústria, aparecem normalmente associadas aos solventes e têm a capacidade de interagir com o ruído, potenciando assim os seus efeitos negativos.

Tarefa - Parte da atividade ocupacional do trabalhador num determinado (especificado) intervalo de tempo de trabalho. O intervalo de tempo de trabalho normalmente consiste (é composto) numa sequência de atividades coordenadas que podem fazer um ciclo de trabalho.

Valores de ação superior e inferior - 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.

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

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos geológicos pela Humanidade, desde os seus primórdios na construção de abrigos para a própria sobrevivência e desenvolvimento, está fortemente associada a etapas da sua evolução.

Essa riqueza, proporcionada pela Terra, encontra-se à superfície terrestre, solo e subsolo. Compõe-se por diversos elementos químicos, como o silício, potássio, sódio, ferro, cálcio, alumínio, magnésio, entre outros e forma-se por condições termodinâmicas variadas, gerando aglomerados locais que formam as jazidas.

Sendo os recursos geológicos de grande importância para todos os setores industriais, surgiu a própria Indústria Extrativa (IE), a qual corresponde ao conjunto das atividades económicas que têm por objetivo a extração de recursos do subsolo, no seu estado bruto, que servem de matéria-prima a outras indústrias, ou constituem fontes energéticas.

Em Portugal, na última década do século XX, deu-se um crescimento acentuado em termos de valor da produção da IE (Nunes, 2010). Tal facto está diretamente associado à valorização da cotação internacional dos minerais metálicos e ao aumento da produção de rochas (ornamentais e industriais) para consumo do setor da construção civil e obras públicas, que se intensificou nas últimas décadas.

De facto, a importância deste sector para a economia Portuguesa encontra-se bem enfatizada no Decreto-Lei n.º 90/90, de 16 de Março, que constitui o Regime jurídico de revelação e aproveitamento de bens naturais existentes na crosta terrestre, genericamente designados por recursos geológicos. Este, realça no seu preâmbulo a importância do setor e do estabelecimento de regras: *"A dependência em que, coletivamente, hoje nos encontramos da produção e distribuição destes recursos, a velocidade do progresso tecnológico, a ditar frequentes mudanças na hierarquia dos seus valores relativos e absolutos, catapultando para posição de destaque produtos até aí*

*negligenciáveis, os consumos crescentes reclamados pela contínua elevação do nível de vida, as factuais limitações de reservas disponíveis, as pressões sociais que transferem para os órgãos de poder a responsabilidade da gestão global e disposição dos recursos existentes, tudo são realidades que impõem ao Estado o estabelecimento de regras ajustadas a uma atualizada clarificação de conceitos e à definição dos direitos e deveres dos agentes envolvidos”.*

A par com a importância económica deste setor, é também necessário ter presente que se trata de um setor de elevado risco para a segurança e saúde dos seus trabalhadores. A exposição aos múltiplos riscos inerentes ao processo produtivo da IE, que é realizado a céu aberto, sob a influência das condições climatéricas, com a realização de escavações a grandes profundidades e conseqüente desnível no solo, com a movimentação e utilização de equipamentos de trabalho móveis de grandes dimensões e potência, uso de explosivos, etc., traduz-se na classificação dessas atividades como sendo de risco elevado. Assim, os trabalhadores da indústria extrativa estão sujeitos aos riscos de exposição a parâmetros físicos (entre os quais o ruído), químicos, ergonómicos e psicossociais. (Donoghue, 2004).

De acordo com os dados do Gabinete de Estratégia e Planeamento (GEP, 2012), foram registados em 2010 na IE 1.674 acidentes de trabalho, correspondendo a uma percentagem de 0,8% do total de acidentes em todos os setores de atividade (215.632). Considerando os acidentes mortais, a percentagem sobe para os 2,4% (5 acidentes num total de 208). Foram 64.536 os dias de trabalho perdidos, num total de 1.669 acidentes não mortais (GEP, 2012). Além disso, este é também um setor importante no que se refere a doenças profissionais.

Perante o contexto apresentado torna-se fundamental a identificação dos perigos e avaliação dos riscos associados aos fatores anteriormente enunciados, seguido da definição das medidas preventivas e de controlo, de

acordo com os Princípios Gerais de Prevenção, previstos na Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro.

Dos perigos referidos o ruído é, atualmente, um dos mais relevantes no meio ocupacional industrial. De acordo com a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (OSHA, 2009), calcula-se que, na União Europeia, 60 milhões de trabalhadores (30% da força de trabalho) estejam expostos a ruído excessivo, tendo a perda auditiva sido a doença profissional mais registada em 2005. Também nos EUA esta é uma problemática de elevada importância, onde estudos recentes revelaram que cerca de 90% dos operadores de máquinas estavam expostos a níveis de ruído acima dos limites de exposição diária admissíveis (Goswami, 2012).

De facto a problemática da exposição ao ruído é de elevada importância, estando a exposição a níveis elevados por períodos longos de tempo associada à ocorrência de fadiga ou problemas de audição. Assim, níveis de ruído baixos no interior da cabine das máquinas, traduz-se num proveitoso ao nível da competitividade das empresas (Sung-Hee, 2012).

A IE é considerada como um dos setores que apresenta maior número de problemas auditivos relacionados com o trabalho. Analisando as doenças profissionais por atividade económica, constata-se que a taxa de incidência mais elevada está associada à IE (OSHA, 2009). No entanto, é importante realçar que esta questão pode-se ter vindo a agravar devido à atual crise económica do país e conseqüente desinvestimento das empresas em aspetos associados à prevenção de riscos.

Devido à global crise económica e as conseqüentes repercussões em Portugal, todos os setores da economia se encontram afetados. No entanto, o relatório de Atividade de Inspeção do Trabalho (2013), emitido pela Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT), refere que em 2012 existiam 1.177 indústrias extrativas com 10.205 de funcionários.

As atividades extrativas dependem da geologia e localização específica dos minerais, obrigando a que a exploração das jazidas seja muitas vezes realizada em condições desfavoráveis. Fatores como a concorrência, flutuação do valor dos minerais, os custos elevados do tratamento, a privatização e reestruturação das empresas, colocam as empresas ligadas à IE sob tensão permanente. Os elevados investimentos de capital pela IE levam a que as empresas tentem tirar a máxima rentabilidade dos seus equipamentos, tornando-os mais flexíveis e muitas vezes utilizando modelos de trabalho intensivo (Matos *et al.*, 2011).

Todos estes fatores inerentes à atividade aumentam a probabilidade da ocorrência de acidentes de trabalho e doenças profissionais.

De acordo com o relatório da Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT), em Portugal, no ano de 2014, foram registados, na IE, 4 acidentes mortais e 3 acidentes graves. Entre 2012 e 2014, foram registados, 11 acidentes mortais (ACT, 2015). O mesmo relatório refere que em 2011 a IE apresentou 84 doenças profissionais certificadas (30 casos sem incapacidade e 54 com incapacidade), em 2012 teve 86 doenças profissionais certificadas (16 sem incapacidade e 70 com incapacidade) e em 2013 teve 99 casos de doenças profissionais certificadas (22 sem incapacidade e 77 com incapacidade).

Embora se verifique na IE um progresso no controlo e avaliação de riscos para a saúde, ainda há muito espaço de manobra para a sua redução, aplicando-se estes princípios especialmente a riscos de lesões traumáticas, riscos ergonómicos e de exposição ocupacional ao ruído (Matos, 2011).

O ruído ocupacional na IE combina-se com as diferentes variáveis do processo desta indústria, nomeadamente com as vibrações e a substâncias ototóxicas a que os trabalhadores podem estar expostos. Vários autores estabelecem que o ruído constitui uma variável ocupacional durante o exercício de uma atividade profissional na IE (em particular a céu aberto), podendo ser causa de perda de audição, pelo que o seu controlo e redução

assumem grande importância na saúde dos trabalhadores (Matos *et al.*, 2011). Defendem também a importância da implementação de metodologias que conduzam à redução dos níveis de ruído existentes e, conseqüentemente, a uma melhoria das condições de trabalho (Matos *et al.*, 2011).

Apesar da existência de um clima generalizado de conhecimento do risco de exposição ocupacional ao ruído na IE, nem todos os seus intervenientes atuam da melhor forma no sentido da redução dessa exposição. Muitas vezes, as medidas implementadas visam apenas a satisfação do cumprimento de requisitos legais e não a redução dos níveis de ruído existente. Ou seja, a atuação prioritária é, muitas vezes, centrada em envolver o trabalhador com equipamentos de proteção individual (EPI), em detrimento da atuação na origem, circunscrevendo e afastando o risco.

## **1.1 Objetivos**

A exposição ocupacional ao ruído nas diversas atividades realizadas na Indústria Extrativa a céu aberto – Pedreiras, tem merecido a atenção por parte de alguns investigadores. No entanto, os dados disponíveis quanto a essa exposição ainda são escassos.

Se, por um lado, é necessário conhecer o nível de exposição a que os trabalhadores das pedreiras estão expostos é também necessário compreender as características deste setor de atividade (em particular das fontes produtoras de ruído), para que seja possível enquadrar medidas de proteção e minimização do impacto acústico provocado na saúde dos trabalhadores.

Neste trabalho pretende-se caracterizar e avaliar a exposição ocupacional ao ruído presente nas diferentes tarefas executadas na IE a céu aberto – Pedreiras.

Pretende também expor algumas situações verificadas no quotidiano da IE, que são passíveis de melhoria e da implementação de algumas regras e boas práticas, como medidas de minimização do risco de exposição ao ruído e proteção dos trabalhadores a ele expostos.

Assim, os principais objetivos deste trabalho consistem na avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho nas pedreiras e a caracterização das principais variáveis inerentes a essa exposição.

Foram também delineados os seguintes objetivos específicos:

- Caracterização e enquadramento legal da Indústria Extrativa;
- Identificação e caracterização das tarefas de trabalho executadas nas pedreiras;
- Descrição dos principais efeitos do ruído na saúde.
- Medição dos níveis de pressão sonora a que os trabalhadores estão expostos nas diversas tarefas e obtenção dos parâmetros  $L_{Aeq,Tk}$  e  $L_{Cpico}$ ;
- Determinação dos parâmetros  $L_{EX,8h}$ ,  $L_{EX,8h,effect}$  e  $L_{Cpico}$  e comparação com os valores legais aplicáveis;
- Observação de medidas de minimização da exposição ao ruído e sua aplicabilidade nas diferentes tarefas;

## 2 ESTADO DA ARTE

### 2.1 Pedreiras

A IE a céu aberto explora uma variada gama de matérias-primas. A sua produção divide-se em dois grupos, de acordo com o destino que é dado às rochas extraídas: rochas ornamentais (mármore e granitos) e rochas industriais (calcários, areias, argilas, pedras e britas).

A distribuição da IE em Portugal Continental faz-se de acordo com os diferentes afloramentos rochosos que ocorrem em cada região, conforme representado na Figura 1:

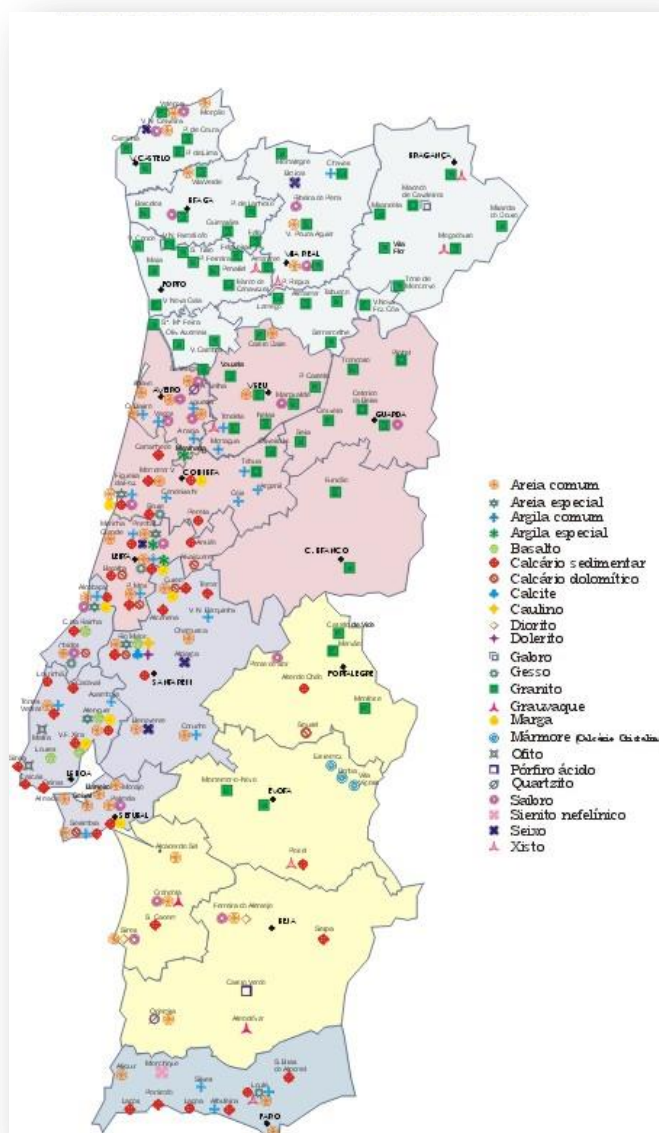


Figura 1 – Localização dos Principais Centros Produtores de Rocha Industrial

Segundo o Decreto-Lei n.º 381/2007, de 14 de Novembro classificação das atividades económicas, à atividade alvo do presente estudo é dada a classificação (CAE-Rev.3) expressa na Tabela 1.

**Tabela 1 – Classificação da Atividade Económica das Pedreiras Avaliadas**

<b>Secção</b>	<b>B</b>	Indústrias Extrativas
<b>Divisão</b>	<b>08</b>	Outras indústrias extrativas
<b>Grupo</b>	<b>081</b>	Extração de pedra, areia e argila
<b>Classe</b>	<b>0812</b>	Extração de saibro, areia e pedra britada; extração de argilas e caulino
<b>Subclasse</b>	<b>08121</b>	Extração de saibro, areia e pedra britada

Seguindo a nota explicativa do documento “Classificação Portuguesa das Atividades Económicas Rev. 3” do Instituto Nacional de Estatística (INE), esta atividade compreendendo a “extração, dragagem, lavagem e beneficiação de areias especiais para a indústria transformadora e areias comuns para a construção; extração e britagem de pedras para agregados utilizados na construção; moagem de pedras para obtenção de pós no local da extração”.

### 2.1.1 Processo Produtivo e Atividades Complementares

O processo produtivo inicia com a extração da matéria-prima mineral, normalmente com recurso a explosivos. Os escombros resultantes são triados, processados e transformados em unidades de transformação ou britagem automatizadas. São sujeitos a diversos estágios de fragmentação e classificação, originando diferentes granulometrias de material (designados por agregados britados) e armazenadas por categorias em grandes montes de estoque. Por fim a fase de expedição é efetuada, por meio de pá-carregadora, fazendo cargas individuais nos camiões ou misturas com homogeneização (a partir de composições predefinidas).

Com o objetivo de efetuar o controlo da qualidade da produção e a verificação da conformidade segundo requisitos específicos (nomeadamente marcação CE), os agregados são regularmente submetidos a controlo, em laboratórios próprios e/ou externos.

A Figura 2 ilustra, de forma simplista, o sistema produtivo de pedreiras:

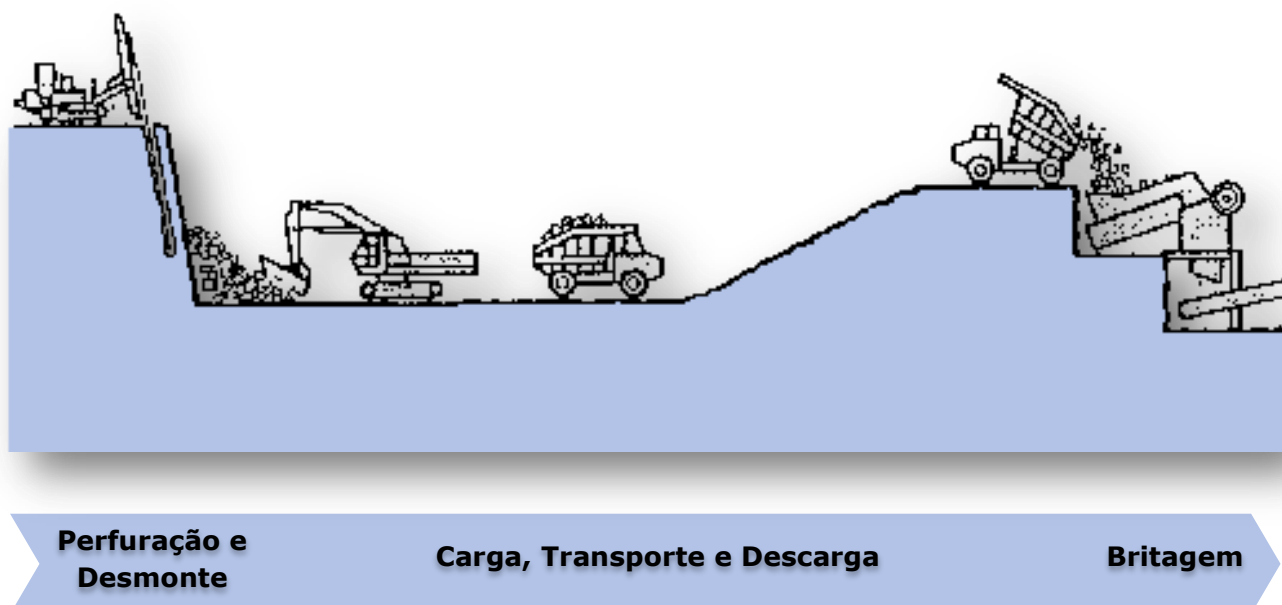


Figura 2 – Ilustração Simplificada do Sistema Produtivo de Pedreiras

### **2.1.1.1 Perfuração e Desmonte**

As operações de perfuração e desmonte estão intimamente ligadas ao tipo de exploração extrativa. Na exploração destinada a rocha industrial, dependendo da consistência da massa mineral, o desmonte é realizado com recurso a explosivos ou por meio de separação hidráulica em maciços segmentados.

No caso particular das pedreiras analisadas neste trabalho, o processo de desmonte era realizado com explosivos. Após a perfuração de um conjunto de furos calculadamente distribuídos pela área a extrair (na frente de pedreira), estes eram carregados com explosivos e de seguida detonados em “pegas” de fogo criteriosamente controladas e com evacuação da área. O dimensionamento desses rebentamentos é fundamental, quer para a eficácia do desmonte, quer para a seleção da matéria-prima.

A primeira etapa é executada com recurso a máquinas de perfuração (Perfuradora/ Roc). Estes equipamentos dispõem de uma coluna de perfuração que executa furos por meio de varas, as quais vão perfurando e sendo retiradas, lubrificadas e acopladas sucessivamente até atingir a profundidade desejada. Este processo é realizado de modo automático ou semiautomático, consoante o tipo de máquina. Os modelos mais antigos de Perfuradoras/ Roc não dispõem de cabine, estando os operadores no exterior da máquina (junto dos comandos e coluna de perfuração). No caso dos mais recentes, estes são equipados de cabine onde se localizam os comandos, a qual permite acolher o operador e isola-lo do exterior.

Depois da perfuração e rebentamento dos explosivos (que origina o desmonte) a massa mineral fica disposta em escombros de dimensão heterogénea. Se a “pega” de fogo não foi bem dimensionada (ou por motivo inerente a características geológicas particulares), podem resultar algumas rochas de maior dimensão as quais terão de sofrer, em caso extremo, nova operação de perfuração e desmonte com recurso a explosivo, ou uma

fragmentação (taqueamento) por meio de equipamento de percussão hidráulico designado por Giratória com Martelo – “Pica-Pedra”.

A designação deste equipamento (Giratória) deve-se ao facto de poder girar sobre si mesmo. Desloca-se por meio de lagartas e dispõe de braço hidráulico onde está acoplado o “martelo”, utilizado para deslocar ligeiramente os blocos de pedra e acionar forte percussão pneumática sobre eles. São equipamentos cabinados, conferindo acolhimento ao operador.

### **2.1.1.2 Ciclo de Carga, Transporte e Descarga**

O ciclo de carga, transporte e descarga é um processo continuado e repetitivo (cíclico) que inicia com a remoção da pedra (misturada com os restantes escombros) do local onde foi efetuado o desmonte (na frente de pedreira) e colocação na máquina que fará o seu transporte (Camião ou Dumper) até ao local onde será processada (Britagem).

A carga é efetuada com recurso a Pás-Carregadoras ou Giratórias com Balde, dependendo dos recursos disponíveis em pedreira e das características do material a carregar. Ambas as máquinas são providas de cabine.

No caso das Giratórias com Balde, dispendo de sistema de locomoção de lagartas, conseguem alcançar e subir amontoados de escombros, permitindo girar e carregar as caixas basculantes dos Camiões/ Dumpers. Estes equipamentos possuem grande capacidade de força, podendo recolher grandes pedras, mesmo em escombros compactados e até efetuar escavação.

As Pás-Carregadoras, por sua vez, dispõem de rodas e pneus, permitindo maior mobilidade e rapidez no manuseamento da carga, em terrenos menos sinuosos e com acesso livre até aos escombros. Contudo, não tem tanta facilidade em remover escombros muito compactados e com pedras de grandes dimensões. São também bastante importantes e eficazes nos trabalhos de elaboração e limpeza dos percursos.

A operação de transporte é então feita pelos Dumpers (ou camiões). Os Dumpers são veículos de transporte bastante robustos e capazes de superar terrenos acidentados e com declives acentuados. Dispõem de grande capacidade de carga devido à sua caixa basculante (báscula) onde transporta o material proveniente do desmonte o qual despeja no Britador Primário ou numa pilha de estoque.

O ciclo reinicia após o regresso do Dumper à frente de pedreira, onde este recebe nova carga.

### **2.1.1.3 Britagem/ Unidades de Transformação**

A Britagem, ou Unidades de Transformação, são constituídas por equipamentos, geralmente, fixos (apesar da existência de algumas britagens móveis) cuja função se baseia na fragmentação progressiva e triagem dos agregados britados de acordo com as granulometrias desejadas.

A britagem tem início no Britador Primário que é composto por um recetáculo, onde escombros descarregados pelo Dumper deslizam, por meio de vibração da estrutura, até às "maxilas" do Primário. Aqui, a ação da percussão do aço maciço sobre a pedra, fragmenta-a em partes de menor dimensão.

As diferentes granulometrias de pedra, vão sendo encaminhadas por "tapetes rolantes" (designados por telas transportadoras) para britadores secundários e crivos onde continua a ser processada a fragmentação ou é selecionado o agregado britado, de acordo com a sua dimensão.

O agregado britado é então disposto em pilhas de estoque (ou silos de grande capacidade), pronto para os ensaios laboratoriais de controlo de qualidade e expedição.

Todo este processo é automatizado, mas controlado por um operador que se encontra no interior da cabine de comandos, junto ao Primário. No entanto, o Britador Primário pode "encravar" (não conseguindo partir alguma pedra de

maior dimensão, por exemplo) tendo um operador que se deslocar ao exterior, junto do Primário, para proceder a operações que restabeleçam o seu normal funcionamento.

Existem também detetores de metais ao longo do circuito para evitar que algum objeto estranho e metálico entre no sistema de britagem secundária ou nos crivos, evitando assim a sua avaria. Estes objetos podem ser, por exemplo varas dos equipamentos de perfuração, “dentes” dos baldes das Pás-Carregadoras ou das Giratórias, etc. No caso de ser detetado algum objeto metálico, as telas transportadoras param e é necessária a intervenção de um operador para se deslocar ao local, procurar o objeto metálico e de seguida proceder à sua remoção.

Na Britagem, as Pás-Carregadoras desempenham também algumas tarefas adicionais, como o caso das limpezas, arrumação das pilhas de estoque e, algumas vezes, à alimentação do Primário.

#### **2.1.1.4 Central de Areias**

Algumas pedreiras são também capazes de efetuar “lavagem” de areias. Este processo consiste na crivagem e lavagem da parte mais fina resultante da britagem, com a separação das lamas (resíduo) e aproveitamento das areias, por diferentes granulometrias.

Um operador comanda, no interior da cabine, todo o processo, sendo necessária a sua presença (ou de outro operador) no exterior para controlo do processamento de tratamento das lamas.

A alimentação da instalação de lavagem de areias é feita recorrentemente com a Pá-Carregadora.

#### **2.1.1.5 Expedição**

A expedição dos agregados britados pode ser efetuada pelo carregamento dos camiões diretamente em silos de grandes dimensões ou pela operação

da Pá-Carregadora, transpondo os inertes das pilhas de estoque para as básculas dos camiões.

### **2.1.1.6 Outras Atividades**

Para além dos equipamentos e processos diretamente associados à produção, as pedreiras usufruem de outras infraestruturas e desenvolvem outras atividades complementares.

Conforme já foi mencionado anteriormente, para a garantia de qualidade do produto, são realizados ensaios laboratoriais na própria pedreira (se dispuserem dessa valência) ou por entidade externa. Os ensaios de agregados britados mais comumente realizados nas pedreiras consistem na análise granulométrica do produto, os quais são realizados com a peneiração manual desses agregados em peneiros metálicos.

Para garantir o bom do funcionamento de toda a instalação de produção, das máquinas e equipamentos presentes numa pedreira, é necessária a capacidade de proceder à sua manutenção diária e solucionar avarias pontuais, mais ou menos frequentes. Para tal, as pedreiras dispõem de Armazéns onde acondicionam os materiais necessários e Oficinas onde executam a manutenção e reparação das máquinas, equipamentos e estruturas amovíveis, sendo que os equipamentos fixos são intervencionados no próprio local.

As atividades administrativas e pesagem dos veículos expedidos realizam-se, habitualmente, em edifícios afastados da zona de produção, próximo do acesso à pedreira. Estas são realizadas por trabalhadores, instalados no interior de escritórios. Existindo contudo uma comunicação física, por meio da abertura de uma janela onde o operador de balança e os motoristas dos camiões expedidos efetuam a transação comercial (pagamento, entrega de faturas/ recibos e guias de transporte).

### 2.1.2 Enquadramento Legal

Não obstante as pedreiras serem classificadas como recurso geológico do domínio privado, o seu aproveitamento legal requer, obrigatoriamente, a obtenção prévia de uma licença de exploração, sendo a emissão dessa licença, responsabilidade da Direção Regional de Economia ou da Câmara Municipal.

Apresenta-se de seguida um resumo da principal legislação aplicável ao setor das pedreiras.

- **Estratégia Nacional para os Recursos Geológicos - Recursos Minerais**

- a) Resolução do Conselho de Ministros n.º 78/2012, de 11 de Setembro:  
Aprova a Estratégia Nacional para os Recursos Geológicos - Recursos Minerais.

- **Regime Jurídico de Revelação e Aproveitamento de Bens Naturais Existentes na Crosta Terrestre**

- b) Decreto-Lei n.º 90/90, de 16 de Março:  
Disciplina o regime jurídico de revelação e aproveitamento de bens naturais existentes na crosta terrestre, genericamente designados por recursos geológicos, integrados ou não no domínio público, com exceção das ocorrências de hidrocarbonetos.

- **Regime Jurídico da Pesquisa e Exploração de Massas Minerais – Pedreiras**

- c) Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro:  
Aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais-pedreiras, revogando o Decreto-Lei n.º 89/90, de 16 de Março.
- d) Declaração de Retificação n.º 20-AP/2001, de 30 de Novembro:  
Retificação ao Decreto-Lei n.º 270/2001, do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, que aprova o regime jurídico da

pesquisa e exploração de massas minerais - pedreiras.

e) Decreto-Lei n.º 112/2003, de 4 de Junho:

Prorroga por seis meses o prazo previsto na alínea a) do n.º 2 do artigo 63.º do Decreto-Lei n.º 270/2001, que aprovou o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais - pedreiras.

f) Decreto-Lei n.º 317/2003, de 20 de Dezembro:

Prorroga por seis meses o prazo previsto no Decreto-Lei n.º 112/2003, aplicável ao regime jurídico de pesquisa e exploração de massas minerais.

g) Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12 de Outubro:

Altera o Decreto-Lei n.º 270/2001, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais.

h) Declaração de Retificação n.º 108/2007, de 11 de Dezembro:

Retifica o Decreto-Lei n.º 340/2007, do Ministério da Economia e da Inovação, que altera o Decreto-Lei n.º 270/2001, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais.

• **Regime Jurídico da Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreira**

i) Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de Maio:

Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Revoga o Decreto-Lei n.º 18/85, de 15 de Janeiro.

j) Portaria nº 198/96, de 4 de Junho:

Regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas.

## 2.2 Som e Ruído

À exceção do “vazio”, qualquer meio elástico que disponha de massa e elasticidade, seja gasoso, líquido ou sólido, vibra quando descreve um movimento oscilatório em relação à sua posição de equilíbrio. Ocorre então uma variação de pressão e densidade que é propagada pela colisão sucessiva das moléculas circundantes, na direção de propagação, provocando assim zonas de compressão e rarefação. Essa propagação pode, inclusive, transitar entre diferentes meios.

Quando ouvido humano contacta com o meio de propagação da onda de energia, essa variação de pressão pode ser identificada como “Som”.

A propagação das ondas sonoras depende, em primeiro lugar, das características do som, do meio de propagação, da distância percorrida, orientação, características envolventes de absorção e reflexão sonora, temperatura, humidade relativa, pressão atmosférica, entre outros fatores.

Ao som indesejado, incomodativo, impedimento de concentração e comunicação ou que possa provocar efeitos nocivos à saúde do seu recetor, designa-se por “Ruído”.

Dado o lato sentido que o ruído pode apresentar, aliado à subjetividade do conceito de incomodidade, este pode ser estudado e avaliado de forma abrangente e diversa. No contexto ocupacional (vertente enquadrada no presente trabalho), o ruído é tido em conta, essencialmente, pelo potencial de causar dano na saúde humana.

De acordo com Miguel (2014) “O ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma auditivo e alterações fisiológicas extra auditivas (...). Quando o ruído atinge determinados níveis, o aparelho auditivo apresenta uma fadiga que, embora inicialmente seja suscetível de recuperação, pode em casos de exposição prolongada a ruído

intenso transformar-se em surdez permanente devido a lesões irreversíveis do ouvido interno”.

Sendo o ruído resultado da variação da pressão sonora, a sua unidade de medida (Pascal - Pa) numa escala linear seria impraticável, uma vez que compreende uma grandeza de unidade de milhão. Considerando que, em média, o limiar de audição (mínimo de pressão sonora que o ouvido humano deteta) é provocado por uma pressão de 20 micro pascal ( $\mu\text{Pa}$ ) e que o limiar da dor (máximo suportado pelo ouvido humano) ocorre a uma pressão de 100 Pa, aliado ao facto que o ouvido não responde linearmente aos estímulos, mas sim logaritmicamente, os parâmetros acústicos são avaliados numa escala logarítmica, expressa em decibéis (dB).

Por definição, o decibel é o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado, que corresponde à mais pequena variação da pressão sonora que um ouvido humano normal pode distinguir, nas condições normais de audição (Miguel, 2014).

A reacção do ouvido humano difere de acordo com o tipo de som captado, devido à própria estrutura do aparelho auditivo e das características do sistema nervoso relacionadas com a audição.

Sons de diferentes frequências, com o mesmo nível de pressão sonora, provocam diferentes estímulos auditivos, pois o ouvido humano tem sensibilidades diferentes para diferentes frequências. Por esse facto, a intensidade do ruído é geralmente medida com uma ponderação (filtros de ponderação), existindo vários tipos de filtros de ponderação normalizados. O mais comumente utilizado a nível de ruído ocupacional é o filtro de ponderação “A” que simula a resposta do ouvido humano. Os valores das medições feitas através do filtro A são seguidos pela designação decibel A, dB(A).

O risco associado à exposição ocupacional ao ruído deriva sobretudo de combinação de duas variáveis: o nível sonoro e o tempo de exposição. Por

esse facto a exposição ao ruído é ponderada no tempo, sendo usados os níveis sonoros médios, extrapolando-se para um dia de trabalho de 8 horas.

### **2.2.1 Características e Propriedades do Ruído**

Conforme referido anteriormente, o nível sonoro expresso em decibel, relaciona a intensidade sonora de um som com a intensidade sonora do som mais fraco que conseguimos ouvir, ou seja, a pressão sonora de referência. A intensidade do som depende da energia que a onda sonora transfere, sendo definida fisicamente como a potência sonora recebida por unidade de área de uma superfície. Permite caracterizar se um som é forte ou fraco.

Uma das características mais importantes na caracterização do ruído é a frequência, que indica o número de ocorrências de um evento, num determinado intervalo de tempo (Braga, 2011). Em acústica, a frequência (Hz) refere-se a ciclos de variação de pressão por segundo. O número de flutuações ou períodos por segundo (hertz) define a frequência.

A escala de frequências do som divide-se em três grandes grupos: infrassons, gama de frequências audível e ultrassons.

A gama audível é aquela que provoca reação ao nível da audição humana (para uma acuidade auditiva média), iniciando nos 20 Hz e com término aos 20 000 Hz. Os infrassons situam-se abaixo dos 20 Hz e os ultrassons acima dos 20.000.

No âmbito da acústica ocupacional, o espectro de frequências da gama audível é dividido em 10 bandas de frequência, as quais se designam por oitavas (também representadas por 1/1 oitava). A designação de cada oitava corresponde à sua frequência central, que é o dobro da frequência central da oitava antecedente e a média geométrica das frequências limite (Miguel, 2014). No entanto, cada oitava pode também subdividir-se em 3 grupos de terços de oitava (1/3 oitava).

A frequência de um som está intimamente relacionada com a tonalidade, a qual caracteriza os sons graves e agudos. Sons com baixa frequência denominam-se de graves ao passo que os agudos são os sons de alta frequência. As frequências intermédias compõem os sons médios.

Um som pode ainda ser composto por uma ou várias frequências, facto que o classifica como som puro ou som composto, se detém apenas uma ou mais frequências respetivamente. No âmbito ocupacional, o ruído é composto, pois é resultado de várias fontes sonoras e de diferentes frequências. Pode, no entanto, existir predominância de alguma frequência em relação a outras.

Ao inverso da frequência designamos por período, que representa o tempo de um ciclo completo de variação de pressão. Amplitude é a deslocação máxima do ponto em vibração em relação ao seu ponto de equilíbrio.

Caracteriza-se, também, a onda sonora quanto à distância entre secções com pressões iguais, ou seja, entre valores repetidos num padrão de onda. Essa distância designa-se por comprimento de onda, e é medida em metros (m).

O comprimento de onda estabelece uma relação inversa com a frequência. Considerando a velocidade do som constante, quanto maior for o número de vezes que se completa um ciclo (frequência), em determinado intervalo de tempo, menor será a distância existente entre esses ciclos.

A caracterização do ruído pelo comprimento de onda é de grande importância, sobretudo quando se pretende dimensionar a sua forma de isolamento. Isto porque, sendo esta grandeza mensurável tal como o tamanho de objetos, é possível determinar, por exemplo, a possibilidade de colisão ou transposição de objetos, que permitirão a absorção ou reflexão de determinado ruído. O comprimento de onda dentro da gama audível, de 20 Hz a 20.000 Hz, varia entre os 17 m e os 0,017 m, respetivamente.

Quanto à variação do nível sonoro ao longo do tempo, podemos caracterizá-lo como "estacionário" ou "flutuante", consoante a sua variação durante o

período de observação. O ruído estacionário será aquele cujo seu nível sonoro se mantém estável ao longo do tempo, enquanto o ruído flutuante varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação.

Dentro do ruído flutuante podemos também encontrar algumas especificidades, como o caso do “ruído intermitente”, resultante de eventos sonoros pontuais ou cíclicos. O regime de funcionamento de diversas máquinas (tais como compressores de ar, que ligam e desligam consoante a pressão interna) pode originar um ruído intermitente e também cíclico (consoante o número e a duração de cada evento de ruído).

Outro caso particular e de grande importância ocupacional é o “ruído impulsivo”, que se caracteriza pela ocorrência de um ou mais impulsos de elevada energia sonora, de curta duração. É o caso do ruído resultante da percussão, explosões, impactos, etc., o qual pode provocar danos auditivos, mesmo com tempos de exposição reduzidos.

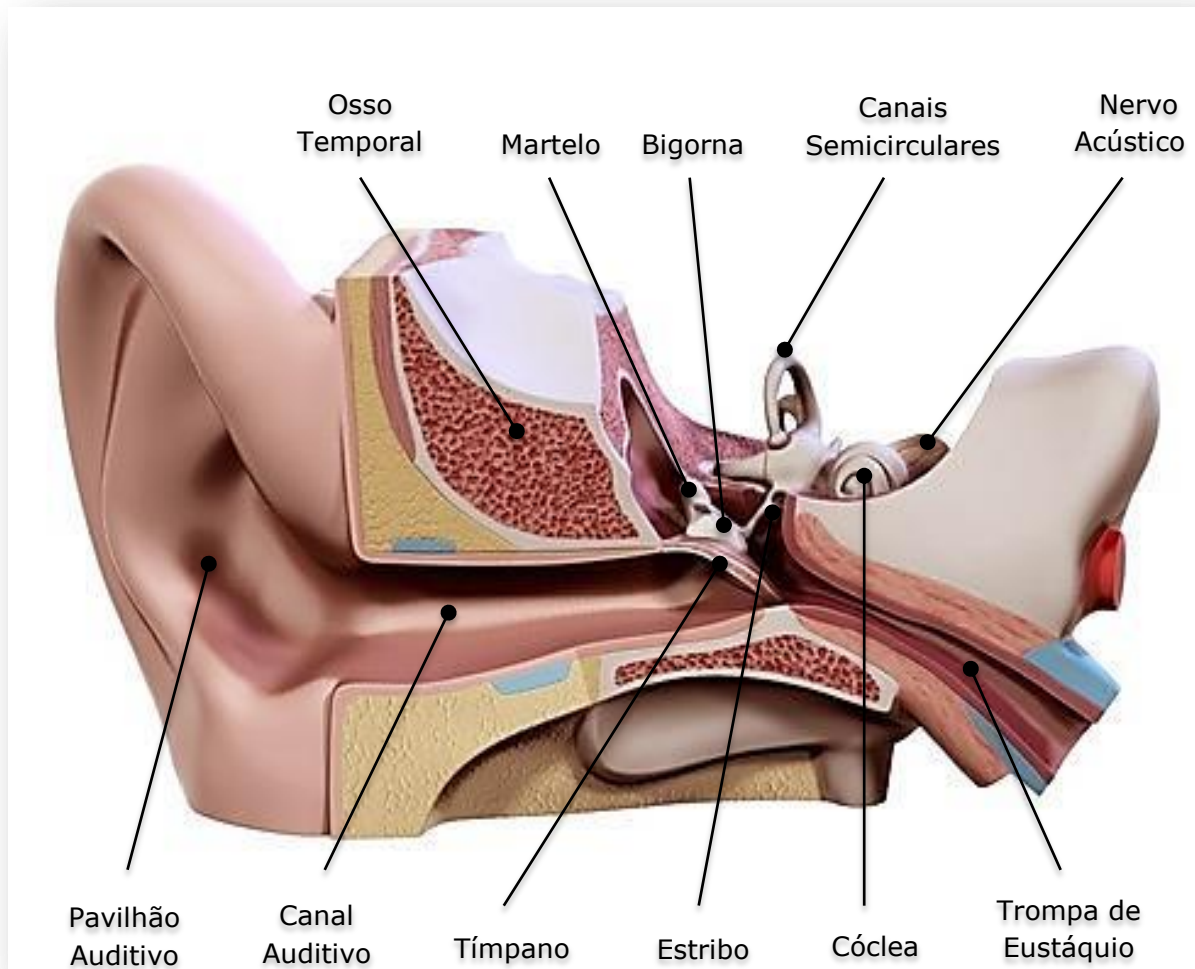
### **2.2.2 Efeitos do Ruído na Saúde**

O ruído pode gerar efeitos nocivos ao nível do sistema auditivo e extra auditivo, de acordo com a suscetibilidade individual e as características do ruído e exposição.

#### **2.2.2.1 Sistema Auditivo**

O ouvido constitui o órgão humano com a função de receção do som. Genericamente, constitui um transdutor que é capaz de transformar ondas sonoras (energia mecânica) em estímulos elétricos neuro-sensoriais. Para além disso, opera também como órgão sensorial do equilíbrio, facto que relaciona algumas perturbações na audição com o equilíbrio.

A Figura 3 ilustra a constituição do ouvido humano:



**Figura 3 – Ilustração do Ouvido Humano**

No que respeita à divisão anatómica do ouvido, esta pode ser feita em 3 áreas: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. A função das primeiras é a transmissão e a última a perceção do som.

### **Ouvido Externo**

É constituído pela orelha (pavilhão auditivo), cuja estrutura cartilaginosa e afunilada receta e conduz as ondas sonoras ao canal auditivo o qual, por sua vez, atua como ressoador. No fim deste canal encontra-se o tímpano, composto por uma membrana com forma cónica que vibra ao ser estimulada pelas variações da pressão sonora, transmitindo essa energia mecânica ao ouvido médio.

## **Ouvido Médio**

Esta área intermédia do ouvido estabelece a ligação entre o ouvido externo e o interno. Consiste numa pequena cavidade alojada no osso temporal, onde se encontram 3 ossículos interconectados (martelo, bigorna e estribo), alojados em mucosas. Estes estão unidos à cavidade por uma série de ligamentos e músculos. A cavidade comunica com a laringe através da trompa de Eustáquio, equilibrando a pressão interna com a pressão externa e, consequentemente, ambas as faces da membrana do tímpano.

A compressão ou rarefação no ouvido fazem com que o tímpano seja forçado para dentro ou para fora, respetivamente e de acordo com a frequência da onda sonora. Com essa vibração, o martelo, que se encontra sobre a superfície interior do tímpano, transmite essa energia mecânica à bigorna e por sua vez ao estribo, triplicando a pressão inicialmente recebida e compensando as perdas da pressão sonora em meio líquido.

O estribo, cuja base se encontra fixa à membrana de separação do ouvido médio ao ouvido interno (designada por janela oval), transmite uma ação mecânica que atua hidraulicamente no ouvido interno.

## **Ouvido Interno**

O ouvido interno está por sua vez subdividido em 3 partes: o nervo auditivo, os canais semicirculares e a cóclea.

A cóclea é responsável pela perceção auditiva. É composta por um canal espiral de paredes ósseas, cuja secção transversal está dividida em 3 canais ou compartimentos – rampa vestibular (canal superior), rampa timpânica (canal inferior) e entre elas o canal coclear de secção triangular.

No canal coclear encontra-se o órgão de *Corti* que é responsável pela transformação das ondas de compressão em impulsos nervosos que são enviados ao cérebro.

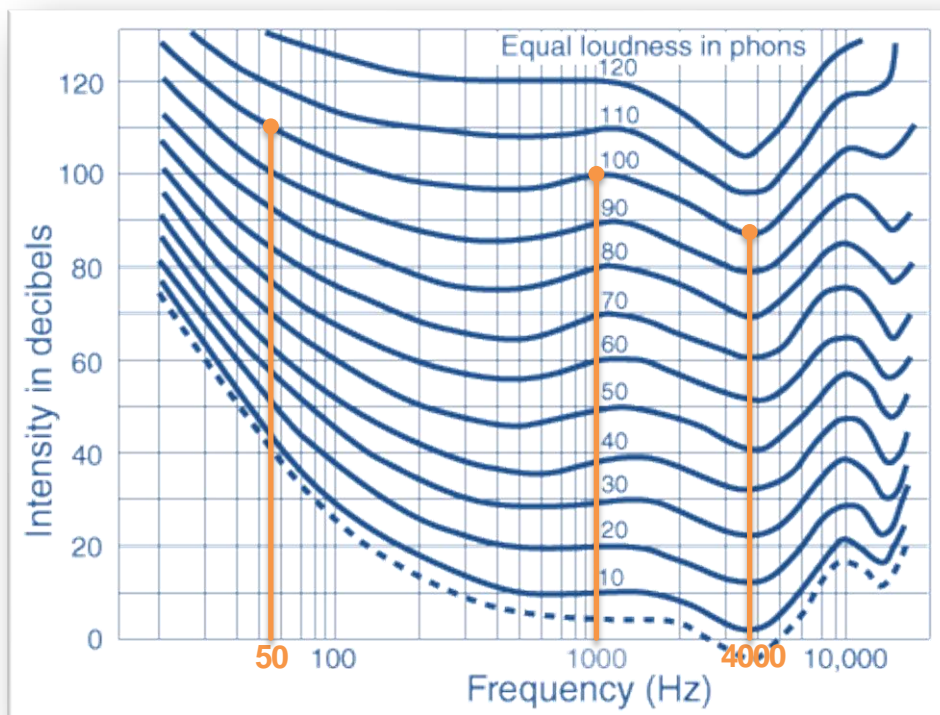
### 2.2.2.2 Audibilidade

A audibilidade está relacionada com a sensibilidade que apresentamos a cada som. Depende fundamentalmente das frequências desse som.

Os sons de baixas frequências causam uma elevada ativação da membrana basilar perto do cimo da cóclea, enquanto que os sons de alta frequência ativam a membrana basilar perto da base da cóclea. Sons de frequência intermédia ativam a membrana em distâncias intermédias entre os dois extremos (Guyton e Hall, 2006).

Foi analisada, experimentalmente, a variação da audibilidade humana com a frequência, obtendo-se, na década de 50 (por Fletcher e Munson) uma representação gráfica que traduz a relação dos sons de frequências e intensidades diferentes, mas audíveis da mesma forma.

A Figura 4 ilustra essa relação:



**Figura 4 – Variação da Audibilidade Humana com a Frequência**

As curvas isofónicas ligam pontos de igual nível de audibilidade, sendo a audibilidade uma grandeza expressa em “*fonos*”. Corresponde à comparação do nível sonoro necessário para se obter um estímulo sonoro idêntico ao nível sentido para a frequência de 1000 Hz. Por exemplo, para o mesmo nível de audibilidade de 100 *fonos* (100 *dB* aos 1000 *Hz*), corresponde um nível sonoro de 110 *dB* na frequência de 50 *Hz* e de, aproximadamente, 87 *dB* aos 4000 *Hz*. Porém, estes níveis são apenas um valor médio, variando de indivíduo para indivíduo, sendo contudo adotados para fins comparativos e normativos.

A capacidade auditiva do ouvido humano varia conforme as frequências, sendo mais sensível entre as gamas de frequências de 2000Hz a 5000Hz.

A proporcionalidade entre o nível de audibilidade e a percepção que temos do som designa-se por “sonoridade”. A sonoridade mede a sensação auditiva e é independente da frequência.

Conclui-se então que a resposta do ouvido humano ao som não é linear, reagindo de forma singular à receção dos diversos sons e frequências. Desse modo, como os equipamentos de medição de ruído medem os valores exatos de pressão sonora, para que estes se comportem como o ouvido humano é necessário introduzir-lhe uma ponderação na frequência, de acordo com a sensibilidade. Desse facto resultam curvas (também designados por filtros) de ponderação normalizadas e que seguem as curvas isofónicas. Aquela que melhor correlaciona os valores medidos com a incomodidade ou risco de trauma auditivo do sinal sonoro é a curva de ponderação “A”, que é utilizada no âmbito das medições de ruído ocupacional, assim como o filtro de ponderação “C” para o ruído impulsivo.

O resultado das medições com a utilização de filtros de ponderação é expresso com indicação desse filtro (por exemplo: *dB(A)* ou *dB(C)*).

Na Figura 5 representam-se as curvas de ponderação na frequência:

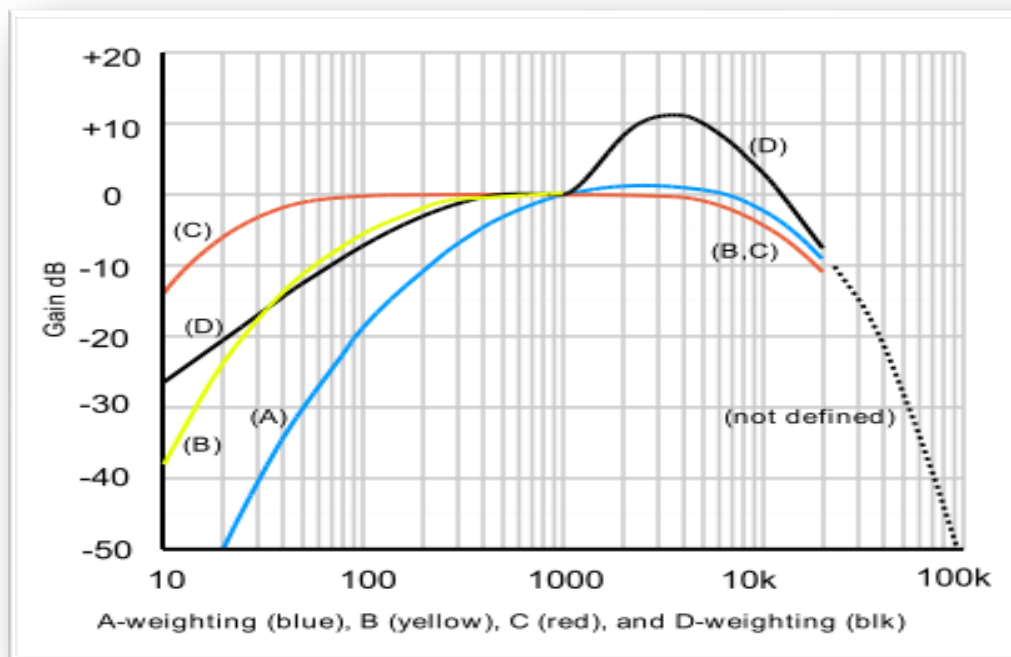


Figura 5 – Curvas de Ponderação (A, B, C e D) na Frequência

### 2.2.3 Efeitos do Ruído na Saúde

A exposição a ruído ocupacional excessivo e potencialmente prejudicial afecta, mundialmente, milhões de pessoas. No entanto, essa exposição estende-se, muitas vezes para lá das atividades laborais, nomeadamente as lúdicas e sociais, como concertos, desportos motorizados, etc.

#### 2.2.3.1 Sistema Auditivo

A deterioração da audição é função da intensidade, frequência e tempo de exposição ao ruído, variando também de indivíduo para indivíduo. A perda de audição não apresenta contudo, um comportamento linear face à exposição, sendo nos primeiros anos que normalmente se verificam as perdas mais acentuadas (May, 2000).

Quando expostas a sobrecargas de ruído, as células do ouvido sofrem alterações, aparecendo a perda de audição (Abelenda, 2006). Os efeitos que a exposição a níveis elevados de ruído provoca no aparelho auditivo podem resultar em perdas auditivas temporárias ou perdas auditivas permanentes.

Como verificamos anteriormente, a maior sensibilidade do ouvido humano ao ruído ocorre na frequência dos 4000 *Hz*, de modo que os primeiros efeitos fisiológicos da exposição a níveis elevados de ruído se farão sentir nesta frequência (considerando a exposição ao um espectro relativamente linear). Este efeito pode ser apenas temporário, ocorrendo uma acomodação “elástica” das células ciliadas à variação da pressão provocada pelo ruído, mas a exposição contínua a níveis sonoros elevados pode exceder essa capacidade de recuperação e lesar as células nervosas do ouvido interno, tornando a perda de audição permanente e irreversível.

Para além da suscetibilidade individual e conseqüente predisposição a danos em órgãos do aparelho auditivo, outros fatores, tais como a exposição a fontes a ruído com características diversas, substâncias com capacidades ototóxicas e outros agentes que possam ter efeitos sinérgicos (vibrações, por exemplo), devem também ser tidos em conta.

### **Perdas Auditivas Temporárias**

Segundo Stellman (1998), quando ocorre uma exposição de curta duração a valores elevados de ruído, sucedem alterações morfológicas das células ciliadas, que se distanciam da membrana. Ou a nível químico, a presença de uma concentração de glutamato considerada ototóxica faz parar a sinapse das células. Estas situações provocam a fadiga auditiva, designada por deslocamento temporário dos limiares auditivos. Manifesta-se pela diminuição temporária e reversível da capacidade auditiva e é determinada pelo nível de perda de audição e pelo tempo que o ouvido leva a retomar o limiar de audição inicial. Depende das características espectrais do ruído, da sua intensidade e duração.

A perda auditiva temporária pode ainda ser acompanhada de *acufenos*, traduzindo-se num pequeno zumbido nos ouvidos. Estes podem ser temporários ou crónicos e dificultam também a audição de frequências graves (Gelfand, 2011). Outros sintomas são as mudanças de percepção da

intensidade, tonalidade, na capacidade de sobreposição a outros estímulos auditivos e distorção aparente dos sons.

### **Perdas Auditivas Permanentes**

Em casos extremos, pode acontecer o deslocamento permanente e irreversível dos limiares auditivos, para uma ou várias frequências, originando a perda auditiva permanente (surdez). Isto ocorre quando se verificam alterações relacionadas com a morte ou *apoptose* progressiva (autodestruição) das células ciliadas do órgão de *Corti*. Quando ocorre a morte das células os efeitos são mais significativos, podendo ocorrer perda total de audição (Stellman,1998).

É também influenciada pelas das características espectrais do ruído, sua intensidade e duração, como pela suscetibilidade individual, sendo mais evidente para sons puros e para frequências elevadas. Tal facto faz com que, num estágio inicial, o dano auditivo não interfira diretamente com a comunicação verbal, não sendo por isso imediatamente percebido.

As perdas de audição são mensuráveis e analisadas para controlo das alterações do limiar de audição, principalmente em contexto laboral. Essa análise permite correlacionar as perdas auditivas com a exposição dos trabalhadores a níveis elevados ruído.

De acordo com Gelfand (2011), o principal instrumento utilizado na definição do nível e tipo de perda auditiva em cada ouvido (direito e esquerdo) é o audiograma, que consiste em submeter o paciente a diferentes níveis e frequências de som, sendo identificado pelo paciente o limiar auditivo em cada frequência. São registados esses valores e apresentados graficamente.

Na Figura 6 apresenta-se o exemplo de um audiograma:

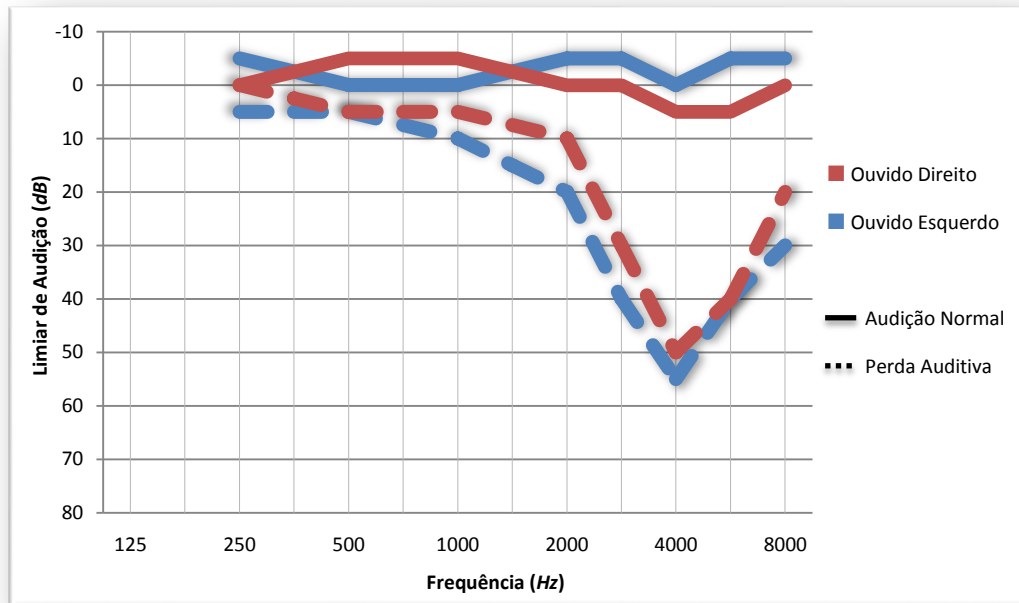
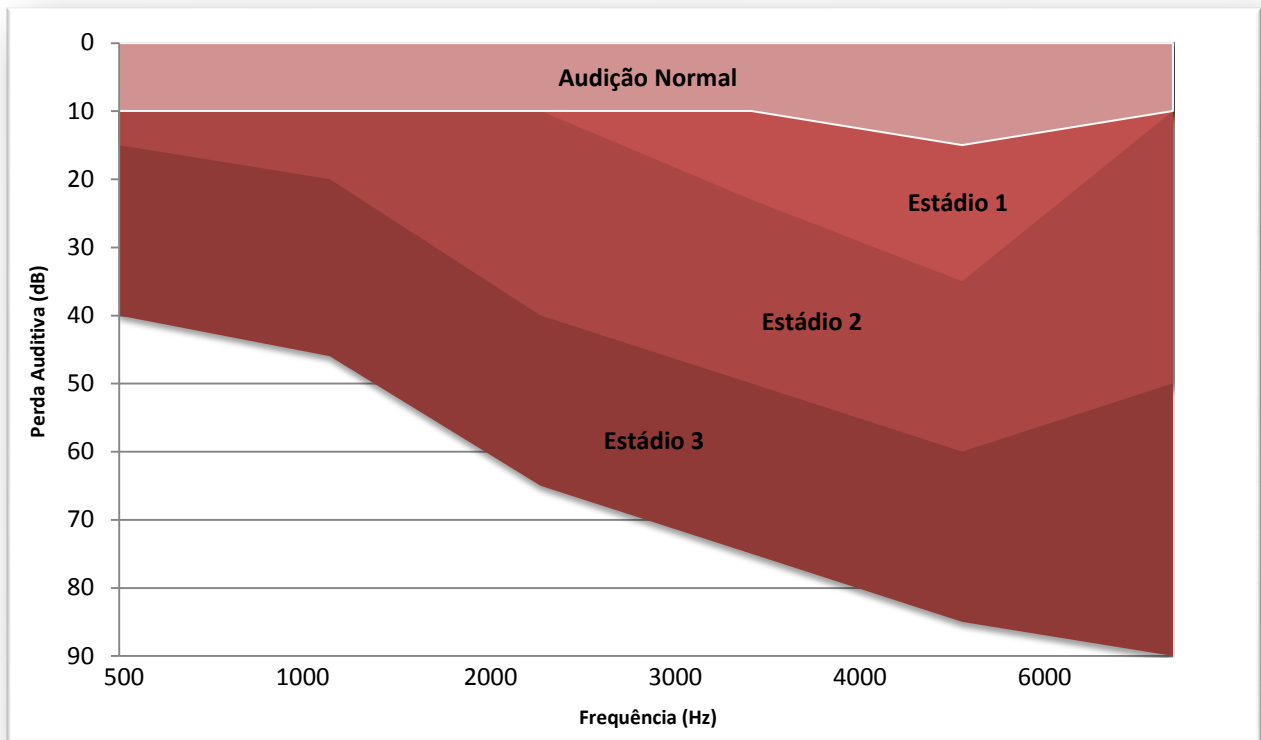


Figura 6 – Exemplo de Audiograma

O exemplo apresentado é típico de uma perda auditiva permanente, resultante da exposição a ruído industrial, evidenciada por uma diminuição mais severa da acuidade auditiva na frequência dos 4000 Hz. Segundo Miguel (2014), forma-se um escotoma em “U” ou em “V” perceptível nos audiogramas, como consequência da predominância do espectro desse ruído em torno dos 1,5 e 3,5 kHz, alargando-se progressivamente até abranger as baixas frequências, que estão diretamente relacionadas com a percepção da palavra.

A Figura 7 representa os estádios evolutivos das perdas auditivas permanentes:



**Figura 7 – Estádios de Evolução das Perdas Auditivas Permanentes**

Ressalve-se que a perda auditiva pode ser resultado de outros fatores para além do ruído, nomeadamente, a idade (presbiacusia), fatores hereditários, contacto com substâncias e medicamentos ototóxicos, doenças do foro otológico ou infecciosas (como meningite, sarampo ou encefalite) ou traumas físicos no canal auditivo.

### 2.2.3.2 Sistema Extra Auditivo

A exposição a níveis elevados de ruído, em particular no local de trabalho, para além da influência negativa sobre a capacidade de concentração, perturbação da comunicação (incluindo o mascaramento de sinais de alarme e mensagens sonoras de aviso de perigo), está também relacionada com o aparecimento de inúmeras manifestações patológicas extra auditivas. Essas poderão ser: fadiga geral, transtornos psicofísicos (como a irritabilidade, ansiedade, depressão, estresse), contração dos vasos sanguíneos, aceleração da frequência cardíaca e respiratória, alteração da pressão

arterial e da função intestinal, contração muscular do estômago e do abdómen, aparecimento de úlceras gástricas, aumento da produção de hormonas produzidas pela tireoide, impotência sexual e desequilíbrios menstruais, tremores, náuseas, vertigens, desmaios, insónias e diminuição da qualidade do sono, perda de memória, variações de conduta (especialmente comportamentos antissociais, como a hostilidade, intolerância e agressividade), entre outras. De acordo com alguns estudos, a exposição de trabalhadoras grávidas a níveis elevados de ruído (principalmente de baixas frequências) pode ter repercussões sobre a futura capacidade auditiva da criança.

Além dos efeitos que essas patologias causam ao trabalhador, existe uma possível associação causal entre a exposição ocupacional ao ruído e a ocorrência de acidentes de trabalho, decréscimo do rendimento do trabalhador, com influência na sua produtividade e qualidade do serviço prestado.

#### **2.2.4 Enquadramento Legal**

O atual diploma legal que regula a exposição ao ruído durante o trabalho, corresponde ao Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, que estabelece o valor limite de exposição, os valores de ação superior e inferior e determina um conjunto de medidas a aplicar quando atingidos ou ultrapassados esses valores.

Tal diploma transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

O Decreto-Lei n.º 182/2006 é aplicável a todas as atividades dos setores privado, cooperativo e social, da administração pública, central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas coletivas de direito

público, bem como a trabalhadores por conta própria.

Os *Valores Limite de Exposição* (VLE) e *Valores de Ação* (VA) estão definidos nas alíneas a), b) e c), do n.º 1, do art.º 3º do DL nº 182/2006, de 6 de Setembro:

	$L_{EX,8h} / \bar{L}_{EX,8h}$ dB(A)	$L_{Cpico}$ dB(C)
<b>Valores limites de exposição (VLE)</b>	87	140
<b>Valores de ação superiores (VAS)</b>	85	137
<b>Valores de ação inferiores (VAI)</b>	80	135

Note-se que, para a aplicação dos VLE na determinação da exposição efetiva do trabalhador ao ruído é tida em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protetores auditivos.

Nas atividades suscetíveis de apresentar riscos de exposição ao ruído, de acordo com o referido Decreto-Lei, o empregador deve avaliar e, se necessário, medir os níveis de ruído:

- Sempre que ocorram alterações significativas, nomeadamente com a criação ou modificação de postos de trabalho;
- Sempre que o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação;
- Com uma periodicidade mínima anual, sempre que seja atingido ou excedido o valor de ação superior.

### 2.2.4.1 Medidas de Prevenção e Proteção

Com vista à redução dos riscos associados à exposição dos trabalhadores ao ruído durante o desempenho das suas funções laborais, o Decreto-Lei n.º 182/2006 prevê a atuação e implementação de medidas técnicas de proteção coletiva, de organização do trabalho e de proteção individual (algumas das quais obrigatórias e outras facultativas) dependendo dos níveis sonoros medidos.

Apresenta-se, de seguida, um resumo com as principais medidas previstas pelo Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, as quais serão enunciadas pormenorizadamente mais à frente:

Medidas	$L_{EX,8h} \geq VAI$	$L_{Cpico} \geq VAS$
Avaliar os riscos da exposição ao ruído durante o trabalho	Caso hajam alterações significativas nos postos de trabalho ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação	Caso hajam alterações significativas nos postos de trabalho ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação ou, caso não se verifique nenhuma das anteriores, com periodicidade mínima de 1 ano
Colocar em prática um programa de medidas técnicas e organizacionais para redução da exposição ao ruído	---	Obrigatório
Sinalizar os locais, delimitá-los e estabelecer limitações de acesso aos mesmos	---	Obrigatório
Informar os trabalhadores sobre os riscos potenciais para a segurança e saúde derivados da exposição ao ruído durante o trabalho	Obrigatório	Obrigatório

Medidas	$L_{EX,8h} \geq VAI$	$L_{Cpico} \geq VAS$
Permitir o acesso dos trabalhadores aos resultados das avaliações individuais e às medidas tomadas para eliminar ou reduzir os riscos resultantes da exposição ao ruído	Obrigatório	Obrigatório
Consultar aos trabalhadores sobre a seleção dos protetores auditivos	Obrigatório	Obrigatório
Disponibilizar os protetores auditivos	Obrigatório	Obrigatório
Utilizar protetores auditivos	Facultativo	Obrigatório
Verificar a função auditiva	---	Obrigatório (Anualmente)
Realizar exames audiométricos	Obrigatório (Bianualmente)	Obrigatório (Anualmente)

De acordo com o n.º 1, do art.º 6º do DL nº 182/2006, de 6 de Setembro, “o empregador deve utilizar todos os meios disponíveis para eliminar na fonte ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição dos trabalhadores ao ruído, de acordo com os princípios gerais de prevenção legalmente estabelecidos”.

Tal como mencionado no n.º 2 do mesmo artigo, “o empregador deve assegurar que os riscos para a segurança e a saúde dos trabalhadores resultantes da exposição ao ruído sejam eliminados ou reduzidos ao mínimo, mediante”:

- a) *Métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição ao ruído;*
- b) *Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo ruído possível, incluindo a*

*possibilidade de disponibilizar aos trabalhadores equipamento de trabalho cuja conceção e cujo fabrico respeitem o objetivo ou o efeito da limitação da exposição ao ruído;*

- c) Conceção, disposição e organização dos locais e dos postos de trabalho;*
- d) Informação e formação adequada dos trabalhadores para a utilização correta e segura do equipamento com o objetivo de reduzir ao mínimo a sua exposição ao ruído;*
- e) Medidas técnicas de redução do ruído, nomeadamente barreiras acústicas, encapsulamento e revestimento com material de absorção sonora para redução do ruído aéreo, e medidas de amortecimento e isolamento para redução do ruído transmitido à estrutura;*
- f) Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e dos sistemas aí existentes;*
- g) Organização do trabalho com limitação da duração e da intensidade da exposição;*
- h) Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados”.*

Nos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos VAS, o empregador deve estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais, sinalizar e delimitar o acesso a esses mesmos locais, sempre que seja tecnicamente possível e o risco de exposição o justifique.

Em relação aos locais de descanso, estes devem ter um nível de ruído compatível com o seu objetivo e as condições de utilização.

O empregador deve ainda adaptar as medidas referidas anteriormente a trabalhadores particularmente sensíveis aos riscos resultantes da exposição

ao ruído (como por exemplo o caso das grávidas).

O DL n.º 182/2006, refere também no seu Anexo IV, um conjunto de medidas indicativas com vista à eliminação ou redução dos riscos resultantes da exposição ao ruído. Essas medidas encontram-se divididas nos seguintes grupos:

- 1 — Medidas de carácter específico para redução do ruído na fonte;
- 2 — Medidas para a redução da transmissão do ruído;
- 3 — Medidas de redução da radiação sonora;
- 4 — Medidas respeitantes à acústica de edifícios;
- 5 — Organização do trabalho.

A informação e formação dos trabalhadores constituem também uma obrigação da entidade patronal, devendo ser periodicamente atualizada.

De acordo com o art.º 11º do DL n.º 182/2006, sem prejuízo das obrigações gerais em matéria de saúde no trabalho, o empregador deve assegurar uma vigilância adequada da saúde dos trabalhadores em relação aos quais o resultado da avaliação revele a existência de riscos, com vista à prevenção e ao diagnóstico precoce de qualquer perda de audição resultante do ruído e à preservação da função auditiva.

### **Equipamento de Proteção Individual**

Conforme referido no art.º 6º do DL nº 182/2006, sempre que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados por outros meios, o empregador deve colocar à disposição dos trabalhadores equipamentos de proteção individual (*EPI*). Esses EPI devem obedecer à legislação aplicável e devem ser selecionados, no que respeita à atenuação que proporcionam, de acordo com o Anexo V do DL nº 182/2006.

Para a aplicação do disposto no parágrafo anterior, o empregador deve:

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

Os equipamentos de proteção individual auditiva devem ser utilizados apenas como medida de recurso, nos casos em que as medidas construtivas ou organizacionais não sejam viáveis ou efetivas.

O critério de seleção dos protetores auditivos, preferencialmente adotado e em consonância com o DL n.º 182/2006, baseia-se no “*Método por Banda de Oitava*”, tendo por base a análise espectral das fontes sonoras a que os trabalhadores estão expostos ao longo do seu dia de trabalho e o qual deve ter em conta o desenvolvimento dos seguintes passos:

- 1- Medição do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado *A*, em cada banda de oitava, do ruído a que o trabalhador está exposto, em cada ou tarefa, definindo assim o espectro correspondente;
- 2- Determinação dos níveis globais, em  $dB(A)$  por banda de oitava;
- 3- Cálculo da atenuação proporcionada pelos protetores auditivos utilizados pelo trabalhador em cada tarefa e determinação do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado *A*, correspondente à exposição efetiva (tendo em conta a atenuação conferida pelos protetores );

- 4- Comparação dos resultados obtidos com os VLE, VAS e VAI, indicadores de performance e conforto.

Embora sendo a atenuação acústica o principal fator a considerar para a seleção e utilização de protetores auditivos, dever-se-ão também ter em conta outros fatores, tais como: o conforto, a limitação da capacidade de comunicação (inerente à inteligibilidade da palavra e/ou do reconhecimento de avisos sonoros), a ação térmica (por exemplo, nos trabalhos de soldadura), higiene, facilidade de transpiração, entre outros.

### 3 METODOLOGIA

Num espaço temporal de 5 anos (entre 2010 e 2015) foram efetuadas, em 20 pedreiras distribuídas por 20 áreas geográficas de Portugal Continental, 70 ensaios com as medições do nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ), e do nível de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$  para 13 tarefas de trabalho pré-determinadas. Dessas medições resultaram 621 avaliações da exposição pessoal diária ao ruído durante o trabalho.

Posteriormente, para permissão de utilização da informação resultante das avaliações no presente estudo, os dados foram codificados e foi retirada a identificação quer das pedreiras, quer dos trabalhadores avaliados.

Tendo em conta a constante mudança verificada nas pedreiras, tanto ao nível do processo produtivo (com a substituição de máquinas e equipamentos, diferentes estados de manutenção dos mesmos, regimes de produção, etc.) como ao nível dos trabalhadores (com despedimentos e novas admissões, tempos de afetação em cada tarefa e inclusive o tipo de tarefas que desenvolveram ao longo dos anos, etc.) não foi possível estabelecer a monitorização de cada pedreira e cada trabalhador ao longo dos 5 anos.

Uma vez que as variáveis encontradas em cada situação eliminaram a existência de qualquer padrão, considerou-se que qualquer avaliação a cada pedreira e a cada trabalhador resultante foi independente e aleatória.

As tarefas de trabalho avaliadas foram:

- 1 - Central de Britagem (Interior da Cabine);
- 2 - Central de Britagem (Exterior da Cabine);
- 3 - Central de Areias (Interior da Cabine);
- 4 - Central de Areias (Exterior da Cabine);
- 5 - Zona de Produção (Ambiente Geral);
- 6 - Oficina/ Armazém (Ambiente Geral);
- 7 - Laboratório;
- 8 - Escritório/ Balança;
- 9 - Pá-Carregadora;
- 10 - Giratória (Martelo);
- 11 - Giratória (Balde);
- 12 - Dumper/ Camião;
- 13 - Perfuradora/ Roc.

### **3.1 Pesquisa Bibliográfica**

No sentido de efetuar o enquadramento e estado de arte do tema do presente estudo, foi realizada uma pesquisa da bibliografia disponível, essencialmente nas bases de dados *on-line*. Foram pesquisados dados de referência bibliográfica ou de texto integral, editoras de revistas, livros eletrónicos, teses, artigos publicados e obras de referência.

### **3.2 Procedimento de Medição**

#### **3.2.1 Referências**

As medições de ruído foram realizadas de acordo com o Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, que estabelece os valores limite de exposição e os valores de ação superior e inferior e determina um conjunto de medidas a aplicar sempre que atingidos ou ultrapassados esses valores.

Foram também cumpridas as orientações da norma de referência NP EN ISO 9612:2011 – Acústica - Determinação da Exposição de Ruído Ocupacional – Método de Engenharia e da OEC013 IPAC – “Requisitos Específicos de Acreditação – Laboratórios de Ensaio de Acústica e Vibrações”.

### **3.2.2 Equipamentos**

Para realização das medições acústicas foram utilizados os seguintes equipamentos e respetivas características:

- Sonómetro Integrador de Precisão, Classe 1;
- Filtros de banda de oitava;
- Microfone e pré-amplificador;
- Calibrador acústico, Classe 1.

#### **3.2.2.1 Calibração**

Para a calibração “*in situ*”, foi efetuada a verificação acústica do microfone em cada série de medições, utilizando-se o calibrador acústico, Classe 1. A verificação acústica foi efetuada antes e depois de cada série de medições. O valor obtido entre as duas não diferiu mais de 0,5 dB.

#### **3.2.3 Técnica de Medição**

Foi utilizada a estratégia de medição baseada em Tarefas, de acordo com a NP EN ISO 9612, tendo as condições de funcionamento da fonte sido representativas do ruído em avaliação.

As medições foram efetuadas com uma ponderação A para medição dos níveis sonoros contínuos equivalentes medidos em oitavas e ponderação C para medição dos níveis de pico, e um tempo de resposta “Fast”.

Foi preenchido um Boletim de Ensaio para cada conjunto de medições da mesma tarefa, tendo sido incluídas todas as contribuições sonoras importantes tais como: a) Informação detalhada quanto à duração das atividades, no caso de fontes sonoras com níveis elevados; b) Identificação das fontes de ruído e atividades de trabalho dos quais resultam picos elevados de ruído.

### **3.2.3.1 Seleção da Posição de Medição**

As medições foram realizadas no posto de trabalho, sempre que possível na ausência do trabalhador colocando o microfone na posição em que se situaria a sua orelha mais exposta.

Quando a presença do trabalhador foi necessária, o microfone foi colocado a uma distância de entre 0,10m e 0,3m em frente à orelha mais exposta do trabalhador.

A direção de referência do microfone foi a do máximo ruído (foi efetuado um varrimento angular do microfone em torno da posição de medição).

### **3.2.3.2 Intervalo de Tempo de Medição**

O intervalo de tempo de medição foi subdividido em intervalos de tempo parciais que englobaram o mesmo tipo de ruído (medições com base nas tarefas de trabalho).

Dependeu da variação e tipo de ruído e da seleção da estratégia de medição, correspondendo a uma parte da duração da atividade e a várias repetições, considerando válidos os níveis sonoros contínuos equivalentes, ponderados A, estabilizados a mais ou menos 0,5 dB(A), durante o intervalo de tempo de medição. De modo geral, a duração de cada medição foi de 5 minutos após estabilização do nível de pressão sonora.

### 3.2.3.3 Duração das Tarefas de Trabalho

A duração e variação características de cada tarefa foi estabelecida pelo responsável dos trabalhadores, que forneceu informação quanto ao funcionamento de fontes de ruído típicas, através de procedimentos de trabalho, da atividade no local de trabalho e na sua periferia, tipo de ferramentas de trabalho e sua caracterização. Em complemento, o técnico observou as tarefas e realizou entrevistas aos trabalhadores e supervisores para consolidar as informações cedidas pelo cliente.

### 3.2.3.4 Medição do $L_{Aeq,Tk}$ para cada Tarefa de Trabalho

O dia nominal (dos trabalhadores em avaliação) foi dividido em tarefas de trabalho distribuídas por um ou mais postos de trabalho, consoante aplicável. O critério usado na seleção de cada tarefa dependeu das variações existentes no trabalho desenvolvido e do nível representativo e repetitivo do  $L_{Aeq,Tk}$  existente.

Todas as variações importantes do nível sonoro, no tempo e no espaço, foram incluídas nas medições de cada tarefa de trabalho. Foram também medidos os valores máximo, mínimo e de pico do nível de pressão sonora, a que cada trabalhador estava exposto durante determinada tarefa de trabalho.

As medições foram sempre observadas e acompanhadas pelo técnico de medição.

### 3.2.3.5 Duração da Amostragem

- Em todas as medições, o tempo de medição foi suficientemente longo de forma a garantir a representatividade do valor medido.
- Nas tarefas de ruído cíclico, cada medição incluiu a duração de pelo menos 3 ciclos representativos da tarefa, de duração superior ou igual a 5 minutos.

### 3.2.3.6 Número de Amostragens

- Para cada tarefa foram obtidas pelo menos 3 medições representativas de  $L_{Aeq,Tki}$ .
- Sempre que o resultado dessas 3 medições diferiu em 3 ou mais dB, foram efetuadas 3 medições adicionais, ou a tarefa foi subdividida em tarefas mais pequenas, de forma a obter mais condições de ruído semelhantes, ou foi realizado um novo conjunto de medições com intervalos de medição mais longos.

Não foram permitidas sobrecargas no aparelho de medição (*overload*). Sempre que tal ocorreu, as medições efetuadas foram rejeitadas, procedendo-se à sua repetição em gama de medição mais apropriada.

### 3.2.4 Intervalos de Frequência das Medições

As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas usando filtros de banda de oitava com frequências centrais dos 63 Hz a 8000 Hz, com vista à seleção de protetores auditivos.

### 3.2.5 Armazenamento de Dados

Foi criada uma base de dados no sonómetro, com a codificação do ensaio, onde foram armazenados os valores de  $L_{Aeq,T}$  característicos das tarefas medidas. Posteriormente, os dados do sonómetro foram transferidos para o computador para posterior análise de resultados.

### 3.2.6 Cálculos, Incertezas e Apresentação dos Resultados

#### 3.2.6.1 Determinação da exposição pessoal diária ao ruído, $L_{EX,8h}$

$$L_{Aeq,T_k} = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1L_{Aeq,Tki}} \right),$$

em que,  $L_{Aeq,Tki}$ , representa o nível de pressão sonora contínuo equivalente

ponderado  $A$  de uma amostra realizada à tarefa  $k$  e  $I$  o número total de amostras realizadas a essa tarefa.

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \log \left( \sum_{m=1}^M \frac{T_k}{T_0} \cdot 10^{0,1 L_{Aeq,Tk}} \right),$$

$T_k$  representa o tempo de exposição à tarefa,  $k$  e  $T_0$  a duração de referência de 8 horas.

### 3.2.6.2 Determinação da Exposição Pessoal Diária Efetiva, $L_{EX,8h,effect}$

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

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

### 3.2.7 Cálculo de Incertezas

O valor da incerteza expandida,  $U$ , foi calculado em conformidade com a NP EN ISO 9612:2011. Este valor resultou do produto entre incerteza expandida combinada,  $u$ , associada aos valores de  $L_{Aeq,T}$  medidos, por um fator de expansão  $k=1,65$ , a que corresponde um intervalo de confiança unilateral de 95%.

### 3.2.8 Apresentação de Resultados

De acordo com as práticas metrológicas o valor de  $[L_{EX,8h} \pm U]$  foi apresentado arredondado às décimas, bem como o valor de  $L_{Cpico}$ . A comparação com os Valores Limite de Exposição ou Valores de Ação Superior e Inferior foi feita com recurso à soma dos valores de  $L_{EX,8h}$  e incerteza de medição  $U$ , arredondada à unidade.

### 3.3 Parâmetros avaliados

Para obter a estimativa da exposição pessoal diária ao ruído, foi estabelecida, de acordo com a informação recolhida junto dos responsáveis, uma distribuição de cada trabalhador em cada tarefa de trabalho, correspondentes a  $n$  diferentes tipos de ruído, tendo-se atribuído um intervalo de tempo de exposição,  $T_k$ , correspondente a cada tipo de ruído  $K$ . De seguida calculou-se a estimativa da exposição pessoal diária ao ruído de acordo com a equação (nº 6 do Anexo II do DL nº 182/2006, de 6 de Setembro).

No presente estudo, foi considerada a utilização de protetores para todas as situações de exposição (tipo de ruído  $K$ ) em que se registaram valores de  $L_{Aeq,T}$  superiores a  $80dB(A)$ . Os modelos de protetores considerados foram os referenciados pelos responsáveis dos trabalhadores que os utilizavam.

Nas tarefas em que era legalmente obrigatória a utilização, por parte do trabalhador, de protetores auditivos, ou em que a entidade empregadora era legalmente obrigada a facultá-los ao trabalhador, foi calculada a exposição pessoal diária efetiva,  $L_{EX,8h,efect}$ . Este parâmetro foi calculado de forma semelhante à descrita pelas equações referidas anteriormente, mas em vez de serem usados os valores de  $L_{Aeq,TK}$  medidos.

Para o cálculo da exposição diária efetiva de cada trabalhador, a atribuição de um dado modelo de protetor auditivo a cada tipo de ruído  $K$  foi realizada de acordo com a informação recolhida junto dos responsáveis, de forma a corresponder o melhor possível à situação real existente e atendendo à atenuação do ruído proporcionada pelos protetores auditivos selecionados.

O cálculo deste parâmetro foi realizado de acordo com as "*Indicações e orientações para a seleção de protetores auditivos*", conforme o método descrito no ponto no Anexo V do DL nº 182/2006, de 6 de Setembro.

### 3.4 Critérios de Avaliação

Para avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho, foram comparados os resultados obtidos para a *Exposição pessoal diária ao ruído*,  $L_{EX,8h} + U$ , para a *Exposição pessoal diária efetiva*,  $L_{EX,8h,efect}$  e para o *Nível de pressão sonora de pico*,  $L_{Cpico}$  com os seguintes *Valores Limite de Exposição* (VLE) e *Valores de Ação* (VA), definidos nas alíneas a), b) e c), do n.º 1, do art.º 3º do DL nº 182/2006, de 6 de Setembro:

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

## 4 RESULTADOS

A amostra foi constituída por 20 pedreiras, distribuídas geograficamente por Portugal Continental. Entre 2010 e 2015, cada pedreira foi alvo de 1 a 5 avaliações, conforme a distribuição constante na figura 8:

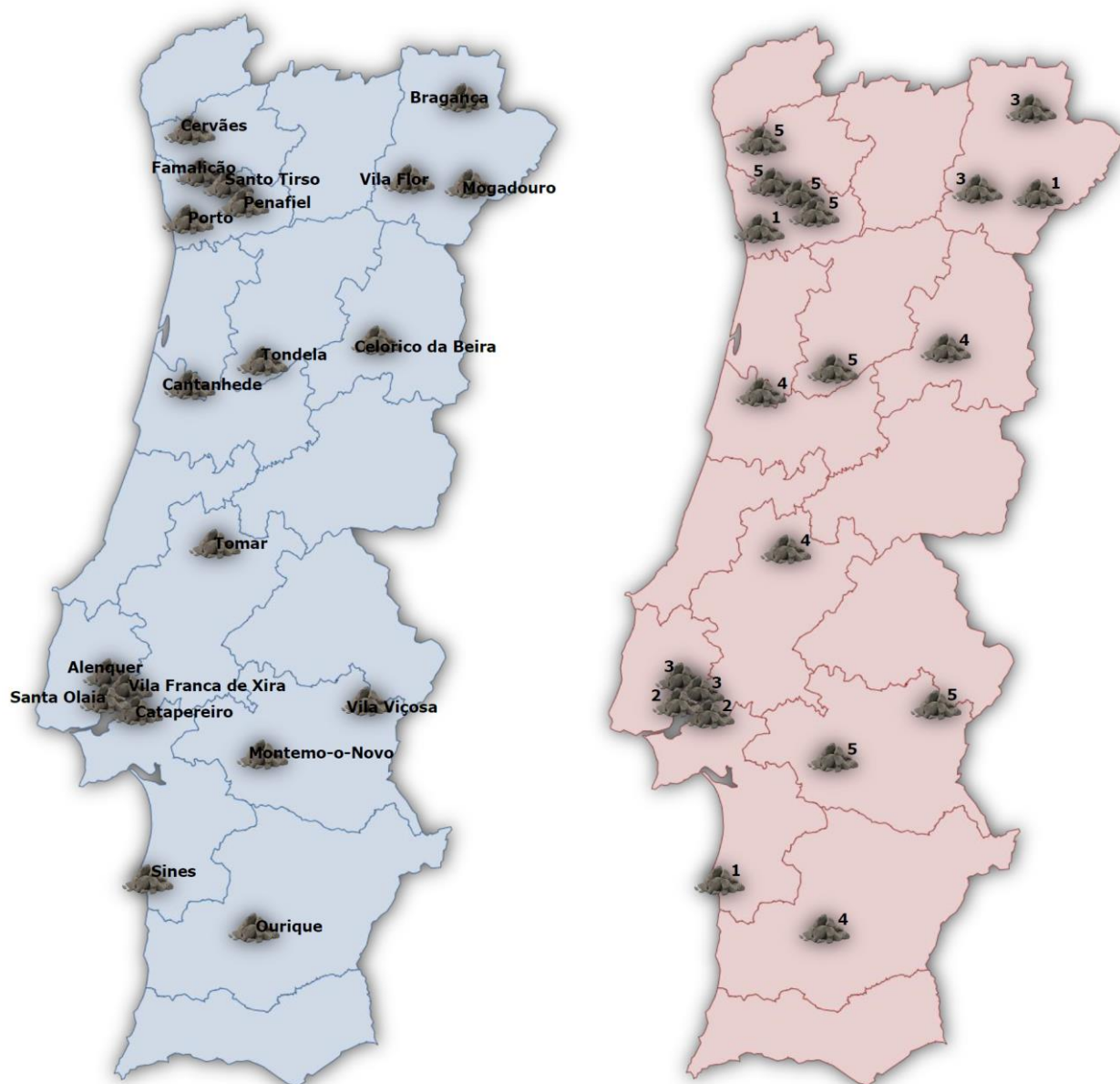
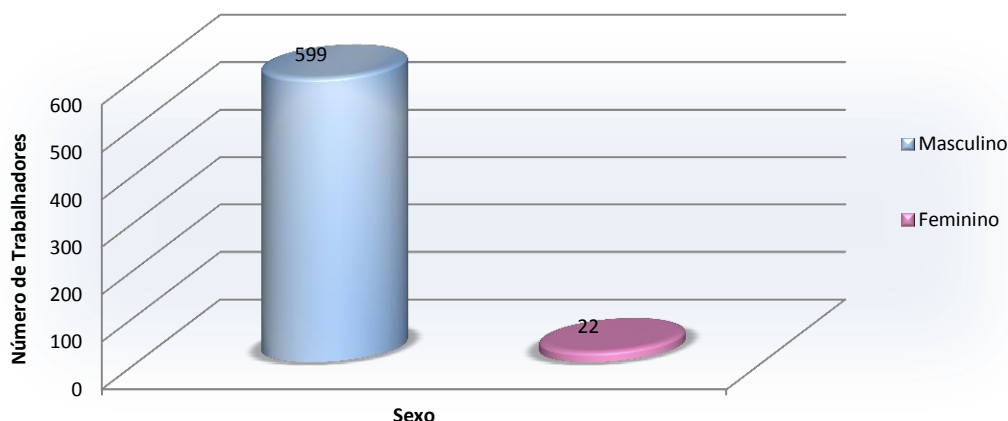


Figura 8 - Distribuição Geográfica das Pedreiras Avaliadas e N.º de Ensaios Realizados

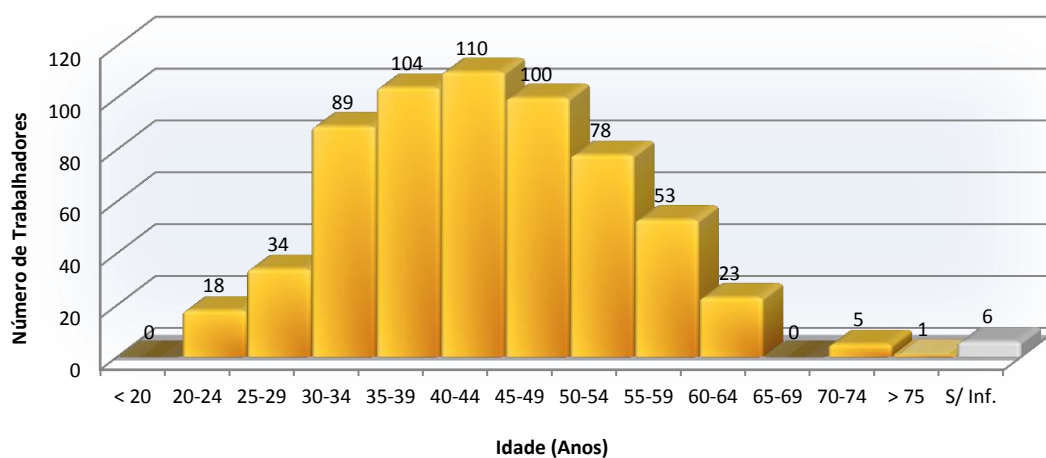
Relativamente à distribuição dos trabalhadores por sexo, constatou-se que a grande maioria (96%) eram homens, enquanto que as mulheres apenas completavam 4% do total de trabalhadores.

**Gráfico 1 - Distribuição dos Trabalhadores, por Sexo**



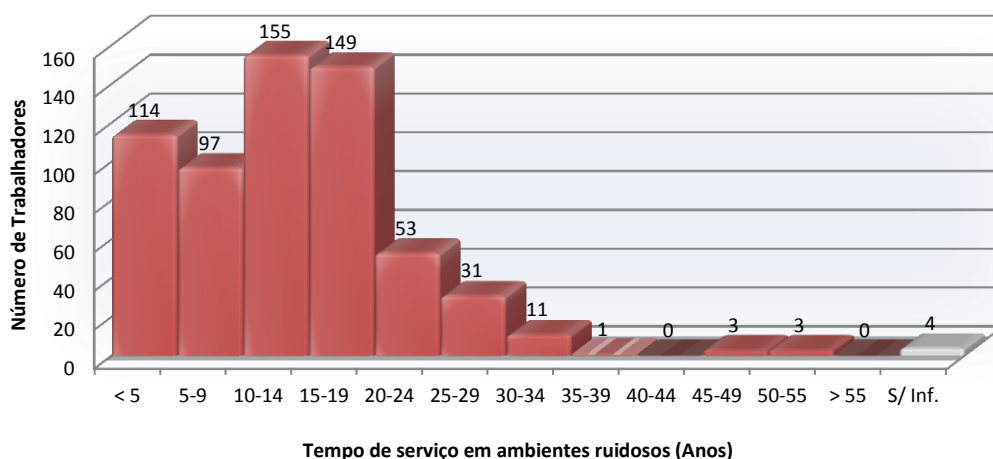
As tarefas desenvolvidas pelos indivíduos do sexo masculino eram abrangentes a todo o processo produtivo e atividades de apoio. Na generalidade, os indivíduos do sexo feminino apenas desempenhavam tarefas fora do processo produtivo, nomeadamente no *Laboratório* e *Escritório/ Balança*, podendo em poucos casos intervir na *Zona de Produção (Ambiente Geral)*.

**Gráfico 2 - Distribuição da Idade, por Trabalhador**



A média de idades dos trabalhadores avaliados era de 42 anos. O trabalhador mais novo tinha 20 anos e o mais velho 75 anos.

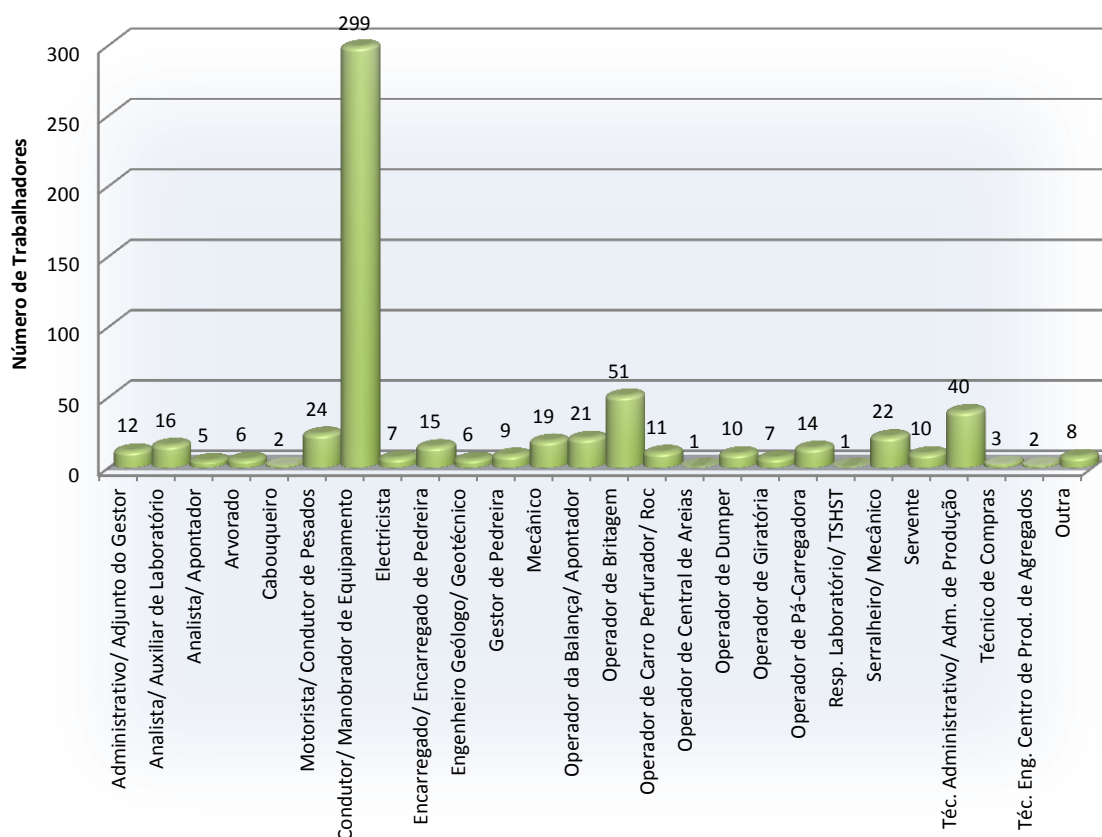
Gráfico 3 - Distribuição do Tempo de Serviço em Ambientes Ruidosos, por Trabalhador



Em relação ao tempo de serviço desenvolvido ao longo dos anos por cada trabalhador, verificou-se que o valor médio era de 13 anos. O valor máximo e mínimo registados foram de zero anos e 54 anos, respetivamente.

O Gráfico 4 mostra a distribuição da atividade/ categoria profissional dos trabalhadores avaliados:

Gráfico 4 - Distribuição da Atividade/ Categoria Profissional, por Trabalhador



É possível constatar que a maior parte (cerca de 48%) desenvolvia a sua atividade como *Condutor/ Manobrador de Equipamento*, seguido da função de *Operador de Britagem* com 8% e *Técnico Administrativo/ Administrativo de Produção* com 6%.

As tarefas avaliadas foram 13, as quais estão identificadas na tabela 2:

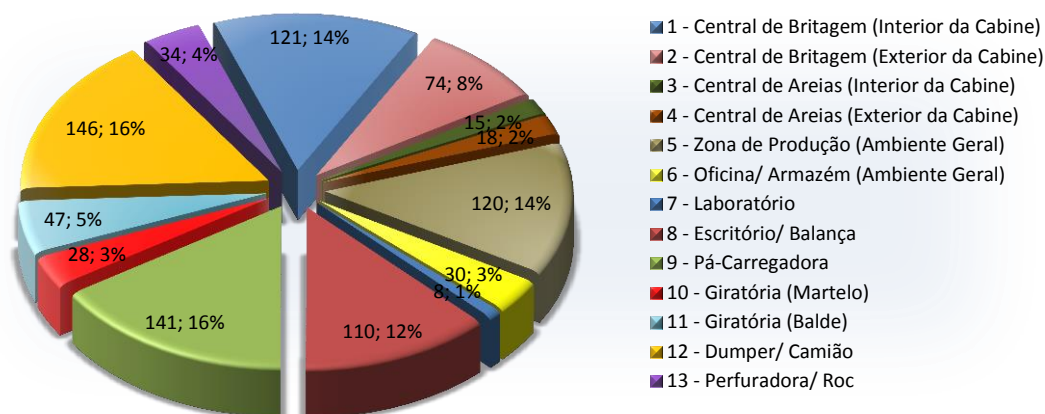
**Tabela 2 – Tarefas Avaliadas**

N.º da Tarefa	Designação
1	Central de Britagem (Interior da Cabine)
2	Central de Britagem (Exterior da Cabine)
3	Central de Areias (Interior da Cabine)
4	Central de Areias (Exterior da Cabine)
5	Zona de Produção (Ambiente Geral)
6	Oficina/ Armazém (Ambiente Geral)
7	Laboratório
8	Escritório/ Balança
9	Pá-Carregadora
10	Giratória (Martelo)
11	Giratória (Balde)
12	Dumper/ Camião
13	Perfuradora/ Roc

Conforme o processo produtivo, equipamentos e máquinas das Pedreiras, foram avaliadas as diferentes tarefas existentes em cada caso. Por esse motivo, nem sempre foram avaliadas as 13 tarefas em cada Pedreira.

A percentagem de trabalhadores afetos a cada tarefa, encontra-se distribuída no gráfico 5:

Gráfico 5 - Distribuição das Tarefas pela Percentagem de Trabalhadores



Conforme é possível constatar, as tarefas que albergavam o maior número de trabalhadores eram a *Pá-Carregadora* e *Dumper/ Camião*, com 16% cada, seguidas da *Central de Britagem (Interior da Cabine)* e *Zona de Produção (Ambiente Geral)*, com 14% cada. Diversas tarefas estavam associadas a um número reduzido de trabalhadores, como é o caso da *Perfuradora/ Roc* (1%), *Central de Areias (Interior e Exterior da Cabine)* (2%), *Oficina/ Armazém* e *Giratória (Martelo)*, ambas com 3%.

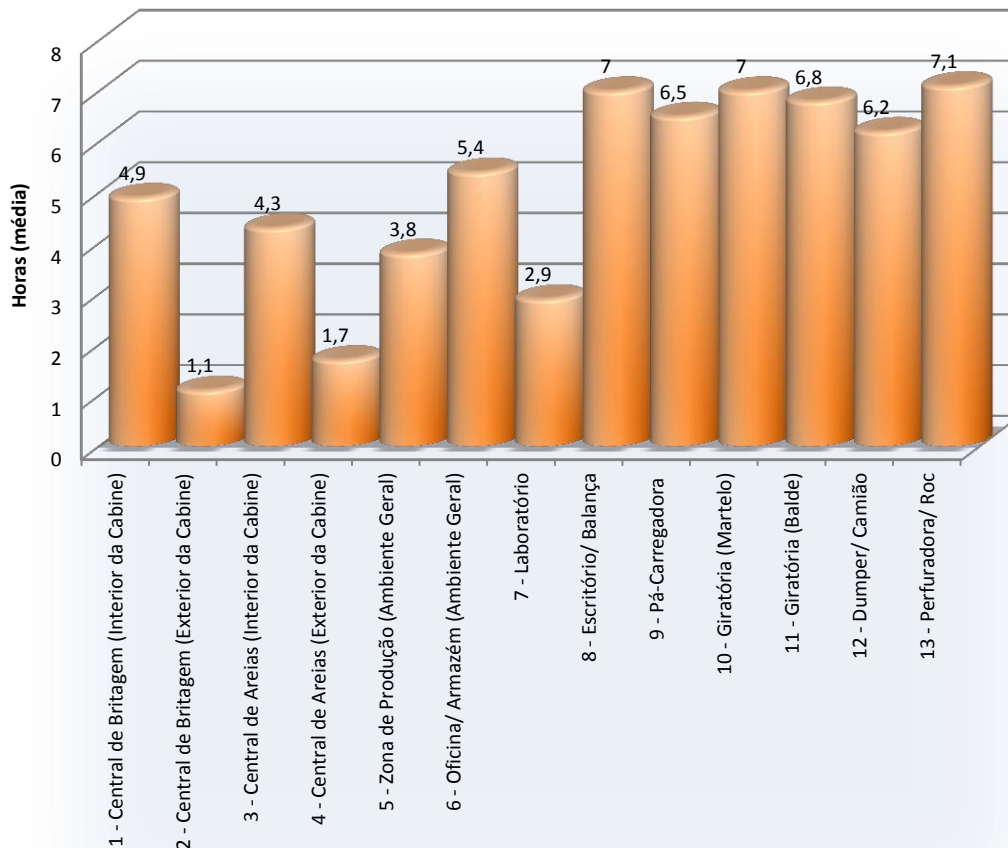
Tendo em conta a estimativa do tempo de exposição diário a cada tarefa, é possível determinar, em combinação com o respetivo nível sonoro medido, qual a exposição pessoal diária ao ruído durante o trabalho de cada indivíduo que desenvolvia a sua atividade nas Pedreiras.

No gráfico 6 encontra-se a distribuição do tempo diário (estimado) de exposição ao ruído em cada tarefa, de acordo com os dados fornecidos pelos responsáveis dos trabalhadores.

Pode-se verificar que as tarefas com uma maior taxa de ocupação diária e consequente tempo de exposição eram a *Perfuradora/ Roc*, a *Giratória (Martelo)*, o *Escritório/ Balança* e a *Giratória/ Balde*, cada uma com 7h médias diárias. As que apresentaram menor tempo médio diário de exposição foram a *Central de Britagem (Exterior da Cabine)*, *Central de*

Areias (Exterior da Cabine) e Laboratório, com tempos médios de 1h, 2h e 3h, respetivamente.

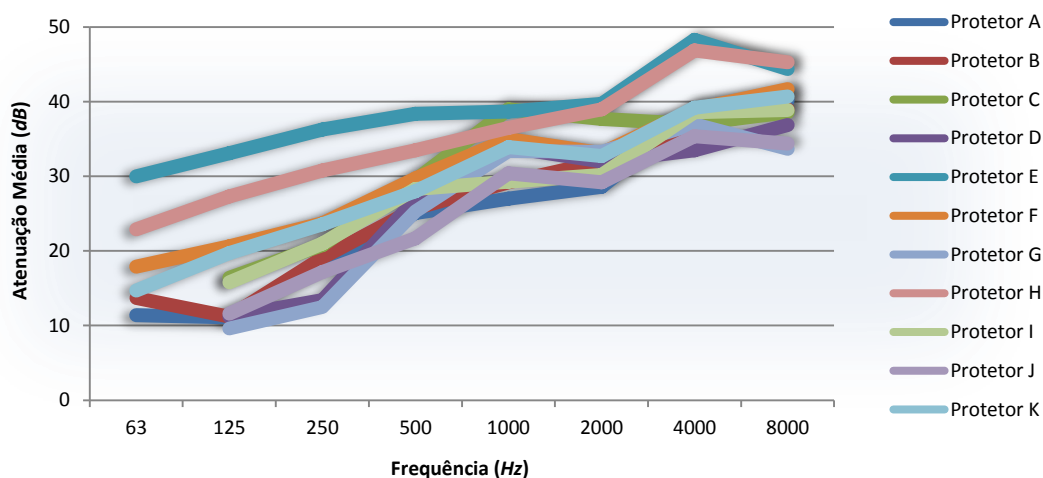
**Gráfico 6 - Distribuição do Tempo Diário Estimado de Exposição a Cada Tarefa**



De acordo com o nível sonoro presente em cada tarefa de trabalho os trabalhadores poderiam dispor e utilizar de equipamento de proteção individual contra o ruído.

Foi recolhida informação dos protetores auditivos utilizados pelos trabalhadores avaliados e analisada a atenuação proporcionada por cada um.

**Gráfico 7 – Atenuação Média dos Protetores Auditivos Utilizados pelos Trabalhadores Avaliados**



Conforme se pode constatar pelo gráfico 7, a *Atenuação Média (dB)* por frequência proporcionada por cada protetor era bastante díspar, sobretudo nas baixas/ médias frequências (entre 63Hz e 500Hz).

No gráfico 8 podemos ainda verificar a dispersão relativa ao *Desvio Padrão (dB)* de cada protetor auditivo, pela análise em frequência.

**Gráfico 8 – Desvio Padrão da Atenuação dos Protetores Auditivos Utilizados pelos Trabalhadores**

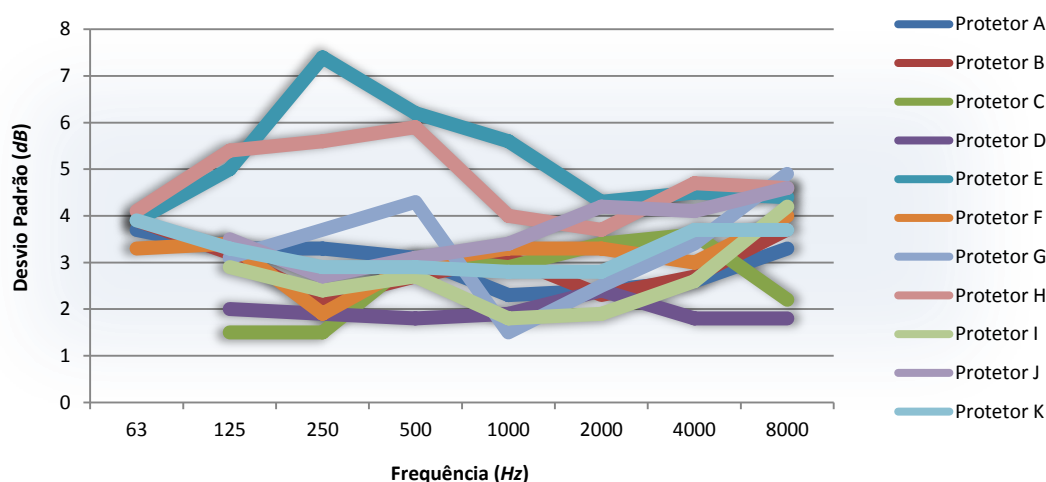


Tabela 3 - Distribuição dos Níveis de Ruído pelas Tarefas

Tarefas	$L_{Aeq,T}$	$L_{Cpico}$	Espectro de Frequência (Hz), por bandas de Oitava, em dB (A)							
	dB(A)	dB(C)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1 - Central de Britagem (Interior da Cabine)	77,5	110,7	57,4	63,7	69,1	72,5	70,9	68,6	62,3	52,6
2 - Central de Britagem (Exterior da Cabine)	94,2	124,5	69,8	78,3	84,7	88,2	88,7	86,5	81,6	72,6
3 - Central de Areias (Interior da Cabine)	72,9	107,0	51,9	58,7	65,4	68,6	65,5	62,5	56,4	48,7
4 - Central de Areias (Exterior da Cabine)	84,2	113,0	61,7	68,0	75,6	78,2	77,8	75,8	72,3	65,0
5 - Zona de Produção (Ambiente Geral)	85,9	113,0	60,6	69,0	74,0	78,9	80,5	79,4	75,5	66,4
6 - Oficina/ Armazém (Ambiente Geral)	74,6	115,5	46,8	52,7	58,7	64,7	66,5	66,3	63,5	57,0
7 - Laboratório	88,1	116,9	40,8	47,0	57,2	67,6	74,8	80,2	84,3	81,5
8 - Escritório/ Balança	61,8	100,1	34,5	42,8	50,4	57,6	54,8	52,8	49,4	43,7
9 - Pá-Carregadora	74,9	115,3	58,5	63,2	64,7	70,3	67,5	64,5	60,5	52,7
10 - Giratória (Martelo)	82,0	126,8	66,4	71,7	73,1	74,8	74,9	74,8	69,4	61,3
11 - Giratória (Balde)	77,1	122,8	62,2	67,8	69,7	71,0	69,2	67,1	62,2	55,3
12 - Dumper/ Camião	76,0	122,3	62,1	65,9	66,6	70,1	68,1	66,4	62,2	56,2
13 - Perfuradora/ Roc	88,5	119,8	58,2	67,2	74,0	79,2	79,9	80,9	78,5	72,7

A tabela 3 resume os valores médios dos níveis sonoros medidos em cada tarefa, nomeadamente do nível sonoro contínuo equivalente ( $L_{Aeq,T}$ ), ponderado A, respetivo espectro de frequência e do nível de pressão sonora de pico ( $L_{Cpico}$ ).

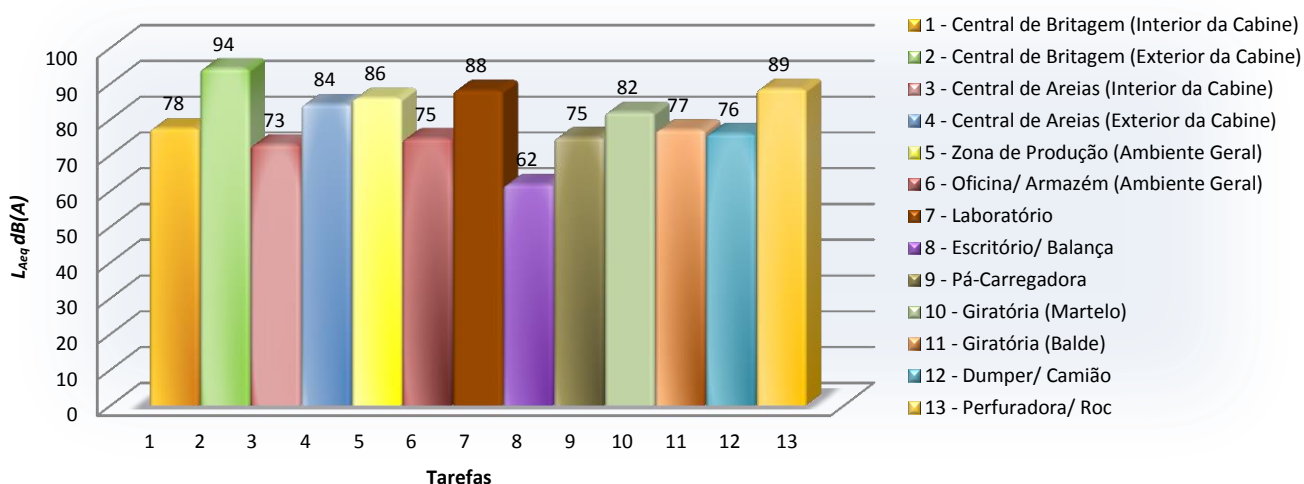
Conforme podemos verificar, a tarefa que apresentou o valor médio de  $L_{Aeq,T}$  mais elevado foi a "2 - Central de Britagem (Exterior da Cabine)", com 94,2 dB(A) enquanto que o valor médio mais alto de  $L_{Cpico}$  foi registado na tarefa "10 - Giratória (Martelo)", com 126,8 dB(C).

Em relação à análise espectral em bandas de 1/1 oitava, verifica-se que os valores médios mais elevados foram os da tarefa "2 - Central de Britagem

(Exterior da Cabine)", mas apenas até aos 2000 Hz. Para as frequências de 4000 Hz e 8000 Hz o maior nível médio de ruído pertencia à tarefa "7 - Laboratório".

De seguida apresentam-se os gráficos do nível sonoro contínuo equivalente ( $L_{Aeq,T}$ ), ponderado A, médio obtido em cada tarefa e os valores mínimos, médios e máximos medidos.

**Gráfico 9 – Nível Sonoro Contínuo Equivalente ( $L_{Aeq,T}$ ), Ponderado A Obtido nas Diferentes Tarefas (valor médio)**

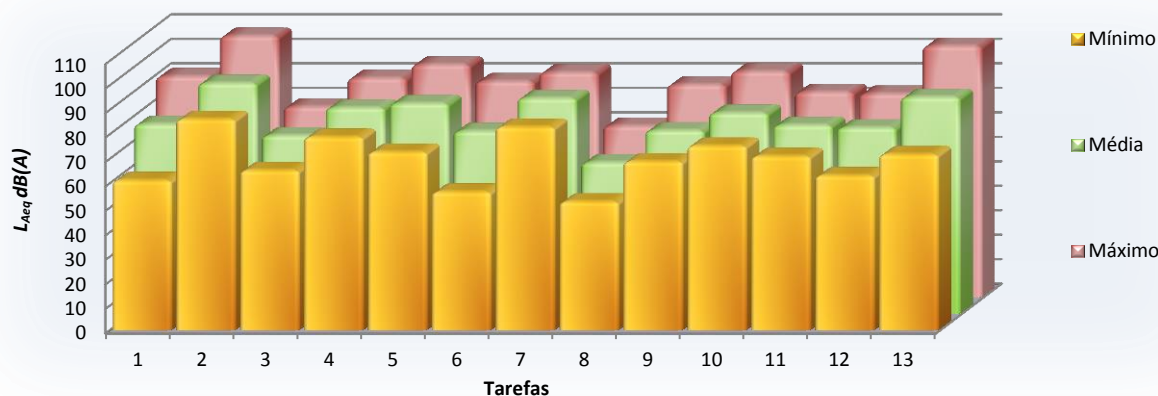


De acordo com o gráfico 9 podemos então constatar que aproximadamente metade das tarefas apresentava um valor médio inferior a 80 dB(A) e, conseqüentemente, para a outra metade os valores estavam acima dos 80 dB(A).

As tarefas (postos de trabalho) mais ruidosas foram a "2 - Central de Britagem (Exterior da Cabine)", a "13 - Perfuradora/ Roc" e a "7 - Laboratório", enquanto que as que produziam menos ruído foram a "8 - Escritório/ Balança" (apenas com 62 dB(A)), a "3 - Central de Areias - Interior da Cabine", a "6 - Oficina Armazém (Ambiente Geral)" e a "9 - Pá-Carregadora".

No gráfico 10 conseguimos verificar, por cada tarefa, a dispersão dos valores de  $L_{Aeq,T}$  obtidos, entre os valores mínimo, médio e máximo.

**Gráfico 10 – Nível Sonoro Contínuo Equivalente ( $L_{Aeq,T}$ ), Ponderado A Obtido nas Diferentes Tarefas (Valores Mínimos, Médios e Máximos)**



As tarefas que registaram os valores máximos de  $L_{Aeq,T}$  mais elevados foram a "2 - Central de Britagem (Exterior da Cabine)" e a "13 - Perfuradora/ Roc", com  $107 \text{ dB(A)}$  e  $103 \text{ dB(A)}$ , respetivamente. Ao inverso, a tarefa que registou o valor mínimo mais baixo foi a "8 - Escritório/ Balança", com  $53 \text{ dB(A)}$ .

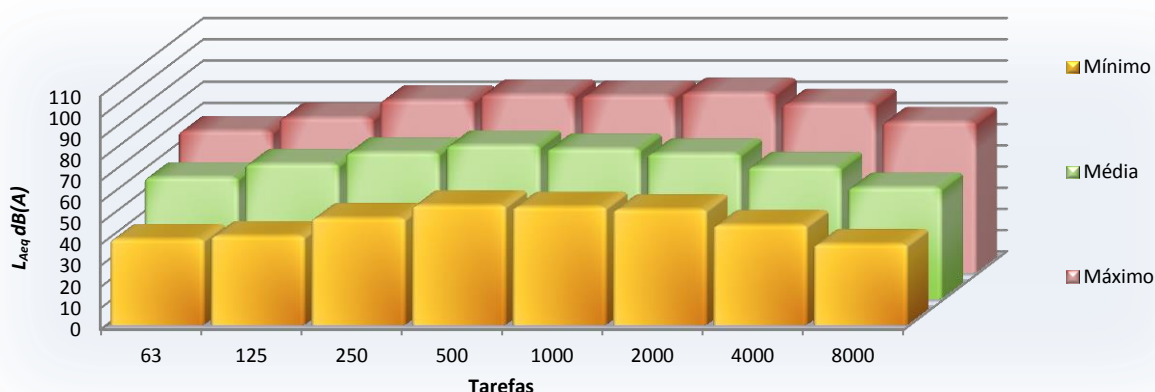
Relativamente à dispersão de valores, entre valores máximos e mínimos, as tarefas com maior diferencial foram a "6 - Oficina/ Armazém (Ambiente Geral)", a "13 - Perfuradora/ Roc" e a "1 - Central de Britagem (Interior da Cabine)", com desníveis de  $32 \text{ dB(A)}$ ,  $31 \text{ dB(A)}$  e  $29 \text{ dB(A)}$ , respetivamente. Tal facto dever-se-á à maior flutuação do nível sonoro inerente às diferentes atividades realizadas nas oficinas/ armazéns, ao facto de se terem medido perfuradoras com e sem cabine (denotando-se uma grande diferença relativa à proteção conferida pela cabine) e, por último, por ter sido medida uma cabine de britagem com fracas condições de isolamento sonoro.

A menor diferença entre os valores máximo e mínimo foi patente nas tarefas "7 - Laboratório" e "4 - Central de Areias (Interior da Cabine)", com apenas  $9 \text{ dB(A)}$  e  $11 \text{ dB(A)}$ , respetivamente. Este facto deverá estar associado a duas situações: por um lado, estas tarefas só foram avaliadas por 7 e 9

vezes, respetivamente, sendo as que tiveram menos medições; por outro lado podemos estar perante tarefas mais padronizadas e com condições/variáveis mais aproximadas entre si (refira-se que no laboratório, os ensaios medidos são normalizados, devendo ser executados da mesma forma e o interior da cabine da central de areias era similar, mesmo em estado de conservação, nas diferente Pedreiras avaliadas).

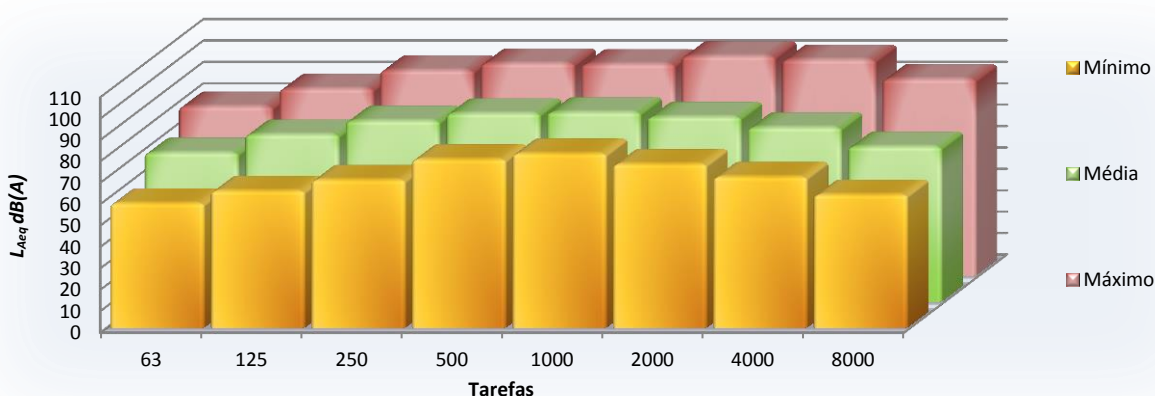
Seguem os gráficos da análise espectral dos valores de  $L_{Aeq,T_i}$  por bandas de frequência de 1/1 oitava de cada tarefa avaliada nas diferentes Pedreiras. Os valores apresentados referem-se às médias obtidas para os valores mínimos, médios e máximos.

**Gráfico 11 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 1: Central de Britagem (Interior da Cabine)**



A “Central de Britagem (interior da cabine)” apresentava uma distribuição espectral relativamente homogénea, com ligeira predominância das frequências centrais de 500 Hz a 2000 Hz.

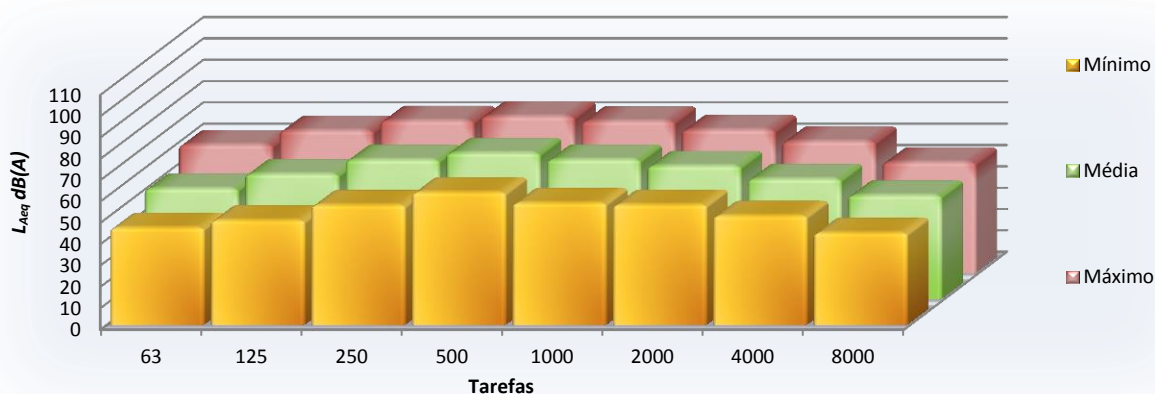
**Gráfico 12 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 2: Central de Britagem (Exterior da Cabine)**



O ruído presente nesta tarefa era proeminente nas frequências médias agudas, entre os 500 Hz e os 4000 Hz, com máximo de 103 dB(A) na frequência de 2000 Hz. Este facto está inerente ao ruído provocado pela percussão do Primário, nomeadamente das suas maxilas em aço que embatiam contra a pedra para a triturar.

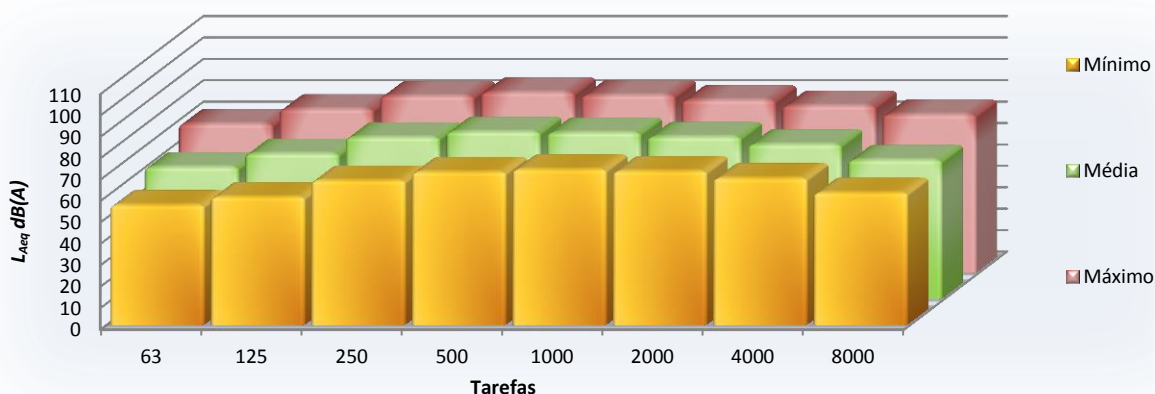
Conforme já referido anteriormente, ao nível espectral, a tarefa "2 - Central de Britagem (Exterior da Cabine)" era a que apresentava os valores superiores. Comparando os valores máximos, à exceção da frequência de 8000 Hz, todos os níveis sonoros desta tarefa foram superiores aos das restantes tarefas.

**Gráfico 13 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 3: Central de Areias (Interior da Cabine)**



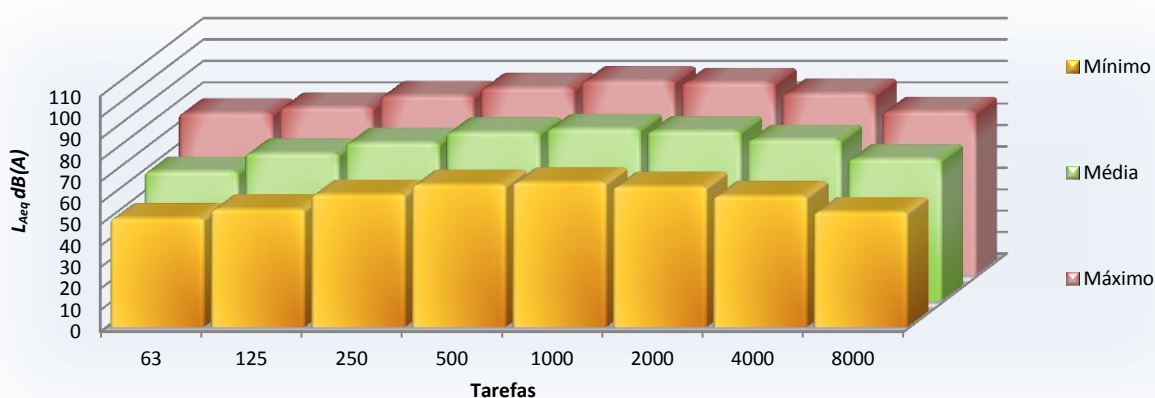
No interior da cabine da central de areias o ruído era médio grave, salientando-se as frequências compreendidas os 250 Hz e os 1000 Hz.

**Gráfico 14 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 4: Central de Areias (Exterior da Cabine)**



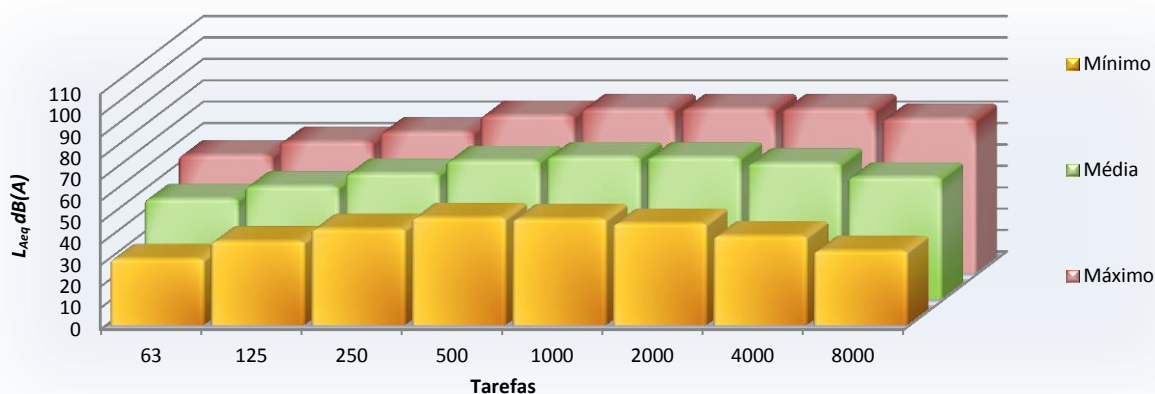
Tal como no interior da cabine da central de areias, também no exterior, a distribuição do nível sonoro pelo espectro de frequências foi bastante homogénea mas, neste caso, mais alargada entre as frequências de 250 Hz e os 2000 Hz (até mesmo os 4000 Hz). O ruído da percussão/ fricção dos agregados no metal dos crivos foi mais audível no exterior da cabine.

**Gráfico 15 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 5: Zona de Produção (Ambiente Geral)**



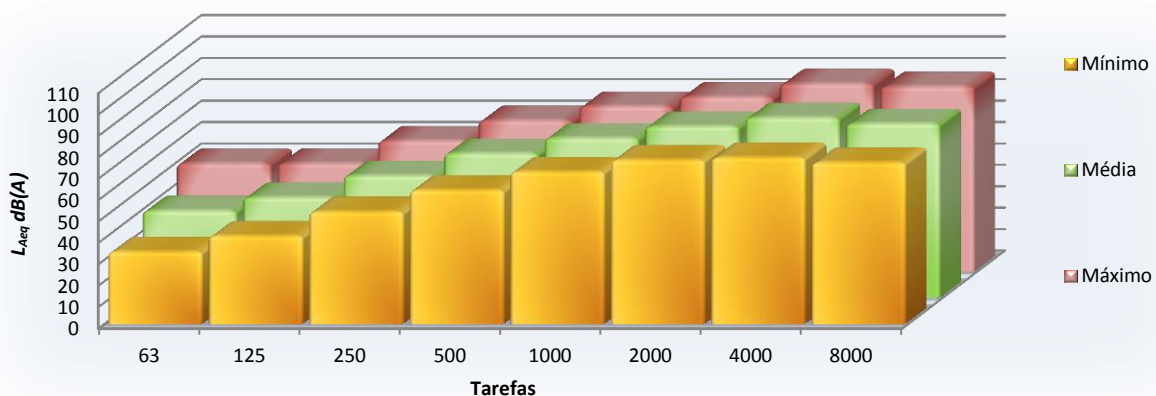
Quanto ao ruído geral medido na zona de produção, que contempla as unidades de transformação como a britagem e a central de areias, respetivos britadores primários, secundários, crivos, telas transportadoras, etc., o ruído foi tendencialmente médio agudo, destacando-se as frequências entre os 500 Hz e os 4000 Hz. Saliente-se que nesta tarefa foi bastante audível a constante percussão da pedra (agregados britados em geral) nos metais destes equipamentos.

**Gráfico 16 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 6: Oficina/ Armazém (Ambiente Geral)**



Caracterizada pela percussão de metais, com martelo, utilização de rebarbadoras, máquinas de soldar, equipamentos pneumáticos, entre outros, os trabalhos realizados nesta tarefa originaram um ruído tendencialmente médio agudo a agudo, com frequências predominantes de 500 Hz a 4000 Hz e com máximos de 77 dB (A) detetados nas frequências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz.

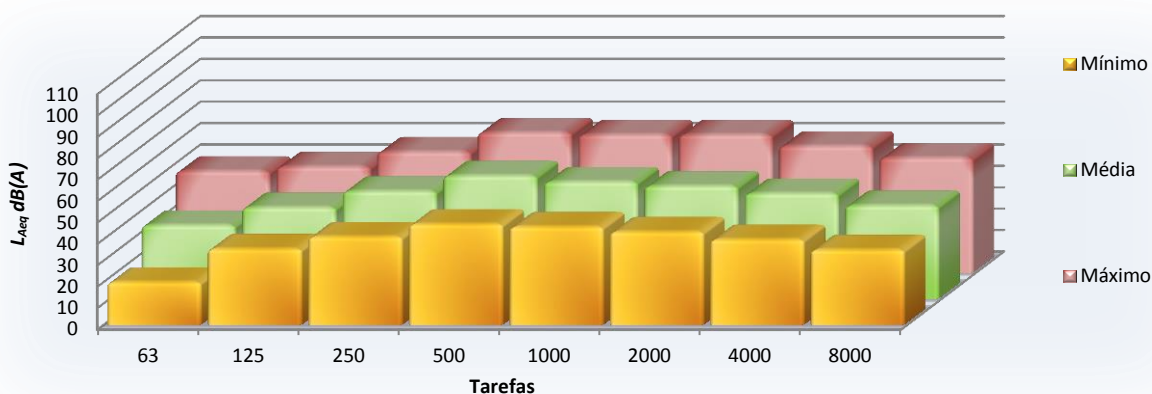
**Gráfico 17 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 7: Laboratório**



A tarefa "7 - Laboratório" era, nitidamente, detentora de um ruído agudo, onde as frequências de 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz foram predominantes. O nível sonoro máximo, de 88 dB(A), foi atingido aos 4000 Hz. Relembre-se que os valores médios mais elevados para as frequências de 4000 Hz e 8000 Hz pertenceram a esta tarefa.

Este ruído foi marcado pela percussão do agregado britado nos peneiros metálicos, utilizados no ensaio de "análise granulométrica". Sendo a peneiração manual, o trabalhador que executava este ensaio estava muito perto da fonte de ruído e sujeito a essa exposição excessiva de sons agudos.

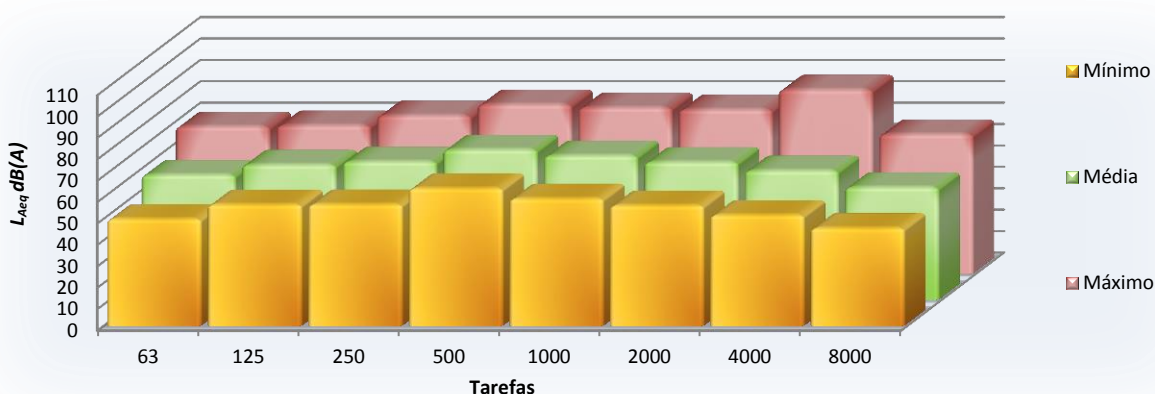
**Gráfico 18 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 8: Escritório/ Balança**



O nível sonoro médio presente na tarefa "8 – Escritório/ Balança" foi o mais baixo para todas as frequências, comparativamente com as restantes tarefas. Isto deveu-se ao afastamento do "Escritório/ Balança" da zona de produção, que foi a mais ruidosa. Por outro lado, as fontes sonoras presentes nesta tarefa não tinham grande impacto acústico.

De acordo com a classificação deste ruído pela frequência, este era médio, sendo mais perceptíveis as frequências dos 500 Hz aos 200 Hz.

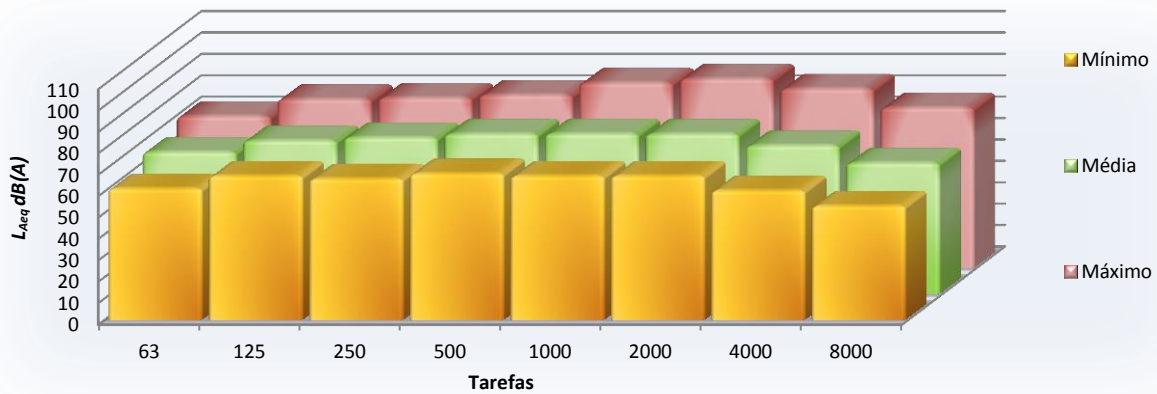
**Gráfico 19 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 9: Pá-Carregadora**



Quanto às pás-carregadoras, verificou-se um ruído bastante uniforme, com espectro por frequências médio. Repara-se, contudo, na existência de um valor máximo proeminente na frequência dos 4000 Hz, situação que estará relacionada com a mensagem sonora de aviso interno da própria máquina

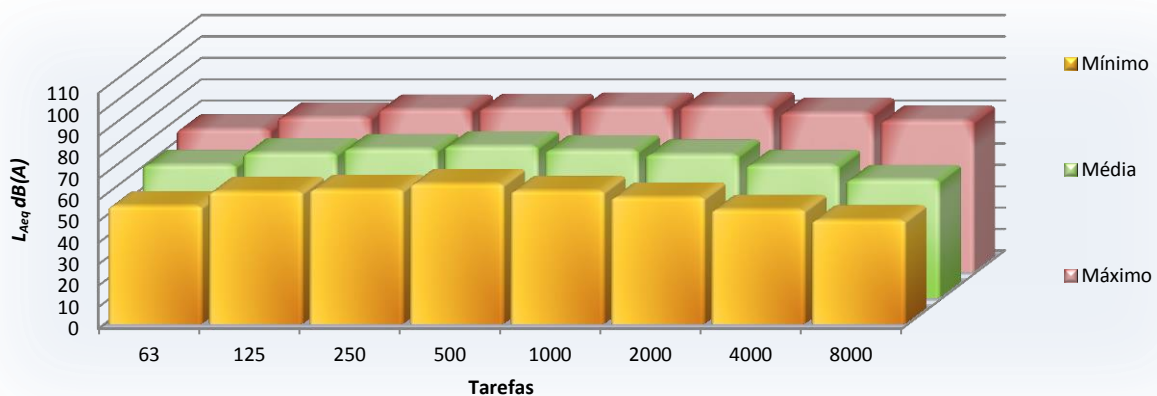
(acionamento de marcha-atrás ou outros), que em alguns casos era bastante elevado.

**Gráfico 20 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 10: Giratória (Martelo)**



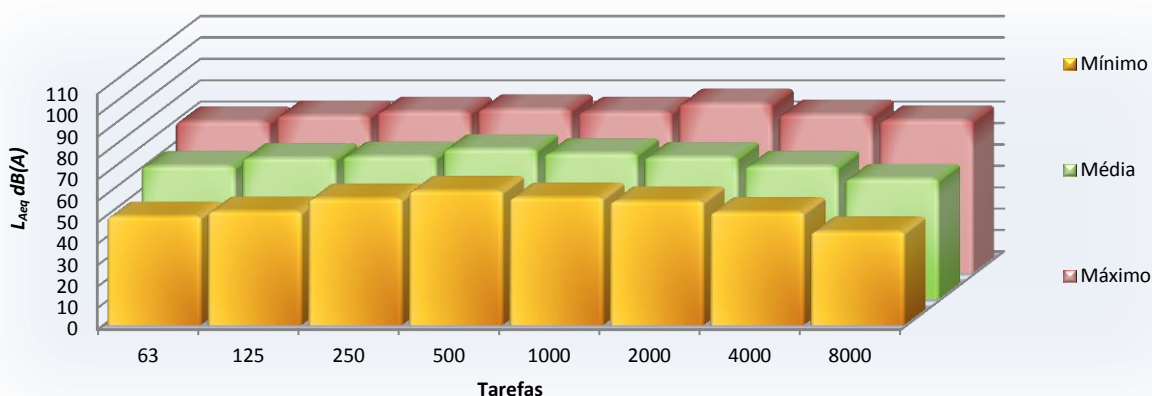
A tarefa "10 - Giratória (Martelo)", de todas, foi a que apresentou um espectro na frequência,  $L_{Aeq,T}$ , em  $dB(A)$ , mais linear. O seu ruído tendeu contudo para o médio agudo, devido à percussão do martelo hidráulico na pedra. Apresentava no entanto um nível de graves considerável, devido ao elevado esforço do motor da máquina proporcionado neste tipo de tarefa.

**Gráfico 21 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 11: Giratória (Balde)**



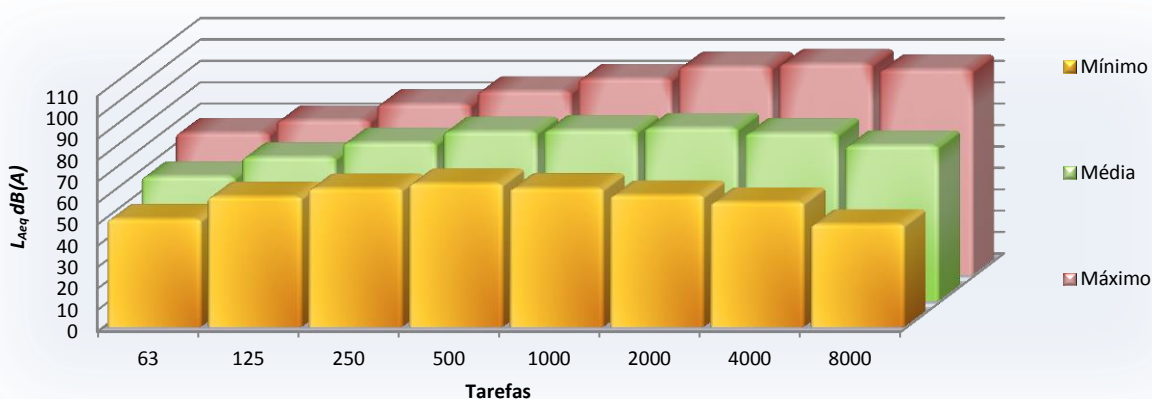
A giratória, quando equipada com balde, apresentava também um espectro bastante linear, tendencialmente mais médio grave, com predominância dos 125 Hz a 1000 Hz.

**Gráfico 22 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 12: Dumper/ Camião**



O “Dumper/ Camião” foi outra das máquinas que manifestou um nível sonoro considerável nas frequências mais baixas (graves) devido a estar sujeito a um elevado esforço do motor. No entanto, uma vez que nesta tarefa estava presente um intenso ruído de percussão da pedra com o metal (nomeadamente quando era carregada na báscula) as frequências médias e agudas destacaram-se. Por isso este ruído era médio, tendo máximos a tender para o médio agudo (2000 Hz).

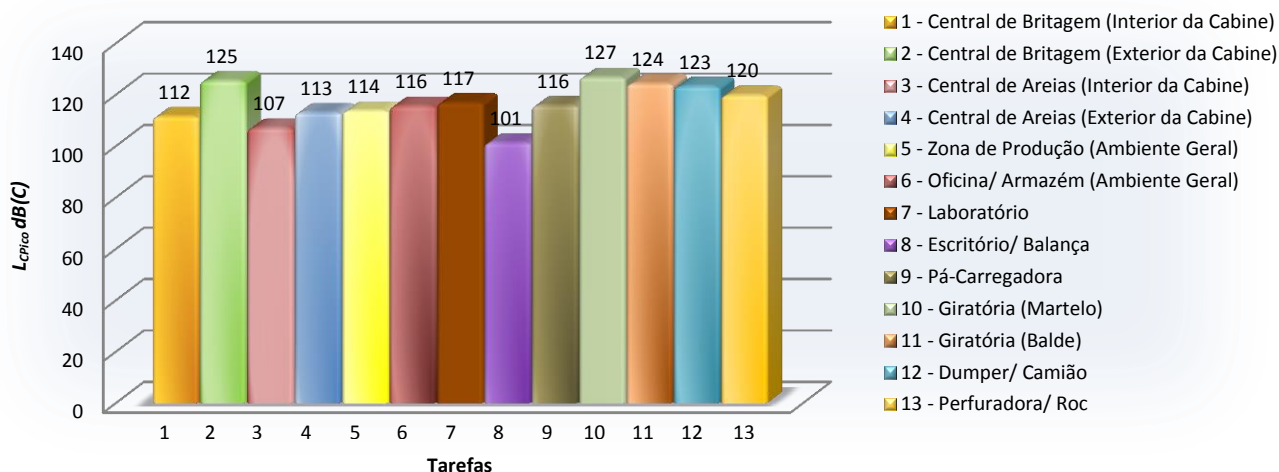
**Gráfico 23 – Espectro de Frequência por Bandas de Oitava na Tarefa 13: Perfuradora/ Roc**



Quanto à tarefa “13 - Perfuradora/ Roc”, a sua distribuição espectral dos níveis sonoros foi mais significativa entre as frequências de 500 Hz a 4000 Hz. Deve-se salientar, contudo, que os valores máximos foram marcadamente superiores nos agudos. Esta foi até a tarefa que registou o valor máximo superior na frequência dos 8000 Hz, devendo-se esta

ocorrência à exposição ao ruído proveniente da furação da pedra com varas metálicas em máquinas não cabinadas.

**Gráfico 24 – Nível de Pressão Sonora de Pico ( $L_{Cpico}$ ) Obtido nas Diferentes Tarefas (Valor Médio)**

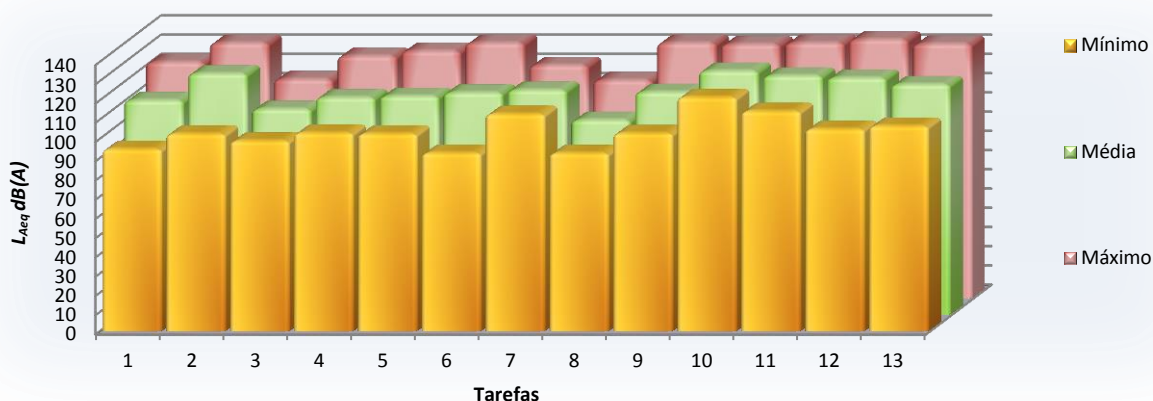


No que respeita à média do nível de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$ , o valor mais elevado correspondeu à tarefa "10 - Giratória (Martelo)", com 127  $dB(C)$ , seguida da tarefa "2 - Central de Britagem (Exterior da Cabine)", com 125  $dB(C)$  e da "11 - Giratória (Balde)", com 124  $dB(C)$ , seguidas da "12 - Dumper/ Camião" e da "13 - Perfuradora/ Roc", com 123  $dB(C)$  e 120  $dB(C)$ , respetivamente. Foi nestas tarefas que ocorreram os maiores picos de pressão sonora, inerente à percussão da pedra com o metal.

O valor de  $L_{Cpico}$  mais baixo foi registado na tarefa "8 - Escritório/ Balança", com 101  $dB(C)$ .

Do gráfico 25 podemos constatar que existiu alguma dispersão entre os valores máximos e mínimos medidos para o parâmetro  $L_{Cpico}$ . A maior diferença de  $L_{Cpico}$  foi na tarefa "6 - Oficina/ Armazém (Ambiente Geral)", com 40  $dB(C)$ . Esta foi a que apresentou maiores flutuações nos níveis de pressão sonora de pico, por existirem momentos de trabalho acusticamente mais "calmos" e outros, como a percussão de um martelo no aço que terá atingido um valor máximo de  $L_{Cpico}$  de 133  $dB(C)$ .

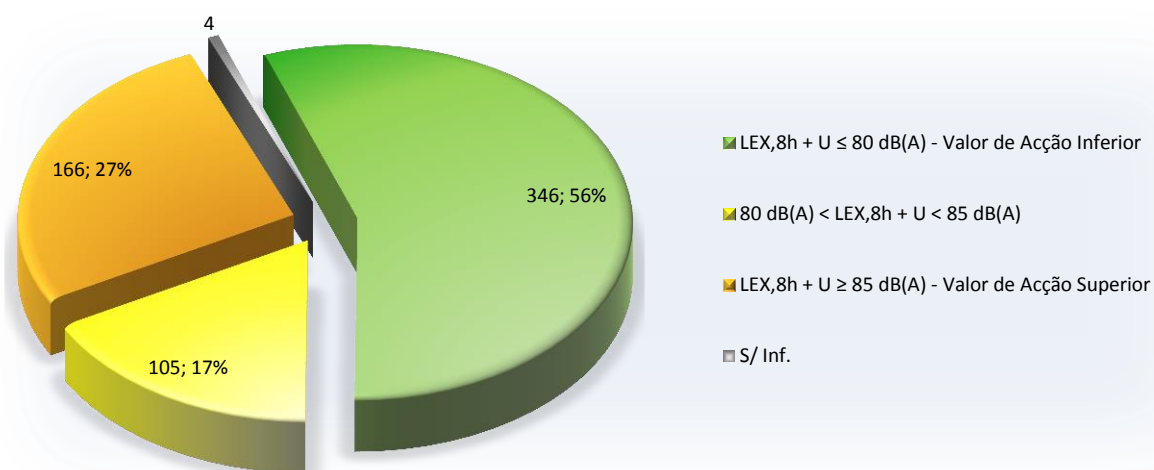
**Gráfico 25 – Nível de Pressão Sonora de Pico ( $L_{Cpico}$ ) Obtido nas Diferentes Tarefas (Valores Mínimos, Médios e Máximos)**



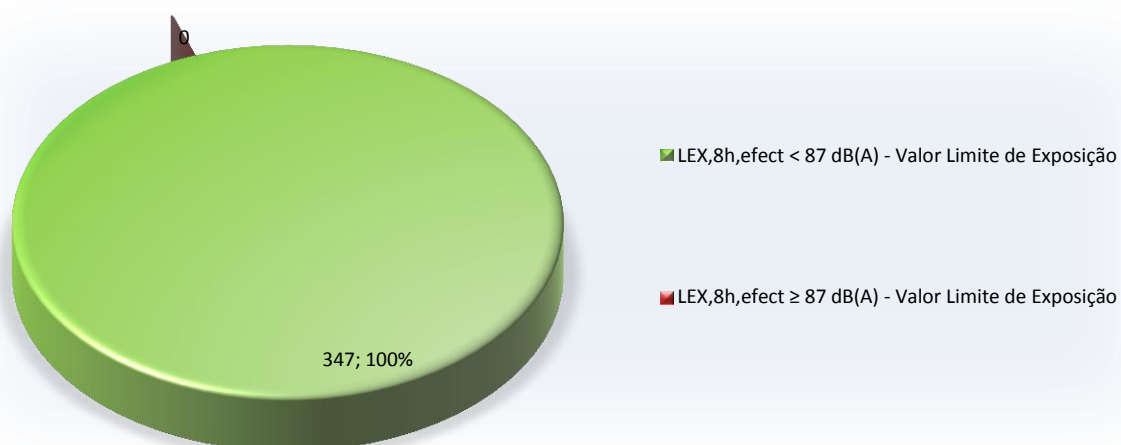
O valor máximo de  $L_{Cpico}$  atingido foi de 135 dB(C) e foi na tarefa "12 – Dumper/ Camião". Este valor resultou da soma dos seguintes fatores: dumper antigo, algo degradado no seu estado de conservação e com os vidros trepidantes por falta de borracha de isolamento; forma "bélica" de carregar o dumper por parte do operador da giratória, com muitos embates do balde na báscula do dumper.

Uma vez apresentados os anteriores resultados, estatísticos e acústicos, segue a apresentação dos resultados relativos à avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho.

Conforme enunciado no subcapítulo "3.6 Critérios de Avaliação" foram comparados os resultados obtidos para  $L_{EX,8h} + U$ ,  $L_{EX,8h,efect}$  e  $L_{Cpico}$  com os Valores Limite de Exposição e Valores de Ação, definidos nas alíneas a), b) e c), do n.º 1, do art.º 3º do DL nº 182/2006, de 6 de Setembro.

Gráfico 26 - Distribuição da Exposição Pessoal Diária ( $L_{EX,8h} + U$ ), por Trabalhador

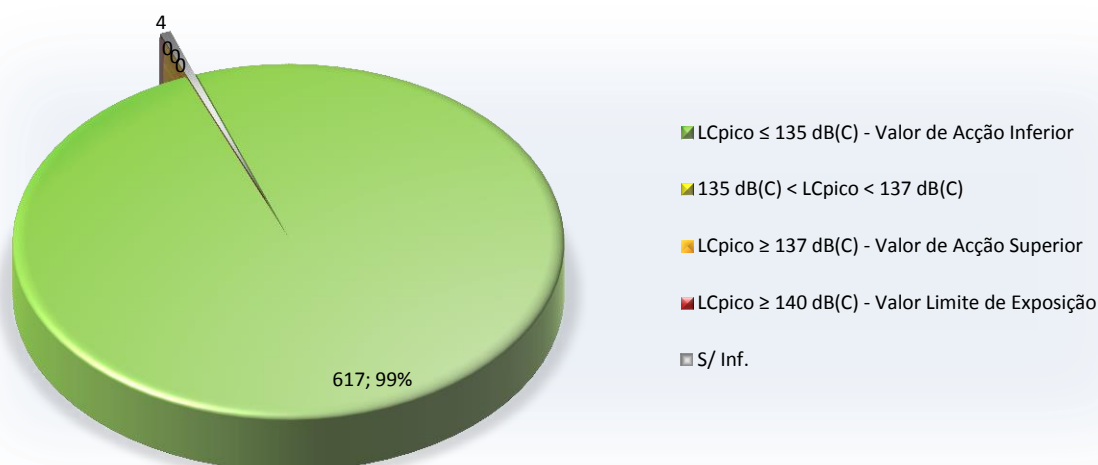
Os resultados da avaliação da exposição pessoal diária ao ruído, revelam que 346 trabalhadores (56%) se encontravam abaixo do “Valor de Ação Inferior” (80  $dB(A)$ ), 105 trabalhadores (17%) estavam entre o “Valor de Ação Inferior” (80  $dB(A)$ ) e o “Valor de Ação Superior” (85  $dB(A)$ ) e 166 trabalhadores (27%) estavam acima do “Valor de Ação Superior” (85  $dB(A)$ ).

Gráfico 27 - Distribuição da Exposição Pessoal Diária Efetiva ( $L_{EX,8h,efect}$ ), por Trabalhador

Pela análise gráfico 27 e de acordo com o ponto 2 do artigo 3º do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, concluiu-se que nenhum dos

trabalhadores avaliados apresentava exposição pessoal diária efetiva superior ou igual ao “Valor Limite de Exposição” ( $87 \text{ dB}(A)$ ). Relembre-se que este parâmetro foi aplicável apenas aos trabalhadores em cujas situações de exposição (tipo de ruído  $K$ ) se registaram valores de  $L_{Aeq,T}$  superiores a  $80 \text{ dB}(A)$ .

**Gráfico 28 - Distribuição do Nível de Pressão Sonora de Pico ( $L_{Cpico}$ ), por Trabalhador**



Relativamente aos níveis de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$ , medidos nos locais de trabalho, nenhum excedeu o valor máximo admissível de  $140 \text{ dB}(C)$ , nem os respetivos valores de ação inferior e superior, definidos na legislação aplicável. Além disso, todos os trabalhadores se encontravam expostos a níveis inferiores ao “Valor de Ação Inferior” ( $135 \text{ dB}(C)$ ).

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A realização deste trabalho permitiu corresponder positivamente aos objetivos previamente formulados, obtendo-se informação do nível de exposição a que os trabalhadores das Pedreiras avaliadas estão expostos, das características das fontes produtoras de ruído e das principais medidas de proteção e minimização aplicáveis.

Foi então efetuada a avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho nas Pedreiras e caracterizadas as principais variáveis inerentes a essa exposição.

Da análise dos resultados obtidos para uma amostra composta por 20 Pedreiras, nas quais se realizou a avaliação de 621 trabalhadores, conclui-se que estes eram maioritariamente do sexo masculino (96%), com idade média de 42 anos e tempo de serviço em ambientes ruidosos, em média, de 13 anos. Quanto à sua atividade, a maior parte (48%) era Condutor/ Manobrador de Equipamento.

Efetuaram-se medições a 13 tarefas distintas e obtiveram-se dados relativos à percentagem de trabalhadores afetos a cada uma delas, constatando-se que as que albergavam a maior percentagem de trabalhadores eram a Pá-Carregadora e Dumper/ Camião (com 16% cada), seguidas da Central de Britagem (Interior da Cabine) e Zona de Produção (Ambiente Geral), com 14% cada.

Em relação à estimativa do tempo de exposição diário a cada tarefa, verifica-se que as tarefas que tinham uma maior taxa de ocupação diária e consequente tempo de exposição eram a Perfuradora/ Roc, a Giratória (Martelo), o Escritório/ Balança e a Giratória/ Balde, cada uma com 7h médias diárias.

Pela determinação dos valores médios dos níveis sonoros medidos em cada tarefa, nomeadamente do nível sonoro contínuo equivalente ( $L_{Aeq,T}$ ), ponderado A e do nível de pressão sonora de pico ( $L_{Cpico}$ ), verifica-se que a

Central de Britagem (Exterior da Cabine) foi a tarefa que apresentou o valor médio de  $L_{Aeq,T}$  mais elevado, com  $94 \text{ dB}(A)$ , seguida da Perfuradora/ Roc e Laboratório, enquanto que o valor médio mais alto de  $L_{Cpico}$  foi registado na tarefa Giratória (Martelo), com  $127 \text{ dB}(C)$ , seguida da Central de Britagem (Exterior da Cabine) e da Giratória (Balde).

Em relação à análise espectral em bandas de 1/1 oitava, verifica-se que os valores médios mais elevados foram os da Central de Britagem (Exterior da Cabine), mas apenas até aos  $2000 \text{ Hz}$ . Para as frequências de  $4000 \text{ Hz}$  e  $8000 \text{ Hz}$  o maior nível médio de ruído pertenceu à tarefa Laboratório.

Podemos também constatar que aproximadamente metade das tarefas apresentava um valor médio inferior a  $80 \text{ dB}(A)$  e, conseqüentemente, para a outra metade os valores estavam acima dos  $80 \text{ dB}(A)$ .

Observando as fontes de ruído em cada tarefa, foi possível identificar as principais origens dos elevados níveis sonoros medidos. Se nalguns dos casos esse ruído era inerente à natureza do processo produtivo, noutros estava antes relacionado, sob o ponto de vista acústico, com falhas no sistema de manutenção, utilização inadequada dos meios ou, por outro lado, a utilização de meios desajustados/ obsoletos, incorreta planificação e conceção do ciclo produtivo, estruturas e equipamentos, entre outros.

A exposição dos trabalhadores ao ruído na Central de Britagem (Exterior da Cabine) era a que apresentava o maior nível sonoro, embora o tempo médio de exposição diária fosse de apenas 1 hora. No exterior da cabine da Central de Britagem, junto ao primário, o ruído excessivo resultava da percussão das maxilas do britador com a pedra. O trabalhador só tinha necessidade de estar sujeito a essa exposição, basicamente, quando o britador primário encravava, deslocando-se até ao local para proceder a manobras de desencravamento. Este processo foi, na maior parte das vezes, manual e com recurso a cunhas metálicas, tendo o operador que se debruçar sobre o primário, aumentando a aproximação e, associadamente, o risco de exposição ao ruído (entre outros). Noutros casos existia um martelo

pneumático, acoplado a um braço hidráulico móvel que procedia a essa operação, mediante o controlo do trabalhador que se encontrava junto do equipamento. Este sistema era “similar” à lança de uma giratória, equipada com martelo.

Esta situação seria evitável se, por exemplo, todas as cabines de britagem fossem dotadas de sistemas de videovigilância (com boa capacidade de visualização do britador primário) e possuíssem, junto do primário, um sistema de braço hidráulico, com martelo pneumático acoplado, comandado remotamente do interior da cabine e capaz de proceder ao desencravamento da pedra nas maxilas do britador. O trabalhador procederia assim à operação sem estar exposto ao ruído do exterior da cabine.

Na Central de Britagem (Interior da Cabine) o tempo de exposição médio era de 5 horas. Apesar do valor médio de  $L_{Aeq}$  ser inferior a  $80\text{ dB}(A)$ , em algumas situações esse valor (médio) foi ultrapassado, tendo-se mesmo verificado um caso que atingiu os  $90\text{ dB}(A)$  – nesse caso a cabine não tinha janelas e o ruído estrutural era extremo.

As principais fontes de ruído na cabine do primário foram: o britador primário, os crivos, os sistemas de refrigeração dos componentes elétricos de comando da central e o ruído estrutural devido à vibração das cabines, as quais estavam ligadas à instalação do primário.

As cabines de britagem encontravam-se numa posição de topo, permitindo uma visão privilegiada de toda a britagem e facilitando as operações de comando e controlo da mesma. Essa localização traduz-se numa maior vulnerabilidade de exposição ao ruído, dada a sua propensão recetora da envolvente sonora.

Não sendo praticável afastar a central de britagem da própria britagem e, em especial, do ruído do primário, seria importante que as cabines fossem estruturas mais estanques e isoladas do ruído, quer aéreo quer estrutural (percussão). Vidros partidos, portas e janelas mal fixadas, com mau

isolamento ou simplesmente a fechar mal, buracos nas paredes e chão da estrutura, etc., traduzem-se num isolamento sonoro pouco eficaz.

A agravar esta situação, a abertura frequente de portas e vidros (cuja necessidade relatada pelos operadores serviria para desembaciar ou renovar o ar, ou observar melhor o exterior), aumenta o nível sonoro no interior das cabines. Para melhorar esta situação poderiam, por exemplo, ser instalados sistemas de entrada com antecâmara nas portas das cabines para que o operador não ficasse exposto ao ruído exterior sempre que alguém entrasse ou saísse da cabine. Em relação às superfícies envidraçadas, em muitos dos casos a visibilidade era reduzida pela existência de vidros danificados, acumulação de pó (interior e exterior), ou de vapor de água (no interior). Uma correta e frequente manutenção/ limpeza, associado a um sistema de climatização/ ventilação eficaz, resolveriam esse problema.

Na Centrais de Areias a situação era similar à britagem, no entanto as cabines eram mais recentes e melhor equipadas. Para além do ruído exterior, essencialmente dos moinhos e crivos, estava também presente o ruído resultante dos equipamentos de climatização e arrefecimento dos componentes elétricos e algum ruído estrutural. Existia também a necessidade do trabalhador se deslocar ao exterior para verificar o processo de tratamento das lamas, ficando mais exposto ao ruído. A abertura de janelas não era tão frequente e dispunham de melhor manutenção e limpeza.

Na Zona de Produção (Ambiente Geral), os trabalhadores que executam trabalhos de limpeza e manutenção na britagem e central de areias estão expostos cerca de 8 horas do seu dia a níveis excessivos, resultante do ruído do britador primário, crivos, moinhos, telas transportadoras, movimentação de máquinas, entre outros. Estes trabalhadores são os mais vulneráveis ao ruído, uma vez que não estão protegidos por cabines e apenas dispõe de proteção auditiva. A implementação de rotatividade destes trabalhadores por

tarefas menos ruidosas seria uma importante medida de minimização do seu tempo de exposição ao ruído, mas notou-se ser pouco considerada.

Conforme verificado anteriormente, a operação com equipamentos de Perfuração/ *Roc* constituiu uma das tarefas mais ruidosas desenvolvidas numa Pedreira. Nesta tarefa verificaram-se duas situações particulares: os equipamentos com e sem cabine, mais ou menos modernos ou equipados. A exposição do operador de *Roc* era fortemente influenciada pela sua permanência no exterior ou no interior de cabine (consoante a sua existência). As principais fontes de ruído verificadas foram, em ambos os casos, resultantes da perfuração da rocha com vara metálica (que originou um ruído médio na ordem dos 100  $dB(A)$ , medido a aproximadamente 2 metros), do ruído do motor e funcionamento do equipamento e, trabalhando na frente de pedreira por vezes em simultâneo com as outras máquinas (giratórias, com balde e martelo, dumpers/ camiões, etc.) estavam também sujeitos ao ruído proveniente destes equipamentos e respetivas atividades.

Refira-se que nos *Rocs* não cabinados, os operadores se encontravam junto da coluna de perfuração (local onde o ruído era mais intenso), originando exposição direta ao ruído excessivo. Esta posição era adotada por ser o local com melhor visibilidade das operações e porque os comandos do equipamento se encontravam instalados na sua proximidade.

Relativamente aos equipamentos móveis (dumpers/ Camiões, giratórias, pás-carregadoras e perfuradora) o isolamento sonoro conferido pela cabine era, de facto, uma das condicionantes de maior relevância, face à exposição dos operadores ao ruído exterior, bem como do ruído inerente à própria máquina. Porém, observou-se a existência de alguns problemas relacionados com a falta de manutenção e estado de degradação de algumas dessas cabines, traduzindo-se no mau isolamento de portas e vidros (por empenamento de estruturas, desgaste de borrachas vedantes e amortecedoras de impacto, folgas, vidros danificados, peças soltas, etc.) que

contribuía para a entrada de ruído exterior e até de acréscimo sonoro devido à vibração e ressonância dessas estruturas.

Tendo em conta que estas máquinas operavam no exterior, expostas às intempéries (com exposição solar e chuva por vezes intensas), o interior das mesmas estava também sujeito a condições de temperatura e humidade variáveis e extremas. Associado a este facto, para proteger o trabalhador da exposição ao ruído e partículas, entre outros, as cabines das máquinas deviam permanecer fechadas e isoladas do exterior durante o seu funcionamento. Assim, os sistemas de ar condicionado desempenhavam um papel essencial no conforto térmico, como na renovação do ar interior nesses equipamentos móveis. Mais uma vez, foi detetada a falta de manutenção (ou manutenção inadequada), traduzindo-se na necessidade de abertura (total ou parcial) dos vidros (e até portas) para fazer circulação do ar para arrefecimento do habitáculo ou para desembaciamento dos vidros (no caso de humidade elevada), com conseqüente propagação de ruído do exterior.

Ainda no que concerne à abertura “incómoda” de vidros ou portas das máquinas, no seio dos ambientes ruidosos, foram detetadas várias ocorrências, tanto em frente de pedreira como na zona de produção. A necessidade de comunicação do condutor/ manobrador com outros intervenientes fez com que alguns destes abrissem sistematicamente os vidros ou portas em algumas fases do seu trabalho. Por exemplo, na frente de pedreira alguns manobreadores de dumper/ camião abriam os vidros para ouvir a mensagem sonora da giratória (ou pá-carregadora) assim que a carga da báscula estivesse pronta. Junto ao primário, alguns dos avisos indicadores para descarga da pedra eram sonoros, pelo que os condutores abriam os vidros para poder ouvir essa mensagem, ficando sujeito ao ruído do primário e britagem. Na zona de estoque da britagem (expedição), alguns dos manobreadores das pás-carregadoras abriam sistematicamente a porta da máquina para comunicar com os camionistas e receberem “nota de encomenda” dos mesmos.

Estas situações poderiam ser evitadas se fosse implementada e instituída uma política de comunicação e avisos luminosos, complementados com sistemas internos de comunicação móvel. Por exemplo, se o objetivo fosse o de comunicar com um trabalhador que opera no interior de uma máquina, em vez das mensagens sonoras emitirem som no exterior, essa mensagem, devidamente ajustada (como sinal luminoso, sonoro ou comunicação verbal), seria visível/ audível no interior de cada máquina de interesse. Sempre que possível e praticável, seria pertinente substituir as mensagens sonoras por visuais (sinais luminosos).

Na zona de descarga de pedra no primário, junto à zona de paragem do dumper, a maior parte das pedreiras dispunha de semáforo luminoso (verde/ vermelho) para indicação da permissão de despejo do conteúdo da báscula, evitando assim a necessidade de audição de sinal sonoro exterior. Apenas em algumas, este equipamento estava avariado ou era sonoro.

Acresce referir que foi observada a utilização de transcetores de mão (radiocomunicação) em algumas pedreiras. Porém, em certos casos, durante a sua utilização, o volume e distorção do sinal era de tal forma elevado que gerava ainda mais ruído. Algumas máquinas (e instalações fixas) dispunham de autorrádios (ou rádios portáteis) que, quando em volume excessivo, constituíam mais uma fonte de ruído às quais os trabalhadores estavam sujeitos.

Outra situação que mereceu atenção, por constituir fonte de ruído porventura evitável, foi a presença de sistemas pneumáticos de alguns dumpers que faziam descarga de ar no interior da cabine.

Numa pá-carregadora, a existência de mensagem sonora de aviso (som agudo) no interior da cabine, de aproximadamente 90  $dB(A)$ , submetia desnecessariamente o trabalhador a essa exposição.

Nas Giratórias, a vibração e colisões do martelo ou balde eram por vezes elevadas, o que incrementava os níveis de ruído. Às vezes as pás-

carregadoras e giratórias eram utilizadas para fazerem pequenas escavações na própria rocha, com elevado esforço para as máquinas e aumentando a percussão. Também se verificaram alguns excessos na manipulação dessas máquinas, provocando ruído de impacto dispensável.

Em algumas circunstâncias, a carregamento da pedra nos dumpers/ camiões não era efetuado com recurso ao equipamento adequado. Consoante o tipo de pedra, sua dimensão e localização, existia a necessidade de adotar o tipo de máquina mais apropriado (giratória ou pá-carregadora), bem como do balde ou pá a utilizar, para retirar o máximo de rendimento. Por exemplo, carregar pedra de grandes dimensões e muito compactada, não seria tarefa ideal para uma pá-carregadora mas sim para uma giratória, e vice-versa. Evitava-se assim o esforço excessivo das máquinas e conseqüente ruído.

O ambiente de pedreira é hostil e duro, tanto para os trabalhadores como para as máquinas, provocando enorme desgaste.

Os caminhos sinuosos, com muito declive e em mau estado forçam as máquinas ao limite, degradando-as e contribuindo para o aumento de ruído. Para minimizar esse esforço, evitar a degradação precoce das máquinas e o ruído que daí advém, devem conceber-se e conservar-se caminhos mais planos e menos acidentados.

Nos ciclos de carga, transporte e descarga de pedra, o dimensionamento das bancadas, com maiores ou menores declives e a escolha de percursos influenciam no esforço dos dumpers e no ruído produzido pelos mesmos. Também foram várias vezes contabilizados longos tempos de espera dos dumpers junto do primário, para efetuar a descarga, concentrando mais ruído (tanto do dumper como do primário).

Se o desmonte for bem dimensionado e resultar de uma boa fragmentação primária da rocha, existe menor necessidade de recurso à giratória acoplada com martelo (que é das máquinas mais ruidosas, quer para o trabalhador que esteja diretamente a operar com ela, quer para a envolvente).

Nos laboratórios, os ensaios de agregados resultam na percussão da pedra em peneiros metálicos. Essa metodologia é manual e implica a geração de níveis elevados de ruído junto dos ouvidos dos técnicos que realizam esses ensaios. A normalização deste tipo de ensaios deveria, se possível, ser baseada em métodos de peneiração automatizados, para salvaguarda da saúde dos trabalhadores.

Nas oficinas, constatou-se a presença comum de compressores de ar sem qualquer proteção acústica. O ruído gerado por esses equipamentos não era isolado, possibilitando a sua transmissão até aos trabalhadores que se encontravam nesse local de trabalho. O afastamento e/ou encapsulamento dos compressores permitiria a redução ou eliminação dessa exposição.

No Escritório/ Balança, o ruído inerente ao processo produtivo da Pedreira não é muito significativo dado o afastamento entre ambas as instalações fixas. Todavia, tendo em conta que a principal fonte de ruído, que chega ao interior da infraestrutura, resulta da passagem de camiões e sua paragem na balança, seria pertinente a colocação de uma barreira ou antecâmara junto da janela/ porta por onde comunicam os camionistas com os operadores de balança.

Em relação à avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho, os resultados da avaliação da exposição pessoal diária ao ruído, revelam que 105 trabalhadores (17%) estavam entre o “Valor de Ação Inferior” e o “Valor de Ação Superior” e 166 trabalhadores (27%) estavam acima do “Valor de Ação Superior”. Ou seja, 44% dos trabalhadores avaliados apresentavam uma exposição pessoal diária superior a 80  $dB(A)$ , estando conseqüentemente sujeitos a risco de perda auditiva e demais efeitos nefastos da exposição a ruído excessivo. No entanto, uma percentagem superior de trabalhadores (56%) estava exposta, no seu dia-a-dia, a tarefas com níveis superiores a 80  $dB(A)$ .

Todavia, nenhum dos trabalhadores avaliados apresentava exposição pessoal diária efetiva superior ou igual ao “Valor Limite de Exposição”,

concluindo-se que a proteção auditiva utilizada era efetiva no desempenho da sua função.

Note-se que na comparação com o VLE (já contando com a atenuação dos protetores auditivos) os níveis foram cumpridos em todas as situações. Podemos neste caso pressupor que todos os trabalhadores estavam “protegidos” do ruído. Esta “sensação” generalizada de proteção é muitas vezes confundida com o afastamento do perigo e, a facilidade com que a simples utilização de protetores auditivos faz afastar o nível de exposição do VLE, torna a utilização destes EPIs a medida mais facilmente utilizada.

Pelo facto de os trabalhadores disporem de protetores auditivos, não quer dizer que sempre os utilizem e, a própria utilização, estado e colocação dos mesmos pode não ser a mais eficaz. Dada a morfologia de cada individuo e seu ouvido, por vezes os auriculares não encaixam na perfeição, podendo até cair momentaneamente e provocar uma exposição de curta duração mas a níveis muito elevados. A utilização dos protetores auditivos em sobre proteção pode levar a desconforto ou pode ainda impedir que os trabalhadores ouçam mensagens sonoras das máquinas, provocando acidentes, entre outras situações. A inadaptabilidade pode fazer com que o trabalhador não utilize os EPIs, sempre que os responsáveis/ supervisores não estejam presentes.

Outra situação relativa aos protetores auditivos consiste na sua correta escolha e adoção, face à distribuição por frequência dos níveis sonoros a que os trabalhadores estão sujeitos. Considerando que a atenuação dos protetores não é linear por frequência e que, por outro lado, os diferentes tipos de ruído também não apresentam, geralmente, um espectro linear, a utilização de determinado protetor auditivo poderá conferir proteção suficiente em algumas frequências e não noutras, consoante o ruído a que o trabalhador está exposto. Uma vez que o cálculo do  $L_{EX,8h,efect}$  é resultante da soma logarítmica de todas as frequências, o valor final pode ser

compensatoriamente inferior a  $80 \text{ dB}(A)$  e ocorrer a permanência de níveis superiores em algumas das frequências.

Também podem ocorrer casos em que a proteção auditiva é selecionada com base no nível sonoro médio de um dia inteiro de trabalho, com múltiplas tarefas e acusticamente díspares, no qual o trabalhador só estará efetivamente exposto a ruído excessivo apenas em alguns momentos (ou tarefas). O EPI é então incorretamente dimensionado e ajustado para um nível médio (que será a sua exposição pessoal diária), em detrimento de se verificarem os níveis de cada tarefa de trabalho. Daqui resultará que o trabalhador, na sua inconsciente utilização do EPI fornecido, estará protegido por excesso ou defeito nas diferentes tarefas.

Os protetores auditivos devem então ser escolhidos para que a atenuação proporcionada (descontando o respetivo desvio padrão enunciado pelo fabricante) mantenha abaixo dos  $80 \text{ dB}(A)$ , não só o valor global do somatório de todas as frequências, traduzido no parâmetro  $L_{EX,8h,efect}$ , mas também o nível sonoro de cada frequência. Descurar esta circunstância pode levar a perdas auditivas permanentes nas frequências cuja proteção não é suficiente.

O recurso aos EPIs, em particular dos protetores auditivos tem vindo a ser cada vez mais utilizado para minimizar os efeitos nefastos decorrentes da exposição ao ruído. O baixo custo e a facilidade de implementação desta medida fizeram que esta tenha vindo a ser a opção mais escolhida (Arezes, 2002).

Relativamente aos níveis de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$ , medidos nos locais de trabalho, nenhum excedeu o valor limite de exposição, nem os respetivos valores de ação inferior e superior, definidos na legislação aplicável.

Repare-se que, mesmo num setor de atividade caracterizado pela intensa e contínua ação do ruído de percussão, os valores mais elevados não

excederam os 133  $dB(C)$ , ficando portanto a 2  $dB(C)$  do valor de ação inferior, que é de 135  $dB(C)$ . Esta constatação sugere que os níveis de  $L_{Cpico}$  estabelecidos no Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro (como valores de ação inferior, superior ou valor limite de exposição) serão apenas atingidos em casos de ruído extremo e que, a verificarem-se, bastaria uma breve exposição do trabalhador a tal ruído para que resultasse num dano irreversível de surdez. Logo, considera-se que os valores legislados não são conservativos, de forma a protegerem a saúde auditiva dos trabalhadores, uma vez que terão sido formulados por excesso.

## **5.1 Medidas de Minimização da Exposição ao Ruído Ocupacional**

Tendo em vista a redução e/ ou eliminação da exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho enumeram-se, de seguida, algumas medidas de carácter geral, preconizadas no anexo IV do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro, que devem ser aplicáveis às pedreiras.

*1 — Medidas de carácter específico para redução do ruído na fonte:*

- a) Utilizar máquinas, aparelhos, ferramentas e instalações pouco ruidosos;*
- b) Aplicar silenciadores e atenuadores sonoros;*
- c) Utilizar chumaceiras, engrenagens e estruturas com menor emissão de ruído;*
- d) Evitar valores elevados, como os que aparecem, por exemplo, nos choques muito fortes ou frequentes (pela utilização de material resiliente nas superfícies de impacte), quedas de grande altura ou fortes resistências aerodinâmicas;*
- e) Assegurar o dimensionamento correto (reforços da estrutura com blocos de inércia e elementos antivibráticos), acabamentos à máquina*

*(equilibragem e polimento de superfícies) e uma escolha correta dos materiais;*

*f) Promover regularmente a manutenção dos equipamentos.*

*2 – Medidas para a redução da transmissão do ruído:*

*a) Atenuação da transmissão de ruído de percussão, com reforço das estruturas;*

*b) Desacoplamento dos elementos que radiam o ruído da fonte, por exemplo pela utilização de ligações flexíveis nas tubagens;*

*c) Isolamento contra vibrações;*

*d) Utilização de silenciadores nos escoamentos gasosos e nos escapes.*

*3 – Medidas de redução da radiação sonora:*

*a) Aumento da absorção da envolvente acústica e barreiras acústicas;*

*b) Encapsulamento das máquinas;*

*c) Separação dos locais, por:*

*i) Limitação da propagação do ruído, por exemplo pela compartimentação dos locais e pela colocação de divisórias e de cabinas;*

*ii) Concentração das fontes de ruído em locais de acesso limitado e sinalizados.*

*4 – Medidas respeitantes à acústica de edifícios:*

*a) Aumento da distância entre a fonte de ruído e a localização dos postos de trabalho;*

- b) Montagem de tetos, divisórias, portas, janelas ou pavimentos com elevado isolamento sonoro;*
- c) Montagem de elementos absorventes do som;*
- d) Otimização da difusibilidade sonora (aumento das distâncias entre as superfícies refletoras e o posto de trabalho).*

*5 – Organização do trabalho:*

- e) Rotatividade dos postos de trabalho;*
- f) Execução dos trabalhos mais ruidosos fora do horário normal de trabalho ou em locais com o menor número de trabalhadores expostos;*
- g) Limitação da duração do trabalho em ambientes muito ruidosos.*

Como medidas de carácter específico, de forma a minimizar a exposição ao ruído, recomenda-se a implementação de medidas a ter em conta ao longo das diferentes etapas do processo produtivo:

### **Perfuração e Desmonte**

- Recurso a equipamentos de perfuração modernos equipados com silenciadores e com cabines insonorizadas;
- Manutenção periódica e adequada das perfuradoras/ roc.
- Utilização de sistemas hidráulicos de perfuração em detrimento dos sistemas pneumáticos.
- Realização da operação de perfuração afastada de outras máquinas e/ou operações ruidosas;

- Sensibilização dos operadores de perfuradora em matéria de ruído;
- Acondicionamento adequado do explosivo no furo, para evitar a presença de espaços vazios entre os cartuchos e as paredes do furo;
- Projeção do diagrama de fogo em função das características do maciço rochoso a desmontar e das suas especificidades e carregamento dos furos com quantidades adequadas de explosivo;
- Colocação de todas as pontas de cordão detonante e detonadores dentro do furo.

### **Carga, Transporte e Descarga**

- Utilização de giratórias, pás-carregadoras, camiões e dumpers modernos equipados com silenciadores;
- Manutenção periódica e adequada de todos os equipamentos móveis;
- Gestão da operação do ciclo de carga, transporte e descarga de pedra de modo a minimizar a concentração de equipamentos na frente de pedreira ou na britagem (zonas de maior ruído).

### **Britagem e Central de Areias**

- Recurso a unidades de britagem ou de lavagem de areias devidamente blindadas e com cabines insonorizadas;
- Equipamento das zonas de queda dos materiais (tremonhas) com materiais absorventes de ruído (telas de borracha);
- Manutenção periódica e adequada de todos os equipamentos fixos.

## 6 BIBLIOGRAFIA

ACT – Autoridade para as Condições do Trabalho (2015). *Relatórios - Atividade de Inspeção do Trabalho – Relatório 2013*. <http://www.act.gov.pt/%28pt-PT%29/SobreACT/DocumentosOrientadores/RelatorioActividades/Documents/>.

Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (2009) *Perspetiva 1 – Novos riscos emergentes para segurança e saúde no trabalho*. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias.

Arezes, P. M. F. M. (2002). *Perceção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído*. Tese para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Produção. Departamento de Produção e Sistemas. Escola de Engenharia da Universidade do Minho – Universidade do Minho.

Arezes, P.M., Miguel, A.S. (2007). *Risk perception and safety behaviour: A study in an occupational environment*. Engineering School of University of Minho, Guimarães, Portugal.

Beça, A. M. S. (2013). *Ruído Ocupacional e Perdas Auditivas numa Empresa do Ramo da Metalomecânica*. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Universidade do Porto, Porto.

Campos, A. F. N. C. (2013). *Estudo de Poeiras Respiráveis e análise da Pluma de Poeiras numa Pedreira a Céu Aberto*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Universidade do Porto, Porto.

Cerdeira, J. P. C. (2013). *Monitorização de Ruído e Vibrações em Equipamentos de Pedreira*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais.

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Universidade do Porto, Porto.

Cinar, I., & Sensogut, C. (2013). Evaluation of Noise Measurements Performed in Mining Sites for Environmental Aspects. *Int. J. Environ. Res.*

Coelho, A. S. M. (2012). *Deteção de Padrões de Ruído em Ciclos de Carga e Transporte em Pedreiras a Céu Aberto*. Tese Apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Universidade do Porto, Porto.

Comissão Europeia. (2009). *Guia Indicativo de Boas Práticas para a aplicação da Diretiva 2003/10/CE – “Ruído no Trabalho”*. Comunidades Europeias, Luxemburgo.

Correia, C. A. A. (2011). *Desmonte de Rocha com explosivos: Importância da Otimização*. Projeto apresentado para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente. Instituto Superior de Engenharia do Porto – Politécnico do Porto, Porto.

GEP – Gabinete de Estratégia e Planeamento (2015) do Estatísticas em síntese – Acidentes de Trabalho 2010. Ministério da Solidariedade e da Segurança Social. <http://www.gep.msss.gov.pt/estatistica/acidentes/>.

GOSWAMI, S. (2012). *Assessment and analysis of noise levels in and around Ib river coalfield, Orissa, India*. *Journal of Environmental Biology - Trivani Enterprises*.

Declaração de Retificação n.º 20-AP/2001, de 30 de Novembro - *Retificação do Decreto-Lei n.º 270/2001, do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais - pedreiras*. Diário da República.

Declaração de Retificação n.º 108/2007, de 11 de Dezembro - *Retificação do Decreto-Lei n.º 340/2007, do Ministério da Economia e da Inovação, que altera o Decreto-Lei n.º 270/2001, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais*. Diário da República.

Decreto-Lei n.º 90/90, de 16 de Março - *Regime jurídico de revelação e aproveitamento de bens naturais existentes na crosta terrestre, genericamente designados por recursos geológicos, integrados ou não no domínio público, com exceção das ocorrências de hidrocarbonetos*. Diário da República.

Decreto-Lei n.º 112/2003, de 4 de Junho - *Prorroga por seis meses o prazo previsto na alínea a) do n.º 2 do artigo 63.º do Decreto-Lei n.º 270/2001, que aprovou o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais - pedreiras*. Diário da República.

Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de Maio - *Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Revoga o Decreto-Lei n.º 18/85, de 15 de Janeiro*. Diário da República.

Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro - *Estabelece os valores limite de exposição e os valores de ação superior e inferior e determina um conjunto de medidas a aplicar sempre que atingidos ou ultrapassados esses valores*. Diário da República.

Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro - *Regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais-pedreiras, revogando o Decreto-Lei n.º 89/90, de 16 de Março*. Diário da República.

Decreto-Lei n.º 317/2003, de 20 de Dezembro - *Prorroga por seis meses o prazo previsto no Decreto-Lei n.º 112/2003, aplicável ao regime jurídico de pesquisa e exploração de massas minerais*. Diário da República.

Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12 de Outubro - *Alteração do Decreto-Lei n.º 270/2001, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais*. Diário da República.

Decreto-Lei n.º 381/2007, de 14 de Novembro - *Classificação das atividades económicas, Rev. 3*. Diário da República.

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia. (2011). *Informação Estatística da Indústria Extrativa*. Nº 13 – Edição Especial, Lisboa.

F. Brodtkom (2000). *As Boas Práticas Ambientais na Indústria Extrativa: Um Guia de Referência*. Divisão de Minas e Pedreiras do Instituto Geológico e Mineiro. [http://www.Ineg.pt/CienciaParaTodos/edicoes\\_online/diversos/praticas\\_ambientais/texto](http://www.Ineg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/praticas_ambientais/texto).

Fernández, M. D., Quintana, S., Chavarría, N, Ballesteros, José A. (2008). *Noise exposure of workers of the construction sector*. Escuela Universitaria Politécnica de Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario, Spain.

Ferreira, N.; Guerreiro, H. (2010). *O Ruído e a Indústria Extrativa*. In Boletim de Minas. Direção Geral de Energia e Geologia, Lisboa. Vol. 45, N.º1.

Guerreiro, H. (2005). *Condições de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho em Explorações de Rocha Ornamental e Industrial*. XV Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Geológicas e de Minas da Ordem dos Engenheiros. Visa Consultores, S.A., Oeiras.

INETI - Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (2001). *Guia Técnico – Sector da Pedra Natural*. Departamento de Materiais e Tecnologias de Produção, Lisboa.

Isara, A. R. (2011). *Knowledge And Practice of Occupational Safety Among Quarry Workers in A Rural Community in Edo State*. School of Medicine, University of Benin, Nigeria.

Ismail, A. F., Daud, A., Ismail, Z., & Abdullah, B. (2013). *Noise-induced hearing loss among quarry workers in a north-eastern state of Malaysia: a study on knowledge, attitude and practice*. Oman Medical Journal.

Matos, M., Baptista, L. J. S., Tato M. (2011). *Relação entre o ruído e as variáveis do processo produtivo na indústria extrativa a céu aberto*. CIGAR/FEUP, Porto, Portugal.

Mendes, A. F. T. (2011). *Ruído Ocupacional em Ambiente Industrial*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Universidade do Porto, Porto.

Moreira, M. F. M. (2009). *Análise da Evolução da Sinistralidade Mortal da Indústria Extrativa, entre 2004 e 2007*. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Universidade do Porto, Porto.

Nanda, S. K., & Tripathy, D. P. (2010). *Machinery noise prediction in opencast mines using CONCAWE model: A case study*. Noise & vibration worldwide,41(2).

NP EN ISO 9612:2011. *Acústica - Determinação da Exposição de Ruído Ocupacional – Método de Engenharia*. Instituto Português da Qualidade.

Nunes, P. (2010). *Recursos Geológicos não metálicos: Prospeção, Pesquisa, Exploração ('rochas industriais, argilas, areias, ornamentais')*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa.

OEC013 IPAC. *Requisitos Específicos de Acreditação – Laboratórios de Ensaio de Acústica e Vibrações*. Instituto Português de Acreditação.

OSHA (2009). *Novos Riscos Emergentes para a Segurança e Saúde no Trabalho*. In.: Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho.

Portaria nº 198/96, de 4 de Junho - *Regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas*. Diário da República.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 78/2012, de 11 de Setembro - *Aprova a Estratégia Nacional para os Recursos Geológicos - Recursos Minerais*. Diário da República.

Sharma, O., Mohanan, V., & Singh, M. (1998). *Noise emission levels in coal industry*. Applied Acoustics.

Silva, J. C. B. (2009). *Estudo Integrado de Variáveis Ocupacionais na Indústria Extractiva*. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Universidade do Porto, Porto.

Sobreiro, M. J. (2005). *A Indústria Extractiva em Portugal Continental no período de 2001 a 2005 – Elementos Estatísticos*. Técnica Superior da Divisão de Estatística da Direcção Geral de Geologia e Energia.