



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Avaliação de Ruído em laboratório de equipamentos usados na indústria extrativa

Alan Gomes Vasconcelos Oliveira

Orientador: Professora Doutora Joana Cristina Cardoso Guedes (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Coorientador: Professora Mestre Joana Alexandra Silva Duarte (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Arguente: Professora Doutora Maria Luísa Matos (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Presidente do Júri: Professor Doutor Mário Augusto Pires Vaz (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2021



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

ISBN: 3599*654

Telefone: +351 22 508 14 29

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



Correio Electrónico: mesho@fe.up.pt

Esta dissertação encontra-se redigida em Português do Brasil.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me dado força para chegar até aqui e superar as dificuldades que apareceram ao longo dessa jornada.

Aos meus pais Octávio Luiz e Olga Cristina que me apoiaram e me incentivavam de todas as formas para poder chegar aonde estou, ao meu irmão Thiago por todo conselho e conversas, a minha esposa Rachel Oliveira por incentivar e ter paciência para me aturar nos dias mais difíceis e de desânimo, ao Zé Pedro por alegrar a casa com suas brincadeiras, aos meus familiares que de longe nunca deixaram de apoiar, principalmente meus padrinhos Roberto e Maria do Carmo .

Aos amigos que fiz ao longo dessa jornada, amigos que se tornaram minha família em Portugal principalmente o Gabriel Cralcev, Taynara, Layza.

A minha Orientadora Doutora Joana Cristina Cardoso Guedes e coorientador Mestre Joana Alexandra Silva Duarte, pelo suporte durante toda a realização da dissertação.

Muito Obrigado

RESUMO

A indústria extrativa é um ramo de atividade que apresenta enormes riscos para o trabalhador e por usarem máquinas muito pesadas geram ruídos, que na grande maioria, incomodam as pessoas mais próximas das unidades extrativas, desde a forma entende-se a importância do monitoramento dos riscos ambientais.

Avaliar os ruídos produzidos pelas máquinas e equipamentos da indústria extrativa é de total importância, pois sabendo a quantidade de ruído produzidos podemos preservar a segurança e a saúde do trabalhador. Desta maneira o presente trabalho visa analisar o ruído nos postos de trabalho com alguns equipamentos utilizados por esse tipo de indústria. Sabemos que a eliminação total dos ruídos e eventos que promovem som acima do limite estabelecido por lei nem sempre é possível, isto é, não é possível eliminar 100% do barulho produzido pelas máquinas, porém existem medidas a serem tomadas a ponto de mitigar os ruídos e preservar a saúde e integridade dos colaboradores melhorando assim as condições de saúde e segurança do trabalho. Neste sentido, a dissertação tem como foco principal identificar a quantidade de ruído produzido pelos equipamentos em questão, para isso, este trabalho incidiu sobre a utilização de quatro equipamentos da indústria extrativa e foi feita a recolha dos dados em nível laboratorial, pretendendo calcular o nível de ruído que um trabalhador estaria exposto caso estivesse utilizado esses equipamentos e posteriormente calcular a atenuação desse ruído com o uso de equipamentos de proteção individual.

Desta maneira o trabalho pretendeu-se analisar o nível de ruído, sendo feita a avaliação dos valores com base na legislação nacional em vigor, comparando os valores obtidos com o que estabelece o Decreto-Lei nº 182/2006. Posteriormente, foi realizada uma análise dos resultados obtidos e dimensionando o equipamento de proteção individual mais adequado para esse tipo de serviço

As conclusões que se pode tirar deste trabalho, consiste na metodologia aplicada e na incerteza associada aos dados utilizados. Desta forma vale ressaltar que é necessário um estudo mais elaborado, de forma a reduzir ao máximo tais incertezas na interpretação dos resultados.

Palavras-chave: Ruído Ocupacional, Indústria Extrativa, Segurança do Trabalho.

ABSTRACT

The extractive industry is a branch of activity that poses enormous risks to the worker and using very heavy machines generate noise, which in the vast majority, annoy the people closest to the extractive units, since the importance of monitoring environmental risks is understood.

Assessing the noise required by machinery and equipment in the extractive industry is of total importance, as knowing the amount of noise determined we can reserve the safety and health of the worker. Thus, this work aims to analyze the noise in workstations with some equipment used by this type of industry. We know that the total elimination of noise and events that promote above the limit established by law is not always possible, that is, it is not possible to eliminate 100% of the noise produced by the machines, but there are measures to isolate to the point of mitigating the noise and preserve the health and integrity of employees, as well as the health and safety conditions at work. In this sense, the main focus of the dissertation is to identify the amount of noise produced by the equipment in question, for this, this work focused on the use of four equipment from the extractive industry and was made the hefty data at the laboratory level, intending to calculate the level of noise that a worker should expose the case used these equipments and evaluate the attenuation of this noise with the use of personal protective equipment.

In this way, the work was intended to analyze the noise level, with the evaluation of the values being made based on the national legislation in force, comparing the chosen values with the service of Decree-Law n° 182/2006. Subsequently, an analysis of the results obtained and sizing the most suitable personal protective equipment for this type of service was carried out.

The obvious ones that can be taken from this work are the applied application and the uncertainty associated with the data used. Thus, it is noteworthy that a more elaborate study is needed, in order to reduce as much as possible such uncertainties in the interpretation of the results.

Keywords: Occupational Noise, Extractive Industry, Work Safety.

ÍNDICE

Capítulo 1.....	10
Introdução	10
1.1. Definição do problema	11
1.2. Estrutura da Dissertação	12
Capítulo 2.....	13
Fundamentação do trabalho.....	13
2.1. Conceitos Básicos.....	13
2.1.1. Som	13
2.1.2. Ruídos	13
2.1.3. Anatomia da Audição	14
2.1.4. Ouvido Externo	15
2.1.5. Ouvido Médio.....	15
2.1.6. Ouvido Interno	16
2.1.8. Nível de intensidade sonora e nível de potência sonora	17
2.1.9. Frequência do Som	18
2.1.10. Nível de decibel compensado ou ponderado	18
2.1.11. Exposição diária ao ruído	20
2.1.12. Exposição pessoal diária efectiva	21
2.1.13. Tipos de ruídos	21
2.1.14. Efeitos do ruído no aparelho auditivo	22
2.1.15. Efeitos extras-auditivos do ruído	23
2.1.16. Efeitos auditivos do ruído	23
2.1.17. Medidas de tratamento do risco de exposição ao ruído	24
2.1.18. Medidas de Proteção Individual.....	26
2.2. Enquadramento Legal e Normativo	29
2.2.1. Valores Limite de exposição e valores de ação.....	31
2.3. Conhecimento Científico	33
2.3.1. Metodologia da Revisão	33
2.4. Objetivos da Dissertação	37
Capítulo 3.....	38
Materiais e Métodos	38
3.1. Fontes de ruídos analisados	38

3.1.1.	Britador maxilas (primário)	38
3.1.2.	Britador rolos (secundário)	39
3.1.3.	Peneiras Vibratórias	40
3.1.14.	Mesa Oscilatória	41
3.2.	Metodologias e instrumentos para medição da exposição ao ruído	42
3.3.	Metodologia para o cálculo dos protetores auriculares	45
3.3.1.	Banda de Oitava	45
3.4.	Descrição dos Métodos Utilizados	46
3.4.1.	Período de Medição	46
3.4.2.	Parâmetros a medir	46
3.4.3.	Medição do Ruído	47
Capítulo 4.		48
Resultados e discussão		48
4.1.	Resultados espectrais	55
4.2.	Seleção da proteção auditiva	58
Capítulo 5.		63
Conclusões e perspectivas futuras		63
Capítulo 6.		65
Bibliografia		65
ANEXO 1		69
ANEXO 2		71
ANEXO 3		74
ANEXO 4		77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Anatomia do sistema auditivo.....	15
Figura 2 – Esquema das paredes da cavidade timpânica.....	16
Figura 3 - Curva de Compensação.	19
Figura 4 - Evolução da surdez relacionada com o trabalho segundo Bell.....	22
Figura 5 - Medidas de controle da exposição ao ruído.....	25
Figura 6 – Revisão Bibliográfica.....	35
Figura 7 - Britador Maxilas ou Britador Primário.....	39
Figura 8 – Esquema de um Britador Secundário.....	40
Figura 9 – Esquema de uma peneira de Mineração.....	41
Figura 10 – Mesa Oscilatórias.....	42
Figura 11 - Exemplo de um sonómetro	44
Figura 12 – Análise Espectral britador maxilas (primário) (dB).....	55
Figura 13 – Análise Espectral britador rolos (secundário) (dB).....	56
Figura 14 – Análise Espectral da Mesa (dB).....	57
Figura 15 – Análise Espectral Peneira (dB).	57
Figura 16 - Protetor auditivo 3 M – Modelo H510 A.....	59
Figura 17 - Protetor auditivo 3 M – Tampões com Banda 1310.....	60

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Correção curva A, B, C e D nas frequências (Saliba, 2015)	20
Tabela 3 – Resumo de alguns artigos encontrados para a revisão bibliográfica	36
Tabela 4 - Grupos de exposição	48
Tabela 5 - Dados obtidos pelo sonômetro	48
Tabela 6 - Resultados do calculo do nível de pressão sonora contínuo equivalente	49
Tabela 7 - Resultado do nível de exposição diária para os grupos de exposição	50
Tabela 8 -Valor da incerteza expandida, U	52
Tabela 9 - Valor da exposição pessoal diária com as incertezas	53
Tabela 10 - Tabela de atenuação para Modelo H510A	60
Tabela 11 - Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo Tampões com Banda 1310	61
Tabela 12 – Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo 1100 sem cordão	61

Capítulo 1

Introdução

Com o passar do tempo, com os avanços tecnológicos e industriais, a sociedade foi se desenvolvendo rapidamente e de maneira desorganizada, esse fato foi contribuindo para que a poluição sonora aumentasse e consequentemente os níveis sonoros. A partir desse cenário o ruído começa a ser tratado como um risco para a saúde dos trabalhadores (Costa 2009 apud Samorinha 2012).

Simões (2014) diz que o ruído oriundo do ambiente de trabalho é classificado como sendo a segunda doença profissional mais importante em Portugal. Dados estatísticos afirmam que num grupo de cinco trabalhadores pelo menos um precisa aumentar o volume da voz para serem escutados, em cerca, da metade do tempo de trabalho e 7% dos trabalhadores sofrem com problemas auditivos influenciadas pelo trabalho (Samorinha, 2012).

Segundo Basner et. Al (2014), o ruído pode provocar efeitos não auditivos que podem acarretar problemas de saúde, como por exemplo, aborrecimentos, problemas relacionados ao sono, cognitivos e cardiovasculares. Quando o ruído possui um nível alto, causa uma fadiga no sistema auditivo, podendo se recuperar se exposto ao um curto prazo, porém uma exposição longa pode-se desencadear uma surdez permanente, não sendo possível as lesões se recuperarem (OSHA, 2005).

Ritzel e McCrary-Quarles (2008), a perda auditiva ocasionada por ruído ocupacional que gera uma incapacidade ao trabalhador é uma condição bastante comum no ambiente industrial e na mineração e sendo então classificada como a principal deficiência relacionada ao trabalho e a segunda forma mais comum de perda da audição.

A mineração, segundo (Yarahmadi Bagherpour, & Khademian, 2014) é caracterizada com um elevado risco profissional, dada as características do processo produtivo.

Com uma afirmação fundamentada no Decreto-Lei nº 90/90, de 16 de março, que constitui o Regime Jurídico de revelação e aproveitamento de bens naturais e existentes na crosta terrestre, Souza (2015) diz que a indústria extrativa possui tamanha importância para

economia portuguesa. Esse Decreto-Lei nº 90/90, foi atualizado para a Lei nº 54/2015, bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, incluindo os localizados no espaço marítimo nacional, tendo a regulamentação dessa lei, de 22 de junho, atualizada para o Decreto-Lei nº30/2021, Regime Geral de Revelação e Aproveitamento dos Recursos Geológicos

De acordo com estatísticas do Gabinete de Estratégia e Planeamento, publicada em 30 de outubro de 2020, para o ano de 2018 a Indústria Extrativa registou um total de 789 acidentes de trabalho sendo esses 0,40% de todo os setores de atividades. Levando em consideração os acidentes mortais a percentagem sobre para 4,85% sendo 5 num total de 103.

O presente estudo limita-se apenas ao risco Físico Ruído, que consiste em um dos riscos mais comuns e preocupantes em meio ocupacional industrial. A *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA, 2009) estima-se que na União Europeia (UE), 60 milhões de trabalhadores estejam expostos aos ruídos acima do estabelecido por lei.

Considerando a importância de avaliar o nível de ruídos expostos pelos trabalhadores no exercício da função laborativa, o trabalho em questão tem por finalidade, analisar o ruído de alguns equipamentos utilizados na Indústria Extrativa, a nível de laboratório.

Posteriormente propor medidas preventivas aos grupos de trabalhadores expostos aos ruído que ultrapassem os valores permitidos por lei, embora tal análise não seja representativa para uma planta de preparação de minério real.

O trabalho apresentado, tem como finalidade dar uma ideia do que possa ser esperado na indústria da mineração, visando de certa forma melhoras as condições de trabalho e impactando na qualidade de vida dos trabalhadores expostos.

1.1. Definição do problema

A Organização Mundial de Saúde (OMS), afirma que os níveis de ruído elevado alcança uma enorme quantidade de pessoas no mundo, em todos os lugares, seja na rua, no ambiente de trabalho, numa festa as pessoas estão suscetível a ficarem a expostas níveis elevados de ruídos, dados recentes da OMS estima que 10% da população mundial suscetível a ficar

exposta níveis de pressão sonora que podem causar perda auditiva induzida por ruído¹. Ainda por estudos feitos pela OMS esse cenário tende a piorar até 2050, quando mais de 900 milhões de pessoas deverão registrar perda auditiva².

O ruído possui uma característica ainda mais perigosa, se tornando um problema maior ainda, pois não se pode ver, provar ou cheirar vindo a causar graves consequências para a saúde geral (US EPA, 2017)³.

Com base nisso essa dissertação teve como proposta a realização de uma avaliação dos níveis de ruído emitido por alguns equipamentos utilizados na mineração, avaliação essa feita a nível laboratorial pela dificuldade de se estar em uma planta de mineração.

1.2. Estrutura da Dissertação

A tese encontra-se dividida em 6 capítulos

Capítulo 1 – **Introdução:** enquadramento teórico do tema em estudo, apresentação dos equipamentos utilizados, enquadramento legal e normativo.

Capítulo 2 - **Fundamentação do trabalho:** Revisa a bibliografia e expõem os principais conceitos relacionados com o ruído, efeitos para o sistema auditivo humano, medidas de proteção individual e legislação pertinente e objetivos.

Capítulo 3 – **Materiais e Métodos:** apresentação das metodologias usadas para alcançar os objetivos.

Capítulo 4 – **Resultados e discussões:** apresentação dos resultados e os cálculos, análise dos dados e interpretação dos resultados obtidos.

Capítulo 5 – **Conclusão:** Resumo das conclusões tidas como mais relevantes, apresentando medidas preventivas baseadas no enquadramento legal e propor melhorias.

Capítulo 6 – **Bibliografia**

1 <http://www.proacustica.org.br/publicacoes/reportagens/oms-considera-poluicao-sonora-problema-de-saude-publica/>

2 <https://news.un.org/pt/story/2020/03/1705931>

3 <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-title-iv-noise-pollution>

Capítulo 2

Fundamentação do trabalho

2.1. Conceitos Básicos

2.1.1. Som

Som consiste e toda e qualquer vibração ou conjunto delas que podem ser ouvidas. A higiene ocupacional caracteriza o som como barulho indesejável, ou seja, barulho e ruído consistem em um som desagradável que gera incomodo ao que estão expostos a ele (Saliba, 2015).

Também pode ser entendido como fenômeno acústico que consiste na propagação de ondas sonoras produzidas por um corpo que vibra em meio material elástico⁴.

2.1.2. Ruídos

Kahari et al. (2003) entende por ruído sendo um risco físico que possui característica própria que causam desconforto e incomodo ao ser humano.

Pela Assessoria em Segurança e Higiene Ocupacional (ASHO)⁵ o ruído por ser definido pela mistura de sons, na qual a sensação sonora é considerada indesejável.

Para tentar controlar o ruído ocupacional, existe o que chamamos de Programa de Conservação Auditiva (PCA) que consiste em um conjunto de atividades que são elaboradas visando prevenir ou estabilizar as perdas auditivas por meio de atividades dinâmicas, equipes multidisciplinar e que abrange diversas áreas de uma empresa⁶.

O objetivo do PCA dentro de uma organização é: Proteger a saúde do trabalhador, fazendo com que os mesmo não fiquem expostos a níveis elevados de ruído, que possam desenvolver Perda auditiva induzida por níveis elevados de pressão sonora – (PAINEPS).

⁴ http://www.acm.org.br/acm/acamt/documentos/curso_prova_titulo2/modulo6/ruído-marcelo.pdf

⁵ <https://www.asho.com.br/artigos/o-que-e-ruído/>

⁶ <https://perfilst.com.br/pca-programa-conservacao-auditiva/>

Além de prevenir a perda auditiva, o PCA tem também a vantagem de prevenir outros problemas decorrentes da exposição ao ruído como por exemplo: Isolamento social, estresse, perturbações no sono, entre outros).

Moroe et al (2019) afirma que o PCA é estruturado em sete pilares importantes:

Monitoramento periódico da exposição ao ruído

- Proteção auditiva pessoal
- Avaliações audiométricas
- Educação e treinamento de funcionários
- Manutenção de registros
- Controles administrativos
- Controles de Engenharia

2.1.3. Anatomia da Audição

O ser humano possui um sistema auditivo formado pelo ouvido, que fica responsável pela audição e pelo equilíbrio. Esse sistema se divide em duas partes:

Sistema auditivo periférico (Figura 1): Ouvido externo, médio e interno;

Sistema auditivo central: Formado pelo nervo e o córtex auditivo.

Henrique (2002 apud Garbe, 2010) diz que o ouvido humano é capaz de compreender e analisar ondas sonoras que variam numa dada gama de frequência que constitui o intervalo entre 16 Hz e 20KHz com intensidades entre 0 dB e 130 dB.

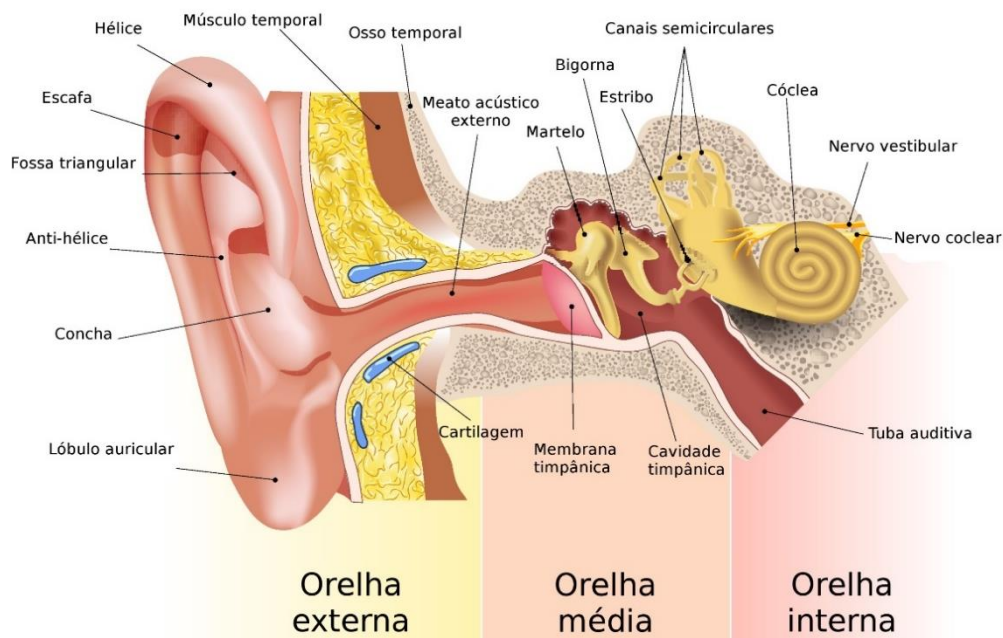


Figura 1 - Anatomia do sistema auditivo (Fonte: SVETLANA VERBINSKAYA)

2.1.4. Ouvido Externo

É formado por um pavilhão auricular e canal auditivo externo, tendo como função captar a energia sonora pelo canal auditivo até a membrana timpânica, localizada no fim do canal. A membrana timpânica é uma membrana em forma de cone, que ao ser estimulada pelas variações de pressão, sofre vibração, levando essa energia mecânica ao ouvido médio (Sousa, 2015).

2.1.5. Ouvido Médio

O ouvido médio, também chamado de cavidade timpânica é delimitada por seis paredes (Figura 2) tem a forma de um cubo e é saturado de ar (Garbe, 2010).

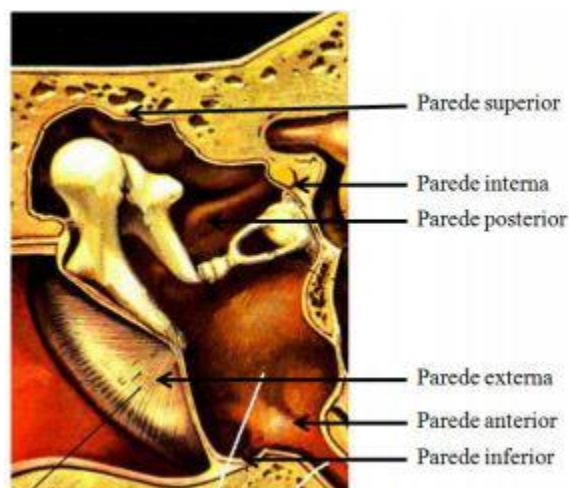


Figura 2 – Esquema das paredes da cavidade timpânica (Garbe, 2010).

O ouvido médio então recebe a energia sonora proveniente do ouvido externo e transforma em energia mecânica que é transmitida então ao ouvido interno. Fazendo uma analogia o ouvido médio age como um amplificador, enquanto que o ouvido interno atua como um transdutor, convertendo ondas sonoras mecânicas num sinal elétrico, que é transmitido ao cérebro através do nervo da audição (nervo vestibulococlear), é constituído pela membrana timpânica e uma cadeia de ossículos ligados entre si, esses ossículos são o martelo, bigorna e estribo.

2.1.6. Ouvido Interno

O ouvido interno é formado pelo labirinto ósseo e pelo labirinto membranáceo, composto de dutos e da cóclea (Bistafa, 2011). O som chega até o ouvido interno através das vibrações sofridas pelos ossículos do ouvido médio que estão ligados a cóclea. A cóclea converge no nervo acústico que transmite impulsos ao cérebro que interpreta o som.

2.1.7. Nível de Pressão Sonora

Consiste na relação logarítmica entre a variação de pressão (P) gerada pela vibração e pela pressão que atinge um patamar de audibilidade, tal relação determina a intensidade do som.

Um ser humano mais jovem que possui uma audição normal pode ouvir cerca de 10^{-5}Pa , o que torna a medida da pressão sonora pouco prática, correspondendo o patamar da dor a cerca de 100 Pa , pois são utilizados valores dentro de uma gama superior a 1 milhão de unidades.

Os parâmetros acústicos são medidos segundo uma escala logarítmica, pelo fato do ouvido não responder linearmente ao ruído e sim de forma logarítmica. A equação 1 apresenta o nível de pressão sonora, expressa em decibéis (Gerges, 2000).

$$NPS = 20 \text{ Log } \frac{P}{P_0} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

P = Raiz Média quadrática da variações dos valores instantâneos da pressão sonora;

P₀ = Pressão de referência que corresponde ao limiar de audibilidade (2x10⁻⁵ N/m²).

Ao substituir o valor de P₀ que é uma constante, a equação pode ser escrita conforme a equação 2:

$$NPS = 20 \text{ Log } \frac{P}{2 \times 10^{-5}} \quad (\text{Equação 2})$$

Simplificando a equação acima, o nível de pressão sonora pode ser determinado pela equação 3.

$$NPS = 20 \text{ Log } P + 94 \quad (\text{Equação 3})$$

2.1.8. Nível de intensidade sonora e nível de potência sonora

O nível de intensidade sonora, consiste na à intensidade sonora em um dado ponto e à quantidade média de energia sonora transmitida através de uma unidade de área com uma direção perpendicular a de propagação do som (Sabila, Tuffi 7º Edição).

Através da equação 4 pode-se determinar o nível de intensidade sonora (dB).

$$NIS = 10 \text{ Log } \frac{I}{I_0} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

I = Intensidade sonora que passa por uma área.

I_0 = Intensidade de referência (10-12 Watt/m²).

Já o nível de potência sonora é calculado pela equação 5:

$$NWS = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

W = potência sonora da fonte em watts e representa a quantidade de energia acústica produzida por uma fonte sonora por unidade de tempo.

W_0 = potência sonora de referência igual a 10-12 watts

2.1.9. Frequência do Som

A frequência é o número de vibrações na unidade de tempo, saber a frequência é fundamental para descrever um sinal sonoro.

Desta maneira, uma vibração completa, por exemplo, de 0,01 segundo terá a frequência igual:

$$f = \frac{1,0 \text{ ciclo ou vibração completa}}{0,01 \text{ segundo}} = 100 \text{ ciclos/segundo (Hz)}$$

O que as pessoas são capazes de ouvir, ou seja, a gama audível, esta compreendida num intervalo de 20 a 20000 Hz, sendo esses divididos em 10 grupos de frequência chamados de oitavas, sendo esses subdivididos em 3 grupos de terços de oitava.

2.1.10. Nível de decibel compensado ou ponderado

De acordo com Saliba (2015), os estudos de fatores que determinaram a audibilidade mostram que a resposta do ouvido humano se diverge nas diversas frequências.

Por haver essa divergência foram então desenvolvidas as curvas de compensação ou ponderação, tendo a finalidade de tentar reproduzir a resposta do nosso ouvido.

A Figura 3 a seguir demonstra as curvas de compensação:

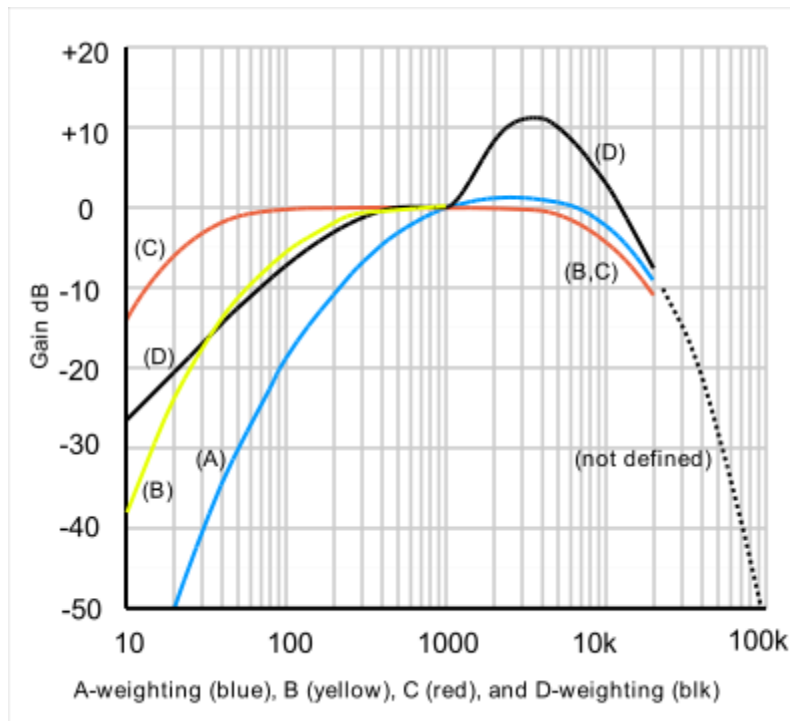


Figura 3 - Curva de Compensação.

Os tipos das curvas podem ser: A, B, C e D. Analisando a figura 3 podemos notar que um som de com valor 100 dB emitido numa frequência igual a 50 Hz, quando é compensado pelas curvas apresentaram as seguintes leituras:

Curva “A” – 70 dB

Curva “B” – 82 dB

Curva “C” – 99 dB

Curva “D” – 85 dB

Na pratica, o circuito “A” é o mais utilizado, pois se aproximada das curvas de audibilidade para baixos níveis de pressão sonora, isto é, se aproxima a resposta do ouvido humano a determinado som.

Na Tabela 1, são apresentados valores das correções das curvas de compensação para as frequências de banda de oitava:

Tabela 1- Correção curva A, B, C e D nas frequências (Saliba, 2015)

Bandas de Frequência (Hz)	Curva A (dB)	Curva B (dB)	Curva C (dB)	Curva D (dB)
63	-26,8	-9,3	-0,8	-10,9
125	-16,1	-4,2	-0,2	-5,5
250	-8,6	-1,3	0	-1,6
500	-3,2	-0,3	0	-0,3
1000	0	0	0	0
2000	1,2	-0,1	-0,2	7,9
4000	1,0	-2,9	-0,8	11,1
8000	-1,1	-8,4	-3,0	5,5

2.1.11. Exposição diária ao ruído

O Decreto-Lei 182/2006, de 6 de setembro, através da equação 6, permite calcular o nível sonoro contínuo equivalente ($L_{EX,8h}$), abrangendo todos os ruídos que estão no ambiente de trabalho, para um período normal de trabalho de oito horas por dia (T_0).

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\};$$

Onde:

T_e – Tempo diário da exposição pessoal ao ruído durante o trabalho;

T_0 – Tempo de referência de oito horas;

$p_A(t)$ – Pressão sonora instantânea ponderada A, expressa em Pascal (Pa), a que está exposto um trabalhador

p_0 – pressão de referência $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ pascal = 20 μ Pa;

2.1.12. Exposição pessoal diária efectiva

$L_{EX, 8h, effect}$, consiste na exposição ao ruído tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protectores auditivos, calculada pela equação 7:

$$L_{EX, 8h, effect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq, TK, effect})} \right] \quad (\text{Equação 7})$$

Em que:

T_k – Tempo de exposição ao ruído K;

$L_{Aeq, Tk, effect}$ – nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador quando utilizando protetores auditivos.

2.1.13. Tipos de ruídos

O ruído se torna mais perceptível a medida que o tom se torna mais proeminente e a variação do nível sonoro fica mais violenta (Bruehl & Kiaer, 2000 apud. Samorinha 2012).

Posse classificar o ruído em três tipos: Contínuo, Intermitente e impulsivo.

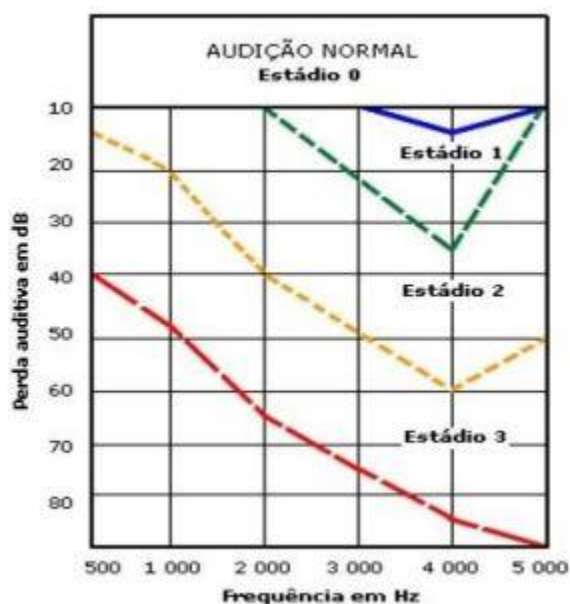
- Contínuo: Nível de pressão sonora e espectro de frequência se mantem constante ao longo do tempo. Segundo a Norma Regulamentadora brasileira, NR-15, e a NHO-01 da FUNDACENTRO o ruído continuo consiste num Nível de Pressão Sonora (NPS) que varie 3dB durante um longo período (superior a 15 minutos) de observação;
- Ruído Intermitente: Níveis de pressão sonora e espectro de frequência variam em intervalos bem definidos, podendo ser periódicos. Conforme a NR-15 e a NHO-01 o ruído intermitente, o NPS varia de até 3 dB em períodos curtos (menos de 15 minutos e superior a 0,2 segundos) - Ex: Operação de Perfuração;

- Ruído Impulsivo: Ruído de muito curta duração (<200ms) e com nível de pressão sonora bastante elevado. A NR-15, anexo 2, da Portaria n. 3214/78 classifica esse tipo de ruído como picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo. (Ex: Detonação de substâncias explosivas).

2.1.14. Efeitos do ruído no aparelho auditivo

O ruído ocupacional gera ao trabalhador alguns fatores de risco que podem ir além de acidentes de trabalho, podem afetar o organismo como um todo, gerando prejuízos não só ao funcionamento do sistema auditivo como o comprometimento da atividade física, fisiológica e mental do indivíduo.

Segundo Miguel (2010), algumas drogas também podem causar alterações no ouvido e levar a uma surdez indesejada. A Figura 4 a seguir mostra a evolução da surdez relacionada com o trabalho segundo Bell.



3.

Figura 4 - Evolução da surdez relacionada com o trabalho segundo Bell (Samorinha 2012 apud. Miguel, 2010)

O estágio 0 consiste na curva audiométrica normal, ao se passar para o estágio 1 ocorre um déficit transitório, onde há perda auditiva localizada somente na frequência de 4000 Hz, não ultrapassando em geral 30 a 40 dB. No estágio 2 ocorre o período de latência, isto é, perda auditiva atinge as frequências conversacionais e ao se chegar no estágio 3 a

surdez começa a se manifestar e a ser uma doença profissional, a perda da audição atinge as frequências infra e supra conversacionais (Miguel, 2010).

2.1.15. Efeitos extras-auditivos do ruído

Os efeitos extras-auditivos do ruído são aqueles que além de trazerem danos temporários ou permanentes à audição, contribuem para danos em outras funções do organismo

Esse tipo de ruído contribui para distúrbios:

- Gastrintestinais;
- distúrbios relacionados com o sistema nervoso (irritabilidade, vertigens, nervosismos, entre outros);
- Problemas com a comunicação e entendimento vocal/auditivo;
- Problemas cardiovasculares (aumento da pressão arterial e batimentos cardíacos);
- Cansaço, desânimo;
- Déficit de atenção e diminuição de rendimentos.

Quando o ruído é considerado um fator de estresse, passasse a compreender melhor os sintomas apresentados, pois por ser um agente que contribui extremamente para chegar a um nível de estresse elevado, traz efeitos nocivos à saúde, não só auditivos, mas tudo que está relacionado ao estresse, influenciando na produtividade do trabalhador e na qualidade do produto, fora o risco de acidente (Mendes, 2011).

Os distúrbios de cunho psicológico (déficit de atenção, irritação, diminuição de rendimentos entre outros) se verificam para ruídos estáveis e contínuos a partir de 50 a 55 dB(A) (Samorinha 2012 apud. Torres & Gama, 2005).

2.1.16. Efeitos auditivos do ruído

Os efeitos auditivos consistem em alterações provocadas pelo ruído que ultrapassa o Limite de Tolerância (LT) estabelecido por lei.

Conforme o livro Manual Prático de Higiene Ocupacional e PPRA (Saliba, Tuffi 7º Edição) o ruído que extrapola o LT pode provocar a ruptura do tímpano por deslocamento de ar muito forte como sendo o resultado de uma explosão ou de outros ruídos de impacto violento. Ainda de acordo com o livro de Saliba, (2015), quanto aos níveis que causam ruptura no tímpano, não existe um limite exato, pois isso varia da característica de cada indivíduo, porém casos

com níveis acima de 120 dB geram sensação de desconforto extremo; a 130 dB ocorre a sensação de prurido no ouvido, com início de dor; a 140 dB há distinta sensação de dor nos ouvidos.

A consequência principal da exposição ao ruído é a alteração ou perda da sensibilidade auditiva (Saliba, 2015). Porém, o ruído pode provocar sintomas diferentes nos trabalhadores que estão diretamente expostos a eles, que podem ser classificados como ordem auditiva e/ou extras-auditiva.

2.1.17. Medidas de tratamento do risco de exposição ao ruído

Quando os níveis sonoros são elevados e ultrapassam os limites permitidos por lei, devem ser tomadas medidas para eliminar ou minimizar esses ruídos, seja ela medidas técnicas ou organizacional.

Para Massera (2015), o ruído ocupacional é considerado um risco na maior parte dos ambientes indústrias, sendo responsável pela segunda maior causa de doenças do trabalho.

A perda da audição provocada pelo ruído é uma das doenças de maior predomínio em ambientes que os trabalhadores ficam expostos ao ruído (Harger et al., 2004).

Em virtude desse cenário de natureza irreversível é de extrema importância tomar medidas de tratamento para eliminação, a minimização ou controle dos riscos ambientais. E de acordo com a OSHA (2005) a eliminação ou/e redução dos níveis sonoros consiste em uma responsabilidade de cunho jurídico não só para as empresas empregadoras, mas também por haver interesses comerciais por trás disso.

Um programa de controle de ruído poderá admitir as seguintes soluções segundo o diagrama a seguir, Figura 5.



Figura 5 - Medidas de controle da exposição ao ruído.

- **Medidas organizacionais**

Trata-se de medidas administrativas. Tais medidas tem como objetivo reduzir os níveis sonoros ou o tempo de exposição dos colaboradores, pode-se citar como medidas mais utilizadas as:

- Planejar a produção visando eliminar ou diminuir os postos de trabalho que possuem níveis de ruído elevados;
- Tentar comprar equipamentos, na qual o nível de ruído seja menor;
- Rotacionar periodicamente os trabalhadores, visando a redução da dose de ruído que os mesmos se encontram expostos;
- Mudança nos horários, sempre que possível, de trabalhos muito ruidosos, para horários com menor número de trabalhadores no ambiente que possam estar expostos.

- **Medidas de engenharia**

As medidas construtivas ou de engenharia se divide em dois grupos: Atuação sobre a fonte emissora de ruído e atuação sobre as vias de propagação.

-
- Sobre a fonte emissora de ruído: O controle na fonte consiste no método mais recomendado quanto a viabilidade técnica (Saliba, 2015) e deve ser feita na fase de planejamento das instalações, visando escolher inicialmente equipamentos que produza, menores níveis de ruído e organizar o layout. Algumas medidas podem ser tomadas:
 - Substituição do equipamento por outro com NPS dentro dos limites;
 - Balanceamento e equilíbrio das partes móveis;
 - Lubrificação eficaz dos rolamentos e mancais;
 - Isolamento acústico da fonte, através de aplicação de material isolante/absorvente.
 - Sobre as vias de propagação: Quando não se consegue fazer o controle na fonte, passa-se então a tentar fazer o controle no meio aplicando medidas que minimizam a passagem do som.
 - Colocação de barreiras entre a fonte e o meio;
 - Colocação de barreiras entre o meio e o receptor;
 - Separação de peças que atuam entre si.

Tais medidas são fundamentadas na Directiva 2003/10/CE, cuja a qual, indica a entidade patronal algumas soluções para prevenir ou diminuir a exposição ao ruído, sendo privilegiadas sempre medidas de proteções coletivas em detrimento das medidas de proteção individual.

2.1.18. Medidas de Proteção Individual

Quando o ruído a que o trabalhador está exposto é elevado, ultrapassando os limites estabelecidos por lei e não é viável (técnica ou economicamente) elaborar as medidas técnicas e organizacionais ou o controle é limitado, é necessário então fazer o uso de equipamentos de proteção individual.

Os protetores individuais auditivos devem ser seleccionados com vista a eliminar o risco de perda audição ou a reduzi-lo ao mínimo.

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são dispositivos de segurança utilizados pelo trabalhador enquanto estão exercendo a sua profissão, de modo a minimizar e evitar acidentes e riscos à sua saúde.

Conforme Costa (2009) afirma é dever do empregador organizar registros de dados e manter atualizados arquivos sobre a avaliação e o controle dos valores de exposição pessoal diária e o valor máximo de pico do nível de pressão sonora, bem como as fichas médicas e audiométricas dos trabalhadores expostos durante o trabalho, assim como as fichas de calibração dos equipamentos de medição.

Os EPIs são classificados em:

- Passivos – A redução do nível de ruído é feita de forma mecânica – são equipamentos simples e de baixo custo.
- Activos – Possuem componentes electrónicos que controlam a redução do ruído em função do espectro e/ou do nível de pressão sonora
- Tampões – São protetores simples que se colocam na cavidade do pavilhão auricular ou no canal auditivo.
- Abafadores / Protectores auriculares – Possui formato de calotes posicionados contra os pavilhões auriculares, estando conectados por uma banda que exerce pressão, ou geralmente ligados a um capacete.

A Tabela 2 a seguir mostra a classificação dos tipos de protetores auriculares.

Classificação	Características	Imagem
Passivos		
PROTETOR DE INSERÇÃO MOLDÁVEL	Este modelo é confeccionado em espuma no formato de cone, com base plana e topo arredondado. Sua característica moldável faz com que seja adaptável à maioria dos condutos auditivos.	
PROTETOR DE INSERÇÃO PRÉ-MOLDADO	Confeccionado em silicone ou polímeros no formato cônico, com três flanges concêntricos de diâmetros variáveis	
PROTETOR TIPO CONCHA	Constituído por 2 conchas em plástico ou em alguns modelos em material ABS revestido em borracha, com almofadas de espuma em suas laterais.	
Ativos		
PROTETORES AURICULARES DE REDUÇÃO ATIVA DO RUÍDO (RAR)	Incorporam um sistema eletrônico que permite alcançar uma atenuação adicional nas baixas frequências	
PROTETORES AURICULARES DE COMUNICAÇÃO	Possuem um sistema por cabo ou sem fios que permite receber mensagens, alarmes ou mesmo programas de entretenimento (incluindo rádio receptor).	

A escolha dos equipamentos deve ser feita de acordo com o tipo de risco a que o trabalhador está exposto, às condições de trabalho, à parte do corpo que está em risco e as características do próprio trabalhador

Além disso de fornecer os equipamentos é necessários que quem for utilizar receba treinamentos periódicos, tendo a finalidade de garantir que eles estejam protegidos no exercício de suas atividades.

2.2. Enquadramento Legal e Normativo

No que tange o setor das pedreiras onde utilizam as máquinas de mineração apresentadas a principal legislação aplicada é resumidamente apresentada a seguir:

- Decreto-Lei n° 90/90, de 16 de março: Disciplina o regime jurídico de revelação e aproveitamento dos bens naturais existentes na crosta terrestre, genericamente designados por recursos geológicos, integrados ou não no domínio público, com exceção das ocorrências de hidrocarbonetos;
- Lei n.º54/2015: Bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional;
- Decreto-Lei n.º30/2021: Procede à regulamentação da Lei n.º54/2015, de 22 de junho, no que respeita aos depósitos minerais
- Decreto-Lei n° 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;
- 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;
- 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;
- 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.
- 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.

-
- 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.
 - 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;
 - 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.

Em se tratando de ruído nas atividades industriais e em outros ramos de atividades, os pilares normativos e instrumento legais que regularizam são:

- Decreto-Lei nº 182/2006 (de 6 de setembro): Transpõe para o direito interno a Directiva Comunitária n.º 2003/10/CE, do Parlamento e do Conselho, de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído, onde 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;
- Norma Portuguesa EN ISO 9612:2011: acústica: determinação da exposição ao ruído ocupacional; Método de engenharia (ISO 9612:2009) essa norma engloba 3 diferentes metodologias para a medição de ruído: Medição Baseada na Tarefa (MBT), mediação baseada na função (MBF) e Mediação de dia-inteiro (MDI).

Decreto-Lei nº 182/2006

Como dito anteriormente esse Decreto transpõe para o direito interno a Directiva Comunitária n.º 2003/10/CE, do Parlamento e do Conselho, de 6 de Fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

Esse Decreto estabelece:

- Valor limite de exposição;
- Valores de ação superior e inferior;

-
- Determina um conjunto de medidas a aplicar quando atingidos ou ultrapassados;
 - Metodologias e indica instrumentos para a determinação da exposição do trabalhador.

2.2.1. Valores Limite de exposição e valores de ação

Os Valores Limite de Exposição (VLE) e Valores de Ação (VA) são estabelecidos no Decreto-Lei n.º 182/2006, alínea a), b) e c), do n.º 1, do art.º 3º

- Valores Limites de exposição:
 - $L_{Ex,8h} = 87,0 \text{ dB}$
 - $L_{cpico} = 140 \text{ dB}$
- Valores de Ação Superior:
 - $L_{Ex,8h} = 85,0 \text{ dB}$
 - $L_{cpico} = 137 \text{ dB}$
- Valores de Ação Inferior:
 - $L_{Ex,8h} = 80,0 \text{ dB}$
 - $L_{cpico} = 135 \text{ dB}$

Dessa maneira quando alguns desses valores é ultrapassado medidas deve ser tomadas da seguinte maneira:

- $L_{Ex,8h} > VAI$: O empregador é obrigado a colocar equipamentos de proteção individual a disposição dos trabalhadores e realizar exames áudio métricos de 2 em 2 anos.
- $L_{Ex,8h} \geq VAS$: Tem por obrigação o empregador, assegurar a utilização dos EPIs pelos trabalhadores, estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas ou organizacionais de forma a diminuir os riscos para os que estiverem expostos, analisar anual as funções auditiva e realizar exames audiométricos, bem como avaliar os riscos pelo menos uma vez por ano.
- $L_{Ex,8h} > VLE$: É obrigado a tomar iniciativas instantâneas que atenuem o prolongamento da exposição de modo a não ultrapassar os valores limites de exposição, e importante definir as causas que ocasionaram a extrapolação dos valores limites e a partir de então colocar medidas em pratica para minimizar e corrigir corrigir de modo que a evitar a novos casos parecidos.

2.3. Conhecimento Científico

2.3.1. Metodologia da Revisão

O trabalho em questão iniciou-se com a pesquisa bibliográfica baseada na metodologia de Relatório Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-análises - PRISMA *Statement* (Moher et al.;2009). O principal objetivo dessa dissertação é através de medições de ruído com o sonômetro, avaliar o nível de ruído produzido por alguns equipamentos de mineração do laboratório de preparação de minérios da FEUP e simular melhorias para minimizar as perdas auditivas de trabalhadores que estão expostos a esse tipo de equipamento.

A partir do objetivo da dissertação foram selecionadas combinações de palavras-chave em torno do tema e para desenvolver foi acessada a base de dados e revistas científicas disponíveis na biblioteca online da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Tendo como termos da pesquisa definido através das palavras-chave e suas combinações:

- “*Noise*”;
- “*Occupational Noise*”
- “*Noise Analysis*” AND “*Occupational*”;
- “*Noise Analysis*” AND “*Mine*” AND “*Occupational*”;

Base de dados e revistas científicas:

- Scopus;
- Scielo;
- Science Direct;
- Web of Science;
- INSPEC;
- Academic Search Library.

A metodologia usada para fazer a exclusão, para melhorar o resultado da pesquisa, dos artigos foram:

- Data: foi estabelecido um limite de dados entre 2016 – 2021, com o objetivo de favorecer os artigos mais recentes;

-
- Tipo de artigo: foram eliminados os Tipo de documento que não se enquadravam em “artigo” ou que não estavam com seu texto na íntegra;
 - Fonte: Tipo de fonte que não se enquadravam em “Revista”;
 - Língua: Eliminar os artigos que o tipo de língua que não se enquadravam em inglês ou em português;
 - Fora do tema: Temas não pertinentes para a dissertação, ou seja, temas que não tinham relevância ou grande importância com o objetivo da dissertação;
 - Acesso: Tipo de acesso que não se encontravam com “livre”.

Através dos registros encontrados, foram obtidos 2285 artigos relevantes, sendo considerado 22 registros adicionais identificados através de outros meios no repositório da FEUP, totalizando 2307 artigos selecionados. Desse total de artigos foram excluídos 2268 artigos após utilização dos critérios mencionados acima como fator eliminatório, sendo, 1757 artigos por não se enquadrarem dentro do limite de dados, 2016 – 2021, 121 artigos que não se encontravam dentro do tipo de documento “artigo”, 3 por não se enquadrarem no tipo de fonte “Diário”, 69 que não cumpriam o requisito definido para o tipo de língua (Inglês ou Português), 172 não pertinentes para o tema da dissertação e 144 que não estavam com acesso livre.

Em se tratando dos artigos excluídos, a primeira restrição foi feita na área de “pesquisa”, limitando-se a “assunto”, “título” e “palavra-chave”, sendo utilizado como operador lógico a opção “and”.

A inclusão de artigos para o estudo consiste em artigo que estejam relacionados com o ruído ocupacional e os impactos gerados nos trabalhadores, artigos de trabalhadores da indústria de mineração ou que possuam atividades semelhantes e artigos sobre pedreiras.

Feita a triagem e seleção dos artigos, foram encontrados 35 artigos que se enquadravam no contexto do tema proposto para essa dissertação. A Figura 6 apresenta os resultados da pesquisa bibliográfica.

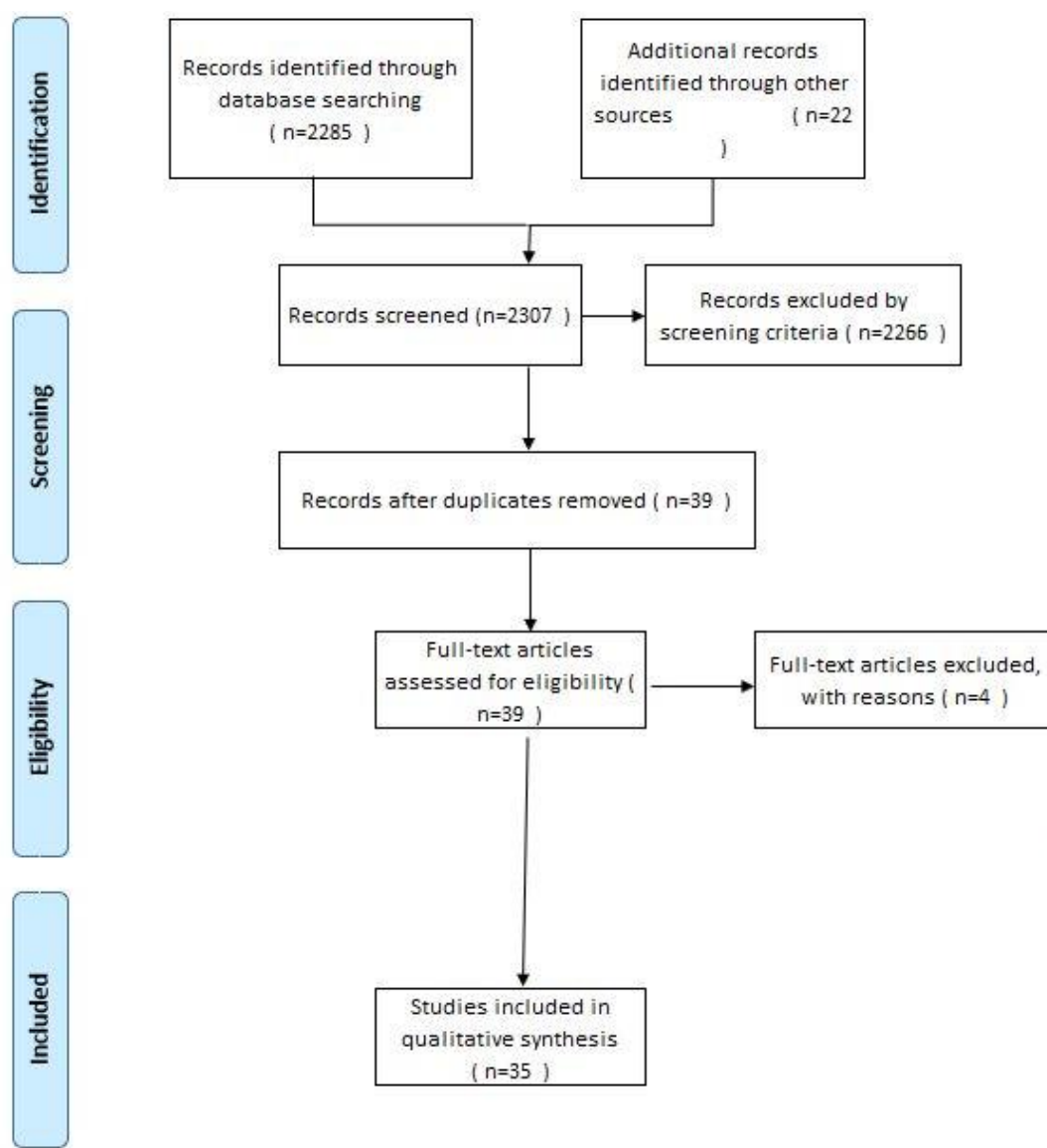


Figura 6 – Revisão Bibliográfica (Moher, 2009)

Durante a escolha das palavras considerada chaves para o objetivo da pesquisa, houve algumas limitações, pois ao se combinar mais palavras a pesquisa se tornavam escassas e com poucos artigos relacionados com o tema.

Na Tabela 3 foram separadas as cinco principais referências, mais utilizadas para formular e ajudar no preparo da dissertação. Cada uma delas possuía uma particularidade diferente que foi fundamental para o estudo.

Tabela 2 – Resumo de alguns artigos encontrados para a revisão bibliográfica

Autor	Título	Resumo
Nino L. Wouters, Charlotte I. Kaanen, Petronella J. den Ouden, Herbert Schilthuis, Stefan Böhringer, Bas Sorgdrager, Richard Ajayi and Jan A. P. M. de Laat (2020)	<i>Noise Exposure and Hearing Loss among Brewery Workers in Lagos, Nigeria</i>	Avaliar a exposição ao ruído ocupacional em um país em desenvolvimento e identificar possíveis grupos de risco para quem a intervenção é necessária
Yu-Ping Zheng, Yow-Jer Juang & Lih-Ming Yiin (2020)	<i>Modeling of Woodworkers' Exposure to Occupational Noises by Integrating Frequency Spectra Generated by Power Tools: A Pilot Study</i>	Simular a exposição ao ruído ocupacional dos marceneiros, integrando espectros de frequência medidos com ferramentas elétricas individuais com o respectivo tempo de uso da ferramenta
Ashley, M.S, Grant, E., Jennifer Ruths, Deanna K. Meinke, Lee S. Newman, Lyndsay Krisher, Daniel Pilloni, Alex Cruz & Claudia Asensio (2020)	<i>Noise exposures of sugar cane mill workers in Guatemala</i>	Descrever as medições pessoais de exposição ao ruído obtidas na usina de cana-de-açúcar da Guatemala dos trabalhadores em função da categoria de trabalho
Moroe, N., Khoza-Shangase, K., Madahana, M., and Nyandoro, O. (2019)	<i>A proposed preliminary model for monitoring hearing conservation programs in the mining sector in South Africa</i>	Propõe o uso de um modelo de monitoramento de ruído baseado em feedback como uma ferramenta para monitorar e gerenciar a ONIHL no setor de mineração da África do Sul
Madahana, M.C., Nyandoro, O.T., & Moroe, N.F. (2020)	<i>Engineering noise control for mines: Lessons from the world</i>	Propõe mostrar alguns dos ruídos da engenharia, métodos de controle que estão sendo usados atualmente em todo o mundo na indústria da mineração.

Nino L.Wouters et al (2020) escreveu um artigo sobre os riscos à saúde decorrentes da alta exposição aos ruídos, que em países menos desenvolvidos esse risco não é valorizado. Foram no total 458 funcionários submetidos numa indústria cervejeira, sendo o departamento de vendas e embalagem mais expostos onde foi encontrado maior perda auditiva.

Yu-Ping Zheng et al (2020) fez uma investigação piloto em uma marcenaria com cinco marceneiros, usando o dosímetro em banda de oitava. Os resultados foram em torno de dB(A) com picos entre o intervalo de 1 e 4 kHz que foi comparado com os resultados simulados, sendo um projeto bem viável.

Ashley, M.S, et al (2020) estudou os trabalhadores da usina de cana-de-açúcar e todos estavam expostos a ruídos elevados, tendo a maioria inscritos em programa de conservação auditiva.

Moroe, N., Khoza-Shangase, K., Madahana, M., and Nyandoro, O. (2019) fez uma análise da perda auditiva induzida por ruído ocupacional, propondo um modelo que monitorasse o ruído baseando-se em feedbacks como ferramenta para acompanhar e gerir as perdas

auditivas no segmento da mineração, esse modelo tem como ponto forte o englobamento de todos os pilares dos programas de conservação auditiva (HCPs) levando em conta as políticas voltadas para a gestão das perdas auditivas no setor de mineração.

Madahana, M.C., Nyandoro, O.T., & Moroe, N.F. (2020) fizeram um estudo com o objetivo de apresentar alguns dos métodos de controle de ruído, que são usados na indústria de mineração ao mundo todo. Tal estudo apresentou uma redução na intensidade do ruído emitido pelas máquinas numa faixa de 93 dBA a 104 dBA passando para uma faixa de 90 dBA a 94 dBA. Com os resultados obtidos é possível afirmar que as metodologias de controle de ruído de engenharia provaram ser eficiente.

2.4. Objetivos da Dissertação

Avaliar o nível de ruído exposto pelos grupos de exposição que utilização o laboratório de preparação de minérios da FEUP e propor melhorias para minimizar as perdas auditivas dos trabalhadores.

Capítulo 3

Materiais e Métodos

3.1. Fontes de ruídos analisados

Para o estudo em questão foram utilizadas para coletas de dados quatro máquinas mineradoras:

- Britador de maxilas (primário);
- Britador de rolos (secundário);
- Mesa separadora;
- Peneira.

3.1.1. Britador maxilas (primário)

Conhecido também como britador de mandíbulas, esse tipo de equipamento serve para triturar rochas e outros tipos de materiais.

Seu mecanismo de britagem consiste em uma parte fixa e outra móvel, onde a rocha fica retida sendo triturada através da compressão das partes moveis. Uma correia transmite o movimento do motor ao eixo excêntrico, que aciona a parte móvel por rotação. Uma mola força a parte móvel fazendo com que a mesma se abra, com isso os materiais depositados descem gradualmente, passam pela mandíbula até chegarem a um tamanho suficiente para cair pelo fundo da máquina.

Esse tipo de britador apresentado na Figura 7, possui vantagem e desvantagens.

Vantagens:

- Baixo custo operacional e de manutenção
- Reduz a matéria-prima até calibres de cerca de 150 mm.

Desvantagem:

Não é ideal para obtenção de fragmentos de pequenos (< 150 mm). Portanto, nesse caso, é importante inserir outros tipos de fragmentos, que posteriormente poderão realizar a redução do calibre do material.

Não é indicado para trabalhar com argila nem com rochas metalíferas.



Figura 7 - Britador Maxilas ou Britador Primário (Fonte: Google).

3.1.2. Britador rolos (secundário)

Consiste num rolo dentado móvel fixado numa carcaça. Ao girar o rolo dentado vai ocorrendo a compressão e cisalhamento do material entre os dentes e a placa fixada a câmara.

Vantagem:

- Resulta num produto final que tem uma distribuição de tamanho fino e produzem pouca poeira durante o funcionamento.

Geralmente utilizados para esmagar materiais que possuem um nível abrasivo mais baixo e na produção em pequena escala. Bastante utilizados durante a mineração de carvão.

O funcionamento desse equipamento é da seguinte maneira: Dois ou mais cilindros giram em posições/direções contrárias, podendo ter a velocidade iguais ou diferentes. Os rolos possuem uma distância, que pode ser regulável e deve ser ajustadas às condições da matéria-prima.

A matéria-prima cai entre os rolos, onde são triturados e saem por baixo do britador. Quando a matéria-prima é extremamente dura o rolo é empurrado de forma automática sob o efeito de mola ou de pressão hidráulica, de forma a evitar danos ao equipamento. A Figura 8 apresenta o esquema de um britador secundário.

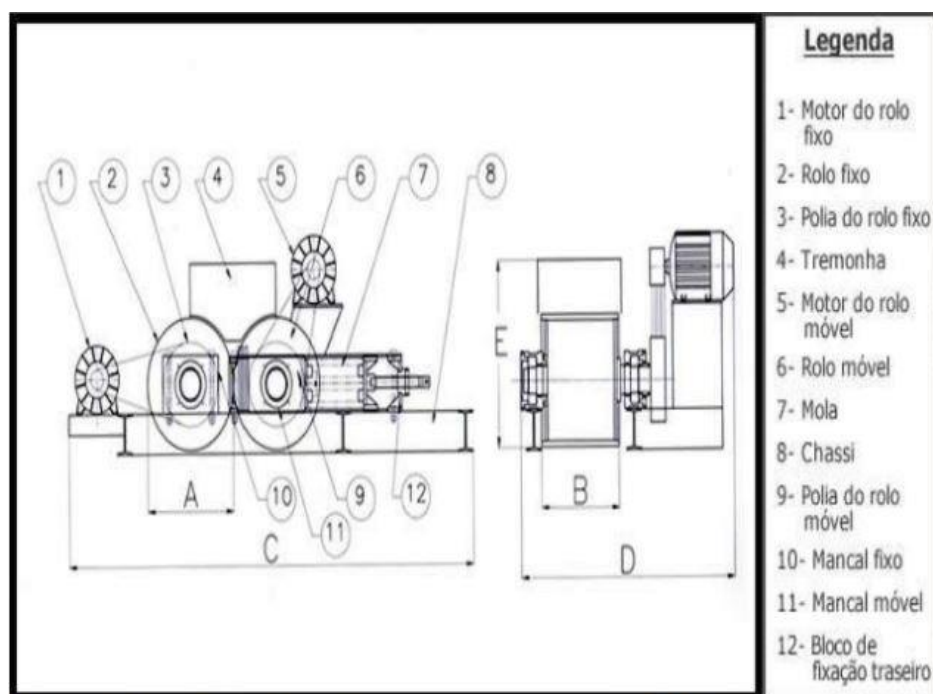


Figura 8 – Esquema de um Britador Secundário

3.1.3. Peneiras Vibratórias

O objetivo principal desse equipamento é o desdobramento do material granular em mais frações com tamanhos distintos. Com a utilização de malhas diferentes das peneiras é possível separar as partículas de acordo com seu tamanho.

Fatores que influenciam na eficiência de um peneiramento:

- Tipo de superfície de peneiramento;
- Umidade do material;
- Forma da partícula;
- Espessura da camada de material;

- Ângulo de incidência da partícula na tela da peneira

Esses equipamentos podem possuir uma ou mais superfícies de peneiramento conforme esquematizado na Figura 9.

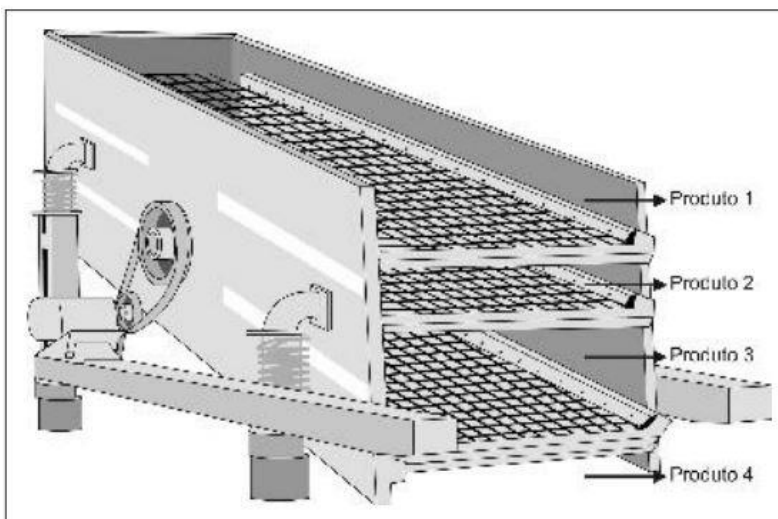


Figura 9 – Esquema de uma peneira de Mineração.

3.1.14. Mesa Oscilatória

Também conhecida como mesa vibratória, consiste em um equipamento de concentração hidrogravítica, Figura 10.

Funcionam tanto a seco como úmidas, sendo essa última a mais utilizada. A mesa oscilatória úmida é formada por uma superfície de madeira, revestida com material de alto coeficiente de fricção. Possui a forma de um trapézio, sendo levemente inclinada transversalmente.

O deck, que é a parte da superfície, possui uma parte lisa e de outra contendo ressaltos paralelos ao eixo longitudinal da mesa, formando pequenas valas entre os ressaltos.

Uma lâmina de água é despejada sobre a mesa e as partículas são represadas nas paredes dos ressaltos, sendo as mais pesadas em baixo e as mais leves em cima. As partículas mais leves acabam por conseguir transpor esses ressaltos e saem transversalmente, na borda inferior da mesa, até que todas saem na borda lateral da mesa.



Figura 10 – Mesa Oscilatórias.

3.2. Metodologias e instrumentos para medição da exposição ao ruído

Para realizar a avaliação dos ruídos existem dois tipos de instrumentos: sonómetros e os dosímetros.

Os sonômetros são, geralmente, equipamentos bastante utilizados nas avaliações de ruído medindo diretamente os níveis de pressão sonora. Trata-se de um equipamento utilizado para realizar medição do ruído, e, conseqüentemente, a intensidade desses ruídos.

De acordo com a norma, existem 4 classes associadas aos sonómetros:

- Classe 0 – Para avaliações em Laboratórios;
- Classe 1 – Sonómetros Integradores de Precisão;
- Classe 2 – Para utilização em todo o tipo de situação;
- Classe 3 – Para utilizações em avaliações sucintas.

Os sonómetros de classe 1 são os mais utilizados por serem mais fiáveis, porém os de classe 2 também podem ser usados para medir ruído ocupacional.

Esses equipamentos devem possuir a capacidade de analisar o ruído com ponderações de frequência “A” e “C”. Porém a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*

(ACGIH⁷), traduzindo para o português “Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais” aconselha que o nível de pressão sonora deve ser estipulado por um sonômetro ou dosímetro que tenha no mínimo às especificações para medidores de nível de som S1.4 1983, tipo S2A, ou especificação para dosímetros individuais de ruído, ambos da *American National Standards Institute (ANSI)*.

Os dosímetros são equipamentos que também são usados para medição de ruído. Funciona diferente do sonómetro, pois mede a dose de ruído, expressa em percentagem, para um período de tempo, sendo geralmente igual a uma carga de trabalho de 8 horas.

É bastante utilizado nas indústrias, por ser um aparelho leve e portátil, fica fixado nos trabalhadores em diferentes postos de trabalho, permitindo a medição do ruído, com o cálculo automático da dose de ruído. Tem como função medir a dosagem de ruído que um trabalhador está sujeito a ficar exposto durante se horário de trabalho.

São utilizados os dosímetros, desde que:

- a) Sejam ajustados segundo o critério ISO, ou seja, de modo que ao duplicar a energia sonora que chega até ele, o $L_{ex,8h}$ aumenta 3 dB(A);
- b) Cheguem aos valores de L_{eq} (nível sonoro contínuo equivalente), $L_{ex,8h}$ (nível de exposição pessoal diária) e L_{Cpico} (nível de pressão de pico).

Para o estudo em questão, foi utilizado o sonómetro de classe 1, com uma incerteza de 0.7 dB, com o microfone entre 0,10m e 0,30m em frente a orelha mais exposta.

Para o uso correto do equipamento é necessário preparar o equipamento previamente, no início de cada dia, realizando os seguintes passos:

- Verificar a calibração do equipamento;
- Verificar a data e hora do equipamento;
- Verificar a bateria do equipamento;
- Verificar a programação do mesmo.

⁷ É uma associação profissional de higienistas industriais e profissionais de profissões afins, com sede em Cincinnati, Ohio.

O modelo de sonómetro utilizado no estudo foi o Solo Master 1 dB, como mostrado na Figura 11.

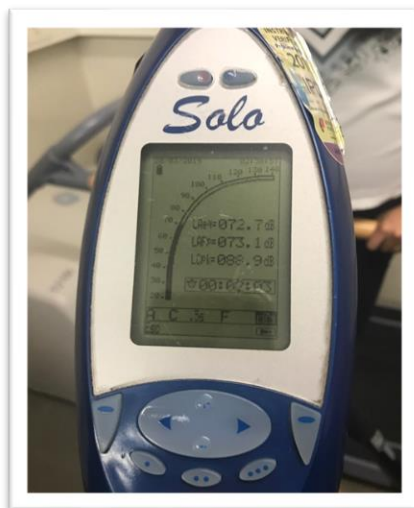


Figura 11 - Exemplo de um sonómetro

O sonómetro utilizado deve estar equipado com um protetor de vento com um diâmetro mínimo de 60 mm, de modo a reduzir o efeito do fluxo de ar ou do vento. O calibrador cumpre com os requisitos especificados na IEC 60942:2003, classe de exatidão 1. A calibração do calibrador utilizado e a conformidade do sistema de medição, foi verificada periodicamente, num laboratório de calibração devidamente rastreado aos padrões apropriados. No início e no fim de cada medição foi realizado um ajuste do sistema de medição quando este estava estabilizado. A correção, tanto no início como no fim da medição, foi - 0.2dB, logo as medições consideram-se válidas pois não ultrapassam 0.5dB. Relativamente à colocação do microfone, este deve ser colocado a uma distância de entre 0.10 e 0.30 m em frente à orelha mais exposta do trabalhador segundo o Decreto-Lei 182:2006. Caso a posição da cabeça do trabalhador no posto de trabalho não seja bem definida, poderão ser utilizadas as seguintes alturas:

- Trabalhador de pé: 1,5m +/- 0,075m acima do nível do solo onde está o trabalhador;

-
- Trabalhador sentado: 0,80m +/- 0,05m acima do ponto médio do plano do assento, com o banco ajustado, dentro do possível, para a posição média de ajuste nos planos horizontal e vertical.

3.3. Metodologia para o cálculo dos protetores auriculares

Para se calcular a atenuação fornecida pelo EPI escolhido, existem diversos métodos entre eles destacam-se três: Banda de Oitava, Método HML, Método SNR (Abreu, 2012).

3.3.1. Banda de Oitava

Ficaria difícil identificar as frequências dos sons sem uma divisão básica universal, deste modo divididas as frequências entre 63Hz a 8.000Hz, feita em oito níveis, por isso o nome de Banda de Oitava, são elas, 63 Hz, 125Hz, 250 Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz e 8000Hz, ficando mais fácil de identificar as frequências em grupos, tendo valores mais resumidos.

Esse método é o recomendado pelo Decreto-Lei 182/2006, por ser tratar de uma metodologia de cálculo confiável, com bastante detalhe e preciso.

O cálculo é obtido através da medição do Nível de Pressão Sonora contínuo, Ponderado A, para todas as bandas, individualmente, do ruído a que o colaborador está exposto, em cada posto de trabalho que exerce função, definindo então o espectro para cada ruído K, que o colaborador está vulnerável durante um intervalo de tempo (T_k horas por dia).

Então, para cada banda de oitava, calcular o nível global (L_n);

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

Onde:

L_n = nível global (dB(A));

M_f = Atenuação médias do protetor auditivo indicadas pelo fabricante;

S_f = Desvios padrão das atenuações do protetor, indicadas pelo fabricante.

Em seguida calcula-se o nível sonoro contínuo equivalente efetivo, que consiste no nível sonoro que o colaborador está exposto efetivamente quando está equipado com o EPI.

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

Por fim, calcula-se a exposição diária efetiva, $L_{EX,8h,efect}$ somando numa escala logarítmica o nível sonoro contínuo equivalente efetivo de cada ruído, ponderando pelo tempo de exposição e pelo período de referência de 8 horas.

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

3.4. Descrição dos Métodos Utilizados

3.4.1. Período de Medição

O período de medição foi escolhido tendo em conta o objetivo principal das medições que é o de permitir a decisão sobre o tipo de ação preventiva a empreender.

Tal período de medição não deve ser inferior a 5 minutos, duração aplicável no caso de ruídos uniformes. Esta duração pode ser alargada, em função do tipo de ruído que se pretende caracterizar. No limite, o período de medição pode coincidir com todo o período de exposição. Deverão ser recolhidas, no mínimo, três amostras (no caso da sonometria).

3.4.2. Parâmetros a medir

Na utilização do equipamento denominado sonômetro para realizar as medições os parâmetros a serem medidos são:

- LAeq – Nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A;
- LCpico – Valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto, ponderado, C.
- LAeq, f – nível sonoro contínuo equivalente, ponderado, A, em cada banda de oitava;

A medição dos níveis sonoros, por banda de oitava, apenas se revela necessária quando os valores de LAeq ultrapassam o nível de ação inferior, que é de 80 dB(A).

3.4.3. Medição do Ruído

De forma a permitir que fosse determinado os LAeq (Níveis sonoros contínuos equivalentes) e do valor máximo de pico, foi efetuada a medição em diversos tipos de equipamentos.

A partir do LAeq obtido com a medição dos níveis sonoros e do tempo em que cada trabalhador ficava em seus postos de trabalho, foi determinada a exposição diária dos trabalhadores expostos ao ruído (Lex, 8h).

Com o objetivo de verificar os valores a que os trabalhadores estão expostos são maiores ou menores que 85 dB(A), visto que esse é o limite de tolerância para uma jornada de 8 horas de trabalho, realiza-se então a medição de ruídos

É aconselhável que o valores a qual os trabalhadores ficam expostos não ultrapassem o valor de ação inferior de 80 dB (A), uma vez que valores acima de 80 dB (A) podem ser nocivos à saúde auditiva, dependendo da característica de cada pessoa.

Capítulo 4

Resultados e discussão

Num primeiro momento da recolha dos dados foi importante identificar os trabalhadores que estariam expostos diariamente ao ruído gerado pelas máquinas e foram identificados quatro grupos de exposição sendo estes caracterizados na Tabela 4.

Tabela 3 - Grupos de exposição

	Perfil	Tempo de exposição
Grupo 1	Estudantes que estão no laboratório apenas em horário de aula	$\pm 2h$
Grupo 2	Estudantes que estão fazendo tese	$\pm 5h$
Grupo 3	Professores	$\pm 4h30$
Grupo 4	Técnico de laboratório	$\pm 4h30$
Grupo 5	Utilizadores Intensivos	$\pm 8h$

Após a escolha do método para medição da exposição diária, descrito no capítulo Materiais e Métodos da dissertação foram realizadas medições e os dados então recolhidos no laboratório (resumo na Tabela 5) foram analisados através do software do próprio sonômetro e os cálculos foram feitos através do *Excel*, com fórmulas apropriadas.

Tabela 4 - Dados obtidos pelo sonômetro

Equipamento	Medição	Duração (min)	L_{Aeq} dB(A)	L_{Cpico} (C)
Britador Primário	1	2:37	81,0	113,2
Britador Secundário	1	1:06	83,0	113,5
Mesa Vibratória	1	1:15	77,66	87,5
Peneira	1	1:07	84,0	90,2

Após descarregar os dados colhidos com o sonômetro foi obtido o nível sonoro contínuo equivalente (L_{Aeq}) e o nível de pressão sonora de pico das máquinas alvo do estudo.

A partir dos resultados obtidos com o sonômetro, foram realizados os cálculos para determinar a exposição diária ao ruído de cada trabalhador/pessoa do laboratório.

Primeiro foi então calculado o nível de pressão sonora contínuo equivalente, para cada equipamento, através da equação 8:

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \log \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,Aeq,T,mi}} \right) dB \quad (\text{Equação 8})$$

Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 5 - Resultados do calculo do nível de pressão sonora contínuo equivalente

Equipamento	$L_{p,Aeq,T,m}$ dB(A)
Britador Primário	81,0
Britador Secundário	83,0
Mesa Vibratória	78,0
Peneira	84,0

A partir disso procedeu o cálculo da exposição pessoal diária através da equação 9, onde foi feita a soma logarítmica:

$$L_{ex,8h} = 10 \log \left(\frac{1}{8} \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{0,1 \times L_{Aeq,Tk}} \right) dB \quad (\text{Equação 9})$$

Em que:

$L_{Aeq,Tk}$ = nível sonoro contínuo equivalente, de um tipo de ruído k;

T_k = tempo de exposição ao ruído k

Para isso foi necessário estipular a duração da exposição diária de cada atividade, por grupo. A Tabela 7 resume as características de exposição de cada um deles.

- Grupo 1: Estudantes em horário de aula. Estão expostos a todos os equipamentos simultaneamente.
- Grupo 2: Estudantes em final de curso, que estão elaborando a tese. Estes estão expostos da seguinte maneira: Expostos ao Britador Primário e Secundário um de cada vez e a mesa vibratória e a peneira estão em funcionamento simultâneo.
- Grupo 3: Professores em horário de aula. Expostos a todos os equipamentos simultaneamente.
- Grupo 4: Técnico de laboratório: Ficam expostos aos equipamentos em simultâneo, auxiliando os professores na utilização.
- Grupo 5: Utilizadores intensivos: Ficam expostos aos equipamentos de forma intensiva

Tabela 6 - Resultado do nível de exposição diária para os grupos de exposição

	Perfis dos utilizadores	Hora de exposição média diária a cada tarefa		$L_{EX,8h}$ dB(A)
Grupo 1	Estudantes que estão no laboratório apenas em horário de aula	t = 0h40	Britador Primário	74,8
		t = 0h20	Britador Secundário	
		t = 0h50	Mesa	
		t = 0h10	Peneira	
Grupo 2	Estudantes que estão fazendo tese	t = 1h	Britador Primário	71,9
		t = 0h40	Britador Secundário	72,2
		t = 2h	Mesa	77,6
		t = 1h20	Peneira	
Grupo 3	Professores	t = 1h20	Britador Primário	78,4
		t = 0h40	Britador Secundário	
		t = 2h	Mesa	
		t = 0h30	Peneira	
Grupo 4	Técnico de laboratório	t = 1h20	Britador Primário	78,4
		t = 0h40	Britador Secundário	
		t = 2h	Mesa	
		t = 0h30	Peneira	
Grupo 5	Utilizadores Intensos	t = 8h	Todos os equipamentos em sequencial	88,06

Para os grupos 1 e 3, estudantes em horários de aula e professores respectivamente foi necessário ajustar os valores para exposição semanal através da equação 10 , visto que os

estudantes e professores não utilizam os laboratórios todos os dias, sendo então obrigatoriamente caracterizado pela exposição semanal ao ruído ficando então:

$$L_{ex,8h,semanal} = 10 \log \left(\frac{1}{5} \sum_{k=1}^m 10^{(0,1XLex,8h)_k} \right) dB \quad (\text{Equação 10})$$

- Grupo 1: $L_{Ex, 8h, semanal} = 67,8 \text{ dB(A)}$
- Grupo 3: $L_{Ex, 8h, semanal} = 76,1 \text{ dB(A)}$

Em seguida baseando-se na norma portuguesa EN ISO 9612:2011 foi realizado o cálculo da incerteza expandida. O coeficiente de sensibilidade $C_{1a,m}$ e $C_{1b,m}$ foi calculado a partir das equações 11 e 12:

$$C_{1a,m} = \frac{Tm}{T0} 10^{0,1X(Lp,AeqT,m - LEX,8h)} \quad (\text{Equação 11})$$

$$C_{1b,m} = 4,34 \times \frac{C_{1a,m}}{Tm} \quad (\text{Equação 12})$$

Já no que se refere ao cálculo da incerteza padrão correspondente a repetição de cada tarefa, $u_{1a,m}$ e ao tempo de duração de cada tarefa, foram aplicadas as equações 13 e 14:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{p,AeqT,mi} - L_{p,AeqT,m})^2 \right]} \quad (\text{Equação 13})$$

Média Aritmética dos I níveis sonoros contínuos equivalentes, ponderados A, da tarefa m;

$$u_{1b,m} = 0,5 \times (Tmax - Tmin) \quad (\text{Equação 14})$$

A incerteza correspondente ao sonômetro é tabelada e consiste no valor de 0,7, por se tratar de um equipamento de classe de exatidão 1. A incerteza do local onde se posiciona o

microfone, u_3 , assume sempre o valor de 1,0 dB, conforme estabelecido pela NP EN ISO 9612:2011. Para chegar no valor da incerteza combinada de cada tarefa resultante de diversas fontes de incerteza utilizou-se a equação 15 apresentada abaixo:

$$u^2(L_{EX,sh}) = \left(\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2(u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m}u_{1b,m})^2] \right) \quad (\text{Equação 15})$$

Após todos os cálculos chegamos então ao valor da incerteza expandida, U, através da equação 16:

$$U = ku \quad (\text{Equação 16})$$

Onde:

$K = 1,65$ (uma constante, fator de expansão)

Os valores encontrados para cada fonte de incerteza e para o valor final da incerteza expandida estão apresentados na Tabela 8, por grupo de exposição.

Tabela 7 -Valor da incerteza expandida, U

Grupo 1								
Equipamentos	$u_{1a,m}$	$u_{1b,m}$	$c_{1a,m}$	$c_{1b,m}$	$u_{2,m}$	u_3	u^2	U
Britador Primário	0,12	1	0,41	1,78	0,7	1	3,4	4,37
Britador Secundário	0,5	0,25	0,32	1,39			0,15	
Mesa Vibratória	0,58	0,5	0,05	0,434			0,04	
Peneira	0,6	1	0,21	1,822			3,4	
Grupo 2								
Equipamentos	$u_{1a,m}$	$u_{1b,m}$	$c_{1a,m}$	$c_{1b,m}$	$u_{2,m}$	u_3	u^2	U
Britador Primário	0,12	0,3	0,49	1,08	0,7	1	0,56	1,77
Britador Secundário	0,5	0,3	0,19	0,86			0,07	
Mesa Vibratória	0,58	0,3	0,19	0,86			0,08	
Peneira	0,6	0,6	0,19	1,08			0,43	
Grupo 3								
Equipamentos	$u_{1a,m}$	$u_{1b,m}$	$c_{1a,m}$	$c_{1b,m}$	$u_{2,m}$	u_3	u^2	U
Britador Primário	0,12	1	0,33	0,71	0,7	1	0,68	1,65
Britador Secundário	0,5	0,5	0,26	0,59			0,10	
Mesa Vibratória	0,58	0,3	0,08	0,18			0,005	
Peneira	0,6	0,6	0,33	0,71			0,22	
Grupo 4								

Equipamentos	$u_{1a,m}$	$u_{1b,m}$	$c_{1a,m}$	$c_{1b,m}$	$u_{2,m}$	u_3	u^2	U
Britador Primário	0,12	0,4	0,27	0,58	0,7	1	0,16	1,34
Britador Secundário	0,5	1	0,32	0,46			0,24	
Mesa Vibratória	0,58	0,5	0,02	0,15			0,006	
Peneira	0,6	0,8	0,33	0,58			0,25	
Grupo 5								
Equipamentos	$u_{1a,m}$	$u_{1b,m}$	$c_{1a,m}$	$c_{1b,m}$	$u_{2,m}$	u_3	u^2	U
Britador Primário	0,12	0,5	0,17	0,09	0,7	1	0,05	0,68
Britador Secundário	0,5	1	0,28	0,15			0,04	
Mesa Vibratória	1	1,5	0,09	0,05			0,01	
Peneira	0,6	0,8	0,35	0,19			0,07	

Por fim com a incertezas expandidas calculadas são apresentados na Tabela 9 o nível de exposição diária somando as incertezas e o nível de pressão de pico correspondente a cada grupo de exposição.

Tabela 8 - Valor da exposição pessoal diária com as incertezas

	Perfis dos utilizadores	$L_{EX,8h} \text{ dB(A)} \pm U$	$L_{Cpico} \text{ dB(A)}$
Grupo 1	Estudantes que estão no laboratório apenas em horário de aula	$67,8 \pm 4,4$	113,5
Grupo 2	Estudantes que estão fazendo tese	$71,9 \pm 1,8$	113,5
		$72,2 \pm 1,8$	
		$77,6 \pm 1,8$	
Grupo 3	Professores	$71,4 \pm 1,65$	113,5
Grupo 4	Funcionários do laboratório	$78,4 \pm 1,34$	113,5
Grupo 5	Utilizadores Intensivos	$88,06 \pm 0,68$	113,5

Analisando os resultados somados com a incerteza, verifica-se que os que pertencem ao Grupo 1 estão expostos ao um ruído entre 63,4 e 72,2 dB(A), intervalo esse que se justifica pelo fato do tempo de exposição aos equipamentos não ultrapassarem 2 horas por semana, os do grupo 2 dos estudantes que estão no laboratório para coleta de dados para elaborar o trabalho de conclusão de curso, estão sujeitos a níveis correspondidos entre 70,1 e 73,7

dB(A), quando apenas o britador primário está em funcionamento, entre 70,4 e 74,0 dB(A) quando esta funcionando apenas o britador secundário e 75,2 e 79,4 quando a mesa vibratória e a peneira estão em funcionamento simultâneo, pois passam mais horas expostos a esse tipo de ruído e alguns equipamentos funcionam separadamente, os do grupo 3 estão expostos a um nível de ruído compreendido entre 69,75 e 73,05 dB(A), o grupo 4 a um nível que corresponde entre 77,06 e 79,7 dB(A) e os do grupo 5 estão expostos a um nível de ruído entre 87,38 e 88,74 dB(A).

Comparando os resultados obtidos com os valores legais exposto no Decreto-Lei nº 182/2006, pode-se constatar que os valores de nível de pressão sonora de pico são menores ao do valor de ação inferior [135dB(A)] e que os valores de exposição diária ao ruído relativo ao grupo 1, 2 e 4 não ultrapassaram os valores de ação inferiores apresentados na lei. Os do grupo 3 o intervalo do resultados abrange o valor de ação inferior estabelecido por lei [$L_{Ex,8h} = 80$ dB(A)], já o grupo 5 o valor supera o valor limite de exposição [$L_{Ex,8h} = 87$ dB(A)],.

Podemos então discutir a respeito disso, pois existem diversos trabalhos que analisam o efeito que uma exposição a níveis elevados de ruído, e é uma unanimidade que estar exposto a níveis altos gera um comprometimento das funções auditivas. Estudo estes também mostram que o entendimento de risco e a cultura de segurança varia de forma individual, por ser um comportamento individual acaba sendo o principal fator responsável para que cada um assuma um comportamento de risco, como por exemplo o uso ou não dos EPIs.

Então, a partir do estudo feito foi possível chegar a conclusão de que o nível de pressão sonora a que os trabalhadores do grupo de investigação (grupo 5), expostos as 8 horas de trabalho apresentaram resultados que extrapolaram o valor limite de exposição, sendo o único grupo a ultrapassar os limites estabelecidos por lei, obtendo os piores resultados. Em razão desse cenário e pelo tempo que os trabalhadores ficam expostos é fundamental que medidas preventivas seja tomada, como o valor extrapolado foi o valor limite de exposição, é necessário que medidas construtivas e organizacionais sejam tomadas, caso não seja viável a realização dessas medidas é fundamental que equipamentos de proteção individual seja disponibilizado.

Os outros grupos apresentaram resultado dentro dos limites estabelecidos pela legislação estando então em uma situação confortável e não havendo de tomar medidas preventivas.

Situação essa que se deu pelo fato dos trabalhadores expostos não passarem muito tempo em contato com o ruído, por ser apenas em horário de aula e uma vez por semana para os alunos e em horário de aula 3 vezes por semana para os professores.

4.1. Resultados espectrais

Conhecer as várias frequências existentes é de grande relevância para estudar o campo sonoro que estamos inseridos. De acordo com Pinto (2008) ao calcular o nível de pressão sonora, determinamos os níveis de pressão associados a várias frequências, e o gráfico desses níveis de pressão corresponde ao espectro sonoro

Este tipo de análise chama-se análise espectral, costuma ser representada no eixo das abcissas as frequências e nos eixos das ordenadas o nível sonoro (Simões, 2014), conforme as figuras a seguir.

- Britador de Maxilas (primário)

A Figura 12 a seguir representa uma análise em banda de oitava em dB(A), para o ruído gerado pelo Britador Primário em condição de laboratório. A maior colaboração para o ruído nesse tipo de equipamento encontra-se na faixa das médias baixas frequências, 250 Hz. Tendo o nível sonoro máximo de 80,4 dB (A) e o nível de pressão sonora equivalente de 81,0 dB (A), devido as condições e tempo de exposição analisado em laboratório, tal ruído é provocado por causa das maxilas em aço que “esmagam” as rochas com o objetivo de triturá-las.

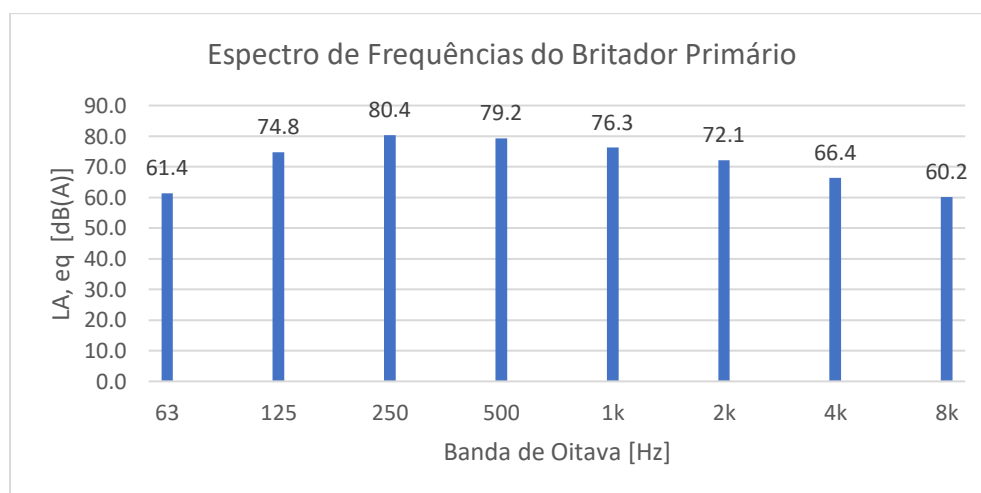


Figura 12 – Análise Espectral britador maxilas primário (dB).

- Britador de Rolos (secundário)

Quanto ao ruído gerado pelo britador secundário, Figura 13, um dos equipamentos utilizados na mineração, podemos analisar que sua distribuição foi homogênea a partir dos 250 Hz, tendo um pico na primeira frequência, logo que é depositado o material a triturar em seu interior, diminuindo em seguida e voltando a aumentar. O nível sonoro máximo encontra-se na também na frequência de 250 Hz com máximo de 78,4 dB(A) tendo o nível de pressão sonora equivalente de 82,9 dB(A). Nesse equipamento o ruído é proveniente do rolo dentado, cujo objetivo é comprimir o material depositado no seu interior.

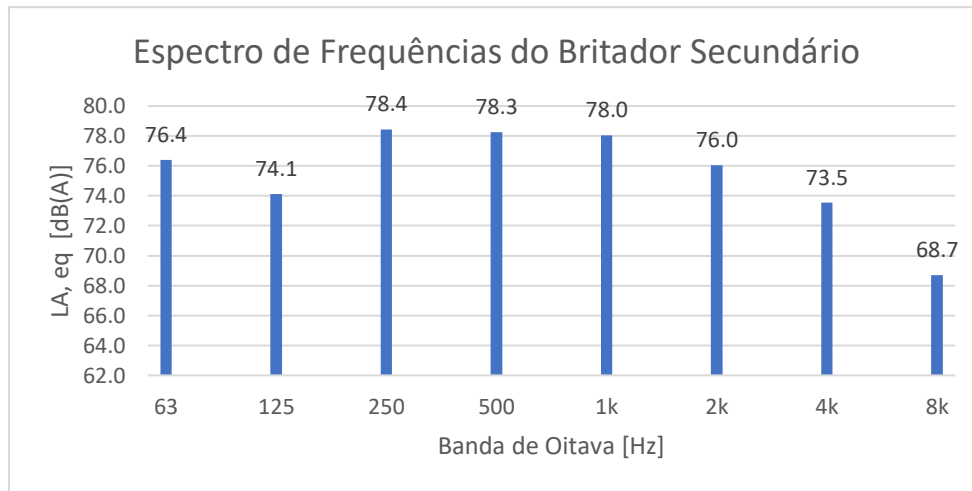


Figura 13 – Análise Espectral britador secundário (dB).

- Mesa

A Mesa Vibratória foi a que apresentou o menor nível sonoro médio, Figura 14, se comparado com os outros tipos de equipamento analisados, pois as fontes sonoras presentes neste equipamento não eram muito intensas. O nível sonoro máximo se encontra na faixa de frequência entre 125 e 250 Hz, sendo o nível máximo de 70,7 dB(A).

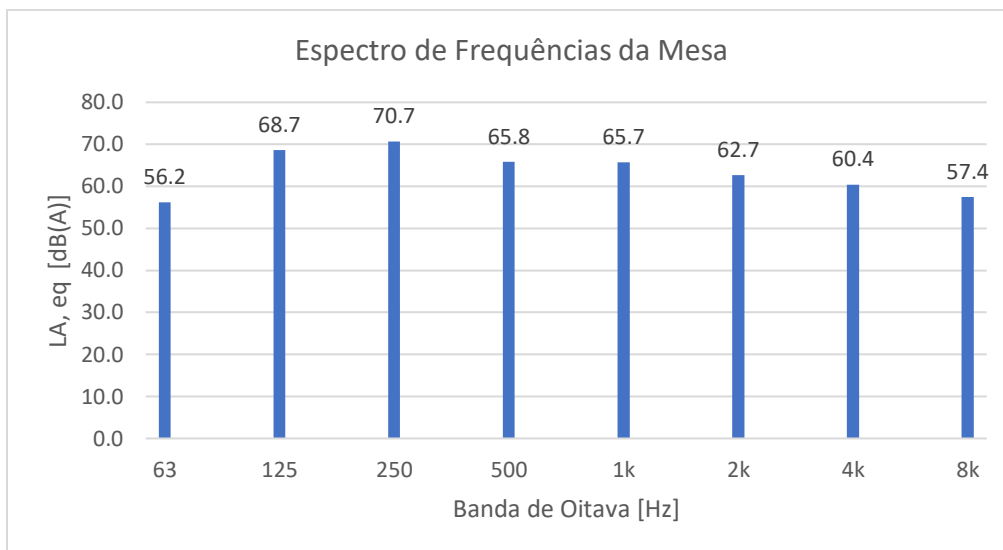


Figura 14 – Análise Espectral da Mesa (dB)

- Agitador de Peneiros

Agitador de Peneiros, Figura 15, foi a que apresentou um ruído bastante agudo, onde as frequências de 2000, 4000 e 8000 Hz foram as que mais se sobressaíram. O nível sonoro máximo foi alcançado numa frequência de 8000 Hz, sendo o equipamento que teve os maiores valores médios nas últimas frequências.

Nesse equipamento o ruído é proveniente do contato do material nos peneiros metálicos, utilizados nos ensaios de análise granulométrica. A peneiração foi feita de modo automático, sem ter a necessidade de um operador que ficasse exposto ao ruído agudo do equipamento permanentemente.

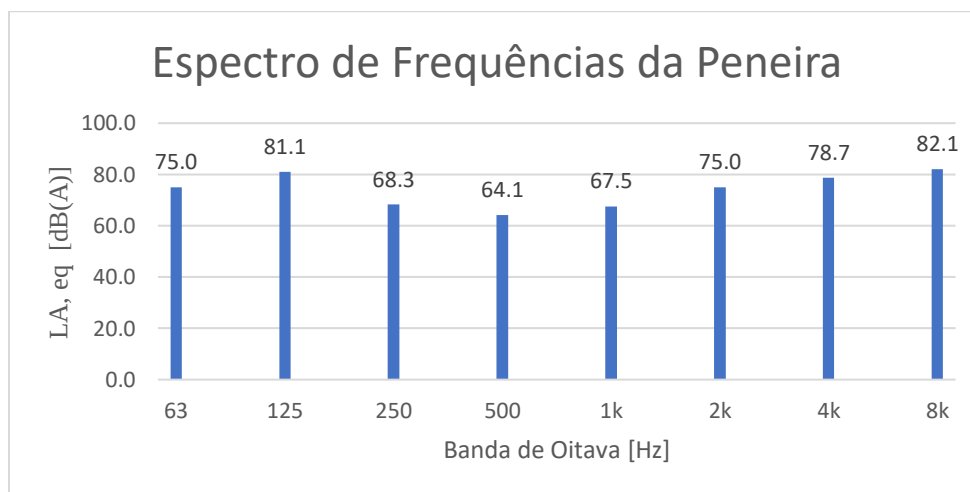


Figura 15 – Análise Espectral Peneira (dB).

4.2. Seleção da proteção auditiva

Conforme consta no Decreto-Lei n.º 182/2006 anexo V, um protetor auditivo proporciona um resultado melhor quando é utilizado corretamente. É recomendado que o utilizador escolha pessoalmente o seu protetor auditivo, se possível.

Após realização dos cálculos e conforme dito no tópico 4, apenas o grupo 5 ultrapassou os limites estabelecidos por lei, então os cálculos a seguir serão apenas para esse grupo tendo em conta a informação baseada na legislação no artigo 7º.

- Artigo 7º - Medida de proteção individual
 - 1) Situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados por outros meios, o empregador deve colocar a disposição dos trabalhadores equipamentos de proteção individual que atendem a legislação aplicável e sejam selecionados no que respeita a atenuação que proporcionam, conforme o anexo V, parte integrante do presente decreto-lei
 - 2) Para a aplicação do disposto no número anterior o empregador:
 - a) Colocar a disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais sempre que seja ultrapassado um dos valores de ação inferiores.

Primeiramente é calculado o nível de pressão sonora contínuo do ruído, ponderado A, para cada banda de oitava a que o trabalhador está exposto durante T_k horas por dia. A partir da equação 17 foi calculado a atenuação provoca para cada equipamento em cada banda de oitava

$$L_n = L_{aeq,f,tkn} + 2 \times S_f - M_f \quad (\text{Equação 17})$$

Onde:

L_n = Atenuação gerada pelo protetor em cada banda de oitava

$L_{Aeq,f,Tkn}$ = Nível sonoro contínuo equivalente em cada banda de oitava ($=L+\Delta A$);

ΔA – Ponderação para a conversão para dB (A);

S = desvio padrão (dB);

M = Valor médio da atenuação do protetor dado pelo fabricante (dB).

Com o resultado da atenuação gerada pelo protetor de ouvido em cada banda de oitava é então calculado, através da equação 18, o nível sonoro contínuo equivalente para cada ruído k a que fica exposto o trabalhador que está usando os protetores.

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \log \left(\sum_{n=1}^{m8} 10^{(ln/10)} \right) dB \quad (\text{Equação 18})$$

Foram escolhidos aleatoriamente, porém os que são mais usados e pelo custo x benefício, 3 tipos de protetores auditivos diferentes:

- 1) Protetor Auditivo 3M – Modelo H510A (Figura 16)



Figura 16 - Protetor auditivo 3 M – Modelo H510 A

Especificações Técnicas:

- Auricular para a cabeça
- Os protetores auditivos são leves
- Reguláveis em altura
- Têm grande efeito atenuador
- Espaço interno grande
- Perfil liso para diminuir riscos de ficar preso a algum objeto
- Peso: 177 gramas

Principais Características e Vantagens:

- Permite combinar com os outros equipamentos de proteção;
- Atenuação: 27 dB (SNR).

Na Tabela 10 são apresentadas as atenuações para os protetores auditivos Modelo H510A.

Tabela 9 - Tabela de atenuação para Modelo H510A

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

2) Protetor Auditivo 3M – Modelo Tampões com Banda 1310 (Figura 17)



Figura 17 - Protetor auditivo 3 M – Tampões com Banda 1310

Especificações Técnicas:

- Grande comodidade e ajuste ótimo ao incorporar o inovador conceito de banda flexível
- Tampões suaves e conformáveis

Na Tabela 11 encontra-se representada a atenuação dos protetores auditivos escolhidos.

Tabela 10 - Tabela de Atenuação dos Protetores Auditivos 3M – Modelo Tampões com Banda 1310

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	22,6	21,7	21,8	23,6	25,1	34,8	40,5	42,7
Sf (dB)	5,0	4,6	4,5	4,3	3,0	3,2	4,3	3,6
APV (dB)	17,6	17,0	17,3	19,3	22,1	31,6	36,2	39,1

3) Protetor Auditivo 3M – Modelo 1100 sem cordão

Especificações Técnicas:

- Tampões auditivos
- Suaves e hipoalergénicos
- Moldáveis e descartáveis
- Resistentes à sujidade devido à sua superfície lisa e pouco porosa
- Ajustável à maioria dos canais auditivos graças ao seu desenho cónico

Principais Características e Vantagens:

- Atenuação: 37 dB (SNR).

A atenuação dada pelo protetor encontra-se na Tabela 12.

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

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

Após a seleção dos protetores, foi realizado os cálculos através da folha de Excel apresentada no Anexo 3, para cada tipo de equipamento, o que resultou numa proteção excessiva para os equipamentos da mesa vibratória e da peneira o que pode ser um problema, pois a função dos auriculares é proteger o trabalhador dos barulhos elevados, porém um grau maior que o necessário pode gerar problemas como a dificuldade dos funcionários se comunicarem entre

si, atrapalha para escutar alarmes quando for preciso e som importantes até mesmo das máquinas, o que pode causar acidentes.

Já para o Britador primário e para o britador secundário o Protetor auditivo 3 M – Modelo H510 se mostrou eficiente, e se mostrou aceitável.

Logo é necessário calcular o $L_{ex,8h,effect}$ com o uso do EPI para os britadores primário e secundário, sendo calculado através da soma logarítmica para o tempo de exposição em cada equipamento conforme os cálculos do anexo 4.

Após os cálculos notamos que em níveis globais, temos um ambiente inicial de 88 dB(A) e ao usar o protetor auditivo nas tarefas com o britador primário e secundário o resultado é de 77,2 dB(A), tendo uma atenuação de 10,8 dB fornecida pelo equipamento de proteção individual sendo considerado boa pela EN 458:2016 Tab A.4, ressaltando que nas tarefas da mesa vibratória e da peneira não se faz necessário o uso de protetor auditivo, visto que com os protetores escolhidos a proteção se torna excessiva.

Capítulo 5

Conclusões e perspectivas futuras

A exposição ao ruído consiste numa das grandes preocupações hoje em dia, pois atingem diversas etapas dentro das empresas. Os riscos associados à exposição ao ruído vão desde perturbações fisiológicas e psicológicas, segurança, diminuição da qualidade do trabalho e produtividade.

O trabalho em questão sobre ruído, realizado no Laboratório da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP permitiu avaliar os níveis de ruído gerados por equipamentos de mineração tendo por base o Decreto-lei nº182/2006 de 6 de Setembro e analisar os protetores auditivos escolhidos, quanto a eficácia, para proteção dos trabalhadores que os utilizar.

Após ter o uso do Decreto-lei nº 182/2006 de 6 de Setembro como base, pode-se verificar que os grupos analisados apresentaram valores de LEX, 8h inferiores ao valor limite de exposição, exceto o grupo 5 tendo então a necessidade de tomar medidas preventivas adequadas para minimizar o risco para a segurança e saúde dos trabalhadores. Relativamente aos níveis de pressão sonora de pico, LCpico, verificou-se que nenhum excedeu o valor limite de exposição e os valores de ação inferiores e superiores.

Deverá ser realizada algumas modificações por parte da entidade empregadora sobre os equipamentos que extrapolaram o valor de ação inferior se baseando no diploma DL nº 182/2006, de 6 de setembro, no qual obrigada a empresa a:

- Disponibilizar protetores auditivos adequados;
- Estabelecer e aplicar um programa de medidas técnicas e organizacionais que permitam eliminar ou reduzir os riscos de exposição;
- Realizar teste audiométricos de dois em dois anos;
- Delimitar e sinalizar os postos de trabalho.

Dessa forma para o ruído excedente, é obrigatório por lei realizar medidas construtivas e/ou organizacionais, disponibilizar o uso de protetores auditivos por parte dos trabalhadores que fiquem expostos aos equipamentos, bem como a realização de exames periódicos que estão previstos em Lei e realizar acompanhamentos do ruído periodicamente. Conclui-se que os

objetivos propostos nesta dissertação foram atingidos e que as metodologias utilizadas se revelaram eficaz para benefício da Higiene e Segurança no Trabalho.

Para uma análise de ruído mais adequada é recomendado fazer mais medições de ruído em tempos diferente de preferência em ambiente real e ter uma entrevista com os trabalhadores que utilizam diariamente esse equipamentos, então para futuro trabalho sobre esse tema é sugerido:

- Recolher um maior número de amostras;
- Separar os grupos homogêneos de trabalho;
- Realizar entrevistas com os trabalhadores para avaliar os conhecimentos sobre a cultura de segurança do trabalho que os mesmos possuem;

Capítulo 6

Bibliografia

- ACT. (2020). *Autoridade para as condições de Trabalho*. Obtido em 07 de 2020, de [https://www.act.gov.pt/\(pt.PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx](https://www.act.gov.pt/(pt.PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx)
- Alameida, Sara (2014). *Avaliação de riscos numa empresa do sector agroalimentar*.(Dissertação de mestrado). Universidade do Porto
- Aliabadi, M. M., Aghaei, H., Kalatpour, O., Soltanian, A. R., & SeyedTabib, M. (2018). Effects of human and organizational deficiencies on workers' safety behavior at a mining site in Iran. *Hamadan, Iran : Epidemiol Health* 2018; Volume: 40, Article ID: e2018019, 9 pages . Hamadan University of Medical Sciences, P.O. Box 6517838695
- Amponsah-Tawiah, K., Ntow, M. A., & Mensah, J. (2016) Occupational Health and Safety Management and Turnover Intention in the Ghanaian Mining SectorProjeto
- Ashley M. Stumpf, Grant Erlandson, Jennifer Ruths, Deanna K. Meinke, Lee S. Newman, Lyndsay Krisher, Daniel Pilloni, Alex Cruz & Claudia Asensio (2020) *Noise exposures of sugar cane mill workers in Guatemala*, *International Journal of Audiology*, 59:sup1, S48-S53, DOI: 10.1080/14992027.2019.1690171Associação Portuguesa de Segurança (2020). Obtido em novembro de 2020, de <https://www.apsei.org.pt/areas-de-atuacao/seguranca-no-trabalho/o-ruído-no-local-de-trabalho/>
- Beça, Antonio (2014). *Ruído Ocupacional e Perdas Auditivas numa empresa do Ramo da Metalomecânica* (Dissertação de Mestrado). Universidade do Porto
- Campos, Ana (2013). *Estudo de Poeiras Respiráveis e Totais – Análise da distribuição da Pluma de Poeiras em Suspensão no ar ambiente na indústria extrativa a céu aberto*. (Dissertação de Mestrado) Universidade do Porto;
- Coelho, Ana (2013). *Deteção de padrões de ruído em ciclos de carga e transporte em pedreiras a céu aberto*. (Dissertação de mestrado). Universidade do Porto;

-
- Coulsona, N., & Christofides, N. J. (2020). Worker health and safety representatives on South African mines: A compassionate voice in the face of employer dominance and health complexity. *The Extractive Industries and Society* 7 (2020) 161 -169 doi.org/10.1016/j.exis.2019.12.010.
- Kasap, Y., & Subası, E. (2017). Risk assessment of occupational groups working in open pit mining: Analytic Hierarchy Process. Dumlupınar University, Faculty of Engineering, Department of Mining Engineering, 43100, Kütahya, Turkey: *Journal of Sustainable Mining* 16 (2017) 38-46.
- Kowalska, Mariola Sliwinska (2020) *Of-occupational-noiseinduced-hearing-lossInternational-Journal-of-Occupational-Medicine-and-Environmental-Health. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2020;33(6):841 – 848
- Lööw, J., & Nygren, M. (2019). Initiatives for increased safety in the Swedish mining industry: Studying 30 years of improved accident rates. Human Work Science, Luleå University of Technology, Sweden: *Safety Science* 117 (2019) 437–446 doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.043.
- Madahana, MC, Nyandoro, OT e Moroe, NF (2020). *Controle de ruído de engenharia para minas: Lições do mundo. South African Journal of Communication Disorders*,
- Mendes (2011) *Ruído Ocupacional em ambiente industrial* (Dissertação de Mestrado). Universidade do Porto – FEUP
- Moroe, N., Khoza-Shangase, K., Madahana, M., and Nyandoro, O. A proposed preliminary model for monitoring hearing conservation programmes in the mining sector in South Africa. The Southern African Insitute of Mining and Metallurgy
- Nino L. Wouters, Charlotte I. Kaanen, Petronella J. den Ouden, Herbert Schilthuis, Stefan Böhringer, Bas Sorgdrager, Richard Ajayi and Jan A. P. M. de Laat (2020). *Noise Exposure and Hearing Loss among Brewery Workers in Lagos, Nigeria*.
- Norma Regulamentadora Brasileira – NR-15, Atividade e Operações Insalubres
- Norma de Higiene Ocupacional -NHO-01, Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído
-

-
- Ntlhakana, L., Nelson, G., & Khoza-Shangase, K. (2020). Estimating miners at risk for occupational noise-induced hearing loss: A review of data from a South African platinum mine. *South African Journal of Communication Disorders*, 67(2), a677. <https://doi.org/10.4102/sajcd.v67i2.677>
- OSHA - Occupational Safety and Health Administration (2020). Obtido em julho de 2020, de <https://osha.europa.eu/pt/publications/factsheets/56/view>
- Penna, Alice (2007) *Exposição ocupacional a ruído e solventes e alterações auditivas periféricas e centrais*. Universidade de São Paulo
- Sebothoma, Bem (2020) *Middle-ear-pathologies-in-adults-within-the-mining-industry-A-systematic-review* *South-African-Journal-of-Communication-Disorders*
- Sunde, E., Irgens-Hansen, K., Moen, B. E., Gjestland, T., Koefoed, V. F., Oftedal, G., & Bråttveit, M. (2015). *Noise and exposure of personnel aboard vessels in the royal norwegian navy. Annals of Occupational Hygiene.*
- Sheppard, A., Ralli, M., Gilardi, A., Salvi, R. (2020) *Occupational noise: Auditory and non-auditory consequences*
- Simões (2014) *Avaliação de Ruído e Vibrações - LAUAK PORTUGUESA – Indústria Aeronáutica, LDA* (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Setúbal.
- Tang, YX , Li, YR , Duan, CW , (...), Wang, JY (2020) , Liu, YM *Características em diferentes frequências de perda auditiva em trabalhadores da indústria automobilística expostos ao ruído*
- Thepaksorn, P., Siri Wong, W., Neitzel, R. L., Somrongsong, R., & Techasrivichien, T. (2018). Relationship Between Noise-Related Risk Perception, Knowledge, and the Use of Hearing Protection Devices Among Para Rubber Wood Sawmill Workers. *Safety and Health at Work*, 9(1), 25–29. doi:10.1016/j.shaw.2017.06.002
- Tripathy, D. P., & Rao, D. S. (2015). Noise measurement in a mechanized opencast bauxite mine: A case study. *Noise & Vibration WorldWide*
-

-
- Wictor, I. C., & Xavier, A. A. P. (2018). Noise perception and hearing protector use in 78 metallurgical industries. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*,
- ZANNIN, P. H. T. *Noise Pollution in Urban and Industrial Environments: Measurements and Noise Mapping*. Nova Science Publishers. 2016.
- Zytoon, M. A., & Basahel, A. M. (2017). Occupational safety and health conditions aboard small- and medium-size fishing vessels: Differences among age groups. *International Journal of Environmental Research and Public Health*

ANEXO 1

		Tempo (horas)				
	$L_{p,Aeq,T,m}$ dB(A)	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Britador Primário	81	0,66667	1	1,333333	1,333333	8
Secundário	83	0,33333	0,666667	0,666667	0,666667	8
Mesa	78	0,83333	2	2	2	8
Peneira	84	0,16667	1,333333	0,5	0,5	8

Máquinas em simultaneo	LEX,8H	74,8587	-	78,39368	78,39368	88,05978
LEX,8H semanal		67,869		76,17519		
	Grupo 2		LEX,8H			
	Britador Primário		71,9691			
	Britador Secundário		72,20819			
	Em simultaneo	Mesa	77,60714			
	Peneira					

Nível de pressão sonora contínuo equivalente	
L_{Aeq} dB(A)	$L_{p,Aeq,T,m}$ dB(A)
81	81
83	83
77,66	77,66
84	84

ANEXO 2

BRITADOR PRIMÁRIO								
Frequência (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Medição dB	61,39	74,78	80,36	79,24	76,26	72,14	66,37	60,17
Ponderação A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
Medição dB(A)	35,19	58,68	71,76	76,04	76,26	73,34	67,37	59,07
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2
Exposição com protetores - LA,ef	29,1	55,7	60,3	53,5	48,8	46,5	37,3	30,9

BRITADOR SECUNDÁRIO								
Frequência (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Medição dB	76,38	74,11	78,43	78,26	78,04	76,04	73,53	68,70
Ponderação A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
Medição dB(A)	50,18	58,01	69,83	75,06	78,04	77,24	74,53	67,60
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2
Exposição com protetores - LA,ef	44,1	55,0	58,3	52,6	50,5	50,4	44,4	39,4

MESA								
Frequência (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Medição dB	56,15	68,67	70,67	65,83	65,69	62,69	60,40	57,42
Ponderação A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
Medição dB(A)	29,95	52,57	62,07	62,63	65,69	63,89	61,40	56,32
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8

Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2
Exposição com protetores - LA,ef	23,9	49,6	50,6	40,1	38,2	37,1	31,3	28,1

PENEIRA								
Frequência (HZ)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Medição dB	74,98	81,07	68,26	64,08	67,54	74,96	78,71	82,11
Ponderação A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
Medição dB(A)	48,78	64,97	59,66	60,88	67,54	76,16	79,71	81,01
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2
Exposição com protetores - LA,ef	42,7	62,0	48,2	38,4	40,0	49,4	49,6	52,8

ANEXO 3

BRITADOR PRIMÁRIO									Nível Global	
Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
	6,139029515	7,478460132	8,035634265	7,924448527	7,625777901	7,214221867	6,637295856	6,016682971		
Medição dB	61,39	74,78	80,36	79,24	76,26	72,14	66,37	60,17	84,59472081	
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8	EN458:2016 itemA2	EN458:2016 TabA4
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8	LpA dB(A)	
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2	74	ACEITÁVEL
Exposição com protetores - LAef	55,3	71,8	68,9	56,7	48,8	45,3	36,3	32,0		
	5,529029515	7,178460132	6,885634265	5,674448527	4,875777901	4,534221867	3,627295856	3,196682971		
BRITADOR SECUNDÁRIO										
Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Medição dB	76,38	74,11	78,43	78,26	78,04	76,04	73,53	68,70		
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8	EN458:2016 itemA2	EN458:2016 TabA4
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8	LpA dB(A)	
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2	75	ACEITÁVEL
Exposição com protetores - LAef	70,3	71,1	66,9	55,8	50,5	49,2	43,4	40,5		
	7,028238257	7,111187937	6,692747254	5,576080783	5,054156449	4,924204225	4,343347299	4,049739965		
MESA										
Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Medição dB	56,15	68,67	70,67	65,83	65,69	62,69	60,40	57,42		
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8	EN458:2016 itemA2	EN458:2016 TabA4
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8	LpA dB(A)	
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2	67	PROTEÇÃO EXCESSIVA

Exposição com protetores - LA _{ef}	50,1	65,7	59,2	43,3	38,2	35,9	30,3	29,2		
	5,005	6,567	5,917	4,333	3,819	3,589	3,03	2,922		

PENEIRA										
Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Medição dB	74,98	81,07	68,26	64,08	67,54	74,96	78,71	82,11		
Ponderação A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1		
Medição dB(A)	48,78	64,97	59,66	60,88	67,54	76,16	79,71	81,01		
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8	EN458:2016 item A2	EN458:2016 Tab A4
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8	L _{pA} dB(A)	
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2	PROTEÇÃO EXCESSIVA	
Exposição com protetores - LA _{ef}	42,7	62,0	48,2	38,4	40,0	49,4	49,6	52,8		
4,268057031 6,197466654 4,815655856 3,837511947 4,004008718 4,936438419 4,961436081 5,280940826									63,10787498	

ANEXO 4

BRITADOR PRIMÁRIO									Nível Global	
Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
	6,139029515	7,478460132	8,035634265	7,924448527	7,625777901	7,214221867	6,637295856	6,016682971		
Medição dB	61,39	74,78	80,36	79,24	76,26	72,14	66,37	60,17	84,59472081	
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8	EN458:2016 item A2	EN 458:2016 Tab A4
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8	Lp,AdB(A)	
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2	74	ACEITÁVEL
Exposição com protetores - LA,ef	55,3	71,8	68,9	56,7	48,8	45,3	36,3	32,0		
	5,529029515	7,178460132	6,885634265	5,674448527	4,875777901	4,534221867	3,627295856	3,196682971		

BRITADOR SECUNDÁRIO										
Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Medição dB	76,38	74,11	78,43	78,26	78,04	76,04	73,53	68,70		
Atenuação Média (mf)	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8	EN458:2016 item A2	EN 458:2016 Tab A4
Desvio Padrão (sf)	4	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3	3,8	Lp,AdB(A)	
Atenuação (APV - 2sf)	6,1	3,0	11,5	22,5	27,5	26,8	30,1	28,2	75	ACEITÁVEL
Exposição com protetores - LA,ef	70,3	71,1	66,9	55,8	50,5	49,2	43,4	40,5		
	7,028238257	7,111187937	6,692747254	5,576080783	5,054156449	4,924204225	4,343347299	4,049739965		

Grupo 5	
Soma logaritmica	77,22785461
tempo	8
