



Analysis of the Efficiency of Hearing Protectors to Sound Pressure Levels Applied in Mechanical Manufacturing Processes of a PIM company

Mércio Filho Maquiné Vieira¹, Antônio Cláudio Kieling², David Barbosa de Alencar³, Jorge Almeida Brito Júnior⁴, Carlos Alberto Oliveira de Freitas⁵, Mauro Cesar Aparício de Souza⁶

^{1,2} Departamento de Mecânica. Universidade do Estado do Amazonas (UEA) - Av. Darcy Vargas, 1.200. Manaus/AM.

^{3,4,5} Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Av Joaquim Nabuco, 1950 – Centro, Manaus/AM.

⁶ Coordenação de Engenharia. Centro Universitário FAMETRO. Av. Constantino Nery, 3204. . Manaus/AM.

Email: mercio2006@yahoo.com.br, david002870@hotmail.com.br, jorgebritojr@gmail.com, caofreitax@gmail.com, mcas1691@gmail.com

ABSTRACT

Received: July 29th, 2018.

Accepted: August 01th, 2018.

Published: September 30th, 2018.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Auditory protector, ear protector or auricular protector is an Individual Protective Equipment (EPI) manufactured to be used in the external ear canal, protecting the inner ear canal from exposure to noise, impurities, excessive wind or cold. Most of the time, such personal protection equipment is used by workers from industries exposed to various sources of noise for long periods of time, in addition to these, musicians often wear ear protectors to prevent loud noise at concerts. Acoustic hearing protectors are classified with "noise reduction rates" that allow the choice of type of protection according to the level of decibels to which the individual will be exposed. However, due to the diversity of noise ranges in the same machine or mechanical manufacturing process machine, and because the acquisition of such equipment by the employer is often adopted without prior analysis of its attenuation power, The objective of this study was to analyze, through a case study, the efficiency of hearing protectors, the spectrum of octave bands, and the sound pressure levels applied in mechanical manufacturing processes in a company located in Manaus.

Keywords: Auditory protector; Mechanical manufacturing processes; Noise; EPI; Octave bands.

Análise da Eficiência de Protetores Auditivos aos Níveis de Pressão Sonora Aplicados em Processos de Fabricação Mecânica de uma Empresa do PIM

RESUMO

Protetor auditivo, protetor de ouvido ou ainda protetor auricular é um equipamento de proteção individual (EPI) fabricado para ser utilizado no canal auditivo externo, protegendo o canal auditivo interno à exposição de ruídos, entrada de impurezas, vento excessivo ou friagem. Na grande maioria das vezes, tal equipamento de proteção individual, é utilizado por trabalhadores de indústrias expostos a diversas fontes de ruído, por longos períodos de tempo, além desses, músicos, muitas vezes usam protetores de ouvido para se prevenirem do alto som nos concertos. Os protetores auditivos com finalidade acústica são classificados com "taxas de redução de ruído" que possibilitam a escolha do tipo de proteção de acordo com o nível de decibéis ao qual o indivíduo estará exposto. Entretanto, devido à diversidade de faixas de ruídos existentes num mesmo equipamento ou máquina de processo de fabricação mecânica e, pelo fato de muitas das vezes a aquisição de tal equipamento pelo empregador, ser adotada sem uma análise prévia do seu poder de atenuação, estabeleceu-se o objetivo de analisar, através de um estudo de caso, a eficiência dos protetores auditivos, ao espectro de bandas de oitava, e aos níveis de pressão sonora aplicados em processos de fabricação mecânica, no âmbito de uma empresa localizada em Manaus.

Keywords: Protetor auditivo; Processos de fabricação mecânica; Ruídos; EPI; Bandas de Oitava.

I INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria metalmeccânica busca novos meios de aprimoramento tecnológico, a fim de executar suas atividades com mais qualidade e produtividade, é de suma importância a inovação e a adoção de medidas cautelares que visem a saúde e a segurança do colaborador no seu âmbito de trabalho. Desenvolver uma atividade em um ambiente sadio e propício, onde o mesmo atenda às exigências da legislação de segurança é o sonho de qualquer trabalhador. Infelizmente, a adoção de medidas de segurança em muitas empresas tem deixado a desejar, e por mais fiel que seja às leis do trabalho, o empregador muitas vezes tem adotado critérios errôneos para selecionar equipamentos de proteção para seus empregados. O resultado é o aumento de passivo trabalhista e ações indenizatórias, devido à atenuação insuficiente de um protetor auditivo inadequado para funções específicas.

Neste contexto, demonstrar essa realidade com o intuito de analisar a eficiência e a melhor seleção de protetores auriculares, através de um levantamento bibliográfico e um estudo de caso, em empresa de processo de fabricação mecânica, por meio de um decibelímetro com filtro de banda de oitava e dosímetro, é o que motivou o desenvolvimento deste projeto. Pois, mesmo com todo o aparato de prevenção de acidentes e doenças decorrentes da exposição de altas doses de ruído, as técnicas e análise de critérios equivocados ainda é uma preocupação constante, por parte do profissional de segurança e saúde do trabalho.

A questão que surge é: Quais equipamentos são mais indicados para atenuação de ruído contínuo, nos processos de fabricação mecânica, e como saber se tais equipamentos atenuadores (protetores auditivos) adotados em empresa de tal segmento, estão de acordo com os níveis de pressão sonora contínuos e perfil de bandas de oitava geradas pela fonte do ruído?

Para responder tal questão, este trabalho teve o objetivo de Avaliar se os protetores utilizados em processos de fabricação específicos estão de acordo com os níveis de pressão sonora contínuos e perfil de bandas de oitava gerados pelas fontes de ruído. Para que isso fosse possível, foi realizado as seguintes etapas: Identificar as fontes de ruídos contínuo em empresa de processos de fabricação mecânica; medir através de um dosímetro com filtro banda de oitava, o nível de pressão sonora e o espectro de bandas de oitava das fontes de ruído; realizar dosimetria em população amostral de trabalhadores expostos a diversos tipos de ruídos em seu ambiente de serviço; avaliar a eficiência dos modelos de protetor auricular por meio de método longo.

II REFERENCIAL TEÓRICO

II.1 ACIDENTES E DOENÇAS DO TRABALHO

Algumas pesquisas indicam que acidentes ocupacionais graves são responsáveis por um grande número de mortes e incapacidades, tal fato demonstra um dos maiores problemas relacionados ao trabalho [1]. Entretanto, na maioria das vezes tais acidentes, são evitáveis. O conhecimento acerca do número de acidentes as suas principais causas, seu âmbito geográfico e seu setor econômico, é o ponto inicial para se estabelecer e definir medidas de correção de condições que aumentem o risco de acidentes.

Além do sofrimento familiar, acidentes e doenças do trabalho constituem impacto negativo tanto para economia quanto para a produtividade na indústria. Já que o colaborador é o principal ativo de uma empresa que visa manter-se num mercado

competitivo. Nos últimos anos inúmeras pesquisas revelam um aumento significativo nos custos diretos (despesas médicas e reabilitação) e indiretos (ausência no trabalho e indenizações) de doenças e acidentes relacionados ao trabalho.

No ano de 2004, no Brasil a cada 1000 trabalhadores do ramo industrial, 28,8 se acidentaram, encabeçando o topo dessa lista estão estados da região norte do país, tais como Tocantins, Rondônia e Pará onde houve uma maior incidência no âmbito geral. Apesar da elevada taxa de acidentes típicos ao trabalho existe também em menor grau, todavia, não menos preocupante, um elevado índice de doenças relacionadas ao trabalho entre os quais se destacam estados como Bahia (4,2 incidências para cada 1000 trabalhadores) e Amazonas (3,1 incidências para cada 1000 trabalhadores), revelando desse modo a prioridade em se realizar medidas estratégicas visando uma maior redução desses índices tão alarmantes [2].

A aprovação da metodologia do Nexo Técnico Epidemiológico (NTEP), decretada pelo Governo em 2006, é um avanço na implantação de providências corretivas e preventivas de acidentes e doenças no trabalho. Tal metodologia visa identificar doenças e acidentes relacionadas à determinada atividade profissional. Através do NTEP, uma vez que o colaborador adquira alguma doença diretamente ligada à sua profissão, fica caracterizado o acidente de trabalho. Nos casos de lesão ou enfermidade estatisticamente relacionadas com a atividade profissional, o NTEP julgará tal eventualidade como acidente de trabalho, sendo assim requerido o benefício acidentário. Por meio dessa medida protetiva empresas são impulsionadas a investirem de modo mais incisivo na Segurança e Saúde dos seus colaboradores. Uma vez que isso resultará na redução de alíquotas da contribuição do Seguro de Acidente de Trabalho (SAT) em empresas com menor índices de acidentes e aumento nas alíquotas naquelas com maior incidência.

II.2 SOM E RUÍDO

Para [3], o som se caracteriza por flutuações de pressão em um meio compreensível. A sensação de som só ocorre quando a amplitude dessas flutuações e a frequência com que elas se repetem estiverem dentro de determinadas faixas de valores. E, que na prática a geração do ruído é causada pela variação da pressão ou da velocidade das moléculas do meio.

Segundo [4], o som é a sensação produzida no sistema auditivo, e ruído é um som sem harmonia, geralmente de conotação negativa.

Para [5], fisicamente, o som é um fenômeno vibratório resultante de variações da pressão do ar. Essas variações de pressão se dão em torno da pressão atmosférica e se propagam longitudinalmente, à velocidade de 344 m/s para 20° C. Ainda segundo [3], na faixa de frequências de 20 a 20000 Hz as ondas podem ser audíveis ao ouvido humano. E, a amplitude de pressão acústica $P(t)$ se refere à magnitude da flutuação de pressão total $P_t(t)$ em comparação com a pressão atmosférica estática P_a (1000 milibares em condições normais de temperatura e pressão).

$$P(t) = P_t(t) - P_a \quad (1)$$

A propagação do som se dá através de diferentes meios materiais, por meio de contrações e expansões que provocam esse tipo de onda. A partir de então, conclui-se que a velocidade do som está intimamente ligada ao meio de sua propagação, temperatura e pressão. E, pode ser calculada pela equação:

$$V = \sqrt{1,4P/D} \quad (2)$$

Onde P é a pressão atmosférica e D a densidade no SI. Se tomarmos $P=10^5$ Pa e $D=1,18$ kg/m³, obteremos a velocidade de $V=344,44$ m/s.

Em outras palavras, a velocidade do som pode ser determinada pela raiz quadrada da primeira derivada da pressão em relação à densidade do fluido.

$$C^2 = \delta P / \delta \rho \quad (3)$$

Onde C é a velocidade P é a pressão atmosférica e ρ é a densidade do fluido.

II.3 ESPECTRO SONORO

O conjunto de infrassons, sons audíveis e ultrassons denomina-se espectro sonoro. Infrassons possuem uma frequência inferior a 20 Hz. Sons audíveis para o ser humano possuem uma frequência de 20 Hz a 20000 Hz. Ultrassons possuem uma frequência acima de 20000 Hz. Infrassons possuem ondas de menor frequência e de maior comprimento enquanto que ultrassons possuem ondas de maior frequência e menor comprimento.

Para [4], sons graves possuem frequência inferior a 200 Hz; sons médios frequências entre 200 Hz e 2000 Hz; e sons agudos frequências acima de 2000 Hz. De acordo com LIMA 2011, o que permite classificar um som como grave ou agudo chama-se altura e a propriedade do som responsável pelo Nível de Pressão Sonora (NPS) denomina-se intensidade. A intensidade está diretamente ligada à amplitude (pressão) da onda sonora enquanto que a altura está diretamente ligada à frequência do som. Sons com baixas frequências é dito como grave e som de altas frequências é dito como agudo.

Conforme [4], o nível de pressão sonora de um espectro de frequências de uma onda sonora pode ser realizada por meio de um decibelímetro com filtro de bandas de 1/1 oitava, conforme a equação a seguir:

$$\begin{aligned} \text{NPS}_{\text{st}} = & 10 \log_{10} \left[10^{\left(\frac{\text{NPS}_{125\text{Hz}}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{250\text{Hz}}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{500\text{Hz}}}{10}\right)} + \right. \\ & 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{1\text{kHz}}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{2\text{kHz}}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{4\text{kHz}}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{500\text{Hz}}}{10}\right)} + \\ & \left. 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{1\text{kHz}}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{2\text{kHz}}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{\text{NPS}_{3,5\text{Hz}}}{10}\right)} \right] \quad (4) \end{aligned}$$

II.4 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS)

Para [3], a 1000 Hz a intensidade acústica capaz de causar a sensação de dor é 10^{14} vezes a intensidade acústica capaz de causar a sensação de audição. Nesse caso usa-se escala logarítmica para expressar números de ordens de grandeza tão diferentes cuja unidade é o decibel dB. Um valor de divisão adequado seria log10. Ao valor de divisão de escala log10, dá-se o nome de Bel. Um Bel é igual a 10 decibéis. Portanto, um decibel equivale a $10^{0,1}=1,26$. Para uma mudança de 3 dB, ou seja, $10^{0,3}=2$, observa-se, praticamente, o dobro da intensidade sonora. Abaixo segue a equação para se calcular o nível de intensidade acústica (NI):

$$NI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (5)$$

Onde:

I é a intensidade acústica em Watts/m²

I_0 é a intensidade de referência = 10^{-12} Watts/m²

I_0 corresponde, aproximadamente, a intensidade de um tom de 1000 Hz que é levemente audível pelo ouvido humano normal.

O nível de pressão sonora é dada pela equação:

$$\text{NPS} = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (6)$$

$$P_0 = \sqrt{\rho \cdot c} = \sqrt{415 \times 10^{-12}} = 0,00002 \text{ N/m}^2 \quad (7)$$

Onde P_0 é o valor de referência e corresponde ao limiar de audição em 1000 Hz.

II.5 NÍVEL TOTAL DE PRESSÃO SONORA

Pode ser identificado através de um medidor sonoro sem filtros (decibelímetro comum) e corresponde a uma medida global simples (Raiz Média Quadrática). Fornecendo apenas um nível em dB ou dB(A) sem informações sobre a distribuição deste nível nas frequências.

II.6 NÍVEL SONORO EQUIVALENTE

Eventuais danos à audição estão ligados não somente aos níveis sonoros de determinada fonte de ruído, mas, também ao tempo de sua exposição.

Uma exposição de um minuto a 100 dB não é tão prejudicial quanto uma exposição de 60 minutos à 90 dB. A relação entre diversos NPS e diferentes tempos de exposição é feita pelo Nível Equivalente de Ruído – Leq, o qual representa a integração do som durante um determinado intervalo de tempo, e pode ser representado pela seguinte equação:

$$\text{Leq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{P^2(t)}{P_0^2} \right] dt \right) \quad (8)$$

Onde:

T é o tempo de integração;

P(t) é a pressão acústica instantânea;

P_0 é a pressão acústica de referência (2×10^{-5} N/m²)

Leq representa o nível contínuo (estacionário) equivalente em dB(A), que tem o mesmo potencial de lesão auditiva que o nível variado considerado.

As normas ISO/1.995 1.999 definem o método para se calcular o Nível equivalente de ruído (Leq) existindo medidores de doses de ruídos podendo ser fixos ou portáteis (dosímetros). Dosímetros portáteis podem ser colocados no bolso de um trabalhador, com o microfone alocado próximo ao seu ouvido, e tem a finalidade de verificação da dose máxima permitida que segundo portaria brasileira 3214 /78 equivale a 85 dB (A) para uma jornada de trabalho de 8 horas.

II.7 EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

Conforme disposição da Internacional Standard Organization (ISO), ruído contínuo ocorre quando as variações são desprezíveis durante o período de observação; até ± 3 dB. Ruído intermitente ocorre quando as variações são apreciáveis durante o período de observação; superior a ± 3 dB. Ruído de impacto ou impulso ocorre quando os picos de energia acústica têm duração inferior a um segundo.

De acordo com a NR-15 sobre Atividades e operações insalubres portaria 3214 / 78 entende-se por ruído contínuo ou intermitente, para os fins de aplicação de Limites de Tolerância, o ruído que não seja de impacto.

As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente.

Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (SLOW). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador. Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que a soma das seguintes frações seja:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (9)$$

Onde C_n indica o tempo total que o trabalhador fica exposto a um ruído específico, e T_n indica a máxima exposição diária permissível a este nível.

II.8 PERDA AUDITIVA DE ORIGEM OCUPACIONAL

No dia 9 de Abril de 1998 foi publicada a portaria 19, do Ministério do Trabalho que define como perda auditiva por níveis de pressão sonora elevados as alterações dos limiares auditivos, do tipo sensorineural, decorrente da exposição sistemática a níveis de pressão sonora elevados. Ocasionalmente irreversibilidade mesmo cessada a exposição e progressão gradual com o tempo de exposição a fontes de ruído.

Outros sinais e sintomas do PAIR são: Algiacusia; sensação de audição abafada; dificuldade de localização da fonte sonora; transtornos da comunicação; alterações do sono; transtornos neurológicos; transtornos vestibulares; transtornos digestivos; transtornos comportamentais; transtornos cardiovasculares; transtornos hormonais.

O ruído configura-se em um risco presente nos ambientes de trabalho podendo ser prejudicial à saúde física e psicológica do trabalhador. Acarretando efeitos nocivos temporários ou permanentes. Por essa razão medidas protetivas são de extrema importância, devendo ser realizados programas que eliminem fontes causadoras da PAIR ou que visem diminuir seus níveis de ruído. Uma das principais tomadas de ação é a utilização de EPI's. Cabendo ao empregador em conjunto com profissionais legalmente habilitados em Segurança e Saúde do Trabalho, a correta seletividade e distribuição de equipamentos de proteção individual aos seus empregados, de forma a maximizar o poder de atenuação de ruídos, garantindo dessa forma, um ambiente propício às atividades de seus colaboradores.

II.9 EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

A legislação que trata da Saúde e Segurança do Trabalho é estabelecida pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

Conforme disposição da Lei 6.514 / 77 seção IV, cabe à empresa fornecer o EPI gratuitamente ao trabalhador, com Certificado de Aprovação (CA) emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Art. 166 – “A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, equipamentos de proteção individual adequado ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento, sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes e danos à saúde dos empregados”.

As Normas Regulamentadoras 6 e 9, do MTE, são as normas que regulamentam o uso do EPI.

Quando as técnicas de eliminação ou controle de ruído são inviáveis técnicas e/ou economicamente, ou até que as ações de eliminação ou redução de ruído sejam implantadas, recomenda-se o uso de protetor auditivo individual para garantir a integridade da audição dos trabalhadores expostos a níveis elevados exposição.

Conforme NR-6 A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

- Sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho; (206.002-7/I4)
- Enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e, (206.003-5 /I4)
- Para atender a situações de emergência. (206.004-3 /I4)

II.10 PROTETORES AURICULARES

Para [3], quando as técnicas de controle de ruído não são disponíveis de imediato, ou até que ações sejam tomadas para a redução do ruído até o limite permitido, o protetor auditivo ou auricular de uso individual se apresenta como um dos métodos comuns e práticos para reduzir a dose de ruído. Este tipo de solução não deve ser considerado como definitivo, devido às características intrínsecas dos protetores, tais como: pouco conforto, dificuldade de comunicação verbal.

Para o bom funcionamento do protetor auditivo o mesmo deve oferecer uma proteção eficaz ao ouvido interno já que danos auditivos ocorrem geralmente nessa região, além disso, é de extrema importância que o trabalhador aceite usá-lo corretamente, mantendo-o alocado no ouvido durante sua jornada de trabalho.

Ainda segundo [3], os parâmetros principais para a seleção do protetor auditivo são:

- Conforto;
- Nível de redução de ruído (NRRsf) do protetor;
- Tipo do ambiente, especificamente as condições ambientais (temperatura, umidade, poeiras);
- Tempo de uso;
- Compatibilidade com outros equipamentos de segurança;

Os EPI's para proteção auditiva (equipamento de proteção auditiva – EPA) pode ser dividido em três tipos: protetor auditivo circum-auricular; protetor auditivo de inserção; protetor auditivo semiauricular [6].

II.10.1 PROTETORES AURICULARES TIPO INSERÇÃO MOLDÁVEL

São protetores fabricados de materiais, tais como: algodão parafinado, espuma plástica (PVC ou poliuretano). Sendo que a característica de ser moldável faz com que seja adaptável à maioria dos condutos auditivos.

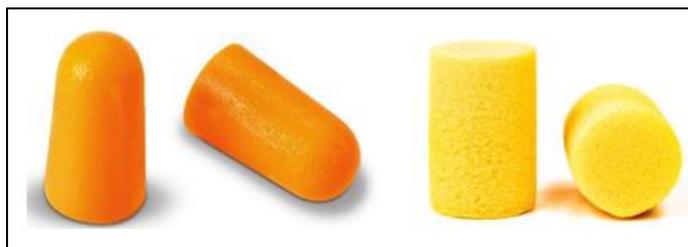


Figura 1: Protetores de inserção moldável.

Fonte: [7].

II.10.2 PROTETORES AURICULARES TIPO INSERÇÃO PRÉ-MOLDADO

São protetores fabricados de materiais elásticos, geralmente fabricados de tamanho único, e que se adaptam facilmente a diversos tipos de canais auditivos.



Figura 2: Protetores de inserção pré-moldado.
Fonte: [7].

II.10.3 PROTETORES AURICULARES TIPO CONCHA OU ABAFADORES

São constituídos de uma haste plástica e duas conchas almofadadas de espuma, adaptando-se à maioria dos perfis faciais. Devido à pressão constante das conchas, mantém uma mesma uniformidade de atenuação durante toda a jornada de trabalho. Outra vantagem dos protetores tipo concha comparados aos de inserção é o fato de serem mais práticos e higiênicos. Também podem ser acoplados à capacete de segurança e utilizados simultaneamente.



Figura 3: Protetores de tipo concha.
Fonte: [7].

II.10.4 PROTETORES AURICULARES TIPO PERSONALIZADO

Geralmente são fabricados em silicone, vinil ou acrílico. É um protetor que ganha forma de acordo com o canal auditivo do usuário, já que preenche uma porção do canal auditivo criando assim uma atenuação do ruído. São recomendados em indústrias

alimentícias e similares, onde as condições ambientais impedem o uso do protetor auricular tipo concha.

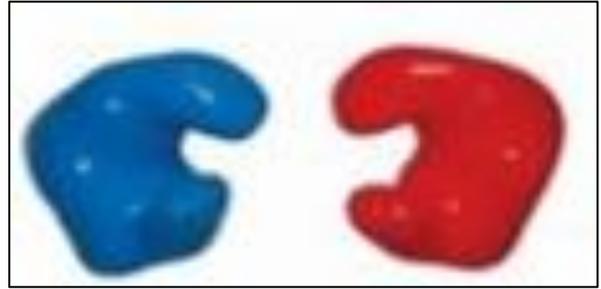


Figura 4: Protetores de tipo personalizado.
Fonte: [2].

II.10.5 PROTETORES AURICULARES TIPO SEMI-INSERÇÃO

É um protetor auricular de duas pontas feitas de materiais macios mantidas no lugar através de uma haste. É indicado quando o usuário possui a necessidade de retirar o protetor várias vezes durante sua jornada de trabalho e onde o protetor auditivo tipo concha se torna inviável devido às condições ambientais desconfortáveis tais como: temperaturas elevadas e umidade. A haste deste EPI pode ser posicionada em três lugares: em cima da cabeça, atrás do pescoço ou sob o queixo.

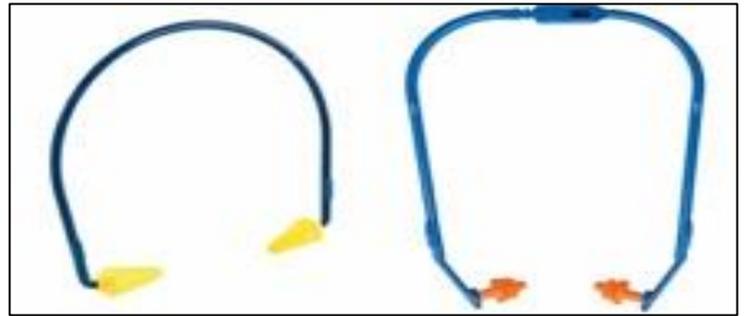


Figura 5: Protetores de tipo semi-inserção.
Fonte: [7].

II.11 MÉTODO LONGO

Para escolher o protetor auditivo ou averiguar se tal protetor é adequado para determinado ambiente ruidoso deve-se realizar cálculos de verificação da proteção fornecida por este EPI.

Existem duas metodologias de cálculo para avaliar a proteção fornecida, ambas são apresentadas na Norma ABNT NBR 16077 [8]:

- Método Simples (possui baixa precisão) que utiliza um número único de redução de ruído do protetor auditivo (NRRsf), seu resultado é encontrado subtraindo-se o nível de ruído do ambiente pelo NRRsf obtido da tabela de atenuação no CA (Certificado de Aprovação do EPI).

- Método Longo (possui maior precisão) que é calculado por banda de frequência de 1/1 oitava. Conforme [3], este método fornece o nível total no ouvido protegido por determinado protetor auricular e a atenuação total fornecida por este equipamento em determinado ambiente de trabalho. Para obter o ruído total a que os trabalhadores estão expostos deve-se realizar a soma logarítmica dos NPS.

Para a obtenção da atenuação total de determinado protetor auricular, com 98% de confiança, deve-se considerar o ruído total

subtraído pela soma logarítmica da atenuação média de NPS nas frequências de 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 8kHz, descontados de dois desvios padrão, obtidos no CA.

III METODOLOGIA

III.1 TIPO DE NATUREZA DA PESQUISA

Adota-se neste trabalho o método descritivo onde a finalidade é observar, registrar e analisar o mundo físico para à aquisição de dados reais sem a interferência do pesquisador e no estudo de natureza exploratória por meio de pesquisa de campo através de equipamentos e técnicas normatizadas, comparando-se os dados coletados com as legislações específicas vigentes.

III.2 COLETA DE DADOS

A coleta dos dados foi realizada diretamente nos postos de trabalho pelo próprio autor através de um dosímetro SmartdB Chrompack, equipamentos de propriedade da empresa JRF Engenharia de Segurança do Trabalho, conforme ilustrado nas figuras 10 e 11.



Figura 10: Equipamento Dosímetro smartdB Chrompack
Fonte: Autores, (2018).

Conforme demonstrado no catálogo da empresa CHROMPACK, o equipamento dosímetro SmartdB Chrompack possui um display de visualização e teclado funcional. Realiza cálculo de LEQ, NEN, LAVG, DOSE seguindo fielmente todos os métodos e regulamentações da NHO (Norma de Higiene Ocupacional) e NR-15 [8].

Antes de iniciar a dosimetria é necessário realizar as configurações do dosímetro da seguinte forma:

- Ligar o dosímetro segurando o botão ON/OFF;
- Aguardar o dosímetro iniciar;
- Selecionar o menu CONFIGURAR;

O submenu Configuração dos Perfis possui 5 combinações distintas, sendo que os perfis NHO-01 e NR-15 não podem ser alterados, já os restantes podem ser modificados à critério do usuário.

O submenu Configuração de Data/hora permite atualizar as informações referentes à data e hora.

O submenu Configuração de Segurança permite alterar senha de desbloqueio que tem por senha padrão 1111.

Após configuração do dosímetro o equipamento está pronto para realizar a dosimetria. Para realizar a dosimetria selecionar o menu DOSIMETRIA, em seguida selecionar os perfis desejados para o dosímetro 1 e dosímetro 2 e pressionar OK. Na próxima tela informar o nome do dosimetrado, matrícula,

jornada, stop e bloqueio, em seguida pressionar OK. Na tela seguinte posicionar o calibrador de nível sonoro e selecionar a opção ajuste a 94 dB ou 114 dB. Feito isso pressionar o botão PLAY/PAUSE/STOP e selecionar OK. Pra finalizar a dosimetria selecionar a opção STOP em seguida pressionar o botão OK.

Um ponto de extrema importância a ser averiguado é que ao iniciar o processo de dosimetria o dosímetro deverá ser acoplado na zona auditiva do operador, delimitada por um raio de 150mm±50mm a partir da entrada do canal auditivo.

III.3 LOCAL DE COLETA

A coleta de dados foi realizada nos postos de trabalho da Empresa RM Comércio e Serviços Ltda, localizada na Rua D-14, Número 1862-A, Japiim 2, Manaus-Am.

III.4 PERÍODO DA COLETA E APLICAÇÃO DOS TESTES

A coleta dos dados foi realizada entre os dias 26 à 28 de Setembro de 2017, durante o expediente de trabalho, antes de tudo, foi realizada uma reunião entre a chefia imediata e os funcionários da empresa, para esclarecimento do funcionamento dos equipamentos de registros de níveis de ruído. Após a coleta dos dados o resultado foi extraído diretamente dos equipamentos para um programa computacional onde, posteriormente, foi realizada uma análise minuciosa.

III.5 FONTES DE RUÍDO

As fontes de ruídos selecionadas para a realização do experimento na empresa foram as de maior grau de pressão sonora. Nesse caso foram selecionados quatro processos cujos equipamentos utilizados geravam maior ruído. O primeiro equipamento a ser estudado foi a Lixadeira Angular Bosch M14 115 MM 127v. A figura mostra a Lixadeira Angular utilizada no processo.



Figura 11: Lixadeira Angular.
Fonte: Autores, (2018).

A lixadeira angular é uma ferramenta elétrica utilizada para desbaste de superfícies. É bastante versátil e potente, entretanto, certas medidas devem ser adotadas para uma maior segurança do usuário e melhor rapidez no processo de lixamento. É utilizada em processos de fabricação mecânica e obras civis, com o intuito de aplainar superfícies. Alguns EPI's são obrigatórios no uso adequado do equipamento, tais como: óculos de proteção, luvas de borracha e protetores auditivos específicos.

No processo estudado o operador fez uso do equipamento para realizar o desbaste de uma chapa de aço 1020, de espessura 2mm.

O próximo elemento estudado foi a Bancada de Corte - Motor Eberle B100 L4, conforme ilustrado na figura 15.



Figura 12: Operação com Bancada de corte – motor Eberle B100 L4.
Fonte: Fonte: Autores, (2018).

A bancada de corte é um equipamento de processo de fabricação que possui um disco ou lâmina metálica, em conjunto com um motor elétrico. É muito utilizada para cortes retos e transversais de madeira, acrílicos, policarbonato, metais e entre outros materiais. É importante salientar que o equipamento só deve ser manuseado por pessoas qualificadas munidas de EPI's tais como: Protetor facial, Botas de Segurança e Protetor Auditivo.

Um outro elemento a ser estudado foi a Serra Elétrica Policorte Makita LS1214. Conforme observado na figura 16.



Figura 13: Operação Serra elétrica policorte Makita LS1214.
Fonte: Fonte: Autores, (2018).

A serra policorte está associada ao corte de materiais metálicos tais como: ferro, aço, alumínio, perfilados e tubos. Seu dimensionamento permite a realização de cortes de até 45° dos dois lados, também é possível a fixação do material a sofrer o corte, na base do equipamento. O que permite uma maior eficácia e segurança. O equipamento utilizado no processo foi específico para o corte de alumínio, o perfil de alumínio trabalhado no processo foi um perfil de 40x40 mm. É importante o devido uso de EPI's tais como: Luvas de raspa, Botas de Segurança, Óculos e Máscara de segurança e Protetor Auditivo. Todo o processo deve ser realizado por pessoas qualificadas.

O quarto e último equipamento a ser estudado foi a serra Policorte Bosch GCO 2000, serra policorte específica para corte de aço. Conforme ilustrado na figura 14.



Figura 14: Operação Serra elétrica policorte Bosch GCO 2k.
Fonte: Fonte: Autores, (2018).

O equipamento utilizado no processo foi específico para o corte de aço, o perfil de aço trabalhado no processo foi um perfil de 80x40x1.5 mm de aço 1020.

III.6 PROCESSAMENTO DE DADOS

Todos os resultados coletados por meio dos equipamentos descritos no item 3.2, e ilustrado na figura 10, foram baixados para um computador pessoal com as seguintes configurações: processador Intel i7 Core™ i7-3632QM, 2.20 GHz, 4 Gb de RAM e 1 Tb de HD, SO Windows 10 de 64 bits, através do Software SmartDB análise da Chrompack.

III.7 PARÂMETROS DE ANÁLISES DE DADOS

Para a avaliação dos resultados obtidos no âmbito da empresa, será utilizada a Norma de Higiene Ocupacional - NHO 01 visando garantir uma maior proteção e tolerância mais conservadora na análise dos resultados, já que a mesma se encontra alinhada aos princípios técnicos da ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). A NHO-01 tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação de exposição ocupacional ao ruído, que implique risco potencial de surdez ocupacional.

Os fatores utilizados nesse estudo são: Leq, Lavg, Twa, Nen itens cujas abreviaturas são definidas pela própria NHO 01 e Dose que é o parâmetro utilizado para a caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, tendo como referência o valor máximo da energia sonora diária admitida definida com base em parâmetros preestabelecidos.

LEQ – Equivalent Level (Nível Equivalente) – Nível médio baseado na equivalência de energia, definido pela expressão:
 $LEQ=80+10 * \log(0,16 * Dose\% / T \text{ horas})$ [dB]

LAVG – Average Level (Nível Médio) – Representa a média do nível de ruído durante um determinado período de tempo.
 $LAVG=80+16,61 * \log(0,16 * Dose\% / T \text{ horas})$ [dB]

TWA – Time Weighted Average (Média Ponderada no Tempo) - representa a média ponderada do nível de pressão sonora para

uma jornada de 08 horas. Seu fato de incremento de duplicação de dose será sempre igual à 5.

NEN– Nível de Exposição Normalizada – é o nível de exposição, convertido para uma jornada padrão de 8 horas diárias, para fins de determinação de nível médio ou da dose de exposição. É determinado pela seguinte expressão:

$$NEN = NE + 10 * \log(TE / 480) \text{ [dB]}$$

Onde :

NE= nível médio representativo da exposição ocupacional diária
 TE= tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho
 O limite de exposição ocupacional diária ao ruído corresponde a NEN igual a 85 dB(A), e o limite de exposição do valor teto é de 115 dB(A). A tabela a seguir ilustra o tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído.

Lembrando que a NHO 01 utiliza um fator de incremento de duplicação de dose igual à 3 enquanto que a NR-15 utiliza um fator de incremento de duplicação de dose igual à 5. Conforme descrito na NHO 01, incremento de duplicação de dose é o 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 permitido.

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

IV.1 AVALIAÇÃO DE RUÍDOS DA LIXADEIRA ANGULAR

IV.1.1 CONFIGURAÇÃO DOS DOSÍMETROS

Configuração dosímetro 01		Configuração dosímetro 02	
Nível de Critério:	85 dB	Nível de Critério:	85 dB
Nível Limiar:	85 dB	Nível Limiar:	85 dB
Taxa de dobra:	3 dB	Taxa de dobra:	5 dB
Ponderação em Frequência:	A	Ponderação em Frequência:	A
Ponderação Temporal:	Slow	Ponderação Temporal:	Slow

Figura 15: Configurações do medidor de ruído para o processo da Lixadeira angular
 Fonte: Autores, (2018).

Na figura 18 são ilustradas as configurações dos medidores dosímetros de acordo com a Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01) e Norma Regulamentadora 15 (NR 15). O medidor dosímetro 01 está configurado em conformidade com a NHO 01, Nível de Critério 85 dB, Nível Limiar 80 dB, Taxa de Dobra 3 dB, Ponderação em Frequência A e Ponderação Temporal Slow. Já o medidor dosímetro 02 está configurado conforme a NR-15, Nível de Critério 85 dB, Nível Limiar 80 dB, Taxa de Dobra 5 dB, Ponderação em Frequência A e Ponderação Temporal Slow. Todos os parâmetros são padronizados pelas normas para a realização da avaliação dos ruídos.

IV.1.2 RESULTADOS DOS DOSÍMETROS

Resultados Dosímetro 01				Resultados Dosímetro 02			
LAVG:	98,7 dB(A)	LMAX:	114,9 dB(A)	LAVG:	93,3 dB(A)	LMAX:	114,9 dB(A)
LEQ:	98,8 dB(A)	LMAX _{Time} (hh:mm)	13:17	LEQ:	98,8 dB(A)	LMAX _{Time} (hh:mm)	13:17
TWA:	86,0 dB(A)	LPico _{>115dB}	130,4 dB(A)	TWA:	72,2 dB(A)	LPico _{>115dB}	130,4 dB(A)
NEN:	98,7 dB(A)	LPico _{Time} (hh:mm)	13:17	NEN:	93,3 dB(A)	LPico _{Time} (hh:mm)	13:17
DOSE:	129,7 %	LMin:	59,7 dB(A)	DOSE:	17,3 %	LMin:	59,7 dB(A)
DOSE _{8horas} :	2369,7 %	DOSE _{P08:00:00}	2369,7 %	DOSE _{8horas} :	316,0 %	DOSE _{P08:00:00}	316,0 %

Figura 16: Medições de ruídos de acordo com a NHO 01 e NR-15.
 Fonte: Fonte: Autores, (2018).

Na figura 19 estão apresentados os resultados das medições de ruído de ambos os dosímetros 01 e 02. Desses, aquele com maior grau de relevância no processo de comparação com os limites de tolerância da NHO 01 e NR-15 é o NEN (Nível de Exposição Normalizado). Em paralelo com as tabelas de ambas as normas o NEN de acordo com a NHO 01 apresentou um resultado de 98,7 dB(A), ou seja, um valor bem acima do limite de tolerância de 85 dB(A), e em comparação com a NR-15 o NEN apresentou um resultado de 93,3 dB(A) também acima do valor do limite de tolerância de 85 dB(A).

Em ambos os dosímetros, todos os índices demonstram um valor acima do especificado pelas Normas avaliadas, as quais limitam em 85 dB(A) à exposição do trabalhador à ruídos.

IV.1.3 NÍVEL DE EQUIVALÊNCIA POR BANDA DE OITAVA (LIXADEIRA ANGULAR)

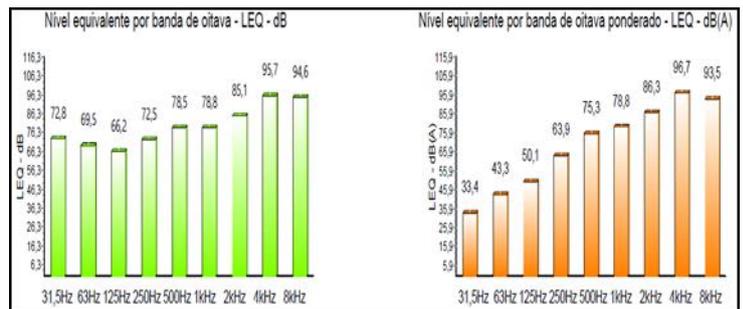


Figura 17: Nível equivalente por banda de oitava sem ponderação e com ponderação.
 Fonte: Autores, (2018).

Na figura 17, observa-se o histograma com barras de cor verde, que representa o Nível equivalente de banda de oitava não ponderado, em outras palavras, demonstra uma leitura literal que o equipamento realiza no processo. Por outro lado, o histograma com barras de cor alaranjada, representa o Nível equivalente de banda de oitava ponderado, que demonstra uma aferição aproximada à real sensação auditiva do trabalhador exposto ao ruído.

Em ambos os histogramas dos Níveis de bandas de frequência, nas frequências 2kHz, 4kHz e 8kHz com e sem ponderação, nota-se valores bem acima do limite permitido pela NHO 01 e pela NR-15, de 85 dB(A) a exposição máxima do trabalhador à ruídos, numa jornada de 8 horas sem uso de protetor auditivo.

IV.1.4 RESULTADO COM UTILIZAÇÃO DOS EPI'S (LIXADEIRA ANGULAR)

Resultado com a utilização do EPI - Cálculo pelo método longo ABNT NBR 16077		Proteção assumida - dB(A)								
Tipo de protetor auditivo	Nº do CA	Validade	LEQ	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Inserção pré-moldado	19578	07/02/2018	87,7	46,1	59,9	68,3	69,8	73,3	86,7	79,5
Inserção pré-moldado	5745	31/01/2019	82,3	41,1	50,9	61,3	62,8	65,3	81,7	71,5
Tipo concha	15624	07/05/2020	68,8	42,1	50,9	52,3	54,8	59,3	66,7	61,5
Tipo concha	32841	19/04/2018	66,5	36,1	44,9	47,3	45,8	57,3	63,7	61,5
Inserção pré-moldado	8092	14/03/2018	82,1	44,1	53,9	64,3	65,8	69,3	77,7	79,5

Figura 18: Cálculo de eficiência do protetor auditivo para o processo da Lixadeira Angular.
 Fonte: Fonte: Autores, (2018).

Na figura 18, é apresentado à eficiência do protetor auricular de acordo com o método longo da ABNT-NBR 16077 utilizada nas frequências de banda de oitava para o cálculo [8].

É possível notar que todos os protetores analisados são eficientes, exceto o protetor auditivo de Inserção pré-moldado de CA 19578, cujo LEQ se encontra com um valor acima de 85 dB (A), apresentando um valor para o LEQ de 87,7 dB, dessa forma, o trabalhador fica exposto a ruído prejudicial à saúde tanto em relação a NR-15 quanto à NHO 01.

É importante ressaltar que o protetor auricular utilizado pelo operador no processo da Lixadeira Angular foi o do tipo Inserção Pré-moldado de CA 5745, onde apresentou um LEQ de 82,3 dB (A), ou seja, abaixo do limite máximo de 85 dB (A), desse modo, atendendo os parâmetros de eficiência estabelecidos pelas Normas.

IV.2 AVALIAÇÃO DE RUÍDOS DA BANCADA DE CORTE

IV.2.1 CONFIGURAÇÃO DOS DOSÍMETROS

Configuração dosímetro 01	Configuração dosímetro 02
Nível de Critério: 85 dB	Nível de Critério: 85 dB
Nível Limiar: 85 dB	Nível Limiar: 85 dB
Taxa de dobra: 3 dB	Taxa de dobra: 5 dB
Ponderação em Frequência: A	Ponderação em Frequência: A
Ponderação Temporal: Slow	Ponderação Temporal: Slow

Figura 19: Configurações do medidor de ruído para o processo da Bancada de corte
Fonte: Autores, (2018).

Na figura 19 são ilustradas as configurações dos medidores dosímetros de acordo com a Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01) e Norma Regulamentadora 15 (NR 15). O medidor dosímetro 01 está configurado em conformidade com a NHO 01, Nível de Critério 85 dB, Nível Limiar 80 dB, Taxa de Dobra 3 dB, Ponderação em Frequência A e Ponderação Temporal Slow. Já o medidor dosímetro 02 está configurado conforme a NR-15, Nível de Critério 85 dB, Nível Limiar 80 dB, Taxa de Dobra 5 dB, Ponderação em Frequência A e Ponderação Temporal Slow. Todos os parâmetros são padronizados pelas normas para a realização da avaliação dos ruídos.

IV.2.2 RESULTADOS DOS DOSÍMETROS

Resultados Dosímetro 01		Resultados Dosímetro 02	
LAVG: 105,2 dB(A)	LMAX: 116,2 dB(A)	LAVG: 101,2 dB(A)	LMAX: 116,2 dB(A)
LEQ: 105,1 dB(A)	LMAX _{Time} (hh:mm) 13:35	LEQ: 105,1 dB(A)	LMAX _{Time} (hh:mm) 13:35
TWA: 83,8 dB(A)	LPico>115 dB 132,8 dB(A)	TWA: 65,5 dB(A)	LPico>115 dB 132,8 dB(A)
NEN: 105,2 dB(A)	LPico _{Time} (hh:mm) 13:35	NEN: 101,2 dB(A)	LPico _{Time} (hh:mm) 13:35
DOSE: 76,5 %	LMin: 59,7 dB(A)	DOSE: 6,7 %	LMin: 59,7 dB(A)
DOSE _{horas} : 10639,8 %	DOSEP08:00:00 10639,8 %	DOSE _{horas} : 944,7 %	DOSEP08:00:00 944,7 %

Figura 20: Medições de ruídos de acordo com a NHO 01 e NR-15.
Fonte: Autores, (2018).

Na figura 23 estão apresentados os resultados das medições de ruído de ambos os dosímetros 01 e 02. Desses, aquele com maior grau de relevância no processo de comparação com os limites de tolerância da NHO 01 e NR-15 é o NEN (Nível de Exposição Normalizado). Em paralelo com as tabelas de ambas as normas o NEN de acordo com a NHO 01 apresentou um resultado de 105,2 dB(A), ou seja, um valor bem acima do limite de tolerância de 85 dB(A), e em comparação com a NR-15 o NEN

apresentou um resultado de 101,2 dB(A) também acima do valor do limite de tolerância de 85 dB(A).

Em ambos os dosímetros, todos os índices demonstram um valor acima do especificado pelas Normas avaliadas, as quais limitam em 85 dB(A) à exposição do trabalhador à ruídos.

IV.2.3 NÍVEL DE EQUIVALÊNCIA POR BANDA DE OITAVA (BANCADA DE CORTE)

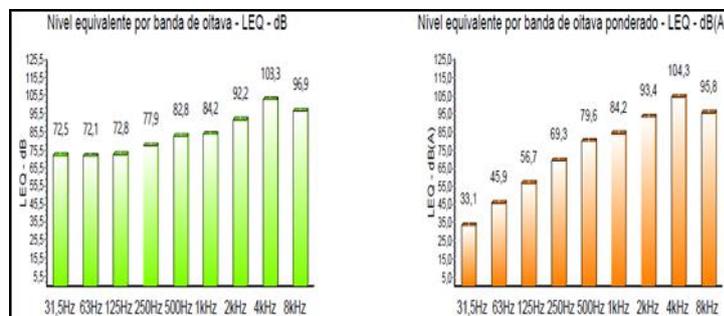


Figura 21: Nível equivalente por banda de oitava sem ponderação e com ponderação
Fonte: Autores, (2018).

Na figura 21, observa-se o histograma com barras de cor verde, que representa o Nível equivalente de banda de oitava não ponderado, em outras palavras, demonstra uma leitura literal que o equipamento realiza no processo. Por outro lado, o histograma com barras de cor alaranjada, representa o Nível equivalente de banda de oitava ponderado, que demonstra uma aferição aproximada à real sensação auditiva do trabalhador exposto ao ruído.

Em ambos os histogramas dos Níveis de bandas de frequência, nas frequências 2kHz, 4kHz e 8kHz com e sem ponderação, nota-se valores bem acima do limite permitido pela NHO 01 e pela NR-15, de 85 dB(A) a exposição máxima do trabalhador à ruídos, numa jornada de 8 horas sem uso de protetor auditivo.

IV.2.4 RESULTADO COM UTILIZAÇÃO DOS EPI'S (BANCADA DE CORTE)

Resultado com a utilização do EPI - Cálculo pelo método longo ABNT NBR 16077			Proteção assumida - dB(A)							
Tipo de protetor auditivo	Nº do CA	Validade	LEQ	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Inserção pré-moldado	19578	07/02/2018	94,8	52,7	65,3	72,6	75,2	80,4	94,3	81,8
Inserção pré-moldado	5745	31/01/2019	89,6	47,7	56,3	65,6	68,2	72,4	89,3	73,8
Tipo concha	15624	07/05/2020	75,5	48,7	56,3	56,6	60,2	66,4	74,3	63,8
Tipo concha	32841	19/04/2018	72,8	42,7	50,3	51,6	51,2	64,4	71,3	63,8
Inserção pré-moldado	8092	14/03/2018	87,4	50,7	59,3	68,6	71,2	76,4	85,3	81,8

Figura 22: Cálculo de eficiência do protetor auditivo para o processo da Bancada de corte
Fonte: Autores, (2018).

Na figura 22, é apresentado à eficiência do protetor auricular de acordo com o método longo da ABNT-NBR 16077 utilizada nas frequências de banda de oitava para o cálculo [8].

É possível notar que dentre os protetores analisados apenas os protetores auditivos tipo concha de CA 15624 e do tipo concha 32841 são eficientes, cujos LEQ's apresentam valores abaixo de 85 dB (A), apresentando valores para o LEQ de 75,5 dB(A) e um LEQ de 72,8 dB(A), respectivamente, dessa forma, o trabalhador fica exposto à ruído prejudicial à saúde tanto em relação a NR-15 quanto à NHO 01.

É importante ressaltar que o protetor auricular utilizado pelo operador no processo da Bancada de corte foi o do tipo Inserção Pré-moldado de CA 5745, onde apresentou um LEQ de 89,6 dB (A), ou seja, acima do limite máximo de 85 dB (A), desse modo, não atendendo os parâmetros de eficiência estabelecidos pelas Normas.

IV.3 AVALIAÇÃO DE RUÍDOS DA SERRA POLICORTE PARA ALUMÍNIO

IV.3.1 CONFIGURAÇÃO DOS DOSÍMETROS

Configuração dosímetro 01		Configuração dosímetro 02	
Nível de Critério:	85 dB	Nível de Critério:	85 dB
Nível Limiar:	85 dB	Nível Limiar:	85 dB
Taxa de dobra:	3 dB	Taxa de dobra:	5 dB
Ponderação em Frequência:	A	Ponderação em Frequência:	A
Ponderação Temporal:	Slow	Ponderação Temporal:	Slow

Figura 23: Configurações do medidor de ruído para o processo da Serra policorte para alumínio.

Fonte: Autores, (2018).

Na figura 23 são ilustradas as configurações dos medidores dosímetros de acordo com a Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01) e Norma Regulamentadora 15 (NR 15). O medidor dosímetro 01 está configurado em conformidade com a NHO 01, Nível de Critério 85 dB, Nível Limiar 80 dB, Taxa de Dobra 3 dB, Ponderação em Frequência A e Ponderação Temporal Slow. Já o medidor dosímetro 02 está configurado conforme a NR-15, Nível de Critério 85 dB, Nível Limiar 80 dB, Taxa de Dobra 5 dB, Ponderação em Frequência A e Ponderação Temporal Slow. Todos os parâmetros são padronizados pelas normas para a realização da avaliação dos ruídos.

IV.3.2 RESULTADOS DOS DOSÍMETROS

Resultados Dosímetro 01		Resultados Dosímetro 02	
LAVG:	110,8 dB(A)	LMAX:	121,4 dB(A)
LEQ:	110,5 dB(A)	LMAX _{Time} (hh:mm)	13:40
TWA:	90,8 dB(A)	LPico _{>115 dB}	135,0 dB(A)
NEN:	110,8 dB(A)	LPico _{Time} (hh:mm)	13:37
DOSE:	393,7 %	LMin:	59,7 dB(A)
DOSE _{8horas} :	38802,3 %	DOSE _{P8.00.00}	38802,3 %

Figura 24: Medições de ruídos de acordo com a NHO 01 e NR-15
Fonte: Fonte: Autores, (2018).

Na figura 24 estão apresentados os resultados das medições de ruído de ambos os dosímetros 01 e 02. Desses, aquele com maior grau de relevância no processo de comparação com os limites de tolerância da NHO 01 e NR-15 é o NEN (Nível de Exposição Normalizado). Em paralelo com as tabelas de ambas as normas o NEN de acordo com a NHO 01 apresentou um resultado de 110,8 dB(A), ou seja, um valor bem acima do limite de tolerância de 85 dB(A), e em comparação com a NR-15 o NEN apresentou um resultado de 107,5 dB(A) também acima do valor do limite de tolerância de 85 dB(A).

Em ambos os dosímetros, todos os índices demonstram um valor acima do especificado pelas Normas avaliadas, as quais limitam em 85 dB(A) à exposição do trabalhador à ruídos.

IV.3.3 NÍVEL DE EQUIVALÊNCIA POR BANDA DE OITAVA (SERRA POLICORTE DE ALUMÍNIO)

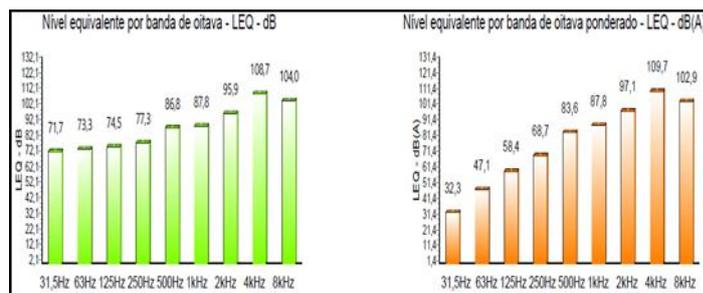


Figura 25: Nível equivalente por banda de oitava sem ponderação e com ponderação

Fonte: Autores, (2018).

Na figura 25, observa-se o histograma com barras de cor verde, que representa o Nível equivalente de banda de oitava não ponderado, em outras palavras, demonstra uma leitura literal que o equipamento realiza no processo. Por outro lado, o histograma com barras de cor alaranjada, representa o Nível equivalente de banda de oitava ponderado, que demonstra uma aferição aproximada à real sensação auditiva do trabalhador exposto ao ruído.

Em ambos os histogramas dos Níveis de bandas de frequência, nas frequências 1kHz, 2kHz, 4kHz e 8kHz com e sem ponderação, além da frequência 500Hz sem ponderação, é possível perceber valores bem acima do limite permitido pela NHO 01 e pela NR-15, de 85 dB(A) à exposição máxima do trabalhador à ruídos, numa jornada de 8 horas sem uso de protetor auditivo.

IV.3.4 RESULTADO COM UTILIZAÇÃO DOS EPI'S (SERRA POLICORTE DE ALUMÍNIO)

Resultado com a utilização do EPI - Cálculo pelo método longo ABNT NBR 16077		Proteção assumida - dB(A)								
Tipo de protetor auditivo	Nº do CA	Validade	LEQ	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Inserção pré-moldado	19578	07/02/2018	100,2	54,4	64,7	76,6	78,8	84,1	99,7	88,9
Inserção pré-moldado	5745	31/01/2019	95,0	49,4	55,7	69,6	71,8	76,1	94,7	80,9
Tipo concha	15624	07/05/2020	80,8	50,4	55,7	60,6	63,8	70,1	79,7	70,9
Tipo concha	32841	19/04/2018	78,2	44,4	49,7	55,6	54,8	68,1	76,7	70,9
Inserção pré-moldado	8092	14/03/2018	93,2	52,4	58,7	72,6	74,8	80,1	90,7	88,9

Figura 26: Cálculo de eficiência do protetor auditivo para o processo da Serra policorte de alumínio

Fonte: Autores, (2018).

Na figura 26, é apresentado a eficiência do protetor auricular de acordo com o método longo da ABNT-NBR 16077 utilizada nas frequências de banda de oitava para o cálculo.

É possível notar que dentre os protetores analisados apenas os protetores auditivos tipo concha de CA 15624 e do tipo concha 32841 são eficientes, cujos LEQ's apresentam valores abaixo de 85 dB (A), apresentando valores para o LEQ de 80,8 dB(A) e um LEQ de 78,2 dB(A), respectivamente, dessa forma, o trabalhador fica exposto à ruído prejudicial à saúde tanto em relação a NR-15 quanto à NHO 01.

É importante ressaltar que o protetor auricular utilizado pelo operador no processo da Serra policorte de alumínio foi o do tipo Inserção Pré-moldado de CA 5745, onde apresentou um LEQ de 95 dB (A), ou seja, acima do limite máximo de 85 dB (A), desse modo, não atendendo os parâmetros de eficiência estabelecidos pelas Normas.

IV.4 AVALIAÇÃO DE RUÍDOS DA SERRA POLICORTE PARA AÇO

IV.4.1 CONFIGURAÇÃO DOS DOSÍMETROS

Configuração dosímetro 01		Configuração dosímetro 02	
Nível de Critério:	85 dB	Nível de Critério:	85 dB
Nível Limiar:	85 dB	Nível Limiar:	85 dB
Taxa de dobra:	3 dB	Taxa de dobra:	5 dB
Ponderação em Frequência:	A	Ponderação em Frequência:	A
Ponderação Temporal:	Slow	Ponderação Temporal:	Slow

Figura 27: Configurações do medidor de ruído para o processo da Serra policorte para aço
Fonte: O Autor

Na figura 28 são ilustradas as configurações dos medidores dosímetros de acordo com a Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01) e Norma Regulamentadora 15 (NR 15). O medidor dosímetro 01 está configurado em conformidade com a NHO 01, Nível de Critério 85 dB, Nível Limiar 80 dB, Taxa de Dobra 3 dB, Ponderação em Frequência A e Ponderação Temporal Slow. Já o medidor dosímetro 02 está configurado conforme a NR-15, Nível de Critério 85 dB, Nível Limiar 80 dB, Taxa de Dobra 5 dB, Ponderação em Frequência A e Ponderação Temporal Slow. Todos os parâmetros são padronizados pelas normas para a realização da avaliação dos ruídos.

IV.4.2 RESULTADOS DOS DOSÍMETROS

Resultados Dosímetro 01		Resultados Dosímetro 02	
LAVG:	111,3 dB(A)	LMAX:	120,2 dB(A)
LEQ:	111,3 dB(A)	LMAX _{Time} (hh:mm)	13:42
TWA:	91,8 dB(A)	LPico _{>115dB}	132,5 dB(A)
NEN:	111,3 dB(A)	LPico _{Time} (hh:mm)	13:42
DOSE:	494,1 %	LMin:	59,7 dB(A)
DOSE _{8horas} :	43554,1 %	DOSE _{08:00:00}	43554,1 %
		DOSE _{8horas} :	2528,1 %
		DOSE _{08:00:00}	2528,1 %

Figura 28: Medições de ruídos de acordo com a NHO 01 e NR-15
Fonte: O Autor

Na figura 28 estão apresentados os resultados das medições de ruído de ambos os dosímetros 01 e 02. Desses, aquele com maior grau de relevância no processo de comparação com os limites de tolerância da NHO 01 e NR-15 é o NEN (Nível de Exposição Normalizado). Em paralelo com as tabelas de ambas as normas o NEN de acordo com a NHO 01 apresentou um resultado de 111,3 dB(A), ou seja, um valor bem acima do limite de tolerância de 85 dB(A), e em comparação com a NR-15 o NEN apresentou um resultado de 108,3 dB(A) também acima do valor do limite de tolerância de 85 dB(A).

Em ambos os dosímetros, todos os índices demonstram um valor acima do especificado pelas Normas avaliadas, as quais limitam em 85 dB(A) à exposição do trabalhador à ruídos.

IV.4.3 NÍVEL DE EQUIVALÊNCIA POR BANDA DE OITAVA (SERRA POLICORTE PARA AÇO)

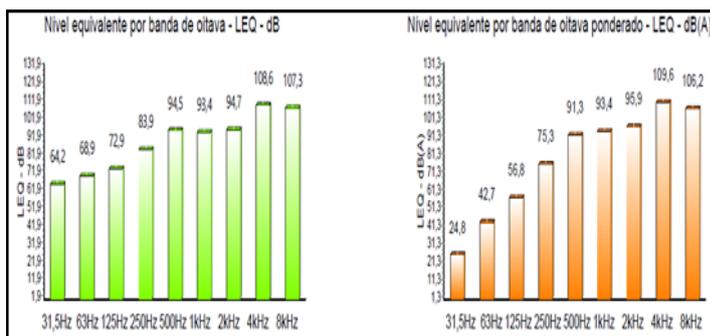


Figura 29: Nível equivalente por banda de oitava sem ponderação e com ponderação
Fonte: O Autor

Na figura 29, observa-se o histograma com barras de cor verde, que representa o Nível equivalente de banda de oitava não ponderado, em outras palavras, demonstra uma leitura literal que o equipamento realiza no processo. Por outro lado, o histograma com barras de cor alaranjada, representa o Nível equivalente de banda de oitava ponderado, que demonstra uma aferição aproximada à real sensação auditiva do trabalhador exposto ao ruído.

Em ambos os histogramas dos Níveis de bandas de frequência, nas frequências 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz e 8kHz com e sem ponderação, é possível perceber valores bem acima do limite permitido pela NHO 01 e pela NR-15, de 85 dB(A) à exposição máxima do trabalhador à ruídos, numa jornada de 8 horas sem uso de protetor auditivo.

IV.4.4 RESULTADO COM UTILIZAÇÃO DOS EPI'S (SERRA POLICORTE PARA AÇO)

Resultado com a utilização do EPI - Cálculo pelo método longo ABNT NBR 16077			Proteção assumida - dB(A)							
Tipo de protetor auditivo	Nº do CA	Validade	LEQ	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Inserção pré-moldado	19578	07/02/2018	100,6	52,8	71,3	84,3	84,4	82,9	99,6	92,2
Inserção pré-moldado	5745	31/01/2019	95,2	47,8	62,3	77,3	77,4	74,9	94,6	84,2
Tipo concha	15624	07/05/2020	81,5	48,8	62,3	68,3	69,4	68,9	79,6	74,2
Tipo concha	32841	19/04/2018	79,1	42,8	56,3	63,3	60,4	66,9	76,6	74,2
Inserção pré-moldado	8092	14/03/2018	94,9	50,8	65,3	80,3	80,4	78,9	90,6	92,2

Figura 30: Cálculo de eficiência do protetor auditivo para o processo da Serra policorte para aço
Fonte: O Autor

Na figura 30, é apresentado a eficiência do protetor auricular de acordo com o método longo da ABNT-NBR 16077 utilizada nas frequências de banda de oitava para o cálculo [8].

É possível notar que dentre os protetores analisados apenas os protetores auditivos tipo concha de CA 15624 e do tipo concha 32841 são eficientes, cujos LEQ's apresentam valores abaixo de 85 dB (A), apresentando valores para o LEQ de 81,5 dB(A) e um LEQ de 79,1 dB(A), respectivamente, dessa forma, o trabalhador fica exposto à ruído prejudicial à saúde tanto em relação a NR-15 quanto à NHO 01.

É importante ressaltar que o protetor auricular utilizado pelo operador no processo da Serra policorte para aço foi o do tipo Inserção Pré-moldado de CA 5745, onde apresentou um LEQ de 95,2 dB (A), ou seja, acima do limite máximo de 85 dB (A), desse modo, não atendendo os parâmetros de eficiência estabelecidos pelas Normas.

V CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram apresentadas quatro das principais fontes de ruído de uma empresa de fabricação mecânica de Manaus, os processos selecionados foram os processos com lixadeira angular Bosch M14, bancada de corte com motor Eberle B100 L4, fonte de ruído da serra elétrica policorte Makita LS1214 (corte de alumínio), serra policorte Bosch GCO 2000 (corte de aço), esses equipamentos são rotineiramente utilizados no âmbito da empresa para a confecção de seus produtos.

Todas as medições dos ruídos na fonte foram realizadas por meio de um dosímetro com filtro de banda de oitava, o qual descreveu, com eficiência, uma leitura dos principais ruídos existentes em cada processo e, seu nível de pressão sonora em cada uma das faixas de frequência. Além de proporcionar uma interpretação acerca da eficiência de alguns protetores auriculares e do protetor utilizado pelo operador, sob a ótica das normas que foram utilizadas para este fim.

O protetor auditivo adotado nos processos estudados foi exclusivamente o do tipo inserção pré-moldado de Nº do CA 5745, o qual mostrou-se ineficiente para a maioria dos resultados analisados, todos as pessoas no âmbito da empresa são instruídos a utilizar este tipo de protetor auditivo, além disso todos os funcionários são orientados a fazerem uso de fardamento, óculos e bota de proteção. A empresa conta com um engenheiro de segurança do trabalho.

Quanto à avaliação da eficiência dos modelos dos protetores auditivos analisados pelo método longo, temos a seguinte característica:

Para o processo da lixadeira angular Bosch M14, a atenuação encontrada com o protetor auricular tipo inserção pré-moldado de Nº do CA 5745, ficou acima dos limites de tolerâncias de ambas as normas, o que caracteriza insalubridade. Apresentaram-se riscos, e de acordo com o item 6.6.1.1 de Dose diária, da NHO-01, sempre que a dose diária de exposição a ruído determinada for superior a 100%, o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle, o processo apresentou 129,7%. Observando também item 6.6.1.2 Nível de exposição normalizado, com base no critério apresentado no item 5.1.2, sempre que o nível de exposição normalizado (NEN), da NHO-01 for superior a 85 dB(A), o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle, o nível de exposição NEN para o processo da lixadeira angular Bosch M14 estava em 98,7dB(A). A ação tomada para corrigir o problema é a utilização de protetor auricular que atenda o nível de atenuação no local de trabalho, lembrando que o protetor auditivo usado no processo citado, já atende a tal necessidade.

Para a bancada de corte não existiu a caracterização de insalubridade por ruído e também atendeu a NHO-01. A dose diária está abaixo de 100%. Já para o item 6.6.1.2 Nível de exposição normalizado, com base no critério apresentado no item 5.1.2, sempre que o nível de exposição normalizado - NEN - for superior a 85 dB(A), o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle, o nível de exposição NEN para a bancada de corte estava em 105,2dB(A), a ação imediata é a utilização do protetor auricular eficiente.

Os processos de serra policorte de alumínio e serra policorte para aço, nos itens 6.6.1.1 Dose diária, da NHO-01, sempre que a dose diária de exposição a ruído determinada for superior a 100%, o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle, ambos os processos apresentaram superior a 100%, 393,7 dB(A) para serra policorte de alumínio e 494,1 dB(A) para serra policorte para aço. Também

observando o item 6.6.1.2 Nível de exposição normalizado, com base no critério apresentado no item 5.1.2, sempre que o nível de exposição normalizado - NEN - for superior a 85 dB(A), o limite de exposição estará excedido e exigirá a adoção imediata de medidas de controle, ambos os processos também mostram resultados superiores ao aceitável 110,8 dB(A) e 111,3 dB(A) respectivamente, nesse caso, a ação imediata é a utilização de protetor auditivo eficiente tipo abafador (concha).

É importante salientar que por mais que alguns protetores se mostrem eficientes para atenuação de determinado ruído no âmbito dos processos, dentro do limite especificado nas normas regulamentadoras NR-15 e NHO-01. Vale ressaltar, que a medida corretiva de utilização dos protetores só poderá ser empregada em último caso, quando todas as demais medidas cautelares estiverem sendo utilizadas e, ainda assim não havendo atenuação suficiente para os limites estabelecidos por normas e especificações técnicas.

VI REFERÊNCIAS

- [1] Takala, J. **Global estimates of fatal occupational accidents**. Special Supplement, Sixteenth International Conference of Labour Statisticians. International Labour Organization [online]. Disponível em: <<http://oit.org>>. Acesso em 23 de agosto de 2018.
- [2] Silva, Marlene *et al.* **Panorama em Segurança e Saúde no Trabalho (SST) na Indústria. Brasil e Unidades da Federação 2004: setor químico (CNAE 24) - Brasília: SESI/DN, 2011.**
- [3] Gerges, Samir Nagi Yousri. **Ruído e Controle** – 2. Ed-Florianópolis: SNY Gerges. 2000. 646 p.
- [4] Bistafa, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo.: Edgard Blucher, 2006, 1ª edição, 368 p.
- [5] Fernandes, João Cândido. **Apostila de Acústica e Ruídos** - São Paulo: Unesp, 2002.
- [6] BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego- MTE. Sistema Pesquisa CA**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/sistemas/caepi/JanelaAndamentosInternet.asp>>
- [7] EPI 3M Soluções Segurança Pessoal. **Saúde e segurança pessoal**. Disponível em: <https://www.3m.com.br/3M/pt_BR/epi/>. Acessado em 20 de agosto de 2018.
- [8] BRASIL. **Portaria n 3.214 , de 8 de Junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V. Título II , da Consolidação da Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Diário Oficial da União. Brasília 6 de Julho. 1978.