ANDRÉ LOMÔNACO BELTRAME

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA SELEÇÃO DE
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO AUDITIVA

SÃO PAULO

2010

ANDRÉ LOMÔNACO BELTRAME

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA SELEÇÃO DE
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO AUDITIVA

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Mineral

Orientador: Prof. Titular Sérgio Médici
de Eston

SÃO PAULO

2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Olívio, Rachel, Helen, Arthur e Daniela.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Sérgio Médici de Eston, por todas as oportunidades dadas nos últimos anos e pela orientação neste trabalho.

Ao Prof. José Damasio de Aquino, por toda a cordialidade e presteza em todo o processo do mestrado.

Ao Prof. Wilson Iramina, pelas indicações no exame de qualificação e conselhos em um momento difícil.

Ao meu pai, mãe e irmãos sem os quais nada disto seria possível e se fosse possível seria um tanto sem graça.

A minha companheira, Daniela, que deixa meu coração tranquilo, a cabeça livre para criar e me apóia tanto no sol quanto na chuva.

Aos amigos Fabio Marcelino e Suzy, Adriano Laguna, José Francisco Duarte, André Palocci, André Pirajá, Mariana Kotait, Marcello e Marina, e todos da Turma-VIP pela amizade e apoio incondicional.

Ao Prof. Antonio Vladimir Vieira, por todas as dúvidas sanadas e pela amizade.

Ao Prof. Mario Fantazzini, por sanar minhas dúvidas conceituais de ruído.

Ao Prof. Ricardo Metzner, pelo apoio, troca de informações e amizade.

Aos colegas do LACASEMIN, Vicente, Renata, Giselle, Daiana, Alessandra, Danyelle, Neusa, Rosanne, Felipe, Thammiris, Pedro, Diego, Fernando, Cassio e Rafael pela convivência pacífica e proporcionar um local de trabalho agradável e estimulante.

Ao Michiel Schrage e Ivan Tachibana pelas sugestões e discussões a respeito deste trabalho.

A Maristela, secretária do PMI, pelo apoio e orientações administrativas.

Far better it is to dare mighty things, to win glorious triumphs even though checkered by failure, than to rank with those poor spirits who neither enjoy nor suffer much because they live in the gray twilight that knows neither victory nor defeat.

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Os equipamentos de proteção individual devem ser utilizados após a implantação de medidas administrativas, de medidas de proteção coletiva, alterações de projeto ou em situações de emergência. Podem ser considerados como a última barreira entre um trabalhador e uma condição perigosa. A seleção destes equipamentos deve ser cuidadosa e este trabalho objetivou a criação de um programa de computador para auxiliar os profissionais responsáveis pelo processo de seleção de protetores auditivos, uma posterior comparação entre as saídas do programa com os equipamentos disponibilizados para os trabalhadores das empresas analisadas e uma análise crítica dos documentos obtidos das empresas. Foi efetuada uma revisão bibliográfica das metodologias de seleção de protetores auditivos, criando-se um fluxograma decisório, com pontos de interação com o usuário para a coleta de dados. Foram utilizados programas de prevenção de riscos ambientais de 7 empresas de mineração, identificadas as atividades cujos níveis de ruído se encontravam acima dos limites legais permitidos, determinando-se a necessidade ou não da utilização de protetores auditivos. Os dados foram introduzidos no programa, obtendo-se uma lista de equipamentos adequados para cada atividade selecionada. Compararam-se os equipamentos selecionados pelo programa com os equipamentos oferecidos pelas empresas, identificando-se as vantagens do programa. Observou-se também a baixa qualidade dos documentos emitidos pelas empresas que, em geral, não atenderam aos requisitos mínimos dispostos na legislação. Verificou-se que, quando selecionados corretamente, os equipamentos selecionados pelas empresas estavam contidos na lista de saída do programa, concluindo-se que o programa permitiu maior flexibilidade na escolha dos equipamentos de proteção auditiva, podendo se refletir em vantagens ergonômicas para os trabalhadores e econômicas para as empresas.

Palavras-chave: ruído, proteção auditiva, programa, seleção de equipamentos;

ABSTRACT

Personal protective equipment should only be used after engineering, administrative and work practices or in emergency situations. For this reason, PPE may be considered the last line of defense between workers and a hazardous situation. This work aims to create computer software to assist safety personnel in the PPE selection process, to compare the results produced by this software with the equipment provided by the companies when data from exposures were input and a critical analysis of the documents provided by the companies. A search for the PPE selection methods was conducted, generating a flowchart for hearing protector selection that was implemented in a web site. Data from risk management programs of 7 Brazilian mining companies were used as input to the software once the high risk of noise exposure activities were identified. A list of adequate equipment was then generated by the software and this list was compared to the list of equipments provided by each company. After a critical analysis the software advantages were found to be the higher flexibility in the choice of hearing protectors brought by the much larger list of adequate equipment. Additional advantages include the smaller amount of time spent looking for the correct choice and the ability to provide multiple choices of equipment for workers to choose from, which increases the comfort and thus the compliance to the PPE program. The quality of the documents provided by the companies was found to be low and lacking several requirements of Brazilian Law. The created software was found to be a useful tool, further testing and improvements are needed to increase its usability and to consolidate it as an asset to health and workplace safety professionals.

Keywords: software, PPE, selection, hearing protection, hearing protectors

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Perfuratriz	14
Figura 2 - Caminhão fora de estrada.....	15
Figura 3 - Moinhos de bolas.....	15
Figura 4 - Período e amplitude de uma onda	16
Figura 5 - Curvas de audibilidade.....	20
Figura 6 – Função de transferência dos filtros ponderadores A, B e C.....	21
Figura 7 - Medidor de nível de pressão sonora.	23
Figura 8 - Dosímetro de ruído.	24
Figura 9 - Exemplo de etiqueta requerida pela EPA.....	26
Figura 10 – Exemplo de audiometria feita em trabalhador	37
Figura 11 - Evolução da metodologia de cálculo da atenuação.....	46
Figura 12 - Protetor tipo circum-auricular	47
Figura 13 - Abafador utilizado com cinta de apoio.....	48
Figura 14 - Abafador com bojo quadrado	48
Figura 15 - Abafador para utilização com capacete	49
Figura 16 - Abafador com comunicação por rádio.....	49
Figura 17 - Protetor auditivo de inserção.....	50
Figura 18 - Protetor plugue com cordão.....	50
Figura 19 - Protetor plugue pré-moldado.....	51
Figura 20 - Protetor plugue com haste	51
Figura 21 - Redução do fator NRR por omissão no uso do protetor auditivo.....	53
Figura 22 – Exemplo de certificado de aprovação disponível no site do MTE	56
Figura 23 - Fluxograma de proteção auditiva	57
Figura 24 - Tela inicial do programa	62
Figura 25 - Interface das perguntas do programa	62
Figura 26 - Inserindo os dados de dosimetria	63
Figura 27 - Inserindo ruído com análise de frequências	64
Figura 28 - Inserindo ruído de impacto.....	64
Figura 29 - Exemplo de tela de saída do programa.....	65
Figura 30 - Resultado filtrado para normas NR-15 e NHO-01	66
Figura 31 - Lista com filtro para equipamentos tipo plugue	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intensidade relativa das fontes e o nível correspondente em dB.....	18
Tabela 2 - Ruído dos equipamentos na mineração	19
Tabela 3 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	29
Tabela 4 - Limite de exposição ao ruído contínuo da NHO-01	32
Tabela 5 - Classificação da incapacidade auditiva segundo a CAAAOO.	37
Tabela 6 - Cálculo da atenuação pelo método longo	38
Tabela 7 - Cálculo do NRR	40
Tabela 8 - Cálculo do NRRsf.....	43
Tabela 9 - Vantagens das 2 classes de protetores auditivos.....	52
Tabela 10- Limites para ruído contínuo.....	58
Tabela 11 - Limites para ruído de impacto	59
Tabela 12 - Dados das empresas analisadas neste trabalho	60
Tabela 13 - Atividades analisadas e níveis de ruído existentes nas empresas	61
Tabela 14 - Número de equipamentos diferentes selecionados pelo programa	68
Tabela 15 - Análise dos documentos das empresas analisadas	69
Tabela 16 - Comparação entre preços dos equipamentos selecionados	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ANSI - American National Standards Institute
APV - Assumed Protection Value
CAAAOO - Comitê de Audição da Academia Americana de Oftalmologia e Otorrinolaringologia
CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLT – Consolidação das Leis do Trabalho
DSST - Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho
EPA - Environmental Protection Agency
EPI - Equipamento de Proteção Individual
FGTS - Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
HML - High Mid Low
INSS - Instituto Nacional do Seguro Social
ISO - International Standardization Organization
LTCAT - Laudo Técnico das Condições Ambientais de Trabalho
MSHA - Mine Safety and Health Administration
MTE - Ministério do Trabalho e Emprego
NR - Norma Regulamentadora
NRR - Noise Reduction Rating
NRRsf - Noise Reduction Rating - Subject Fit
NHO - Norma de Higiene Ocupacional
NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health
OMS - Organização Mundial da Saúde
OSHA - Occupational Safety and Health Administration
PCA - Programa de Conservação Auditiva
PA - Protetor Auditivo
PAIR - Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
PEL - Permissible Exposure Limits
PGR - Programa de Gerenciamento de Risco

PPP - Perfil Profissiográfico Previdenciário

PPR - Programa de Proteção Respiratória

PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

SESMT - Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho

SNR - Single Number Rating

SQL - Structured Query Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivos	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 Atividade mineral.....	14
2.2 Ruído	16
2.3 Percepção do ruído	20
2.3.1 Curvas de compensação	20
2.3.2 Critério de referência e fator de troca	21
2.3.3 Dose	22
2.4 Classificações do ruído	22
2.5 Instrumentos de medições	23
2.6 Órgãos de legislação, documentação e seleção de equipamentos	25
2.6.1 ACGIH	25
2.6.2 EPA	25
2.6.3 OSHA e MSHA	26
2.6.4 NIOSH	27
2.6.5 MTE	27
2.6.6 FUNDACENTRO	31
2.6.7 INSS	32
2.6.8 ANSI	33
2.6.9 ISO	34
2.7 Considerações sobre os limites de exposição ocupacional	34
2.8 Nível de ação	34
2.9 Limiar de integração.....	34
3 PROTEÇÃO AUDITIVA.....	35
3.1 Histórico	35
3.2 Efeitos da exposição ao ruído no corpo humano.....	35
3.3 Audiometria.....	36
3.4 Métodos para o cálculo da atenuação de protetores auditivos	38
3.4.1 Método longo	38

3.4.2 Noise Reduction Rating	39
3.4.3 Noise Reduction Rating – Subject Fit.....	42
3.4.4 Single Number Rating - SNR	44
3.4.5 Outros métodos e evolução	45
4 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO AUDITIVA.....	47
4.1 Protetores circum-auriculares ou “abafadores”	47
4.2 Protetores de inserção ou “plugues”.....	50
4.3 Vantagens e desvantagens	52
4.4 Manutenção dos EPIs	52
4.5 Omissão de uso	53
4.6 Utilização de dois protetores auditivos em conjunto	54
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	55
5.1 Escopo do trabalho	55
5.2 Definição do software e premissas do programa.....	55
5.3 Obtenção dos dados	55
5.4 Observação sobre a utilização das atenuações	56
5.5 Fluxograma de seleção de equipamento de proteção auditiva	57
5.6 Normas utilizadas.....	58
5.7 Metodologia da análise econômica	59
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
6.1 Perfil das empresas analisadas.....	60
6.2 Dados obtidos	60
6.3 Utilizando o programa	62
6.4 Seleção pelo programa	68
6.5 Críticas aos PPRAs analisados.....	69
6.6 Comparações dos resultados.....	71
6.7 Análise econômica simples	73
7. CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS.	75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	87
ANEXO I.....	88

1 Introdução

O Equipamento de Proteção Individual (EPI) pode ser considerado como a última barreira entre uma condição perigosa e o trabalhador. Segundo a Norma Regulamentadora 9 – Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais (NR-9) (BRASIL, 1994), a utilização dos EPIs deve ser restrita às situações na quais as medidas de proteção coletiva não oferecem proteção completa, quando as medidas coletivas estiverem em fase de estudo ou em situações de emergência. A escolha e o rigor nas especificações do EPI tornam-se muito importantes, devendo atender a legislação brasileira e proteger os usuários, conservando a saúde e integridade física dos mesmos.

Segundo a Norma Regulamentadora 6 – Equipamento de Proteção Individual (NR-6) (BRASIL, 2001) cabe ao Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) ou a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) recomendarem ao empregador o EPI adequado para determinada atividade. Torna-se então necessário que os profissionais do SESMT e da CIPA estejam preparados para escolher adequadamente o tipo de equipamento que atenderá cada situação na empresa. A escolha do equipamento para as diversas situações pode se tornar uma tarefa difícil, pois a legislação não determina qual EPI deve ser utilizado e sim que deverá ser escolhido o equipamento adequado, ou seja, cabe aos profissionais de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho levantar quais equipamentos, disponíveis no mercado, atendem aos requisitos para as exposições presentes nos locais de trabalho.

As considerações sobre os EPIs não se esgotam no fato de proteger ou não o trabalhador. O uso impróprio do EPI pode impactar de forma negativa o trabalhador em seu desempenho, segurança, conforto físico e emocional, comunicação e audição (ROBERGE, 2008). Esta influência aumenta a importância de um bom processo de seleção destes equipamentos.

O grande número de empresas que fabricam e/ou importam EPIs (atualmente cerca de 1000 empresas possuem, um ou mais, certificados de aprovação (BRASIL, 2009)), a velocidade das inovações na ciência dos materiais e a evolução do entendimento das exposições ocupacionais, tornam o acompanhamento dos EPIs uma tarefa com exigências que podem ultrapassar a capacidade dos profissionais da área. Selecionar os EPIs mais atuais, com o conhecimento científico atualizado, é

essencial para prevenir situações onde um equipamento de proteção individual poderia ser selecionado de maneira errônea, gerando acidentes, multas e penalidades previstas nas normas brasileiras.

A indústria mineral Brasileira empregou, em 2006, cerca de 130 mil trabalhadores (BRASIL, 2006a). A última consolidação de investimentos em mineração aponta para investimentos da ordem de US\$ 32 bilhões em 5 anos (LOBÃO, 2008), indicando que o número de trabalhadores deste setor tenderá a crescer. Em 2004, a indústria mineral teve a quinta maior taxa de mortalidade de todas as atividades econômicas, atrás da indústria da construção (1º), transporte (2º), eletricidade, gás e água (3º) e serviços domésticos (4º) (LIMA, 2007), registrando, no mesmo ano, aproximadamente 4200 acidentes de trabalho (IBRAM, 2007). Trata-se, portanto, de uma indústria cujo investimento e inovação na área de saúde e segurança do trabalho são essenciais. A poluição sonora é considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma das três prioridades ecológicas, assinalando que a perda auditiva decorrente da exposição ao ruído é o maior problema passível de prevenção da saúde pública mundial (RIOS, 2007).

1.1 Justificativa

A grande quantidade de empresas que fabricam e/ou importam EPIs aliada à atualização científica e às inovações tecnológicas tornam o acompanhamento da evolução dos EPIs difícil para o não especialista exclusivo da área. O setor extrativo mineral foi escolhido por ser a área de atuação do autor e pela grande incidência de acidentes. Não foi encontrado nenhum programa de computador análogo ao proposto neste trabalho que auxilie os profissionais na escolha dos equipamentos de proteção auditiva, tarefa essencial para a manutenção da saúde dos trabalhadores.

1.2 Objetivos

- a) Criar um programa de computador para auxiliar a seleção de EPIs auditivos.
- b) Alimentar o programa com os dados levantados em empresas de mineração e validá-lo pela comparação com a seleção feita através do método convencional.
- c) Analisar criticamente os documentos obtidos com as empresas.

2 Revisão da literatura

2.1 Atividade mineral

A atividade mineral consiste basicamente na pesquisa mineral, a lavra e o tratamento. Na pesquisa mineral são identificadas e estudadas potenciais fontes de um determinado mineral de interesse econômico e ao se encontrar tal fonte é iniciado o processo de extração. O processo de tratamento do minério é necessário, pois em sua forma natural este pode não atender aos requisitos da sua utilização final. Por exemplo, para a fabricação de jóias a concentração de minério de ouro de 5 partes por milhão não seria adequada, sendo necessário um produto com cerca de 99,9% de ouro para então ser misturado com outros metais, formando as ligas utilizadas pelos ourives (GOLDPRICE, 2009).

Todas as etapas da atividade mineral incluem a utilização de equipamentos de grande porte. Alguns destes equipamentos são as perfuratrizes (pesquisa), os caminhões fora de estrada (lavra) e os moinhos (tratamento). Estes equipamentos podem produzir níveis elevados de ruído.

Figura 1 - Perfuratriz
Fonte: (HAUS HERR, 2009)

Um estudo feito por Lopes *et al* (2005) detectou níveis de até 111 decibéis na utilização de perfuratrizes rotativas.

Figura 2 - Caminhão fora de estrada
Fonte: arquivo pessoal

Os caminhões fora de estrada podem chegar a produzir ruídos com picos de 114 decibéis (TACHIBANA, 2009).

Figura 3 - Moinhos de bolas
Fonte: (FLSMIDTH, 2009)

Os moinhos de bolas também podem produzir elevados níveis de ruído, chegando a 110 decibéis (RIBEIRO *et al.*, 2002).

Trata-se, portanto, de uma indústria cuja atenção à saúde dos trabalhadores deve ser redobrada devido à presença destes e outros equipamentos que podem gerar condições perigosas relativas à exposição ocupacional ao ruído.

2.2 Ruído

Segundo Bistafa (2006, p.2) “som pode ser definido como uma sensação produzida no sistema auditivo e o ruído como um som sem harmonia, de conotação negativa”. Uma outra definição de ruído pode ser a de um “som não desejado” (HANSEN, 1995). Do ponto de vista físico, um som e um ruído constituem o mesmo fenômeno de variação da pressão atmosférica, a diferenciação entre um som e um ruído é subjetiva. O que é som para uma pessoa pode ser ruído para outra.

Ondas sonoras que são constituídas de apenas uma frequência são definidas pelos seguintes parâmetros:

- Período: é o intervalo de tempo decorrido para que um ciclo se complete na curva de variação da pressão ambiente com o tempo, cujo símbolo é T e unidade é segundos.
- Amplitude: é a magnitude de oscilação de uma onda, cujo símbolo é A e unidade é metros.
- Frequência: é o inverso do período, seu símbolo é f e sua unidade é Hertz.

Matematicamente:

$$f = \frac{1}{T} \text{ (Hz)}$$

- Comprimento de onda: é a distância entre dois picos de uma onda, cujo símbolo é λ e unidade é o metro. Relacionado com a frequência pela seguinte equação:

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

Onde: c é a velocidade de propagação da onda (m/s);

f é a frequência da onda.

A figura 4 mostra os parâmetros que caracterizam uma onda:

Figura 4 - Período e amplitude de uma onda

Fonte: (SERRA, 2008)

No ar, a temperatura de 20°C e pressão de 1 atmosfera, a velocidade do som é cerca de 343 m/s. Grandezas associadas ao som incluem a potência sonora (Pot em W) e a intensidade sonora (I em W/m^2), sendo que a intensidade é a taxa de transmissão da potencia através de uma área ortogonal.

Para uma fonte pontual em meio livre:

$$I = \frac{(p_{rms})^2}{\rho c}$$

Onde: p_{rms} é a pressão acústica média quadrática;

ρ é densidade do ar (kg/m^3)

c é a velocidade do som (m/s)

ρc é a impedância acústica

A potência sonora é a energia total emitida por uma fonte sonora por unidade de tempo, relacionada com a intensidade, para fonte pontual em meio livre, através da fórmula:

$$W = 4\pi r^2 I$$

Onde: r é a distância da fonte sonora;

I é a intensidade sonora.

Quando tratado como agente físico, é preciso definir um parâmetro que possa ser relacionado com o efeito do ruído na orelha. A pressão sonora é a grandeza mais importante para esta finalidade. Define-se a pressão sonora como a variação da pressão causada por uma onda sonora (BISTAFA, 2006). A orelha humana não consegue captar todo o espectro sonoro, estando limitada normalmente às faixas de 20 a 20.000 Hz de frequência e 20 μPa a 200 Pa de pressão. Como estas variações são muito grandes, e porque a orelha segue uma lei logarítmica de percepção (lei de Fletcher), decidiu-se utilizar uma relação adimensional denominada Bel.

Como esta era um pouco grande, se utiliza o submúltiplo decibel (dB) com:

$$Lp = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Onde: Lp é o nível de ruído, em dB;

P_0 é a pressão de referência [20 μ Pa];

P é a pressão sonora em Pa.

A unidade decibel facilita quando estudados os fenômenos relacionados ao ruído e a tabela 1 exemplifica esta variação.

Tabela 1 - Intensidade relativa das fontes e o nível correspondente em dB

Fonte Sonora	Unidades Lineares	Decibel
Limite de Audibilidade	1	0
Sussurro	1000	30
Conversa em tom normal	1,000,000	60
Trator	1,000,000,000	90
Bate Estaca	1,000,000,000,000	120
Ferramenta com motor de explosão	100,000,000,000,000	140

Fonte: (CCOHS, 1999)

Nos ambientes de trabalho, é comum existir mais de uma fonte de ruído, sendo então necessário calcular a soma de duas fontes de ruído. Devido à escala logarítmica, o resultado não é a soma aritmética entre os dois valores. A soma deve ser feita através da fórmula:

$$Lt = 10 \cdot \log_{10} \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}} \right)$$

Onde: Li é o nível de pressão sonora da i -ésima fonte.

Lt é o nível total com as n fontes atuando ao mesmo tempo.

O termo $10^{Li/10}$ representa a energia sonora, tratando-se portanto de uma somatória de energias.

Por exemplo, ao se somar dois níveis de 80 dB:

$$L_t = 10 \cdot \log_{10} \left(10^{\frac{80}{10}} + 10^{\frac{80}{10}} \right) = 83 \text{ dB}$$

Observa-se que o dobro do nível de pressão sonora produz um acréscimo de 3 dB.

Na mineração os equipamentos, por serem de grande porte e/ou trabalho pesado, emitem níveis elevados de ruído, conforme a tabela a seguir:

Tabela 2 - Ruído dos equipamentos na mineração

Equipamento	Nível de ruído dB(A)
a) Equipamentos de minas a céu aberto	
Perfuratriz rotativa	75-110
Caminhões fora de estrada	85-115
Pá carregadeira	95-102
b) Equipamentos de minas subterrâneas	
Perfuratriz percussiva	112-120
<i>Roof bolter</i>	92-100
c) Equipamentos do processamento	
Britadores	90-100
Bombas e ventiladores	95-100

Fonte: adaptado de (EUA, 1995)

2.3 Percepção do ruído

O sistema auditivo do corpo humano tem diferentes sensibilidades para cada frequência, sendo menos sensível para altas e baixas frequências (HANSEN, 1995). Este fenômeno foi quantificado inicialmente por Fletcher e Munson (1933), que fizeram testes utilizando fones de ouvido para emitir os sons captados pelos sujeitos. Em 1956, Robinson e Dadson fizeram um novo levantamento, utilizando um alto-falante em uma sala acústica (ROBINSON; DADSON, 1956). Atualmente os valores adotados são encontrados com o padrão ISO-226:2003 (ISO, 2003).

Figura 5 - Curvas de audibilidade
Fonte: adaptado de (BISTAFA, 2006)

A figura com as curvas isofônicas mostra os níveis de audibilidade para diferentes frequências e pressões sonoras. A partir destas curvas é possível verificar que, um tom puro de 1000 Hz com intensidade de 40 dB (ponto azul na figura 5) parecerá mais alto que um tom puro de 50 Hz com intensidade de 50 dB (ponto vermelho), pois o ponto azul se encontra no nível de audibilidade 40, enquanto o ponto vermelho se encontra abaixo do nível de 20.

2.3.1 Curvas de compensação

As curvas de compensação são filtros que tentam reproduzir a sensação subjetiva de intensidade dos sons. Apesar de não serem os únicos, são utilizados principalmente os filtros A e C.

- Filtro A: O filtro A corresponde a uma aproximação da percepção do ruído pelo corpo humano para ruídos moderados. Sua utilização é identificada pela unidade dB (A) (BISTAFA, 2006).
- Filtro C: O filtro C corresponde à resposta do corpo humano para ruídos elevados. Sua utilização é indicada pela unidade dB (C) ou dB (C) (BISTAFA, 2006).

Quando não é utilizado nenhum filtro, a medição é linear e é representada por dB, dB (Lin) ou dB (L). A figura 6 mostra as curvas de compensação, o eixo das ordenadas representa o valor a ser subtraído do nível de ruído linear para se obter o nível filtrado por cada curva e o eixo das abscissas representa as frequências nas quais devem ser feitas as correções.

Figura 6 – Função de transferência dos filtros ponderadores A, B e C.

Fonte: (LARGUESA, 2009)

No escopo da segurança do trabalho e higiene ocupacional, a curva “A” é geralmente utilizada para medições ocupacionais de ruído contínuo ou intermitente. A curva C e as medições lineares são utilizadas em medições de ruídos de impacto.

2.3.2 Critério de referência e fator de troca

O critério de referência corresponde ao nível médio que após 8 horas de exposição gerará uma dose de 100%. Este critério, no Brasil, é de 85 dB (A) (BRASIL, 2008). O fator de troca (normalmente indicado pela letra q) é um incremento em decibéis que, quando adicionado a um determinado nível, implica a

duplicação da dose de exposição ou a redução para a metade do tempo máximo de exposição permitido. No Brasil, este fator é 5 na NR-15 (BRASIL, 2008) e 3 na norma de higiene ocupacional 1 da FUNDACENTRO (FUNDACENTRO, 2001). Esta diferença implica que as doses obtidas quando calculadas com os parâmetros das duas normas serão diferentes. Nas décadas de 1960 e 1970, foi adotado o fator de troca igual a 5, pois acreditava-se que este era o melhor representante da resposta da orelha humana a situações onde o ruído sofre interrupções ao longo do turno de trabalho. Esta regra permite exposições longas e níveis de ruído mais altos que a utilização do fator de troca de 3 dB (NIOSH, 1997). A justificativa para a utilização do fator de troca igual a 3 é que este representa fisicamente a duplicação da energia sonora, acreditando-se que para o dobro da energia sonora deve-se reduzir a exposição pela metade do tempo.

2.3.3 Dose

A dose é um parâmetro utilizado para caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem, tendo por referência o valor máximo da energia sonora diária admitida, definida com base no nível de critério e no fator de troca (FUNDACENTRO, 2001).

O cálculo da dose é feito através da fórmula:

$$Dose(\%) = 100 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i}$$

Onde: C_i é o tempo que o trabalhador ficou exposto a determinado nível;

T_i é a máxima exposição diária permitida a este nível.

2.4 Classificações do ruído

Segundo a norma ISO-2204 (ISO, 1979), os ruídos podem ser classificados de acordo com a variação de nível de intensidade com o tempo em: ruídos contínuos, intermitentes ou de impacto. O ruído contínuo é o ruído com variações dos níveis de até 3 dB durante o período de observação.

O ruído intermitente é o ruído com variações superiores a 3 dB durante o período de observação. Esta definição difere da utilizada pela Norma

Regulamentadora n. 15 - Atividades e Operações Insalubres, que classifica o ruído contínuo ou intermitente como aquele que não é de impacto (BRASIL, 2008).

O ruído de impacto é definido como aquele que se apresenta em picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, a intervalos superiores a um segundo. Tanto a ISO quanto a NR-15 adotam esta definição (ISO, 1979) (BRASIL, 2008).

2.5 Instrumentos de medições

Os instrumentos utilizados para medições de ruído podem ser classificados em duas categorias principais:

- Medidor de nível de pressão sonora: são os equipamentos que medem o nível de pressão sonora.

Figura 7 - Medidor de nível de pressão sonora.

Fonte: (QUEST, 2009)

Normalmente, pode-se escolher nestes equipamentos a curva de compensação (curvas A, C ou linear) a ser utilizada, assim como a taxa de amostragem (circuito de resposta *fast* ou *slow*). Também é comum uma função para gravar os valores máximos e mínimos obtidos durante a medição. Estes medidores podem ser simples, fazendo apenas medições instantâneas em apenas uma curva de compensação ou podem ser bem complexos, gravando diversas informações, analisando a pressão sonora em faixas de frequência com várias curvas de compensação ao mesmo tempo. Conhecidos pelo termo “decibelímetros”, são utilizados para fazer medições ambientais e ocupacionais.

- Dosímetros de ruído: são os equipamentos que medem o nível de pressão sonora e também calculam a dose de ruído a que o indivíduo está exposto.

Figura 8 - Dosímetro de ruído.

Fonte: (QUEST, 2009).

Os dosímetros de ruído são utilizados para medições ocupacionais. Podem ser muito simples, registrando apenas a dose para um conjunto de parâmetros fixos (fator de troca, nível de critério, etc.) como podem ser complexos e calcular várias doses ao mesmo tempo para diferentes normas. Por exemplo, pode-se configurar o dosímetro para que calcule a dose com o fator de troca igual a 5 e nível de critério de 85 dB (A), conforme a indicação da norma NR-15, e ao mesmo tempo calcular uma segunda dose com o fator de troca igual a 3 e o nível de critério igual a 85 dB (A), conforme a indicação da norma NHO-01. São equipamentos que integram a cada segundo o valor do ruído, gerando ao final da jornada um número único que representa a porcentagem da exposição do trabalhador em relação à exposição máxima permitida. Normalmente, o dosímetro é acoplado à cintura e o microfone é colocado próximo à zona auditiva do trabalhador. O trabalhador executa suas atividades normalmente e ao final da jornada o dosímetro é recolhido para a obtenção dos dados.

É possível ainda calcular a dose de ruído com a utilização de um nível de pressão sonora. Existem alguns softwares que executam o cálculo da dose automaticamente, após a inserção dos níveis de ruído nas diferentes tarefas que o trabalhador executa e o tempo que o trabalhador permanece em cada tarefa. Um destes programas é o DOSES[®] do NIOSH, que permite a impressão de relatórios e gráficos da exposição do trabalhador assim como a dose da jornada a partir de

medições instantâneas feitas nas atividades realizadas pelo trabalhador (NIOSH, 2009a).

2.6 Órgãos de legislação, documentação e seleção de equipamentos

Neste item serão apresentadas as entidades de referências para o processo de seleção de equipamentos de proteção auditiva assim como a legislação e a documentação que influenciam direta ou indiretamente este processo.

2.6.1 ACGIH

Criada em 1938 sob o nome de National Conference of Governmental Industrial Hygienists (NCGIH) e transformado em 1946 em American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), teve como objetivo na sua criação “encorajar o intercâmbio de informações entre os trabalhadores da Higiene Industrial, coletar essas informações e as tornar disponíveis de modo que possam ser úteis para eles durante seu trabalho”. A ACGIH é dividida em comitês dos quais o mais famoso é o Threshold Limit Values for Chemical Substances Committee, cujo manual é citado na legislação Brasileira como referência onde não houver limite definido na própria legislação (BRASIL, 1994). A ACGIH não é uma agência dos Estados Unidos e sim uma associação profissional (ACGIH, 2009). Para o ruído, a ACGIH indica um critério de referência de 85 dB (A), com fator de troca igual a 3 e limiar de integração de 80 dB (A).

2.6.2 EPA

Criada em 1970, a Environmental Protection Agency (EPA), é a agência responsável por desenvolver os padrões ambientais nos Estados Unidos. No período de 1972 a 1982, a EPA, através do departamento de controle de ruído, publicou uma série de documentos como, por exemplo, análises dos efeitos do ruído na saúde e análises de custo-benefício dos programas de controle de ruído. Em 1982 o governo americano concluiu que os assuntos ligados ao ruído deveriam ser resolvidos pelos governos estaduais, mas o tratado de controle de ruído de 1972 (Noise Control Act) não foi revogado (EUA, 2009c) e seus padrões ainda podem ser utilizados.

Entre os requerimentos ainda em vigor criados pela EPA está o “*Noise Reduction Rating*” (NRR), que é um número indicativo da atenuação proporcionada pelo equipamento, devendo constar na embalagem de todos os protetores auditivos, conforme a figura a seguir.

Figura 9 - Exemplo de etiqueta requerida pela EPA
Fonte: adaptado de (3M, 2000)

2.6.3 OSHA e MSHA

Criada em 1970 pelo Occupational Safety and Health Act, a Occupational Safety and Health Administration (OSHA) é a principal agência federal dos Estados Unidos encarregada da execução das leis de saúde e segurança (EUA, 2009b). Cabe à OSHA fiscalizar os estabelecimentos para verificar a conformidade com os padrões. A OSHA adota o limite de exposição de 90 dB(A) para uma jornada de trabalho de 8 horas e 5 dB de fator de troca. Em 1983 a OSHA publicou uma emenda que especificou medidas do programa para exposições ocupacionais acima de 85 dB(A). Contudo esta emenda não cobria trabalhadores de transporte, perfuração de poços, agricultura, construção e mineração. A exposição na construção é coberta por outros padrões da OSHA e a mineração possui quatro padrões promulgados pela Mine Safety & Health Administration (MSHA), que variam quanto ao monitoramento e a conservação da audição, porém mantém o limite de 90 dB (A) para jornadas de trabalho de 8 horas (EUA, 2000).

2.6.4 NIOSH

NIOSH, “National Institute for Occupational Safety and Health”, é uma agência federal dos Estados Unidos da América responsável por conduzir pesquisas e fazer recomendações para a prevenção de doenças e lesões relacionadas ao trabalho. O NIOSH foi criado através do “*Occupational Safety and Health Act*” em 1970 e faz parte do Centro de Controle e Prevenção de Doenças, do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos. A recomendação da NIOSH para o ruído ocupacional é de 85 dB (A) para jornada de 8 horas com um fator de troca de 3 dB, esta recomendação não é atualmente utilizada pela OSHA (NIOSH, 2009b).

2.6.5 MTE

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) tem como área de competência os assuntos de política e diretrizes para a modernização das relações do trabalho, segurança e saúde ocupacional (BRASIL, 2004). O MTE é dividido em órgãos de assistência direta (gabinete do ministro, secretaria executiva, etc.), órgãos específicos singulares (secretaria de políticas públicas de emprego, secretaria de inspeção do trabalho, etc.), unidades descentralizadoras (superintendências regionais do trabalho e emprego), órgãos colegiados (conselho nacional do trabalho, conselho curador do FGTS, etc.) e entidades vinculadas (FUNDACENTRO). O órgão competente para assuntos de segurança e saúde do trabalho é a Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT), através do Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho (DSST). Este departamento é o responsável pela formulação das diretrizes e normas de atuação da área de segurança e saúde do trabalhador (BRASIL, 2004). O MTE publica ainda as normas regulamentadoras, que são de observância obrigatória por empresas públicas e privadas e órgãos públicos que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Serão analisadas a seguir as normas regulamentadoras que influenciam o processo de seleção de equipamentos de proteção auditiva.

2.6.5.1 NR-6

A NR-6 – Equipamento de Proteção Individual é a norma que define os conceitos, as responsabilidades dos empregados, empregadores, fabricantes e do próprio governo, através de suas atribuições, em relação aos EPIs. Cabe aos empregados: utilizar o EPI apenas para a finalidade correta, guardar e conservar o

mesmo, cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado e comunicar ao empregador qualquer alteração que prejudique a utilização do equipamento. Cabe ao empregador: adquirir o EPI adequado à condição perigosa de cada atividade, através do dimensionamento feito pelo SESMT ou CIPA, exigir o uso, fornecer apenas equipamentos dotados de certificado de aprovação, orientar e treinar os trabalhadores sobre o uso adequado, conservação e guarda; substituir imediatamente quando danificado ou extraviado; manutenção e higienização e comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada. Também constam nesta norma determinações para os fabricantes como o cadastro junto ao órgão nacional competente e a solicitação da emissão do certificado de aprovação. O governo, através do DSST, deve manter o cadastro de certificados de aprovação (BRASIL, 2001).

2.6.5.2 NR-9

A NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), estabelece que todos os empregadores devem elaborar e implementar o PPRA. Este programa visa a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle de condições perigosas ambientais (BRASIL, 1994). O PPRA deve conter em sua estrutura, no mínimo:

- Planejamento anual com estabelecimento de metas, prioridades e cronogramas
- Estratégia e metodologia de ação
- Forma de registro, manutenção e divulgação dos dados
- Periodicidade e forma de avaliação de desenvolvimento do PPRA

O desenvolvimento do PPRA envolve a antecipação e reconhecimento dos riscos, com subsequente avaliação da exposição dos trabalhadores. Através da determinação das exposições, quando determinado o perigo à saúde dos trabalhadores, devem ser adotadas medidas de controle. Quando for comprovada a inviabilidade técnica das medidas de proteção coletiva ou quando estas não forem suficientes podem ser utilizados os EPIs. Deve ser feita a escolha dos equipamentos adequados tecnicamente às condições perigosas, utilizando a fase de avaliação da exposição para levantar os parâmetros utilizados na seleção dos EPIs. A norma define ainda os requisitos mínimos para a utilização dos EPIs:

- Seleção técnica dos equipamentos adequados.
- Programa de treinamento dos trabalhadores em relação aos EPIs.
- Estabelecimento de normas para promover o fornecimento, uso, guarda, higienização, conservação, manutenção e reposição dos EPIs.
- Caracterização das funções ou atividades dos trabalhadores, com a respectiva identificação dos EPIs utilizados para as condições perigosas ambientais.

Esta norma introduz o conceito de nível de ação, como o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas. Para o ruído, o nível de ação se refere ao valor de 50% da dose (BRASIL, 1994)

2.6.5.3 NR-15

A Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres define o conceito de limite de tolerância como a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante sua vida laboral (BRASIL, 2008). Em seus anexos, esta norma apresenta os limites de tolerância para os diversos agentes, que são referências para se verificar a existência de ambiente insalubre. Estes limites também são utilizados nos cálculos de quais equipamentos são adequados, quando determinada a necessidade de utilização dos EPIs. Para a exposição ao ruído devem ser observados os anexos 1 e 2 da norma. O anexo 1 apresenta os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente conforme a tabela reproduzida parcialmente a seguir:

Tabela 3 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Nível de ruído (dBA)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
90	4 horas
95	2 horas
100	1 hora
105	30 minutos
110	15 minutos
115	7 minutos

Fonte: adaptado de (BRASIL, 2008)

O nível de 115 dB (A) jamais deve ser ultrapassado para indivíduos que não estejam devidamente protegidos. Este anexo determina ainda que o ruído deva ser medido com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta, devendo ser feitas as medições próximas à zona auditiva do trabalhador.

O cálculo da dose para exposições a diferentes níveis de ruído é feito a partir da fórmula:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

Onde: Ci indica o tempo total em que o trabalhador ficou exposto a um nível de ruído específico;

Ti indica a máxima exposição permitida a este nível.

O anexo 2 determina o limite de tolerância para ruídos de impacto em 130 dB (L) ou 120 dB (C), de acordo com o equipamento utilizado para a medição. Os ruídos de impacto acima de 130 dB (C) ou 140 dB (L) e ruídos contínuos acima de 115 dB (A) são considerados de risco grave e iminente (BRASIL, 2008). Considera-se risco grave e iminente a condição ambiental de trabalho que possa causar acidente do trabalho ou doença profissional com lesão grave à integridade física do trabalhador (BRASIL, 1983).

Exposições acima dos limites indicados na NR-15 caracterizam o ambiente insalubre. São definidos nesta norma 3 graus de insalubridade: mínimo, médio e máximo. Tanto a exposição ao ruído contínuo quanto ao ruído de impacto caracterizam insalubridade de grau médio, assegurando ao trabalhador percepção de adicional, incidente sobre o salário mínimo da região, de 20% (BRASIL, 2008).

2.6.5.4 NR-22

A NR-22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração estabelece preceitos a serem observados na organização e ambiente de trabalho, para compatibilizar o desenvolvimento das atividades mineiras com a segurança e saúde dos trabalhadores. Segundo esta norma, cabe à empresa e ao responsável pela mina, elaborar e implementar o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR). Este

programa inclui entre as informações exigidas a determinação dos riscos físicos, químicos e biológicos, assim como os equipamentos de proteção individual baseados na avaliação da exposição dos trabalhadores (BRASIL, 2003b). O PGR, portanto, pode ser fonte dos parâmetros de exposição utilizados no processo de seleção dos protetores auditivos. As empresas que tem PGR estão desobrigadas de desenvolver o PPRA.

2.6.5.5 Certificado de Aprovação

Segundo a NR-6 só podem ser comercializados e utilizados os EPIs que tiverem certificado de aprovação (CA). Este certificado deve ser requerido ao DSST pelo fabricante mediante envio de documentação descritiva assim como relatório de ensaio que comprove conformidade (BRASIL, 2001). No caso dos protetores auditivos, o certificado de aprovação apresenta em suas informações a atenuação que o protetor oferece em cada faixa de frequência e o “*noise reduction rating - subject fit*” (*NRRsf*) que é um número único indicativo da atenuação geral oferecida pelo equipamento.

Em geral o certificado de aprovação tem validade de 5 anos, devendo ser renovado ou feito pedido para um novo CA quando houver alteração das especificações do equipamento aprovado.

2.6.6 FUNDACENTRO

Criada em 1966, com o objetivo de promover estudos e avaliações para apontar soluções para os altos índices de acidentes e doenças do trabalho, a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO é uma entidade vinculada ao Ministério do Trabalho e Emprego.

Hoje esta fundação é representada por unidades em 11 estados e no Distrito Federal. A FUNDACENTRO elabora e publica as Normas de Higiene Ocupacional (NHO) e o Programa de Proteção Respiratória (PPR), que são referência para profissionais, alunos e também para a Seguridade Social em casos de aposentadoria especial (FUNDACENTRO, 2009).

2.6.6.1 NHO-01

Elaborada pela FUNDACENTRO, a Norma de Higiene Ocupacional 1 - Avaliação de Exposição Ocupacional ao Ruído (FUNDACENTRO, 2001) objetiva

estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído.

Esta norma difere da NR-15 na adoção do incremento de duplicação de dose (q) igual a 3, alterando o tempo máximo permitido para os níveis de ruído conforme a tabela reduzida apresentada a seguir.

Tabela 4 - Limite de exposição ao ruído contínuo da NHO-01

Nível de ruído (dBA)	Máxima exposição diária permissível (Minutos)
80	1523,90
85	480,00
90	151,19
95	47,62
100	15,00
105	4,72
110	1,48
115	0,46

Fonte: adaptado de (FUNDACENTRO, 2001)

Na determinação do limite para ruído de impacto, deve-se obedecer à fórmula:

$$N_p (dB) = 160 - 10 * \text{Log}(n)$$

Onde: N_p é o nível de pico, em dB linear, máximo admissível;

n é o número de impactos ou impulsos ocorridos durante a jornada.

O limite de valor teto para ruído de impacto é de 140 dB(L), portanto, o número mínimo de impactos a ser considerado pela fórmula é de 100.

2.6.7 INSS

O Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) é a autarquia competente no Brasil para o recebimento de contribuições para a manutenção da seguridade social e o responsável pelo pagamento de aposentadorias, auxílio acidente e outros benefícios. Segundo o regulamento da previdência social, em seu anexo IV, a exposição a níveis elevados de ruído (quando comprovada pelo perfil

profissiográfico previdenciário - PPP, baseado no laudo técnico das condições ambientais do trabalho - LTCAT) dá direito a aposentadoria especial (BRASIL, 2003a)

O INSS também faz referência à criação do programa de conservação auditiva, através da ordem de serviço n. 608 de 5 de agosto de 1998, em seu anexo II: *“Em se tendo o nível de pressão sonora elevado como um dos agentes de risco levantados por este programa (PPRA), a empresa deve organizar sob sua responsabilidade um programa de conservação auditiva - PCA”* (BRASIL, 1998a). Este anexo traz as características básicas que um PCA deve conter:

- Monitorização da exposição a nível de pressão sonora elevada: detalhar os níveis de pressão sonora, avaliar a exposição, etc.
- Controles de engenharia e administrativos: instalação de silenciadores, enclausuramento de máquinas, etc.
- Monitorização audiométrica: estabelecer a audiometria inicial, identificar indivíduos que precisam de encaminhamento médico, etc.
- Indicação de equipamentos de proteção individual: cabe a equipe executora do PCA fazer a seleção dos EPIs mais adequados.
- Educação e motivação: o conhecimento e envolvimento dos trabalhadores são essenciais para o sucesso da prevenção e seus efeitos.
- Conservação de registros: a empresa deve arquivar todos os dados referentes às audiometrias, bem como avaliações ambientais e medidas de proteção coletiva adotadas por um período de 30 anos.
- Avaliação da eficácia e eficiência do programa.

2.6.8 ANSI

Criada em 1918, a American National Standards Institute (ANSI) é um instituto que tem como objetivo criar, promulgar e padronizar normas e diretrizes. É uma organização sem fins lucrativos que procura aumentar a competitividade dos produtos americanos no mundo pela utilização de padrões (ANSI, 2009). Para a proteção auditiva, no escopo deste trabalho, são importantes as normas S3.19-1974 e posteriormente S12.6 (ANSI, 1997) que definem a metodologia de medição das atenuações dos protetores auditivos, que são utilizadas na escolha dos equipamentos adequados.

2.6.9 ISO

A International Organization for Standardization é a maior desenvolvedora e publicadora de padrões internacionais. É uma rede de institutos de padronização de 161 países, coordenado por uma secretaria central. A ISO publica uma série de procedimentos para medição de ruído e atenuação de protetores auditivos, entre estas normas estão ISO-4869 parte 1 a 5 (ISO, 2006). Esta norma é utilizada para a obtenção do “*Single number rating*” (SNR) e do “High, medium e low frequency” (HML) que são parâmetros utilizados na Europa para o cálculo da atenuação dos protetores (GERGES, 1995)

2.7 Considerações sobre os limites de exposição ocupacional

Em 1971, a OSHA promulgou a primeira lista de limites de exposição permissíveis (PEL) a partir dos *threshold limit values* propostos pela ACGIH em 1968. (GABAS, 2008). Os limites de exposição ocupacionais são aplicados para a maioria dos trabalhadores, ou seja, representam um valor que, quando respeitado, acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, durante toda uma vida de trabalho sem sofrer efeitos adversos à saúde (ACGIH, 2008)

2.8 Nível de ação

Devido às limitações dos limites de exposição ocupacionais, observado que não são uma linha divisória entre seguro e não seguro, criou-se o conceito de nível de ação. Na legislação brasileira este conceito aparece na NR-9 como metade do limite de exposição ocupacional para agentes químicos ou dose superior a 50% para o ruído. Acima destes níveis devem ser tomadas medidas preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição (BRASIL, 1994).

2.9 Limiar de integração

O limiar de integração é o valor a partir do qual são integrados os ruídos medidos em um ambiente. Algumas normas são específicas quanto a este parâmetro, como a NHO-01 que determina 80 dB(A). Já a NR-15 não menciona este parâmetro, podendo-se utilizar o nível de 80 dB (A) (mais seguro) ou de 85 dB (A).

3 Proteção auditiva

3.1 Histórico

O registro mais antigo de proteção auditiva se encontra em “Odisséia” atribuído ao poeta Homero (séc. VIII a.c), quando Odisseu ordena que seus homens coloquem cera no ouvido para evitar o som das sereias (STEPHENS, 1997). No início do século 19, já se sabia que a exposição a altos níveis de ruído poderia levar à perda auditiva permanente, mas apenas em torno da segunda guerra mundial os equipamentos de proteção auditiva começaram a ser utilizados pelos trabalhadores da indústria (MORITZ; BRUCE, 1994). No Brasil, legislação sobre ruído aparece no final da década de 70, com a aprovação das normas regulamentadoras (BRASIL, 1978).

3.2 Efeitos da exposição ao ruído no corpo humano

Os efeitos da exposição ao ruído não estão limitados à região do corpo pela qual a exposição aconteceu. Nos locais associados à orelha: trauma acústico, perda temporária de audição, *tinnitus* (campainhas ou outros barulhos nas orelhas ou cérebro), perda permanente da audição. Nos locais não diretamente associados à orelha: stress, doenças cardiovasculares, desconforto e queda de desempenho no trabalho (CARMO, 1999). O ruído também diminui o nível de atenção e aumenta o tempo de reação do indivíduo frente a estímulos diversos, o que favorece o crescimento do número de erros cometidos e de acidentes, que repercutem negativamente na qualidade e produtividade (CORRÊA FILHO *et al.*, 2002).

Ao chegar a um indivíduo o som percorre o conduto auditivo externo, o tímpano, os ossículos da orelha média, o líquido interior da cóclea e o nervo auditivo. A superexposição ou exposição prolongada pode causar danos tanto no trato condutivo quanto no sistema neurossensorial. A perda auditiva por conta dos danos gerados a estes dois sistemas são definidas pelo Ministério da Saúde como a “perda auditiva do tipo neurossensorial, geralmente bilateral, irreversível e progressiva com o tempo de exposição ao ruído” (BRASIL, 2006b). A exposição ocupacional ao ruído é a principal causa da perda auditiva em indivíduos adultos (MARQUES; COSTA, 2006), mas tal exposição pode ser prevenida. Para tanto, a investigação da exposição e suas conseqüências para a audição tem sido uma preocupação constante no campo da segurança e saúde no trabalho, envolvendo crescente

número de estudos para melhor entender e delimitar a ocorrência da perda auditiva induzida pelo ruído ocupacional, comumente chamada de PAIRO (CORRÊA FILHO *et al.*, 2002), (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Um estudo estimou que, em 1996, cerca de 30 milhões de norte americanos tinham exposição ocupacional a níveis superiores a 85 decibéis (FRANKS *et al.*, 1996). Outro estudo, feito no ano seguinte, em levantamento de mais de 20 mil audiogramas de mineradores de carvão nos EUA mostrou que 90% deles apresentavam perdas auditivas ao chegar aos 50 anos de idade (FRANKS, 1997). Os efeitos do ruído também não podem ser analisados apenas para as exposições acima dos limites de tolerância, pois estudos feitos em cidades da Europa e do Japão mostraram que existe um aumento do risco de infarto do miocárdio com exposições médias acima de 60 decibéis durante o dia (MOUDON, 2009)

Deve ser considerada ainda a sinergia entre o ruído e alguns compostos químicos, chamados de ototóxicos. Estes compostos amplificam o efeito do ruído no corpo humano. Alguns compostos como tolueno e etil-benzeno não produzem perda auditiva, mas quando em conjunto com um nível elevado de ruído produzem uma perda auditiva maior que aquela provocada apenas pelo alto nível de ruído (FETCHER *et al.*, 2007)

3.3 Audiometria

A audiometria é o principal exame realizado em indivíduos que trabalham em ambientes sonoros insalubres, e que necessitam de monitoramento para análise de sua audição, sendo efetuada pelo menos uma vez ao ano. O exame audiométrico é realizado em cabine acústica com audiômetro calibrado nas frequências de 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 e 8.000 Hz, em que são avaliados os limiares tonais. O audiograma traz informações sobre a detecção de alterações auditivas (diferença a partir de 10 dB no limiar tonal admissional) e a progressão de perdas auditivas nos trabalhadores.

Todo trabalhador exposto a ruído deve ter uma ficha audiológica com dados das avaliações realizadas, o que permite se detectar perdas auditivas. A utilização de EPI não retira a obrigação de exame audiométrico, que deve ser feito no mínimo na admissão, após 6 meses, uma vez por ano desde então e na demissão (BRASIL, 1998b)

Figura 10 – Exemplo de audiometria feita em trabalhador

Fonte: adaptado de (HSMC, 2009)

A audiometria da figura 10 mostra as perdas para cada freqüência na orelha direita e esquerda. Considera-se normal uma perda de até 25 dB. A interpretação das audiometrias referenciais e seqüenciais é definida no anexo I do quadro II da NR-7 (BRASIL, 1998b). A incapacidade auditiva é classificada em graus de incapacidade em termos de inteligibilidade da fala pelo Comitê de Audição da Academia Americana de Oftalmologia e Otorrinolaringologia (CAAAOO).

Assim, baseando-se no deslocamento médio do limiar de audibilidade em diferentes freqüências, uma perda de 25 dB já é considerada suficiente para causar diminuição da inteligibilidade da fala, conforme a tabela a seguir.

Tabela 5 - Classificação da incapacidade auditiva segundo a CAAAOO.

Classe	Grau de Incapacidade Auditiva	Deslocamento Médio do Limiar de Audibilidade em 500, 1000 e 2000 Hzs (na melhor orelha)		Inteligibilidade da Fala
		Mais que (dB)	Não mais que (dB)	
A	Não Significativo	-	25	Sem dificuldade com voz fraca
B	Pequeno	25	40	Dificuldade somente com voz fraca
C	Suave	40	55	Freqüentemente difícil com voz normal
D	Expressivo	55	70	Freqüentemente difícil com voz alta
E	Severo	70	90	Entendimento possível somente com voz gritada ou amplificada
F	Extremo	90	-	Geralmente não consegue entender voz amplificada

Fonte: (BISTAFA, 2006)

3.4 Métodos para o cálculo da atenuação de protetores auditivos

Desde 1957 tem-se tentado desenvolver um padrão para o cálculo da atenuação dos protetores auditivos. Deste então, a ANSI publicou 5 padrões (Z24.22-1957, S3.19-1974, S12.6-1984, S12.6-1997 e S12.6-2007) descrevendo a metodologia para a obtenção das atenuações dos protetores. Também neste período foram criados muitos métodos para o cálculo da proteção efetiva que o trabalhador recebe na utilização destes equipamentos. Inicialmente, tentou-se utilizar um método análogo ao cálculo de redução do ruído utilizando uma barreira acústica (KROES *et al.*, 1975), em um método que ficou conhecido como “método longo”.

3.4.1 Método longo

Este método consiste na confrontação dos níveis de pressão sonora (em dBA) em cada faixa de frequência (de 125 Hz a 8000 Hz) com os dados de atenuação fornecidos pelo fabricante do EPI. Deve-se utilizar dois desvios padrão para cada atenuação média a fim de garantir uma confiabilidade estatística de 98%. A soma logarítmica dessas diferenças é o nível de ruído a que o indivíduo está exposto. O método pode ser observado na tabela 6.

Tabela 6 - Cálculo da atenuação pelo método longo

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
Ruído ambiente dBA	83,9	91,4	96,8	100	101,2	101,0	98,8	106,2
Atenuação do EPI dB	25,9	34,4	36,7	36,3	38,5	42,9	45,4	-
Dois desvios padrão	8,0	9,6	10,4	6,4	6,2	5,1	7,6	-
Nível protegido	66,0	66,6	70,5	70,1	68,9	63,2	61,0	76,0

Para se obter o nível protegido em cada frequência, subtrai-se do ruído ambiente a atenuação do EPI corrigida pelo valor de dois desvios padrão.

Neste exemplo, o nível de ruído que chegaria ao trabalhador na frequência de 125 Hz seria:

$$L_{\text{protegido}} = 83,9 - (25,9 - 8,0) = 66,0.$$

Depois de calculados os níveis protegidos para cada frequência, o ruído total seria de 76 dB (A), com uma redução de 30,2 dB (A) do nível de ruído ambiente. O método longo está referenciado na legislação Brasileira pela instrução normativa número 78 do INSS (BRASIL, 2002), podendo ser utilizado se for obtida a curva espectral do ruído no ambiente. Devido à complexidade deste método e a necessidade de obter a distribuição espectral do ruído, procurou-se desenvolver métodos que precisassem de menos informações e que pudessem ser aplicados mais facilmente, sem a necessidade de cálculos por frequência e somas logarítmicas.

3.4.2 Noise Reduction Rating

O primeiro destes métodos mais simples foi o “*noise reduction rating*” (NRR), que é um fator criado pela “*United States Environmental Protection Agency*” (EPA) no ano de 1979 (EUA, 1979). Este fator descreve um protetor auditivo baseado na atenuação total do nível de ruído pela sua utilização (FRANKS; THOMAS, 1994). Os valores das atenuações utilizados para o cálculo do NRR são baseados na norma ANSI S3.19 de 1974 (ANSI, 1974) cuja metodologia envolve um usuário treinado para a utilização dos protetores, supervisionado durante todo o ensaio, e sem uso de outros EPIs.

O NRR é calculado com a seguinte fórmula:

$$NRR = 107.9 \text{ dB}(C) - 10 \cdot \log \sum_{f=125}^{8000} 10^{0.1(L_{af} - APV_{f98})} - 3 \text{ dB}$$

Onde: L_{af} é o nível da banda em dB(A);

APV_{f98} é o valor da atenuação média menos duas vezes o desvio padrão da frequência f .

O procedimento de cálculo do NRR pode ser observado na tabela a seguir:

Tabela 7 - Cálculo do NRR

	Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
1	Ruído padrão (dB)	100	100	100	100	100	100	100	108,5
2	Correção curva C	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3	
3	Ruído padrão (dBC)	99,8	100	100	100	99,8	99,2	97	107,9
4	Correção curva A	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1	
5	Nível desprotegido (dBA)	83,9	91,4	96,8	100	101,2	101	98,9	107,0
6	Atenuação média (dB)	21	22	23	29	41	47	36	
7	Dois desvios padrão	7,4	6,6	7,6	9,4	6,6	6,7	12,6	
8	APV _{f98}	13,6	15,4	15,4	19,6	34,4	40,3	23,4	
9	Nível protegido dBA	70,3	76,0	81,4	80,4	66,8	60,7	75,5	83,6

Fonte: adaptado de (EUA, 2009a)

Cada passo do procedimento está representado por uma linha da tabela.

1. Utiliza-se um ruído padrão de 100 dB em cada frequência.
2. Valores da curva de compensação C
3. Subtraem-se da linha 1 (ruído padrão) os valores da linha 2 (curva de compensação C) obtendo-se os níveis em dB (C) que somam um total de 107,9 dB (C)
4. Valores da curva de compensação A
5. Subtraem-se do ruído padrão os valores da curva de compensação A, obtendo-se os níveis em dB (A) para cada frequência.
6. Atenuações médias do protetor (obtidas no ensaio de laboratório).
7. Dois desvios padrão das atenuações médias.
8. Calcula-se o APV_{f98} subtraindo o valor de dois desvios padrão da atenuação, para cada frequência.
9. Subtrai-se o APV do nível desprotegido em dB (A), para obter o nível protegido em dBA.

Calcula-se então a partir dos níveis desprotegidos e protegidos o NRR do protetor através da fórmula:

$$\text{NRR} = \text{Nível em dBC}(\text{Linha 3}) - \text{Nível em dBA}(\text{Linha 9}) - 3 \text{ dB}$$

$$\text{Neste exemplo: NRR} = 107,9 - 83,6 - 3 = 21,3.$$

Os cálculos anteriores são feitos pelos fabricantes, que publicam apenas o valor resultante do NRR.

Após a criação do NRR, a utilização deste parâmetro mostrou que raramente o valor calculado é alcançado no ambiente de trabalho. Devido a esta constatação, alguns órgãos recomendam a utilização de um fator de correção, assim como penalidades para as medições feitas em dB (A). A utilização do NRR para o cálculo da proteção efetiva que o trabalhador recebe deve ser feita com um dosímetro de ruído capaz de fazer medições em dB (C), convertendo a dose obtida em média ponderada (EUA, 2009a):

$$Np(dBA) = Na(dBC) - NRR * f$$

Onde: Np é o nível de ruído estimado que chega ao trabalhador em dBA;

Na é o nível de ruído medido no ambiente em dBC;

F é o fator de correção (0,75 para protetor tipo circum-auricular, 0,50 para inserção de espuma moldável e 0,3 para inserção pré-moldado).

Os fatores de correção de 0,75, 0,50 e 0,30 são os recomendados pela NIOSH (NIOSH, 1994), enquanto a OSHA utiliza um fator único de 0,50 para todos os tipos de protetores (EUA, 2009a).

A medição do ruído no ambiente ser feita em dB (C) e o nível protegido estar em dB (A) se baseou em um estudo feito por Botsford em 1973 (BOTSFORD, 1973). Este estudo observou que as atenuações dos protetores (daquela época) quando somadas com as correções feitas pela curva de compensação A, gerava uma atenuação praticamente igual em todas as frequências. Baseado nesta conclusão era possível considerar que o protetor teria a mesma atenuação para todos os ruídos, independentemente do espectro sonoro.

Quando for utilizado dosímetro de ruído que não é capaz de fazer medições em dB (C), pode-se fazer a dosimetria em dB (A) e converter a dose obtida em média ponderada.

Utiliza-se então a fórmula a seguir para obter o nível de ruído que chega ao trabalhador (EUA, 2009a):

$$Np(dBA) = Na(dBA) - (NRR * f - 7)$$

Onde: Np é o nível de ruído estimado que chega ao trabalhador em dBA;

Na é o nível de ruído medido no ambiente em dBA.

F é o fator de correção (0,75 para protetor tipo circum-auricular, 0,50 para protetor de inserção de espuma moldável e 0,30 para protetor de inserção pré-moldado (NIOSH) ou 0,50 (OSHA)).

A subtração de 7 decibéis na fórmula decorre da utilização da medição do ruído do ambiente em dB(A), que não enfatiza a energia das freqüências mais baixas (como a medição feita em dB (C)) devendo ser compensada no valor nominal da atenuação do protetor.

As primeiras críticas a este método surgiram devido à evolução dos equipamentos, que passaram a ter curvas de atenuação diferentes das estudadas por Botsford (GAUGER; BERGER, 2004). Também foi notado que a situação do ensaio da norma ANSI S3.19 era “irreal” pois os usuários dos equipamentos na indústria não eram como os sujeitos do ensaio de laboratório (EARLOG, 1996).

3.4.3 Noise Reduction Rating – Subject Fit

O *noise reduction rating - subject fit* (NRRsf) foi criado pela *National Hearing Conservation Association* para suprir as deficiências aprontadas na metodologia do levantamento da atenuação dos protetores adotada pelo NRR (NIOSH, 1994). Neste novo método, a metodologia utilizada para a obtenção das atenuações em cada faixa de freqüência inclui um sujeito que não é treinado e desconhece a utilização dos equipamentos de proteção, sendo ele mesmo responsável pela colocação do equipamento através da leitura das instruções impressas na embalagem do protetor. Esta metodologia é uma tentativa de aproximar o cálculo da atenuação real de um protetor pela simulação das condições reais de utilização destes equipamentos, onde o usuário final (trabalhador) não recebe orientação e utiliza o equipamento baseado apenas no rótulo e na sua própria experiência. O cálculo do NRRsf leva em

consideração a frequência de 63 Hz (desconsiderada pelo NRR) e o desconto da atenuação média é subtraída de apenas 1 vez o desvio padrão (grau de confiança de 84%, ao invés de 98% do NRR). Este cálculo é feito através da formula:

$$NRR_{sf} = 108.5 \text{ dBC} - 10 \cdot \log \sum_{f=63}^{8000} 10^{0,1(L_{af}-APV_{f84})} - 5 \text{ dB}$$

Onde: L_{af} é o nível da banda em dB(A);

APV_{f84} é o valor da atenuação média menos uma vez o desvio padrão da frequência f .

O cálculo do NRR_{sf} pode ser feito de maneira análoga ao NRR, conforme a tabela a seguir:

Tabela 8 - Cálculo do NRR_{sf}

Frequência	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
1. Ruído padrão	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2. Curva C	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3,0	
3. Ruído padrão dBC	99,2	99,8	100	100	100	99,8	99,2	97	108,5
4. Curva A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1	
5 Ruído padrão dBA	73,8	83,9	91,4	96,8	100	101,2	101	98,9	107,0
6 Atenuação média	19,7	19,7	19,7	20,7	21,2	28,3	36,6	37,8	
7 Desvio padrão	8,7	8,7	9,7	9,4	8,4	7,4	9,1	10,4	
8 APV_{f84}	11	11	10	11,3	12,8	20,9	27,5	27,4	
9.Nível protegido dBA	62,8	72,9	81,4	85,5	87,2	80,3	73,5	71,5	90,7

Fonte: adaptado de (EUA, 2009a)

Cada passo do procedimento está representado por uma linha da tabela:

1. Ruído padrão de 100 dB
2. Valores da curva de compensação C
3. Subtraem-se da linha 1 (ruído padrão) os valores da linha 2 (curva de compensação C) obtendo-se os níveis em dBC que somam um total de 108,5 dBC que representa a primeira parte da formula 7.
4. Valores da curva de compensação A
5. Subtraem-se do ruído padrão os valores da curva de compensação A,

obtendo-se os níveis em dBA para cada frequência.

6. Atenuações médias medidas para o protetor.
7. Desvio padrão das atenuações médias.
8. Calcula-se o APV_{f84} subtraindo o valor do desvio da atenuação para cada frequência.
9. Subtrai-se o APV do nível desprotegido em dBA, para obter o nível protegido em dBA.

Calcula-se então a partir dos níveis desprotegidos e protegidos o NRR do protetor através da fórmula:

$$NRR_{sf} = \text{Nível em dBC(Linha 3)} - \text{Nível em dBA(Linha 9)} - 5 \text{ dB}$$

Neste exemplo: $NRR_{sf} = 108,5 - 90,7 - 5 = 12,8$. O método do NRR_{sf} só pode ser utilizado a partir do nível de pressão sonora do ambiente em dB (A). Neste método, não é utilizado o fator de correção, pois a obtenção das atenuações já leva em consideração imperfeições na colocação e utilização do EPI. O cálculo do ruído que chega ao trabalhador é feito através da fórmula:

$$N_p(dBA) = N_a(dBA) - NRR_{sf}$$

Onde: N_p é o nível de ruído estimado que chega ao trabalhador em dBA;

N_a é o nível de ruído medido no ambiente em dBA;

3.4.4 Single Number Rating - SNR

Utilizado pela comunidade europeia o “*single number rating*”, que é baseado na norma ISO-4869 (ISO, 1994), tem seu cálculo parecido com o do NRR, com algumas diferenças. A atenuação SNR pode ser calculada para diferentes níveis de desempenho da proteção. Por exemplo, pode-se calcular o SNR_{84} que, observadas as condições de utilização correta do protetor, significaria que 84% dos usuários teriam uma atenuação maior ou igual ao valor calculado pelo método. Outra diferença deste método para o do NRR é a ausência da subtração de 3 dB da soma logarítmica das atenuações:

$$SNR = 100 \text{ dB}(C) - 10 \cdot \log \sum_{f=63}^{8000} 10^{0.1(L_{af}-APV_x)} \text{ dB}$$

Onde: L_{af} é o nível da banda em dB(A);

APV_x é o valor da atenuação média para o nível de desempenho escolhido. Para 98%, este valor é a atenuação menos duas vezes o desvio padrão.

A utilização do SNR no cálculo do ruído que chega ao trabalhador pode ser feita com medições feitas em dB (C) ou dB (A), considerando-se uma penalização de 7 dB quando a medição é feita em dB(A). Devido às similaridades entre a metodologia de cálculo do NRR e do SNR, o NRR é igual ao SNR_{98} menos 3 dB, entretanto na utilização do SNR não há o fator de correção f , utilizado no NRR.

3.4.5 Outros métodos e evolução

Existem ainda outros métodos para o cálculo da atenuação do ruído com o uso de um protetor, o *High Mid Low Rating* (HML), que é baseado na norma ISO-4869 e o SLC_{80} , que é baseado na norma AS/NZS 1270:2002 (STANDARDS AUSTRALIA, 2002). O HML é utilizado para ruídos predominantemente compostos por médias e altas frequências (NIOSH, 1994). O SLC_{80} é utilizado pela Austrália e pela Nova Zelândia, determinando que os protetores devam ser classificados em classes de acordo com o nível de ruído ambiente em que podem ser utilizados com segurança. Por exemplo, os protetores com SLC_{80} classe 1 podem ser utilizados com ruído ambiente de 90 dB, classe 2 para 95 dB e assim sucessivamente de 5 em 5 dBs (BILSON, 2005).

Também está em fase de estudos um novo método chamado de NRSa (*"noise reduction statistic"*), proposto por Gauger e Berger em 2004 para substituição do NRR nos Estados Unidos. Este método utiliza as atenuações obtidas pelo mesmo ensaio do NRRsf (ANSI S12.6, método B) mas utiliza espectros sonoros reais levantados pelo NIOSH para calcular a atenuação média que será obtida na utilização dos protetores (GAUGER; BERGER, 2004).

A evolução da metodologia utilizada para o cálculo da atenuação dos protetores é resultante das dificuldades encontradas na aplicação e na alteração dos

espectros sonoros dos ambientes conforme a tecnologia utilizada na indústria se renova. Conforme as atenuações com as novas metodologias vão sendo calculadas e utilizadas, podem ser realizados testes reais e verificar se a proteção efetiva é próxima à estimada.

A evolução da metodologia no cálculo das atenuações pode ser resumida pela figura a seguir:

Figura 11 - Evolução da metodologia de cálculo da atenuação

4 Equipamentos de proteção auditiva

A seguir serão apresentados alguns dos equipamentos de proteção auditiva assim como as vantagens e desvantagens de cada classe.

4.1 Protetores circum-auriculares ou “abafadores”

Estes equipamentos são formados por dois bojos ligados por uma haste. O bojo, ou concha, envolve a orelha para abafar o som. As hastes são ajustáveis para servir em diferentes tamanhos de cabeça. Existem os abafadores passivos e ativos, sendo os ativos aqueles que empregam algum tipo de circuito eletrônico (para adicionar funcionalidades) e os passivos os que não empregam estes circuitos. Para que os abafadores sejam eficientes, não pode haver interferência no encaixe do bojo na cabeça do usuário, devendo-se tomar o cuidado de não deixar o cabelo ou outros equipamentos interferirem na acoplagem.

Figura 12 - Protetor tipo circum-auricular
Fonte: (MSA, 2009)

Alguns abafadores podem ser utilizados com uma cinta de apoio, para que o suor e atrito não danifiquem a haste, ou para liberar espaço para a utilização de outros EPIs (figura 13).

Figura 13 - Abafador utilizado com cinta de apoio
Fonte: (MSA, 2009)

Existem variações no formato do bojo, material da haste e formato da haste. Na figura 14 o abafador tem o bojo quadrado e a haste mais larga, assim como um mecanismo deslizante que permite o ajuste de altura do bojo em relação à haste.

Figura 14 - Abafador com bojo quadrado
Fonte: (MSA, 2009)

Alguns modelos podem ser utilizados com capacetes, pois apresentam presilhas no lugar das hastes (figura 15).

Figura 15 - Abafador para utilização com capacete
Fonte: (MSA, 2009)

Existem abafadores ativos que adicionam funcionalidades como ouvir música, botões para permitir a passagem do som para que os funcionários possam se comunicar (*“push to listen”*) ou com sistemas de comunicação por rádio (figura 16). Equipamentos como estes também são utilizados em aeronaves, com sistema anti-ruído ativo que diminui a interferência de ruídos externos contínuos.

Figura 16 - Abafador com comunicação por rádio
Fonte: (MSA, 2009)

4.2 Protetores de inserção ou “plugues”

Os protetores auditivos de inserção, também conhecidos por “plugue”, são equipamentos feitos para serem inseridos no canal auditivo. São fabricados com vários tipos de materiais, como silicone, polímeros ou espumas (figura 17).

Figura 17 - Protetor auditivo de inserção
Fonte: (3M, 2009)

A utilização destes equipamentos exige uma boa colocação e no caso dos protetores de espuma é necessário comprimir o protetor com os dedos e depois inserir no canal auditivo onde, ao retornar ao tamanho original, o protetor se adapta ao formato do canal auditivo, impedindo a passagem do som.

Os plugues podem ser ligados por um cordão, para evitar que o plugue caia e seja perdido ou contamine o produto com o qual o usuário está trabalhando. A figura 18 apresenta um tipo com 3 flanges e que são inseridos diretamente no canal auditivo.

Figura 18 - Protetor plugue com cordão
Fonte: (3M, 2009)

Estes modelos pré-moldados têm flanges que dispensam o procedimento utilizado nos protetores de espuma expansível, cabendo ao usuário apenas segurar o protetor pela haste e inserir no canal auditivo. Uma das vantagens deste tipo de protetor é que não há necessidade de contato da mão do trabalhador com a parte que é inserida no canal auditivo, diminuindo o risco de infecção (figura 19).

Figura 19 - Protetor plugue pré-moldado
Fonte: (3M, 2009)

Existem modelos ligados por uma haste que pressiona o protetor, garantindo que este esteja inserido corretamente e servindo para as atividades onde há uso intermitente, onde o trabalhador possa retirar o protetor sem a necessidade de contato das mãos do usuário com o plugue, evitando que sujeira ou contaminantes possam entrar no canal auditivo (figura 20).

Figura 20 - Protetor plugue com haste
Fonte: (3M, 2009)

4.3 Vantagens e desvantagens

Sumarizam-se as vantagens e desvantagens de cada classe de equipamentos na tabela a seguir:

Tabela 9 - Vantagens das 2 classes de protetores auditivos

Tipo circum-auriculares	Tipo inserção
Facilidade de obtenção de bom encaixe	Baixo custo
Conveniente em exposições intermitentes	Baixo peso
Opções eletrônicas (comunicação, rádio, alarmes)	Confortáveis em ambientes quentes
Higienização	Utilização com outros EPIs
Pequeno risco de infecção	Pequeno e fácil de carregar
Boa adaptação dos usuários	Conveniente em locais com pouco espaço
Boa durabilidade	Facilidade na substituição
Fácil verificar se está sendo utilizado	
Confortável em ambientes frios	

4.4 Manutenção dos EPIs

Para os equipamentos de proteção auditiva que não são descartáveis deve ser feita a correta manutenção para:

- Prolongar a vida útil do equipamento
- Garantir o funcionamento correto dos equipamentos
- Evitar dermatoses ou infecções

Os equipamentos devem ser guardados em local adequado, separado de ferramentas ou outros equipamentos. Quando houver necessidade de lavar os protetores auditivos, isto deve ser feito utilizando apenas água e sabão neutro ou conforme as indicações do fabricante.

A determinação da substituição dos protetores auditivos não descartáveis deve ser feita em conjunto com profissional qualificado. Os protetores do tipo plugue ficam mais duros conforme a utilização e perdem sua elasticidade, indicando a necessidade de troca. Já para os protetores do tipo concha, é necessário verificar se

a haste está mantendo sua forma e pressão original assim como se as almofadas e partes plásticas dos bojos estão em boas condições pois podem se deteriorar ao longo do tempo.

4.5 Omissão de uso

Sempre que houver omissão no uso do protetor auditivo, deve ser considerado um fator de correção. A figura a seguir demonstra a relação entre a porcentagem de tempo de utilização durante a jornada com a redução do NRR nominal.

Figura 21 - Redução do fator NRR por omissão no uso do protetor auditivo
Fonte: (EARLOG, 1996)

A reta superior mostra que mesmo com um protetor com NRR nominal muito grande (símbolo de infinito na figura), se a utilização for de apenas 50% do tempo, o NRR corrigido será de aproximadamente 5. Como exemplo, caso um protetor tenha um NRR de 25, havendo a omissão de uso por apenas 15 minutos durante uma jornada de 8 horas (3% do tempo), o NRR corrigido será de 20 dB. Esta constatação mostra que os protetores auditivos devem ser confortáveis para se usar por longos períodos de tempo ou perdem rapidamente sua efetividade em proteger os trabalhadores.

4.6 Utilização de dois protetores auditivos em conjunto

Estudos mostraram que há um acréscimo de 5 a 10 dB no valor do protetor com maior atenuação, mas a atenuação do conjunto é muito inferior à soma algébrica das proteções (EARLOG, 1996b). Isto se dá pela ligação dos dois atenuadores pelo tecido do corpo, pelo volume de ar entre os dois protetores e pela limitação na atenuação devido à condução óssea. Apesar de os valores totais de ruído não serem atenuados pela soma das proteções oferecidas por cada um dos protetores auditivos, em alguns casos e algumas frequências a atenuação adicional pode chegar a 10 dB e a utilização de dois protetores deve ser considerada quando os níveis de ruído são muito elevados.

5 Materiais e Métodos

5.1 Escopo do trabalho

A metodologia utilizada para a seleção dos equipamentos de proteção auditiva poderia ser aplicada a qualquer tipo de empresa onde exista ruído superior aos limites legais. Escolheu-se estudar a utilização desta metodologia na indústria mineral por ser a área de atuação do autor e pela grande incidência de ruídos acima dos limites legais.

5.2 Definição do software e premissas do programa

Decidiu-se criar o software na forma de um site da internet, pois um dos problemas detectados foi a dificuldade dos profissionais em atualizar o conhecimento relativo ao processo de seleção dos EPIs auditivos. Desta maneira, quando o usuário do programa acessar o site terá informações atualizadas, não necessitando instalação de programas novos no computador que está sendo utilizado. O site foi criado utilizando as ferramentas Visual Studio 2008 (MICROSOFT, 2009) e SQL Server 2008 (MICROSOFT, 2008).

5.3 Obtenção dos dados

Os dados utilizados para a utilização do programa basearam-se em 5 PPRA's e 2 PGR's de empresas de mineração de várias regiões do Brasil. Estes documentos foram obtidos através de funcionários das empresas, por serem contatos profissionais do autor. Por se tratarem de documentos internos das empresas foi feito um compromisso verbal de não identificá-las no trabalho. Estão reproduzidas no anexo I deste trabalho algumas páginas dos PPRA's e PGR's obtidos para certificar a autenticidade dos dados utilizados. Foram apagadas quaisquer marcas ou nomes que pudessem identificar as empresas. Os dados dos equipamentos de proteção foram obtidos através do sistema de certificados de aprovação do site do Ministério do Trabalho e Emprego. No site constam os dados de atenuação por frequência dos EPIs certificados a partir de 1997 (quando o sistema de cadastro do site do Ministério foi criado). Foram então colhidos os dados (atenuação por faixa de frequência, NRRsf, características, modelo, fabricante, etc.) de todos os equipamentos de proteção auditiva disponíveis neste sistema.

A figura 22 exemplifica a ficha disponibilizada pelo site do MTE para cada equipamento cadastrado no sistema.

Ministério do Trabalho e Emprego

Certificação de Aprovação

Nº do CA: 10925 N° do Processo: 46.0000.04926/2007-50
 Data de Emissão: 15/5/2007 Validade: 15/05/2012
 Tipo do Equipamento: PROTETOR AUDITIVO
 Natureza: Importado
 Descrição do Equipamento: PROTETOR AUDITIVO, TIPO INSERÇÃO (PLUG), PRÉ-MOLDADO, COM HASTES EM DIVERSAS CORES (COM CORDÃO).

Dados Complementares

Norma: ANSI S12.6/1997 - MÉTODO B (OUVIDO REAL - COLOCAÇÃO PELO OUVINTE).
 Fabricante: DURÁVEIS EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA LTDA
 Endereço: VIA ANCHIETA, 474
 Bairro: SACOMAN
 Cidade: SÃO PAULO - UF: SP
 CEP: 04246-000
 Telefone: 11 6166 6700 - Fax: 11 6166 6701
 Aprovado: PROTEÇÃO AUDITIVA DO USUÁRIO CONFORME TABELA DE ATENUAÇÃO A SEGUR.
 Observação: Não Informado.

Laudos/Atenuação

Tipo do Laudo: Laboratório
 Laboratório: LARI - UFSC/SC
 Número Laudo: 33/2006. Data do Laudo: Não Informado
 Responsável: Não Informado Registro Profissional: Não Informado

Frequência(Hz):	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRRsf
Atenuação(dB):	19,3	21	23,9	25,8	29,6	-	30,8	-	35,9	18
Desvio Padrão:	6,4	6,5	6,5	5,8	5,5	-	6,5	-	6,2	-

Figura 22 – Exemplo de certificado de aprovação disponível no site do MTE
 Fonte: (BRASIL, 2009)

Para a coleta dos dados de todos os equipamentos de proteção auditiva do sistema do MTE foi criado outro programa que acessa o site e coleta automaticamente os atributos de cada equipamento. Desta maneira o banco de dados pode ser atualizado diariamente para verificar se houveram alterações, facilitando o trabalho de manutenção do programa principal de seleção de EPI.

5.4 Observação sobre a utilização das atenuações

É importante observar que os dados das atenuações, por faixa de frequência, disponibilizadas nos certificados de aprovação no site do MTE, foram obtidas através da metodologia ANSI S12.6 (ANSI, 1997). Para o cálculo do NRR, entretanto, deveria ser utilizada a metodologia ANSI S3.19 (ANSI, 1974) na obtenção das atenuações. O programa utiliza valores obtidos pela metodologia S12.6 para o cálculo do NRR pois são os valores disponibilizados pelos fabricantes no Brasil. Esta característica do programa subestima a proteção oferecida pelos protetores auditivos estudados, observando-se que as atenuações obtidas pela metodologia S12.6 são sempre menores que as obtidas pela metodologia S3.19, e que o NRRsf é de 2 a 25 dB menor que o NRR (FRANKS *et al.*, 2000)

5.5 Fluxograma de seleção de equipamento de proteção auditiva

Figura 23 - Fluxograma de proteção auditiva

O fluxograma da figura 23 identifica, através das perguntas, qual o tipo de ruído, se o ruído foi medido e como o ruído foi medido. Caso o ruído não tenha sido medido, o programa pergunta se é possível conversar normalmente no ambiente. O intuito desta pergunta é fazer uma análise de risco e obter um valor qualitativo do ruído no ambiente para determinar se o ruído deve ser medido para se conhecer o valor real ou se o ruído deve ser medido imediatamente cessando as atividades no local por haver alto risco de exposição acima dos limites de tolerância. Adotou-se que uma conversa em volume considerado normal pode ser feita com níveis de ruído abaixo de 80 dB(A) (WITT, 2008).

Se o ruído foi medido, é preciso identificar se o ruído é contínuo ou de impacto. Caso seja contínuo o programa passa a identificar como foi feita a medição para que se possa encontrar o método mais adequado para se escolher os protetores. Se o ruído medido não for contínuo, é considerado de impacto e o programa aceita medições feitas em dBL ou dBC. Quando for medido em dBC o programa não comparará o ruído no ambiente com as normas que apresentem limites apenas para as medições feitas em modo linear (por exemplo, NHO-01 da FUNDACENTRO). Esta característica se aplica a todo o programa e de acordo com a medição feita pelo usuário são determinadas as normas aplicáveis.

5.6 Normas utilizadas

A partir dos dados levantados pelo programa (através das respostas do usuário) o nível de ruído é comparado com diferentes normas para verificar quais equipamentos no banco de dados atendem a cada uma das normas. Desta maneira a seleção dos equipamentos pode ser feita para atender a uma ou mais normas específicas ou, em alguns casos, pode ser escolhido o protetor que atende todas as normas utilizadas pelo programa. As normas utilizadas e seus parâmetros estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 10- Limites para ruído contínuo

Norma	Fator de troca	Nível de critério	Limiar de integração
NR-15	5	85	80
NHO-01	3	85	80
ACGIH	3	85	80
OSHA/MSHA	5	90	90
EU (Com. Européia)	3	85	80

Para ruído de impacto foram utilizados os limites conforme a tabela a seguir.

Tabela 11 - Limites para ruído de impacto

Norma	Limite dBC	Limite dBL
NR-15	120	130
NHO-01	-	140 ¹
ACGIH	140	140
OSHA	140	140
Comunidade Européia	137	-

¹140 é valor teto. Quando o número de impactos for maior que 100 é necessário calcular o limite de acordo com a fórmula presente na norma NHO-01.

Os valores dos limites foram retirados das normas:

- Brasil: NR-15 (BRASIL, 2008), NHO-01 (FUNDACENTRO, 2001)
- EUA: ACGIH: TLVs & BEIs 2008 (ACGIH, 2008), OSHA: 1910-95 (EUA, 2009d)
- Comunidade Européia: 2003/10/EC (EUROPEAN UNION, 2003)

5.7 Metodologia da análise econômica

Após a utilização dos dados das empresas, foi feita uma análise econômica simples para demonstrar a possibilidade de ganhos econômicos com a utilização do programa. Foram feitas cotações com empresas distribuidoras de EPIs para obter-se o preço de mercado dos equipamentos disponibilizados pela empresa que havia selecionado corretamente os protetores auditivos (do ponto de vista técnico), assim como a cotação de alguns equipamentos selecionados pelo programa. Os equipamentos fornecidos pelas empresas que não tiveram processo de seleção tecnicamente correto, isto é, não utilizaram os conceitos e métodos descritos anteriormente, não foram considerados nesta análise, pois não atenderam ao requisito de proteger o trabalhador. Não foi feita uma análise de longo prazo no caso da substituição dos equipamentos de tipo concha por equipamentos de tipo plugue (onde isto era tecnicamente viável) pois tal análise precisaria de dados como o número de trabalhadores que utilizam os protetores, o tempo de troca e outros fatores que não estavam disponíveis nos documentos obtidos.

6. Resultados e discussões

6.1 Perfil das empresas analisadas

As empresas analisadas pertencem ao setor de mineração e suas características estão apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 12 - Dados das empresas analisadas neste trabalho

Empresa	Número de funcionários	Localização	Produtos
A	79	Pernambuco	Cal virgem
B	76	São Paulo	Agregados
C	20	São Paulo	Agregados
D	53	Rio de Janeiro	Agregados
E	58	Rio de Janeiro	Agregados
F	45	São Paulo	Mapeamento de subsolo
G	96	Santa Catarina	Calcário

A empresa F, apesar de não ser uma empresa com empreendimento minerador direto, foi considerada do setor de mineração por prestar serviços apenas para empresas de mineração e trabalhar com os mesmos equipamentos utilizados em empresas mineradoras.

6.2 Dados obtidos

Foram analisados os documentos das empresas e identificadas as atividades que apresentavam níveis de ruído superiores a 85 dB (A) e, portanto, precisavam utilizar os protetores auditivos. Deve ser levado em consideração pela empresa o nível de ação de 80 dB (A) (utilizando fator de troca igual a 5) ou 82 dB (A) (utilizando fator de troca igual a 3) para o início das medidas de controle, entretanto do ponto de vista do programa, considerou-se o nível de 85 dB (A) por ser o nível a partir do qual é obrigatória a utilização de protetores até que outras medidas sejam implantadas.

Tabela 13 - Atividades analisadas e níveis de ruído existentes nas empresas

Empresa	Atividade	Lavg (dBA)
A	Operador de britador	98
	Operador de moinho	94
B	Setor de produção	90
	Operador de ensacadeira	93
	Manutenção	92
	Secador de areia	94
C	Operador de martetele	108
	Motorista de caminhão	88
	Motorista de pá carregadeira	90
D	Coordenador de produção	89
E	Operador de produção	89
	Mecânico	90
F	Operador de perfuratriz	99
G	Arrumador de carga	88

Foram reproduzidas na tabela as nomenclaturas para as atividades conforme a documentação das empresas. Os valores apresentados na tabela foram convertidos, quando necessário, para o Lavg (nível médio) na jornada para facilitar a comparação e apresentação dos dados. Verifica-se que os dados estão compatíveis com os estudos feitos por (LOPES *et al.*, 2005), (RIBEIRO *et al.*, 2002) e (TACHIBANA, 2009), apresentando níveis de ruído semelhantes para os equipamentos utilizados.

6.3 Utilizando o programa

Ao iniciar o programa o usuário passa por um questionário e a interface das questões é mantida durante todo o programa. A figura 24 mostra a primeira tela do programa, onde o usuário é convidado a começar o questionário.

Figura 24 - Tela inicial do programa

Ao clicar no botão “próximo passo” o usuário recebe a primeira pergunta, conforme a figura 25.

Figura 25 - Interface das perguntas do programa

Para inserir os dados, o programa disponibiliza caixas de texto, na figura 26 pode-se observar a tela de parâmetros da dosimetria.

Figura 26 - Inserindo os dados de dosimetria

Pode-se notar que algumas opções não são livres, por exemplo, a curva de compensação só permite que o usuário selecione dB (A) ou dB (C). Esta escolha foi feita para direcionar o usuário na utilização correta dos métodos disponíveis.

Os parâmetros mostrados para dosimetria são utilizados para a conversão da dose em nível médio através da equação:

$$L_{avg} = \frac{10 \cdot q}{3} \cdot \log \left(\frac{8}{T_e} \cdot \frac{D}{100} \right) + L_{crit}$$

Onde: q é o fator de troca;

T_e é o tempo de coleta;

D é a dose obtida;

L_{crit} é o nível de critério.

Caso a medição tenha sido feita com analisador de freqüências, poderá ser utilizado o método longo. O usuário insere no programa o nível de ruído encontrado em cada banda de freqüência, conforme a figura a seguir:

Questionário	
Digite os níveis encontrados para cada frequência central.	
93	dB(A) em 125 Hz
91	dB(A) em 250 Hz
94	dB(A) em 500 Hz
94	dB(A) em 1000 Hz
89	dB(A) em 2000 Hz
84	dB(A) em 4000 Hz
81	dB(A) em 8000 Hz

Próximo Passo

[Página Inicial](#)
[Recomeçar](#)

Figura 27 - Inserindo ruído com análise de freqüências

Para o ruído de impacto, é necessário que o usuário insira também o número de impactos na jornada, para que o limite da norma NHO-01 possa ser calculado. As opções de unidade são dB (C) e dB (L) pois são as únicas unidades referenciadas nas normas. A tela de inserção para ruído de impacto está a seguir na figura 28:

Questionário

Digite o número de impactos do ruído analisado:

120 impactos na jornada.

Digite o nível do ruído de impacto medido para a atividade:

145 dB(C) ▼

Próximo Passo

[Página Inicial](#)
[Recomeçar](#)

Figura 28 - Inserindo ruído de impacto

Após inserir todos os dados e responder a todas as perguntas conforme o fluxograma do programa, o usuário recebe a lista de equipamentos adequados para a situação apresentada.

A primeira tabela na saída mostra os dados inseridos pelo usuário para a atividade analisada. Aparece também uma caixa com filtros que podem ser aplicados ao resultado. Logo abaixo, outra tabela apresenta a marca/modelo dos equipamentos, assim como o C.A (este campo pode ser clicado, direcionando o usuário ao site do MTE, diretamente para a página do certificado de aprovação do equipamento) e os campos referentes às normas que o programa analisa. O atendimento a uma norma é marcado com a cor verde, o não atendimento é marcado com a cor vermelha, conforme a legenda abaixo da tabela.

Tipo	Dose	Lavg	Q	CL	TL	Unidade	Tempo de uso
Dose	123%	86,5	5	85	80	dB(A)	100%

Filtros

Normas:

☒ NR-15
 ☒ NHO-01
 ☒ ACGIH
 ☒ OSHA
 ☒ UE

Características:

☒ Concha
 ☒ Plugue
 ☒ Pré-Moldados

☒ Todos
 ☐ Adequados a todas as normas

Filtrar

Nome/Fabricante	C.A	Tipo	NR-15	NHO-01	ACGIH	OSHA	UE
EZ-INS/3M	21214	Moldado	S	S	N	-	N
QD1/SPERIAN	14121	Plugue	S	S	N	-	N
CG 38/CARBOGRAFITE	14054	Plugue	S	S	N	-	N
PVA 1000/VANGUARDA	2775	Plugue	S	S	N	-	N
PCS/DAISAN	19686	Plugue	S	S	N	-	N
1210/3M	5330	Moldado	S	S	N	-	N
1250/3M	9145	Moldado	S	S	N	-	N
F002/E.V. FREITAS	18190	Moldado	S	S	N	-	N
AIR SAFETY/SBPR	12247	Plugue	S	S	N	-	S
NOVEL/NOVEL	19550	Concha	S	S	N	-	S
TAPERFIT 2/3M	12198	Plugue	S	S	N	-	N
NOVEL/NOVEL	11021	Concha	S	S	S	-	S
1220/3M	5332	Moldado	S	S	N	-	N
SMARTFIT/SPERIAN	16191	Moldado	S	S	N	-	N
19822/MSA	19822	Plugue	S	S	N	-	S

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Cor	Significado
S	Atende à norma
N	Não atende à norma
-	A norma não se aplica para os dados inseridos
-	O nível de ruído informado está abaixo do limite para a norma

Figura 29 - Exemplo de tela de saída do programa

Quando a medição for feita de maneira que não seja possível se aplicar alguma norma, o programa mostra a coluna da norma na cor azul.

Isto ocorre, por exemplo, quando uma norma apresenta limite para ruído em uma escala e as medições do usuário foram feitas em outra escala. No caso da NHO-01, é apresentado apenas o limite para ruído de impacto com medições feitas em dB(L). Portanto se o usuário inserir os dados de medição de ruído de impacto feitos em dB(C) esta norma não será aplicada. Quando o ruído informado é inferior ao limite apontado por alguma norma, a coluna desta norma é colorida em amarelo. O usuário tem uma caixa de filtros onde pode selecionar os parâmetros que deseja observar, sendo possível escolher quais normas analisar e quais tipos de equipamento, e também filtrar para apenas equipamentos que atendem a todas as normas analisadas. Na figura 30, foram selecionadas apenas as normas NR-15 e NHO-01. A tabela é redimensionada para não mostrar as outras normas e ficam na lista apenas os equipamentos que atendem a pelo menos uma das duas normas selecionadas. Neste exemplo, trata-se de um ruído de impacto com nível de 145 dB(C). Como a NHO-01 indica limite apenas para medidas em dB(L), esta norma não se aplica.

Tipo	Nível de ruído	Nº impactos	Unidade	Tempo de uso
Impacto	145	120	dB(C)	100

Filtros

Normas:
☒ NR-15
☒ NHO-01
☐ ACGIH
☐ OSHA
☐ UE

Características:
☒ Concha
☒ Plugue
☒ Pré-Moldados

☒ Todos
☐ Adequados a todas as normas

Filtrar

Nome/Fabricante	C.A	Tipo	NR-15	NHO-01
H6F/3M	13631	Concha	S	--
PA20 AFM/TELSATE	20095	Concha	S	--
CLARITY C3/SPERIAN	21566	Concha	S	--
MASTT MPA 101/ALLTEC	16328	Concha	S	--
POMP SPARTA/3M	18982	Concha	S	--
H6A/3M	12186	Concha	S	--
POMP MUFFLER/3M	14235	Concha	S	--
H9P3E/3M	13448	Concha	S	--
EARMUFF 5000/3M	13666	Concha	S	--
THUNDER T1/SPERIAN	15247	Concha	S	--
V1/SPERIAN	19387	Concha	S	--
EVOLUTION/CARBOGRAFITE	17204	Concha	S	--
MARK/MSA	4026	Concha	S	--
SORDIN XLS/MSA	15624	Concha	S	--
V2/SPERIAN	19383	Concha	S	--

1 2 3

Figura 30 - Resultado filtrado para normas NR-15 e NHO-01

O usuário pode ainda selecionar os equipamentos pelo tipo, aplicando mais um filtro no resultado, deixando selecionados apenas os equipamentos de tipo plugue. A lista é reduzida novamente, conforme a figura 31:

Tipo	Nível de ruído	Nº impactos	Unidade	Tempo de uso
Impacto	145	120	dB(C)	100

Filtros

Normas:

☒ NR-15
 ☒ NHO-01
 ☐ ACGIH
 ☐ OSHA
 ☐ UE

Características:

☐ Concha
 ☒ Plugue
 ☐ Pré-Moldados

☒ Todos
 ☐ Adequados a todas as normas

Filtrar

Nome/Fabricante	C.A	Tipo	NR-15	NHO-01
CUSTOM PLUG/MSA	19051	Plugue	S	--

Cor	Significado
S	Atende à norma
N	Não atende à norma
-	A norma não se aplica para os dados inseridos
-	O nível de ruído informado está abaixo do limite para a norma

Figura 31 - Lista com filtro para equipamentos tipo plugue

Neste caso, apenas um dos equipamentos preenche os requisitos definidos pelos filtros aplicados. Desta maneira o usuário pode reduzir o número de equipamentos da lista e selecionar os equipamentos que atendam aos seus requisitos. Verifica-se que diferentes equipamentos são adequados a diferentes normas, devido às características de cada equipamento. As atenuações por faixa de frequência quando utilizadas nos métodos NRR, NRRsf, SNR e método longo também promovem diferentes resultados, portanto, um equipamento que é adequado ao nível de ruído utilizando a metodologia NRRsf pode não ser adequado se for utilizada a metodologia SNR. Com os filtros do programa o usuário também pode selecionar para sua empresa apenas equipamentos que atendem todas as normas.

6.4 Seleção pelo programa

Inserindo-se os dados das empresas no programa, obtiveram-se os equipamentos adequados para as atividades e os resultados foram resumidos ao número de equipamentos diferentes selecionados pelo programa, conforme a tabela a seguir:

Tabela 14 - Número de equipamentos diferentes selecionados pelo programa

Empresa	Atividade	Nível de ruído	Nº Equipamentos
A	Operador de britador	98	129
	Operador de moinho	94	132
B	Setor de produção	90	104
	Operador de ensacadeira	93	125
	Manutenção	92	117
	Secador de areia	94	132
C	Operador de marteleto	108	26
	Motorista de caminhão	88	92
	Motorista de pá carregadeira	90	104
D	Coordenador de produção	89	98
E	Operador de produção	89	98
	Mecânico	90	104
F	Operador de perfuratriz	99	10
G	Arrumador de carga	88	92

Para a empresa F o método longo pode ser aplicado, pois a medição foi feita com analisador de frequências. O número reduzido de equipamentos adequados é resultado de o método longo ser mais seguro (98% de confiabilidade contra 84% do NRRsf).

6.5 Críticas aos PPRAs analisados

A NR-9 (BRASIL, 1994), em seu item 9.3.5.5 define que a utilização dos EPIs no âmbito do PPRA deve envolver no mínimo:

- Seleção do EPI adequado tecnicamente, considerando a eficiência e o conforto oferecido segundo avaliação do trabalhador.
- Programa de treinamento dos trabalhadores em relação à utilização e limitações dos EPIs
- Estabelecimento de normas e procedimentos para o fornecimento, uso, guarda, higienização, manutenção e reposição dos EPIs
- Caracterização da função ou atividade dos trabalhadores, com a respectiva identificação dos EPIs utilizados.

Foram analisados os documentos das empresas para verificar o atendimento aos requisitos mínimos da NR-9 (relativos aos EPIs). Foi considerado atendido o requisitos quando constava no programa de forma clara e completa, sendo considerado parcialmente atendido quando constava de forma indireta ou incompleta e não atendido quando não havia qualquer menção ao requisito. O resultado da análise está na tabela a seguir:

Tabela 15 - Análise dos documentos das empresas analisadas

Empresa	Seleção técnica	Treinamento	Normas	Caracterização
A	Não	Parcial	Não	Parcial
B	Não	Não	Não	Parcial
C	Sim	Sim	Sim	Sim
D	Parcial	Sim	Sim	Parcial
E	Parcial	Sim	Sim	Parcial
F	Sim	Não	Não	Sim
G	Parcial	Não	Não	Parcial

Pode-se notar que apenas uma das empresas atendeu aos requisitos mínimos da NR-9 em relação aos EPIs. No quesito seleção técnica duas empresas mencionam apenas que devem ser utilizados os protetores, outras duas empresas (“D” e “E”) apresentam alguns equipamentos que podem ser utilizados, e na empresa “G” foi indicado apenas que os protetores devem ter atenuação mínima de

16 dB. Na empresa “A” além de não indicar os equipamentos, apresentou-se uma tabela com tipos de equipamentos que poderiam ser utilizados, constando entre estes o “algodão bruto” cujo valor de atenuação foi indicado como 8 dB. Esta indicação está em desacordo com a NR-6, que diz: *“fornecer ao trabalhador somente o (EPI) aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho”*. Descobriu-se que esta indicação está baseada em um estudo feito por Stellman e Baum em 1975 (STELLMAN; BAUM, 1975), cuja tabela de atenuação de protetores auditivos é reproduzida no PPRA da empresa. “Algodão bruto” não atende aos requisitos da NR-6 e não deve ser considerado um equipamento de proteção auditiva.

No item treinamento, a empresa “A” menciona que os trabalhadores devem receber treinamentos em relação aos EPIs, já as empresas “C”, “D” e “E” indicam que deve haver treinamento, incluindo tópicos como a conservação auditiva e também constando o treinamento de EPI no cronograma de ações estabelecido no PGR. Em relação a normas, considerou-se suficiente a indicação de que deve haver controle dos EPIs e que devem ser cumpridas as orientações da empresa. A caracterização foi considerada completa quando os níveis de ruído foram medidos e os EPIs adequados foram indicados para cada função onde havia necessidade de proteção auditiva. Apenas as empresas “C” e “F” atenderam este requisito completamente, sendo consideradas parciais as outras empresas por não indicarem marca e modelo dos protetores a serem utilizados pelos trabalhadores para cada atividade.

Acredita-se que a qualidade dos documentos e dos programas das empresas não é apenas definida pelo tamanho ou poder econômico, mas também pelo estágio de maturidade dos programas de saúde, segurança e meio ambiente. Alguns programas (empresas D e E) apresentaram cronogramas que incluíam a determinação dos EPIs adequados, o treinamento dos funcionários e outros itens que as empresas ainda não haviam atingido.

Acredita-se que estas empresas, por estarem em um estágio mais avançado, em um futuro próximo apresentarão todas as informações mínimas requeridas pelo PPRA. Já em outros casos, como para as empresas A e B, tem-se a impressão que o intuito do PPRA é apenas preencher o requisito legal de ter este documento formulado, deixando de lado a qualidade do mesmo.

Esta prática não fere apenas os requisitos legais, mas também a essência da necessidade legal de criação do PPRA, cujo intuito é identificar condições perigosas e direcionar as soluções para a criação de um ambiente de trabalho seguro e saudável.

Os níveis de ruído nocivos são identificados facilmente e na grande maioria dos casos é tecnicamente viável controlar o excesso de ruído aplicando tecnologia comercial, remodelando o equipamento, o processo ou adaptando os equipamentos ruidosos. Entretanto, com muita frequência nada é feito e há varias razões para isso. Em primeiro lugar, embora muitas soluções para controle de ruído sejam notavelmente econômicas, outras são muito caras. Uma das razões para a ausência de programas de conservação auditiva e do controle de ruídos é que o ruído é geralmente aceito como um "mal necessário" ou um aspecto inevitável do trabalho industrial. O ruído nocivo não "derrama sangue" e se os trabalhadores podem suportar a exposição nos primeiros dias ou semanas, muitas vezes têm a sensação de se "acostumar" com o ruído. No entanto, estes trabalhadores provavelmente já apresentam perda temporária da audição, o que reduz a sensibilidade auditiva durante a jornada de trabalho. Esta perda auditiva aumenta gradualmente ao longo dos meses e anos, passando despercebida em grande parte até que atinja grandes valores. Outro motivo para a falta de reconhecimento dos perigos da poluição sonora é que a deficiência auditiva envolve um estigma, sendo associada ao envelhecimento, lentidão mental e incompetência. Por isso, muitos trabalhadores relutam em reconhecer a perda auditiva.

6.6 Comparações dos resultados

As empresas A, B, D, E e G apesar de reconhecerem a exposição dos trabalhadores ao ruído e medir o nível de ruído para estas atividades não indicam em sua documentação os equipamentos de proteção auditiva, alertando apenas que devem ser utilizados. A empresa C selecionou em seu PPRA o modelo Thunder (CA 15245) para o operador de martetele e o modelo 1445 da 3M (CA 12255) para os outros setores. Estes equipamentos foram selecionados corretamente, pois constavam na lista de equipamentos selecionados pelo programa. A empresa F fornecia a seus funcionários o modelo K10 da marca Kalipso, cujo NRRsf é 10 dB (CA 14470). Este equipamento é inadequado, tanto pelo método NRRsf como pelo método longo, pois não fornece a proteção necessária.

Pode-se observar que, pela quantidade de equipamentos disponíveis na lista de equipamentos adequados selecionados pelo programa, é possível uma maior flexibilidade na escolha dos equipamentos. Esta flexibilidade pode proporcionar um maior conforto, pois os trabalhadores podem escolher, dentre as opções apresentadas pelo empregador, aquela que melhor se adapta. E pode significar uma economia para o empregador (uma vez que existem mais de 100 opções de protetores diferentes). O conforto é um fator essencial para o comprometimento e a utilização do EPI pelos trabalhadores e o fator econômico é determinante para o empregador na implantação de um programa de conservação auditiva. Com uma gama maior de equipamentos disponíveis para escolha, aumenta-se a possibilidade de se atingir uma situação ideal onde o trabalhador se sente confortável com seu protetor auditivo e o empregador consegue um bom custo/benefício por estes equipamentos. O programa também poderá ser utilizado para verificar se os equipamentos fornecidos pelas empresas foram bem selecionados, pois os equipamentos adequados aparecerão na lista e o usuário poderá conferir se seu equipamento está presente. As empresas analisadas podem ser divididas entre as que haviam selecionado corretamente, as que haviam selecionado incorretamente e as que não haviam selecionado equipamentos de proteção auditiva:

Os benefícios da utilização deste programa de computador podem ser observados de acordo com a situação de cada empresa. As empresas que haviam selecionado corretamente podem verificar se os seus equipamentos estão adequados conferindo a lista do programa, além disso, podem conseguir uma vantagem econômica ou ergonômica (maior número de equipamentos adequados) e diminuir o tempo despendido para a escolha dos protetores, liberando seus funcionários para outras tarefas. Os benefícios da utilização deste programa para as empresas que não haviam selecionado os equipamentos são maiores, pois além dos benefícios citados anteriormente estarão efetivamente protegendo seus trabalhadores. As empresas que selecionaram erroneamente seus equipamentos estão em uma situação mais grave, pois ficam com a falsa impressão de estarem protegendo seus funcionários e na realidade estarão sujeitos a problemas de saúde decorrentes da exposição acima dos limites ocupacionais.

6.7 Análise econômica simples

Conforme discutido no item anterior, propõe-se a seguir um exemplo simples de cálculo de possibilidade de ganho financeiro com aumento das possibilidades de escolha para os trabalhadores. Foram feitas cotações com empresas distribuidoras de EPIs, encontrando os valores dos equipamentos que a empresa adquiriu para seus funcionários, o modelo do equipamento utilizado na empresa se encontra na coluna “Equipamento Empresa” e o preço encontrado no mercado para estes equipamentos está na coluna ao lado da tabela 17.

Tabela 16 - Comparação entre preços dos equipamentos selecionados

Atividade	Equipamento Empresa	Preço	Equipamentos Software	Preço
Operador de marteleiro	Thunder L3 (C)	R\$88	Sperian L1 (C)	R\$40
			3M 1435 (C)	R\$56
			Peltor H9A (C)	R\$58
Motorista de caminhão			3M 1250 (M)	R\$2,50
Motorista de pá	3M-1445 (C)	R\$160	3M 1100 (P)	R\$1,00
carregadeira			Agna SPR (C)	R\$11

(C) denota protetor tipo concha, (P) denota protetor tipo plugue, (M) denota protetor de inserção pré-moldado

Foram selecionados 3 equipamentos da lista gerada pelo programa, que poderiam ser utilizados pelos trabalhadores nas funções analisadas. No caso do operador de marteleiro, o ruído é elevado e, portanto só podem ser utilizados os protetores do tipo concha. Neste caso foram selecionados equipamentos da mesma faixa de preço de 3 marcas diferentes. Já para as outras atividades da empresa puderam ser selecionados equipamentos de tipos diferentes (um de concha, um de espuma moldável e um pré-moldado) simulando uma situação onde o trabalhador poderia escolher qual dos protetores se adaptaria melhor. Foram cotados então alguns equipamentos selecionados pelo programa e observa-se que preços são inferiores aos equipamentos utilizados pela empresa.

A troca pelos equipamentos com custo inicial menor (descartáveis) pode ser economicamente vantajosa em relação aos equipamentos de custo inicial maior (concha) no curto prazo, mas é necessário observar os fatores anteriormente citados para uma análise em longo prazo.

Observa-se, porém, que é possível obter um ganho econômico com o maior número de equipamentos da mesma classe apresentados pelo programa.

.

7. Conclusões, recomendações e trabalhos futuros

Ao analisar a quantidade de equipamentos selecionados pelo programa para as atividades apresentadas e a flexibilidade (com possibilidade de ganhos econômicos e ergonômicos) que o programa proporcionaria, conclui-se que foi atingida uma das metas deste trabalho. A ferramenta simplifica a necessidade de se calcular atenuações e diminui significativamente o tempo necessário para se encontrar um conjunto de equipamentos que atendem aos requisitos de cada atividade onde há exposição ao ruído. A validação das saídas do programa criado pode ser comprovada, nos casos onde a seleção foi feita corretamente pela empresa, pela existência dos mesmos equipamentos selecionados pela empresa na lista de saída do programa. Nota-se também que a indicação de equipamentos feita pelo programa permite ao usuário selecionar equipamentos que estariam de acordo com outras normas (nacionais e internacionais), expandindo sua aplicabilidade a empresas que tenham padrões internos mais rigorosos do que os apresentados pela legislação brasileira.

São necessários testes reais, disponibilizando o programa para profissionais da área de segurança do trabalho, para constatar a funcionalidade do programa, assim como para verificar a dificuldade na utilização desta ferramenta e os benefícios que ela poderia trazer. Apesar do potencial de grande utilidade, o programa não é a solução para os problemas da utilização dos EPIs, como pode ser observada na análise dos documentos das empresas. A escolha técnica é, apesar de essencial, apenas parte da construção de um ambiente de trabalho saudável e seguro.

Melhorias futuras no programa poderiam incluir a inserção dos preços de cada equipamento para que o usuário pudesse diretamente ter acesso e utilizar filtros para escolher os produtos mais baratos que atendem a suas necessidades.

Está sendo feito um contato com 3 grandes empresas para teste e uso do programa e continuação do processo de validação.

8. Referências Bibliográficas

3M. **How to use noise reduction rating (NRR)**. EUA: 3M, 2000. 1 p.

3M. Saúde Ocupacional: Controle de Ruído. **Site da 3M do Brasil**, 2009. Disponível em:

<http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/SaudeOcupacional/Home/Solucoes/Ruido/?PC_7_RJH9U5230GE3E02LECFTDQ0BK3_nid=N9RWGGG9NDbeRNX0QRD7K8gl>. Acesso em: 13 julho 2009.

ACGIH. **Threshold limit values and biological exposure indices**. Cincinnati: ACGIH, 2008. 274 p.

ACGIH. About ACGIH. **Site da ACGIH**, 2009. Disponível em: <<http://www.acgih.org/about/>>. Acesso em: 6 30 2009.

ALMEIDA, S. I. C. D. et al. Historia natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. **Rev. Assoc. Med. Bras.**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 143-58, Junho 2000. ISSN 0104-4230.

ANSI. **S3.19 - Measurement of real-ear protection of hearing protectors and physical attenuation of earmuffs**. New York: ANSI, 1974.

ANSI. **S12.6 - Methods for measuring the real-ear attenuation of hearing protectors**. New York: ANSI, 1997.

ANSI. About ANSI. **Site da American National Standards Institute**, 2009. Disponível em: <www.ansi.org>. Acesso em: 06 julho 2009.

BILSON. Understanding ratings. **Sound source**, v. 1, n. 1b, p. 2, maio 2005.

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2006. 368 p.

BOTSFORD, J. H. How to estimate dBA reduction in ear protectors. **Sound and vibration**, v. 7, n. 11, p. 32-33, novembro 1973.

BRASIL. **Portaria n. 3214 de 08 de junho de 1978**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, Secretaria de Inspeção do Trabalho, 1978. 1 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma regulamentadora n. 3 - embargo ou interdição**. Última alteração dada pela portaria SSMT n. 6, de 09 de março de 1983 de 14 de 03 de 1983. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_03_at.pdf>. Acesso em: 14 out. 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora 9: programa de prevenção dos riscos ambientais**. Última alteração dada pela portaria SIT n. 25 de 29 de dezembro de 1994. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_09_at.pdf>. Acesso em: 30 junho 2009.

BRASIL. **Ordem de serviço INSS/DSS N. 608, de 5 de agosto de 1998**. Brasília: Ministério da Previdência Social, 1998a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora 7 - programa de controle médico de saúde ocupacional**. Última alteração dada pela portaria SSST n. 19 de 09 de abril de 1998b. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_07_at.pdf>. Acesso em: 06 julho 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora 6 - equipamento de proteção individual**. Última alteração dada pela portaria SIT n. 194 de 22 de dezembro de 2001. Disponível em: <www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_06.pdf>. Acesso em: 6 julho 2009.

BRASIL. **Instrução normativa INSS/DC N. 78 de 16 de julho de 2002**. BRASIL. ed. Brasília: INSS, 2002. Disponível em: <<http://www3.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/inss-dc/2002/78.htm>>. Acesso em: 2009 julho 13.

BRASIL. **Decreto n. 3048 - de 06 de maio de 1999 - alterado pelo decreto n. 4882 de 18 de novembro de 2003**. Brasília: Ministério da Previdência Social, 2003a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora 22 - Segurança e saúde ocupacional na mineração**. Última alteração dada pela portaria n.º 63 de 02 de dezembro de 2003b. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_22.pdf>. Acesso em: 06 julho 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego: Estrutura Organizacional. **Site do Ministério do Trabalho e Emprego**, Brasília, p. 12, 2004. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/institucional/regimento_interno.pdf>. Acesso em: 06 julho 2009.

BRASIL. Anuário Mineral Brasileiro 2006. **Departamento Nacional de Produção Mineral**, Brasília, 2006a. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=789>>. Acesso em: 30 jun. 2009.

BRASIL. **Perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR)**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 40 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora 15 - atividades e operações insalubres**. Última alteração dada pela portaria SIT n. 43 de 11 de março de 2008. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf>. Acesso em: 5 julho 2009.

BRASIL. Certificados de Aprovação. **Site do Ministério do Trabalho e Emprego**, Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/pesquisa/default.asp>>. Acesso em: 6 30 2009.

CARMO, L. I. C. **Efeitos do ruído ambiental no organismo humano e suas manifestações auditivas**. Goiania: CEFAC, v. 1, 1999. 45 p.

CCOHS. Ontarios basic certification training program. **Site da Worksafe Saskatchewan**, 1999. ISSN 0-7778-3688-2. Disponível em: <http://www.worksafesask.ca/files/ont_wsib/certmanual/ch_10.html>. Acesso em: 6 julho 2009.

CORRÊA FILHO, H. R. et al. Perda auditiva induzida pelo ruído e hipertensão em condutores de onibus. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, p. 693-701, junho 2002.

CSA. **Hearing protection devices, performance, selection, care and use**. Mississauga: CSA standards, v. 1, 2007.

EARLOG. **Hearing protector performance: how they work and what goes wrong in the real world**. Indianapolis: Aearo Company, v. 5, 1996. 4 p.

EARLOG. **Attenuation of earplugs worn in combination with earmuffs**. Indianapolis: Aearo Company, v. 13, 1996b. 2 p.

EUA. Product noise labeling, subpart B - hearing protective devices. In: **EUA Federal Register**. 211. ed. Washington: EUA, v. 44, 1979. Cap. 40, p. 56139-56147.

EUA. Preliminary regulatory impact analysis and preliminary regulatory flexibility analysis - proposed rule 30 CFR part 62. **Site da Mine Safety & Health Administration (MSHA)**, 1995. Disponível em: <<http://www.msha.gov/REGS/REA/NFLX1.HTM#16>>. Acesso em: 27 agosto 2009.

EUA. 30 Code of Federal Regulation part 62 - Occupational noise exposure. **MSHA - Mine safety and health administration**, 2000. Disponível em: <<http://www.msha.gov/30CFR/62.0.htm>>. Acesso em: 6 agosto 2009.

EUA. **Method for calculating and using the noise reduction rating - NRR**. Atlanta: NIOSH, 2009a. 11 p.

EUA. About OSHA. **Site da Occupational Safety and Health Administration**, 2009b. Disponível em: <<http://www.osha.gov/about.html>>. Acesso em: 06 julho 2009.

EUA. Noise Control Act | EPA History. **Site da Environmental Protection Agency**, 2009c. Disponível em: <<http://www.epa.gov/history/topics/nca/index.htm>>. Acesso em: 06 julho 2009.

EUA. Occupational noise exposure - 1910.95. **Site da OSHA**, Washington, 2009d. Disponível em: <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9735>. Acesso em: 10 14 2009.

EUROPEAN UNION. **Directive 2003/10/EC of the european parliament and of the council of 6 february 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)**. Bruxelas: Official journal of the european union, v. L42/38, 2003. 7 p.

FETCHER, L. D. et al. Promotion of noise induced cochlear injury by toluene and ethylbenzene in the rat. **Toxicological sciences**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 542-551, abr. 2007.

FLETCHER, H.; MUNSON, W. A. Loudness of a complex tone, it's definition, measurement and calculation. **The journal of the acoustical society of america**, Melville, v. 5, n. 1, p. 65, 1 jul. 1933.

FLSMIDTH. Ball mills. **Site da FLSMIDTH Minerals**, 2009. Disponível em: <<http://www.flsmidthminerals.com/Products/Grinding/Ball+Mills/Ball+Mills.htm>>.

Acesso em: 22 set. 2009.

FRANKS, J. R. **Prevalence of hearing loss for noise-exposed metal/nonmetal miners**. Cincinnati: U.S Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, NIOSH, 1997.

FRANKS, J. R. et al. Four earplugs in search of a rating system. **Ear & Hearing**, Philadelphia, v. 21, n. 3, p. 218-226, junho 2000.

FRANKS, J. R.; STEPHENSON, M. R.; C.J, M. **Preventing occupational hearing loss: a practical guide**. Cincinnati: U.S Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, NIOSH, v. 96-110, 1996.

FRANKS, J. R.; THOMAS, C. L. **The niosh compendium of hearing protection devices**. 1. ed. Cincinnati: NIOSH, 1994. 13 p.

FUNDACENTRO. **Norma de higiene ocupacional - avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. 1. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2001. 41 p.

FUNDACENTRO. Sobre a FUNDACENTRO. **Site da FUNDACENTRO**, 2009. Disponível em: <www.fundacentro.gov.br>. Acesso em: 06 julho 2009.

GABAS, G. C. C. **Análise crítica dos critérios de seleção de respiradores para particulados em ambientes de mineração**. São Paulo: USP, v. 1, 2008. 107 p.

GAUGER, D.; BERGER, E. H. **A new hearing protector rating: the noise reduction statistic for use with A weighting (NRSa)**. 2.5. ed. Washington: E-A-R/Aearo Company, v. 1, 2004. 78 p.

GERGES, S. N. Y. Eficiência dos protetores auditivos, cálculo simples ou método longo? **Revista CIPA**, São Paulo, v. 188, n. XVI, p. 30, 1 janeiro 1995. Disponível em: <http://www.lari.ufsc.br/publicacoes/cipa_240.pdf>. Acesso em: 6 agosto 2009.

GOLDPRICE. Gold purity. **Site da Goldprice**, 2009. Disponível em: <<http://goldprice.org/buying-gold/2007/07/gold-purity.html>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

HANSEN, C. H. Fundamentals of acoustics. In: WHO **Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control**. 1. ed. Geneva: world health organization, 1995. Cap. 1, p. 334.

HAUS HERR. Blast hole drilling machine. **Site da Haus herr system**, 2009. Disponível em: <<http://www.hausherr.de/en/hbm250.html>>. Acesso em: 22 set. 2009.

HSMC. Audiometry results & report. **Site da HSMC**, 2009. Disponível em: <http://www.hsmc.co.uk/uploads/images/audiogram_nihl.gif>. Acesso em: 2009 out. 14.

IBRAM. **Mineração sustentável**. 2a conferência de responsabilidade socioambiental da amazônia. Belém: IBRAM. 2007. p. 19.

ISO. **Acoustic - Guide to International Standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of it effects on human being**. Genebra: ISO, 1979. 7 p.

ISO. **Acoustics - hearing protectors - part 2: estimation of efective A-weighted sound pressure levels when hearing protectors are worn**. Geneva: ISO, 1994.

ISO. ISO 226:2003 Acoustics - normal equal-loudnesse-level contours. **Site da International organization for standardization**, 2003. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=34222>. Acesso em: 11 23 2009.

ISO. ISO/TS 4869-5:2006 - Acoustics -- Hearing protectors -- Part 5: Method for estimation of noise reduction using fitting by inexperienced test subjects. **Site da International Organization for Standardization**, 2006. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32305>. Acesso em: 06 julho 2009.

KROES, P.; FLEMING, R.; LEMPert, B. **List of personal hearing protectors and attenuation data**. Cincinnati: U.S. Dept of HEW: NIOSH, v. 76, 1975. 120 p.

LARGUESA. Software de medidor de pressão sonora. **Site de Ricardo Pupo Larguesa**, 2009. Disponível em: <http://www.larguesa.kit.net/MPS/projeto_mps.htm>. Acesso em: 06 Julho 2009.

LIMA, M. H. R. A indústria extrativa mineral: algumas questões socioeconômicas. In: CETEM **Tendências tecnológicas Brasil 2015**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. Cap. 4, p. 303-326.

LOBÃO, E. Panorama e desafios do setor mineral brasileiro. **Valor Econômico**, São Paulo, p. 3, maio 2008.

LOPES, A. S.; LAPA, C. R.; SILVA, S. C. **Avaliação do ruído ocupacional, gerado por perfuratrizes horizontais, na implantação de gasodutos**. São Paulo: PECE, 2005. 89 p.

MARQUES, F. P.; COSTA, E. A. Exposição ao ruído ocupacional: alterações no exame de emissões otoacústicas. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 359-369, Junho 2006. ISSN 0034-7299.

MICROSOFT. Microsoft SQL Server 2008. **Site da Microsoft**, 2008. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/brasil/servidores/sql/default.aspx>>. Acesso em: 22 outubro 2008.

MICROSOFT. Sistema de desenvolvimento Visual Studio. **Site da Microsoft**, 2009. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/pt-br/vstudio/products/default.aspx>>. Acesso em: 13 julho 2009.

MORITZ, C. T.; BRUCE, R. D. A history of hearing protection in the United States. **Journal of the Acoustical Society of America**, Melville, v. 95, n. 5, p. 2913-2913, maio 1994.

MOUDON, A. V. Real noise from the urban environment. **American journal of preventive medicine**, San Diego, v. 2, n. 37, p. 167-171, ago. 2009.

MSA. Proteção auditiva. **Site da MSA Brasil**, 2009. Disponível em: <http://www.msanet.com/brazilcatalog/catalog1442_pt_BR.html>. Acesso em: 13 jul. 2009.

NIOSH. **The NIOSH compendium of hearing protection devices**. Cincinnati: U.S Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, v. 95, 1994. 95-105 p.

NIOSH. Criteria for a recommended standard: occupational noise exposure. **The journal of the acoustical society of america**, Cincinnati, v. 101, n. 2, p. 950-963, fev. 1997.

NIOSH. **Equipment noise and worker exposure in the coal mining industry**. 1. ed. Pittsburgh: CDC, 2006. 85 p.

NIOSH. Determination of sound exposures. **Site do NIOSH**, 2009a. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/mining/products/product162.htm>>. Acesso em: 23 set. 2009.

NIOSH. About NIOSH. **Site do CDC**, 2009b. Disponível em: <>. Acesso em: 12 fevereiro 2009.

QUEST. Quest Technologies: NoisePro. **Site da Quest Technologies**, 2009. Disponível em: <http://questtechnologies.com/ProductCategory/Noise-Dosimeters_2.aspx>. Acesso em: 6 julho 2009.

RIBEIRO, F. S. N. et al. Processo de trabalho e riscos para a saúde dos trabalhadores em uma indústria de cimento. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 5, p. 1243-1250, set. 2002.

RIOS, A. L. **Implantação de um programa de conservação auditiva**. Ribeirão Preto: USP, 2007. 134 p.

ROBERGE, R. J. Evaluation of the rationale for concurrent use of N95 filterind facepiece respirators with loose-fitting powered air-purifying respirators during aerosol-generating medical procedures. **American Journal of Infection Control**, Pittsburg, PA, U.S.A, v. 32, n. 2, p. 135-141, Março 2008.

ROBINSON, D. W.; DADSON, R. S. A re-determination of the equal-loudness relations for pute tones,. **British journal of applied physics**, London, v. 7, n. 1, p. 166-181, fev. 1956.

SERRA, F. Propagação de ondas. **Site da e-escola do instituto superior técnico**, 2008. Disponível em: <<http://www.e-escola.pt/topico.asp?id=477&ordem=2>>. Acesso em: 11 23 2009.

STANDARDS AUSTRALIA. **Acoustics - Hearing protectors**. 1. ed. Sydney: Standards australia international LTDA, v. 1, 2002. 7 p.

STELLMAN, J. M.; BAUM, S. M. **Trabalho e saúde na indústria**. São Paulo: EDUSP, v. 1 e 2, 1975.

STEPHENS, J. R. The odyssey vs. Ulysses. **The odyssey vs. Ulysses**, 1997. Disponível em: <<http://www.whoosh.org/issue17/stephen1.html>>. Acesso em: 06 julho 2009.

TACHIBANA, I. K. **Instrumentação em higiene ocupacional em uma pedreira na região metropolitana de São Paulo**. São Paulo: USP, v. 1, 2009. 134 p.

WITT, C. L. Turn down the noise. **Advances in neonatal care**, Glenview, 31 out. 2008. 3-4.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BRYCE, E. et al. What do healthcare workers think? A survey of facial protection equipment user preferences. **Journal of hospital infection**, Vancouver, v. 68, p. 241-247, dez. 2008.

BUCHWEILLER, J. et al. Safety of electronic circuits integrated into personal protective equipment (PPE). **Safety Science**, v. 41, p. 395-408, 2003.

CHI, C. F.; YANG, C.; CHEN, Z. In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. **International journal of industrial ergonomics**, Clemson, v. 10, p. 12, dez. 2007.

ENDO, S. et al. Risk of facial splashes in four major surgical specialties in a multicentre study. **The hospital infection society**, London, v. 67, n. 1, p. 56-61, maio 2007.

GREENLAND, K. B. et al. Personal protection equipment for biological hazards: does it affect tracheal intubation performance? **Resuscitation**, Bath, v. 74, n. 1, p. 119-126, out. 2007.

LEHTO, M. R. The influence of chemical warning label content and format on information retrieval speed and accuracy. **The journal of safety research**, Itasca, v. 29, n. 1, p. 55-63, 1 jul. 1998.

MALAPANE, N.; SHABA, M. COmparison of functional performance of a soldier in full chemical and biological protection versus battle dress. **International journal of industrial ergonomics**, v. 27, p. 393-398, 2001.

ANEXO I

Higiene Ocupacional
-3

CNPI /0001-00 - Insc. Municipal

AValiação dos Níveis de Ruído
LTD.A

EMPRESA: _____
DATA: Junho de 2008

Pos	Local Atividade	Níveis de Ruído Atividade dB(A)	Níveis de Ruído Atividade dB(C)	Exposição diária (hora)	Condições do Limite Permissível	Máxima Exposição Diária Permissível	Níveis Atividade Permissível dB(A)	Níveis Atividade Permissível dB(C)
01	Validadora - Entrada	80		08:00	Atende	08:00	85	
02	Validadora - Saída	79		08:00	Atende	08:00	85	
03	Tomo	79		08:00	Atende	08:00	85	
04	Empacotamento de Medicamentos	74		08:00	Atende	08:00	85	
05	Farmo	78		08:00	Atende	08:00	85	
06	Bolador	98		08:00	Não Atende	01:15	85	
07	Montão	94		08:00	Não Atende	02:15	85	
08	Carragem	76		08:00	Atende	08:00	85	

2.891
Higiene Ocupacional
Ergonomia

111 a - Olinda - PE- CEP - Fone/Fax:(0xx81) - e-mail: br

ELABORADOR E COORDENADOR DO PROGRAMA

Elaborador do PPRA 2007 / 2008: - I _____ - Técnico de Segurança do Trabalho Mtb L _____ e I _____ Técnico de Segurança do Trabalho Mtb.

Conforme disposto no item 9.3.1.1 – A elaboração, implementação, acompanhamento e avaliação do PPRA, poderão ser feitas pelo Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho SESMT ou por pessoa ou equipe de pessoas que, a critério do empregador, sejam capazes de desenvolver o disposto nesta NR.

O trabalho deve ser implantado pelo Coordenador do PPRA da Empresa, (_____) S/A.

DOCUMENTO BASE E DESENVOLVIMENTO DO PPRA

O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais P.P.R.A. foi elaborado de acordo com as diretrizes estabelecidas na NR 9 pela Portaria SSMT 25/ 94 de 29.12.94, DOU 30.12.94 e republicada em 15.02.95.

O PPRA é parte integrante de um conjunto de ações e iniciativas da empresa focando a preservação da integridade física dos trabalhadores, devendo estar intimamente articulada com as demais normas da Portaria 3214/78 em suas NR(a) relacionadas com a área de Segurança e Medicina do Trabalho, em particular com a NR 7 Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional – PCMSO.

O objetivo é fornecer parâmetros legais e técnicos levando em consideração os requisitos de proteção e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais através da **Antecipação, Reconhecimento, Avaliação** e consequentemente ao **Controle** da ocorrência de **Riscos Ocupacionais** existentes e que venham a existir no ambiente de trabalho.

Este laudo está contemplando informações necessárias sobre a característica de cada setor, máquinas e equipamentos instalados na planta, as funções desenvolvidas por cada trabalhador exposto, características das atividades desenvolvidas, medidas de controle e proteção utilizadas, reconhecimento e avaliação dos riscos ambientais existentes, bem como, as recomendações pertinentes a cada uma delas.

No Programa de Prevenção de Riscos Ambientais PPRA – NR 9 estão contidas todas as informações necessárias para o devido planejamento, controle e cronograma de ações a serem definidas pela administração.

Recomendamos que seja feita uma análise do Programa anualmente a fim de avaliar seu desenvolvimento e estabelecimento de novas metas.

Toda documentação referente ao PPRA deverá ser apresentada e discutido nas reuniões de CIPA (quando houver), devendo cópias dos mesmos serem anexadas as atas, devendo ser mantida mantida arquivada por um período de no mínimo 20 anos.

A empresa deverá definir responsáveis para a condução dos objetivos propostos a fim de assegurar o real cumprimento dos mesmos.

P.P.R.A. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

C

Pedreira C. Ltda.
[Redacted] s/n - Bairro [Redacted]
[Redacted] - SP - CEP: [Redacted] 1
C.N.P.J. [Redacted] -59 - Inscrição Estadual [Redacted] 2

- ☐ Conforme item 9.2.1.1 da NR-9 a análise desse PPRA **expira em 30/07/2009** e deverá ser reavaliada durante a vigência, para realização de ajustes necessários, caso ocorra modificação significativa no ambiente.

[Redacted] Ltda.
Rua [Redacted] - Centro - [Redacted] SP - CEP: [Redacted] 0 - fone: (19) [Redacted] 2
Site: [www.\[Redacted\].com.br](http://www.[Redacted].com.br) e E-mail: [Redacted]

[REDACTED] LTDA
PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS
[REDACTED] S. A.
CNPJ [REDACTED] 9

1. DADOS DA EMPRESA

1.1 Empresa : [REDACTED] S. A.

1.2 Endereço: [REDACTED] s/n.º Km [REDACTED] - [REDACTED] - RJ

1.3 Descrição da atividade: Extração de brita para construção civil
CNAE: 14.10-9 GRAU DE RISCO: 04

1.4 Data de início das atividades: Outubro de 2004

1.5 Número de trabalhadores: Efetivo da empresa = 13
Efetivo previsto de contratadas = 40

1.6 Responsável técnico: [REDACTED]

1.7 Responsabilidades:

1.7.1 Do Empregador -

A [REDACTED], deverá estabelecer, implementar e assegurar o cumprimento do **PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS (PGR)**, como atividade permanente da empresa. Deverá nomear um responsável para implementar, acompanhar e avaliar o respectivo programa.

1.7.2 Dos Trabalhadores:

Todos os **TRABALHADORES** devem colaborar e participar na implantação e execução do **PGR**. Seguir as orientações recebidas nos treinamentos oferecidos dentro do **PGR**, informar ao seu superior hierárquico direto ocorrências que, a seu julgamento possa implicar em riscos à saúde dos trabalhadores.

1.7.3 Do Elaborador:

É de responsabilidade da [REDACTED], a confecção do **PGR** de acordo com a metodologia contemplada na NR 22 da portaria 2.037 de 15/12/1999 do Ministério do trabalho e emprego.

2. PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS

Como um programa de segurança e saúde que deve obedecer às normas regulamentadoras (principalmente a NR-22) e integrar a segurança e a saúde no trabalho as atividades na mineração.

2.1 Objetivos do Programa

- Preservar a saúde e a integridade física dos trabalhadores, visitantes e transeuntes;
- Definir atribuições e responsabilidades para garantir a segurança no processo produtivo;
- Recomendar as medidas de controle que evitem ações e situações de risco;
- Recomendar medidas que reduzam ao máximo possível os riscos de acidentes e doenças ocupacionais, Informar e treinar os trabalhadores quanto às normas de segurança e saúde no trabalho.

4

Empresa : Mineração		Número de Expostos:
Setor : Usina de Beneficiamento		
Cargo : Arrumador de Carga (Braçais)		
Atividades	% de tempo	Análise de Riscos
<ul style="list-style-type: none"> - Retirar saco de calcário da esteira, fazer empilhamento, efetuar arrumação da carga na carroceria e fazer enlombamento de caminhões. - Realizar serviços gerais de limpeza no pátio de empresa (capina e organização). <p>Obs.: Período de ensaque é de maio a setembro contínuo, demais períodos o ensaque é eventual.</p>	100	<ul style="list-style-type: none"> - Exposição a dose excessiva de ruído, com nível equivalente da ordem de 93 dB(A), sem proteção adequada. - Exposição das vias respiratórias a poeiras minerais, sem proteção adequada. - Não há indícios de exposição a outros agentes ambientais (físicos, químicos e biológicos).
Recomendações		
<ul style="list-style-type: none"> - Adotar o uso do(s) seguinte (s) EPI(s), acompanhado de treinamento específico: <ul style="list-style-type: none"> Proteção auditiva adequada, com NRR mínimo de 18 dB(A); (*) Proteção respiratória (conforme instrução normativa 01/84 do MTb) (*) - Promover avaliação quantitativa periódica da exposição ocupacional aos agentes citados nas análises de riscos. 		
<p>Caracterização das condições de trabalho segundo a Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho em sua Norma Regulamentadora nº 15 e 16.</p> <p>INSALUBRIDADE em Grau Médio (20%) - Anexo nº 01 - Ruído.</p> <p>INSALUBRIDADE em Grau Máximo (40%) - Anexo 13 - Silica.</p> <p>NÃO PERICULOSA</p>		
<p>CONCLUSÃO TÉCNICA CONFORME DECRETO Nº 3048/99 DO INSS</p> <p><small>Os ocupantes desta função estão expostos a agentes nocivos.</small></p>		
<p>OBSERVAÇÃO</p> <p><small>(*) neutraliza a ação dos agentes insalubres a luz da Portaria 3214/78 do MTb (NR 15, item 15.4)</small></p> <p><small>A caracterização acima é válida enquanto as condições de trabalho permanecerem como aquelas observadas e informadas durante os levantamentos de campo.</small></p>		
Abril/2005	Consultor Técnico Co-Executor	Engenheiro de Segurança/Responsável Técnico SSMT/MTb - CREA -

Fone/Fax: 41 - PR

Fone/Fax: 47 - 50m

Fone/Fax: 11 - 27

CNPJ {

12.3 Avaliações dos níveis de pressão sonora em dB :

Ambiente Serviço Avaliado	Função N.º de expostos	Risco Agente	Fonte geradora	Nível encontrado	Tempo de exposição	Dose (%)	Nível de Equivalência	LT NR	Análise da Situação
Administração	Gerente (01)	Físico Ruído	Ambiente	61 dB (A)	9h	0,6%	63 dB(A)	85 dB(A)	Situação satisfatória
	Assist. Adm. (01)	Físico (Ruído)	Ambiente	61 dB (A)	9h	0,6%	63 dB (A)	85 dB(A)	Situação satisfatória
Expedição	Assist. de Expedição (02)	Físico (Ruído)	Ambiente	79 dB (A)	8h	44%	79 dB(A)	85 dB(A)	Situação satisfatória
Vendas	Assist. Adm. De Vendas (01)	Físico (Ruído)	Ambiente	79 dB (A)	8h	44%	79 dB(A)	85 dB(A)	Situação satisfatória
Vendas	Vendedor Pleno (01)	Físico (Ruído)	Ambiente	79 dB (A)	8h	44%	79 dB(A)	85 dB(A)	Situação satisfatória
Britagem	Coord. de Produção (01)	Físico (Ruído)	Ambiente	89 dB (A)	8h	178%	89 dB(A)	85 dB(A)	
Manutenção	Mecânico (03) Eletricista (01) Ajudante (01)	Físico (Ruído)	Ambiente	89 dB (A)	8h	178%	89 dB(A)	85 dB(A)	
	Téc. em Mineração (Rodrigo)	Físico (Ruído)	Ambiente	83 dB(A)	8h	93%	83 dB(A)	85 dB(A)	Situação de alerta
Automação	Téc. em Mineração (Amilton)	Físico (Ruído)	Ambiente	85 dB(A)	8h	102%	85 dB(A)	85 dB(A)	Situação de alerta
Técnico	Assist. Técnico (01)	Físico (Ruído)	Ambiente	78 dB(A)	3h	36%	84 dB(A)	85 dB(A)	Situação de alerta
Serviços Gerais	Al. de Serv. Gerais (02)	Físico Ruído	Ambiente	55 dB(A)	8h	0,4%	58 dB(A)	85 dB(A)	Situação satisfatória