

IVINA MARI DA SILVA

**ANÁLISE DE RUÍDO NO SETOR USINAGEM EM METALURGICA
UTILIZANDO TÉCNICA DE AMOSTRAGEM**

**São Paulo
2019**

IVINA MARI DA SILVA

**ANÁLISE DE RUÍDO NO SETOR USINAGEM EM METALURGICA
UTILIZANDO TÉCNICA DE AMOSTRAGEM**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Especialista em Higiene Ocupacional.

**São Paulo
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu esposo Marcelo Lopes de Matos e meu filho Guilherme Lopes de Matos, que me proporcionaram todo o apoio, auxiliando-me sem precedentes para que completasse a especialização. Agradeço à Universidade, docentes e colegas de turma que, com palavras de incentivo, não me deixaram desistir e fizeram deste curso uma experiência sensacional.

O sucesso começa com um sonho, do sonho para a meta, da meta para a disciplina, da disciplina para a persistência e da persistência para a conquista.

(Autor Desconhecido)

RESUMO

SILVA MARI, Ivina. **Análise de ruído no setor usinagem em metalúrgica utilizando técnica de amostragem**. 2019. 76f. Monografia. (Especialização em Higiene Ocupacional). Programa de Educação Continuada. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

O trabalho escrito tem como objetivo analisar o ruído no setor usinagem em uma metalúrgica situada na região metropolitana de Curitiba, São José dos Pinhais, onde foi realizado o estudo de caso, fazendo o uso da ferramenta de estatística para quantificar o ruído ocupacional das atividades e máquinas desse setor. Para tanto, buscaram-se subsídios através de levantamentos quantitativos, caracterizando a pesquisa como quantitativa. Foram amostrados 15 funcionários num total de 29, onde o resultado da média aritmética dos valores obtidos nas amostras apresentou um valor de 85,74 dB(A), o desvio padrão apresentou um resultado de 1,28 dB, o resultado do limite de confiabilidade de 95% é igual a 1,0 dB(A). Como esse intervalo é inferior a 2,0 dB(A), não será necessário realizar novas amostragens, a quantidade de amostras realizadas no processo de usinagem foram suficientes para se obter a média com intervalo de confiança de 95% de certeza. Após a média calculada obteve-se o LIC que foi de 85,15 dB(A) onde apresentou não conformidade, não sendo possível garantir que 95% da distribuição da exposição esteja abaixo do limite de tolerância, com 95% de confiança, devendo a empresa adotar medidas de controle que eliminem ou reduzam a emissão de ruído, de modo a atingir a conformidade e reavaliar os resultados novamente e o LSC apresentou o resultado de 86,33 dB(A) acima do limite de tolerância, mostrando que os níveis da exposição segura dos empregados não existe, o que mostra que esta com 95% da distribuição da exposição acima do limite de tolerância, com 95% de confiança. Desse modo, pode-se dizer que as informações obtidas corretamente são essenciais para uma análise objetiva dos dados, visando a verificação do nível de ruído a que o trabalhador ficará sujeito durante a sua jornada de trabalho.

Palavras-chave: Ruído. EPI. Estratégica de Amostragem. Exposição.

ABSTRACT

SILVA MARI, Ivina. **Noise analysis in the metallurgical machining sector using sampling technique.** 2019. 76f. Monography. (Specialization in Occupational Hygiene). Continuing Education Program. Polytechnic School of the University of São Paulo. Sao Paulo, 2019.

The written work aims to analyze the noise in the machining sector in a metallurgical located in the metropolitan region of Curitiba, São José dos Pinhais, where the case study was performed, using the statistical tool to quantify the occupational noise of the activities and machines in this sector. For this, subsidies were sought through quantitative surveys, characterizing the research as quantitative. Fifteen employees were sampled from a total of 29, where the result of the arithmetic mean of the values obtained in the samples presented a value of 85.74 dB (A), the standard deviation presented a result of 1.28 dB, the result of the reliability limit. 95% equals 1.0 dB (A). As this interval is less than 2.0 dB (A), it will not be necessary to perform new samplings, the amount of samples taken in the machining process were sufficient to obtain the average with 95% confidence interval of certainty. After the calculated average, the LIC was 85.15 dB (A) where it showed non-compliance. It is not possible to guarantee that 95% of the exposure distribution is below the tolerance limit, with 95% confidence. company adopts control measures that eliminate or reduce noise emission in order to achieve compliance and reassess the results again and the LSC reported 86.33 dB (A) above the tolerance limit, showing that Safe exposure of employees does not exist, which shows that 95% of the exposure distribution is above the tolerance limit, with 95% confidence. Thus, it can be said that the information obtained correctly is essential for an objective analysis of the data, aiming at verifying the noise level to which the worker will be subjected during his workday.

Keywords: Noise. PPE.Strategic Sampling.Exhibition

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 Progração do Som	16
Figura 2 Oscilação da pressão sonora.....	17
Figura 3 Vibração Sonora	17
Figura 4 Limiar de audibilidade	18
Figura 5 Frequência do Som.....	19
Figura 6 Divisão de Onda.....	20
Figura 7 Frequência de Onda	21
Figura 8 Frequencia de Onda	21
Figura 9 Perda de Amplitude.....	22
Figura 10 Amplitude da Onda	22
Figura 11 Limite de audibilidade	25
Figura 12 Gráfico de Compesação.....	26
Figura 13 Área de audição	31
Figura 14 Faixa de intensidade sonora	32
Figura 15 Aparelho Auditivo	33
Figura 16 Isolamento Acústico	37
Figura 17 Grau de Insalubridade.....	44
Figura 18 Aposentadoria Especial.....	45
Figura 19 Intervalo de Confiação	51
Figura 20 Continuação da figura 18	52
Figura 21 Distribuição t de Student	55
Figura 22 Continuação da figura 19	56
Figura 23 Vista Geral	60
Figura 24 Setor Usinagem visto de cima.....	60
Figura 25 Fresa Convencional	61
Figura 26 Fresa Convencional	61
Figura 27 Retífica	62
Figura 28 Torno.....	62
Figura 29 CNC	63
Figura 30 Mandrilhadora Lazatti.....	64
Figura 31 Mandrilhadora Lazatti.....	64
Figura 32 Dipositivos Montados e funcionando.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aplicação dos circuitos de compensação A, B, E e D.....	26
Quadro 2 – Limite de exposição da NHO 01.....	28
Quadro 3 – Limites de exposição a ruído contínuo.....	29
Quadro 4 – Porcentagem do Tempo em que o protetor é usado Quadro 5.....	37
Quadro 5 – Análise de frequência	38
Quadro 6 – Desvio Padrão.....	38
Quadro 7 – Confiabilidade.....	38
Quadro 8 – NPS.....	39
Quadro 9 – Tamanho da amostra parcial para os mais altos 10% e confiança de 0,90.....	45
Quadro 10 – Critério estatístico.....	51
Quadro 11 – Relação de funcionários.....	54
Quadro 12 – Relação de Máquinas.....	55
Quadro 13 – Estrutura físicas onde estão os maquinários.....	62
Quadro 14 – Estrutura Física da empresa.....	62
Quadro 15 – Resultado dos amostrados.....	63
Quadro 26 – Resultado da dosimetria.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
dB	Decibel
dB (A)	Decibel Frequência A
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
EPI	Equipamento de Proteção individual
Hz	<i>Hertz</i>
KPa	Kilopascal
MPL	Mudança permanente do limiar de audiabilidade
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
MTL	Mudança temporária do limiar de audiabilidade
NEN	Nível de exposição normalizado
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
NRR	Nível de Redução de Ruído
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
Pa	Pascal
PAIR	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
PPRA	Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	OBJETIVO	12
1.2.	JUSTIFICATIVA.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1.	TRABALHO NO SETOR USINAGEM EM METALÚRGICA.....	14
2.2.	FUNDAMENTOS DO RUÍDO	14
	2.2.10 decibel (dB)	15
	2.2.2 Nível de pressão sonora.....	15
	2.2.3 Propagação do som.....	16
	2.2.4 Fundamentos Básicos do Som.....	16
	2.2.5 Frequência do som	18
	2.2.6 Frequência de onda	20
	2.2.6 Conceito e Tipos de ruído	22
	2.2.7 Nível de intensidade sonora e nível de potência sonora	24
	2.2.8 Nível de potência sonora.....	24
	2.2.9 Nível de audibilidade.....	24
	2.2.10 Níveis de decibéis compensados	26
	2.2.11 Efeitos do Ruído no Organismo.....	32
	2.2.12 Trauma acústico	34
	2.2.13 PAIR – Perda auditiva induzida por ruído	34
	2.2.14 Controles de Ruído	35
	2.2.14.1 Controle na fonte.....	36
	2.2.14.2. Controle no meio ou trajetória	37
	2.2.14.3 Controle no homem	38
	2.2.15 Construção do PPRA	41
	2.2.16 Programa de Conservação Auditiva.....	43
	2.2.17 NR-15 INSALUBRIDADE ANEXO 1 e 2.....	43
	2.2.18 Aposentadoria Especial	44
	2.2.19 Equipamento de Proteção Individual	45
2.3	EXPOSIÇÃO PROFISSIONAL MANUAL DE ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM - NIOSH	45
	2.3.1 Amostragem Aleatória de um grupo de Homogêneo de Trabalhadores de Risco	46
	2.3.2 A Estatística e as Medições de Exposição Ocupacional	48
	2.3.3 Análise Estatística de Resultados de Amostras para Medição de Exposição	49
	2.3.4 Limites do Intervalo de Confiança	53
3	MATERIAIS E METÓDOS.....	57
3.1.	LOCAIS DOS TESTES.....	57
3.2	LEVANTAMENTO DOS DADOS	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	71

5 CONCLUSÃO.....73
REFERÊNCIAS.....74

1. INTRODUÇÃO

O ruído é um dos principais agentes físicos presentes nos ambientes de trabalho (USP, 2018), e, por sua enorme ocorrência, o funcionário pode sofrer com os efeitos à exposição consideráveis. Sendo assim, o ambiente de trabalho deve ser monitorado para garantir a saúde e segurança do trabalhador.

Breviliero, Possebom e Spinelli (2014) explicam que, em um ambiente insalubre, o trabalhador pode vir a desenvolver doença ocupacional, podendo incapacitá-lo para o trabalho. Dessa forma, será afastado das atividades laborais. No entanto, após o tratamento, poderá estar novamente em condições de trabalhar, retornando ao mesmo local onde contraiu a doença, e, provavelmente voltará a ficar doente. Sendo assim, é necessário tratar o ambiente de trabalho e não a doença, que é a consequência. Para isso, deve-se fazer um reconhecimento dos agentes e uma avaliação para saber se existe risco à saúde do trabalhador com vistas a adotar medidas de controle.

Com intuito de proteger o trabalhador da exposição ao agente nocivo causado pelo ambiente fabril (BREVILIERO, POSSEBOM e SPINELLI, 2014), esta monografia aborda o tema “Análise de ruído no setor usinagem em metalúrgica utilizando técnica de amostragem”, para levantamentos dos dados, ter maior confiabilidade no resultado, e garantir que não exista risco à saúde do trabalhador exposto ao ruído.

Breviliero, Possebom e Spinelli (2014) explanam que, de posse dos resultados, se os mesmo forem acima do Limite de Tolerância, deve-se adotar medidas de controle, priorizando a sua eficiência, isto é, em primeiro lugar as que se referem à fonte, seguidas das que se referem ao percurso e, finalmente, as relativas aos trabalhadores.

1.1. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo quantificar o ruído ocupacional das atividades e máquinas do setor usinagem em uma metalúrgica utilizando a técnica de amostragem para garantir a maior confiabilidade no resultado final.

1.2. JUSTIFICATIVA

Justifica-se a análise presente neste estudo, dada a necessidade da empresa em realizar avaliação de ruído utilizando ferramenta estatística para uma melhor percepção dos resultados. Com o resultado avaliado de forma correta, pode-se ter uma melhor determinação na tomada de decisões em termos de realizar mais amostragens ou partir diretamente para medidas de controle administrativas.

Através de pesquisas bibliográficas, informações coletadas em campos para posterior análise, identificação de oportunidade de melhoria, otimização do fluxo de processo, tudo isso para maior confiabilidade na análise dos resultados obtidos e na tomada de decisões.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. TRABALHO NO SETOR USINAGEM EM METALÚRGICA

Silva e Perosa (2010) explicam que a usinagem é o processo de usinar, em que se dá forma a uma matéria-prima, através da utilização de ferramentas ou máquinas específicas, podendo ser fresas convencionais, CNC, retíficas, mandrilhadoras entre outros maquinários.

A usinagem é muito comum em todo o mundo, indo desde a fabricação de peças para automóveis até o processo da cópia de uma chave, por exemplo. Dentro do campo da mecânica, a usinagem também é utilizada como alternativa para reparações e remates de acessórios metálicos ou de outros materiais. Atualmente, a usinagem está presente em várias categorias de indústrias, como a naval, aeroespacial, eletrônica, eletrodomésticos e etc (SILVA e PEDROSA, 2010).

Devido a essa gama de categorias de indústrias, a atividade laboral na metalúrgica apresenta grandes exposições a riscos ocupacionais. Tendo maior incidência aos acidentes ou doenças relacionadas aos agentes insalubres, como os riscos físicos, como ruído das máquinas fresadoras podem estar fora dos limites estabelecidos na legislação; os químicos, em decorrência do contato com óleo solúvel, óleo de corte, álcool etílico, também há exposição aos riscos ergonômicos, causados por postura em pé por longos períodos, equipamentos e/ou máquinas sem meios de regulação de ajuste ou sem condições de uso e, muitas vezes, as condições de trabalho estão com a iluminação diurna inadequada (SILVA e PEDROSA, 2010).

Diante dos agentes levantados no ambiente de trabalho, foi escolhido com objeto de análise o ruído, devido à exposição ser constante durante toda a jornada de trabalho dos operadores de máquinas. E para tal, será abordado nos tópicos seguintes alguns esclarecimentos sobre este agente.

2.2. FUNDAMENTOS DO RUÍDO

O ruído é um dos principais agentes físicos presentes nos ambientes de trabalho. É um fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão

em função da frequência, isto é, para uma dada frequência podem existir, em forma aleatória através do tempo, variações de diferentes pressões (PAES, 2014).

Conforme Spinelli (2014), o ruído é considerado um dos maiores riscos potenciais para a saúde dos trabalhadores, devido à constante exposição a níveis elevados, seja no trânsito, instalações industriais ou até mesmo ao ouvir música em um volume muito alto. A exposição a níveis altos de ruído pode levar o trabalhador a perdas auditivas irreversíveis.

Para melhor entendimento, será abordado nos próximos tópicos, fundamentos básicos do som, onde essas oscilações estimulam o aparelho auditivo originando o som ou ruído.

2.2.10 decibel (dB)

O decibel é uma ordem de grandeza, é a diferença de escala linear entre o mínimo e máximo. Para isso, foi criada a escala logarítmica, denominada de dB (decibel), (SALIBA, 2016).

Ex:

$$\text{Log}_{10} 10 = 1, \text{ pois } 10^1 = 10 \rightarrow 20\log. 10^1 \rightarrow 20 \text{ dB}$$

$$\text{Log}_{10} 100 = 2, \text{ pois } 10^2 = 100 \rightarrow 20\log. 10^2 \rightarrow 40 \text{ dB}$$

$$\text{Log}_{10} 1000 = 3, \text{ pois } 10^3 = 1000 \rightarrow 20\log. 10^3 \rightarrow 60 \text{ dB}$$

...

$$\text{Log}_{10} 10.000.000 = 7, \text{ pois } 10^7 \rightarrow 20\log. 10^7 \rightarrow 140 \text{ dB}$$

Observa-se que, enquanto na escala linear há variação de dez a mil vezes, na logarítmica a variação foi apenas três unidades.

2.2.2 Nível de pressão sonora

Conforme Saliba (2016) e Paes (2014), explicam que o ouvido humano responde por uma larga faixa de intensidade acústica, sendo:

- a. Som mais fraco audível pelo ser humano: 20 micros Pascals
- b. Som máximo suportável pelo ser humano: 200 Pascals (1.0 milhão x mais)

- alta)
- c. Em função da grande diferença de escala linear entre o mínimo e máximo, criou-se a escala logarítmica, denominada de dB (decibel), sendo:
 - d. 20 micro Pascais= 0 dB (limiar da audição)
 - e. 200 Pascais= 140 dB (limiar da dor)

Portanto, NPS é a grandeza utilizada para medirmos a intensidade do som ou ruído, em que se pode caracterizá-la como baixa ou alta intensidade, sendo expresso:

$$\text{NPS} = 20 \log P/P_0 \quad (\text{dB})$$

P: pressão Sonora a ser medida

P₀: pressão de referência= 2×10^{-5} Pa

2.2.3 Propagação do som

O som se propaga de forma ondulatória, sendo que a velocidade dessa transmissão depende das características da onda no meio pelo qual se propaga (PAES, 2014).

No ar, a velocidade *V* do som pode ser calculada, conforme figura 1:

Figura 1 Progração do Som

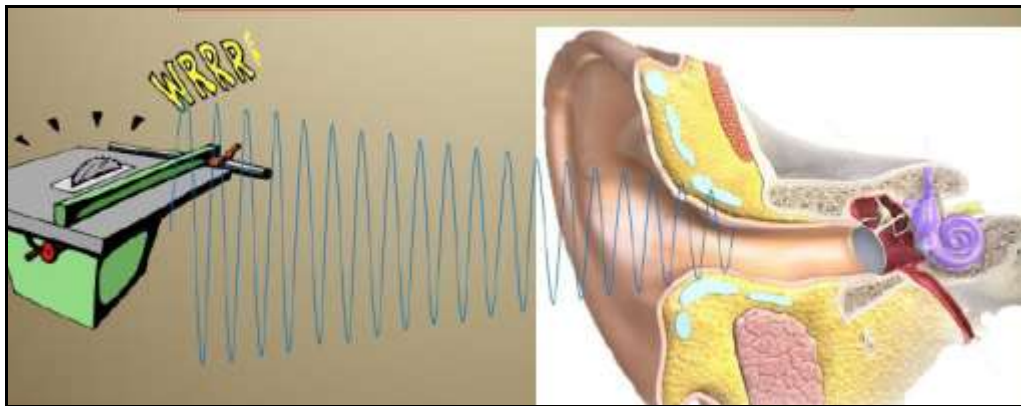


Fonte: <http://canalcompras.blogspot.com.br/2013/02/oque-e-som-por-wikipedia.html>

2.2.4 Fundamentos Básicos do Som

É qualquer oscilação de pressão (no ar, água ou outro meio) que o ouvido humano possa detectar. O som é originado por uma vibração mecânica que se propaga no ar e atinge o ouvido. Quando essa vibração estimula o aparelho auditivo, ela é chamada de vibração sonora, conforme apresentado na figura 2, (PAES, 2014).

Figura 2 Oscilação da pressão sonora



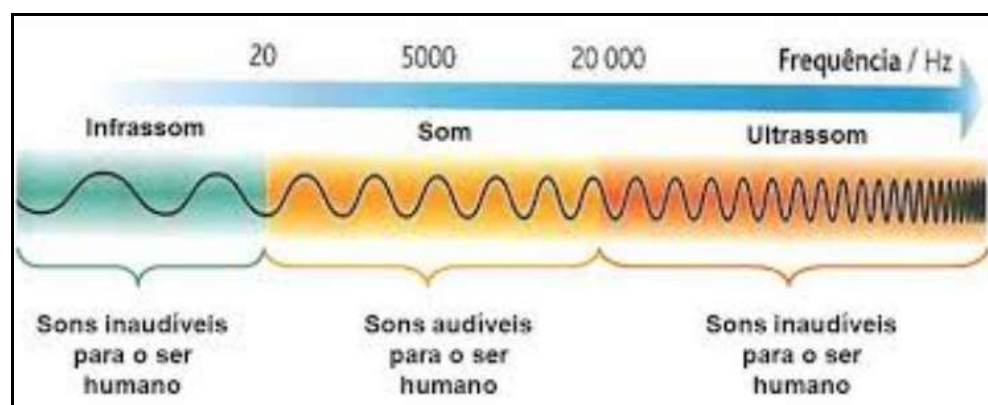
Fonte: PAES, Mario Paulo Cassiano, 2014.

Assim, o som é definido como qualquer vibração ou conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas (SALIBA, 2016).

No entanto, para que uma vibração seja considerada sonora, é necessário que atenda às seguintes condições:

- a) Possuir valores específicos de frequências, isto é, a frequência deve situar-se entre 16 a 20.000 Hz, conforme a ilustração a seguir, figura 3:

Figura 3 Vibração Sonora



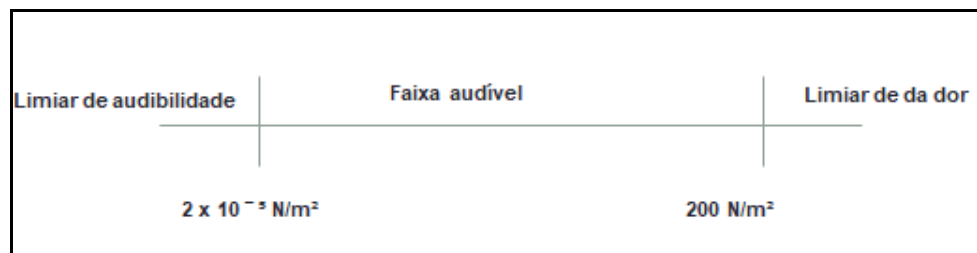
Fonte: FRAGALI, André, 2014

O ser humano tem a capacidade de ouvir na faixa de frequência de 20Hz até 20kHz, o que significa que a oscilação da pressão é repetida durante o período do tempo escolhido. Assim, quando utiliza 20Hz de frequência, pode-se afirmar que há 20 ciclos por segundo. Sons com frequência menor que 20 Hz são chamados de

infrassons, e acima de 20 kHz são os ultrassons, conforme apresentado na figura 3, (PAES, 2014).

Ter o limiar de audibilidade, em que a variação é a diferença entre a pressão atmosférica na presença e na ausência do som, em um mesmo ponto, conforme figura 4.

Figura 4 Limiar de audibilidade



Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

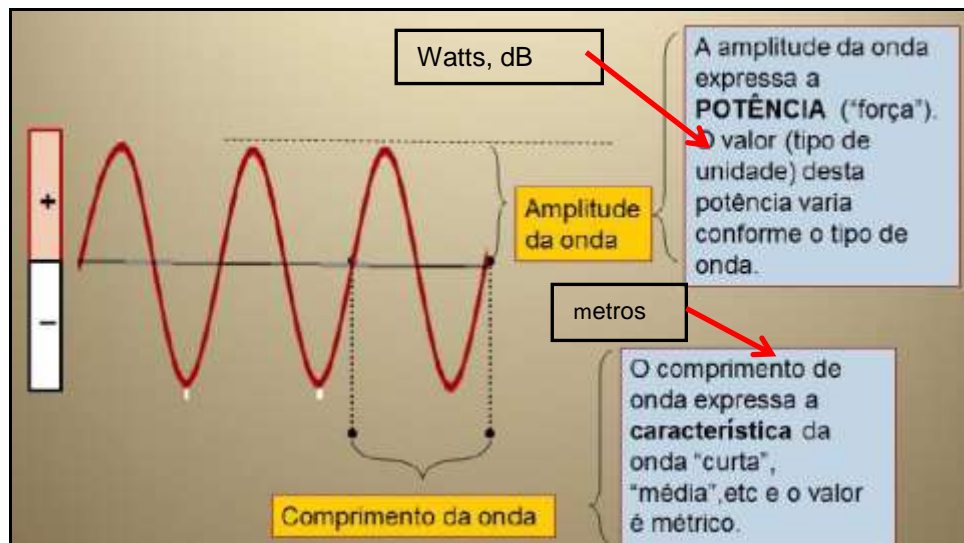
Quando a pressão sonora atinge o valor de 200 N/m^2 , a pessoa exposta começa a sentir dor no ouvido (limiar da dor) - valor correspondente a 140 dB.

2.2.5 Frequência do som

A frequência do som corresponde ao número de vibrações na unidade de tempo, conforme apresentado na figura 5 (PAES, 2014).

Onde a amplitude da onda é Watts e o comprimento em metros.

Figura 5 Frequência do Som



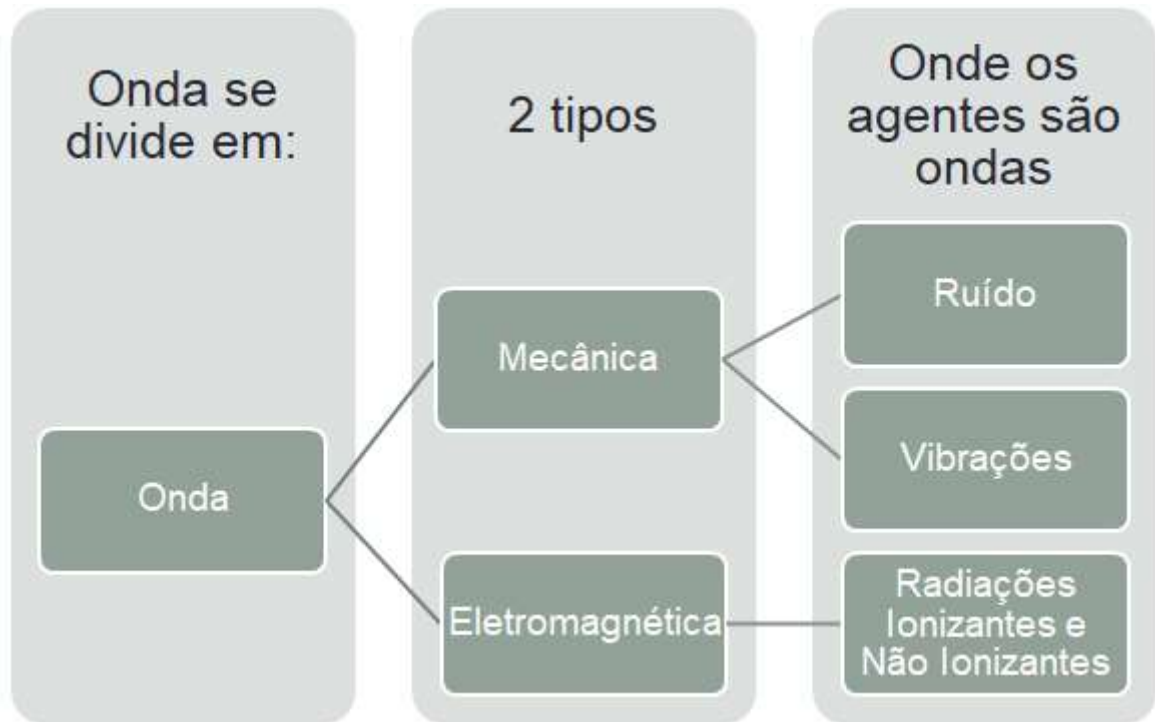
Fonte: PAES, Mario Paulo Cassiano, 2014

Todas as ondas têm:

- a. Uma fase positiva e outra negativa,
- b. Uma amplitude, e
- c. Comprimento.

O comprimento de onda corresponde à distância que a onda percorre para fazer um ciclo completo. A amplitude vai variar conforme o tipo de onda se for onda mecânica ou eletromagnética, figura 6 (PAES, 2014).

Figura 6 Divisão de Onda



Fonte: PAES, Mario Paulo Cassiano, 2014 (Adaptado)

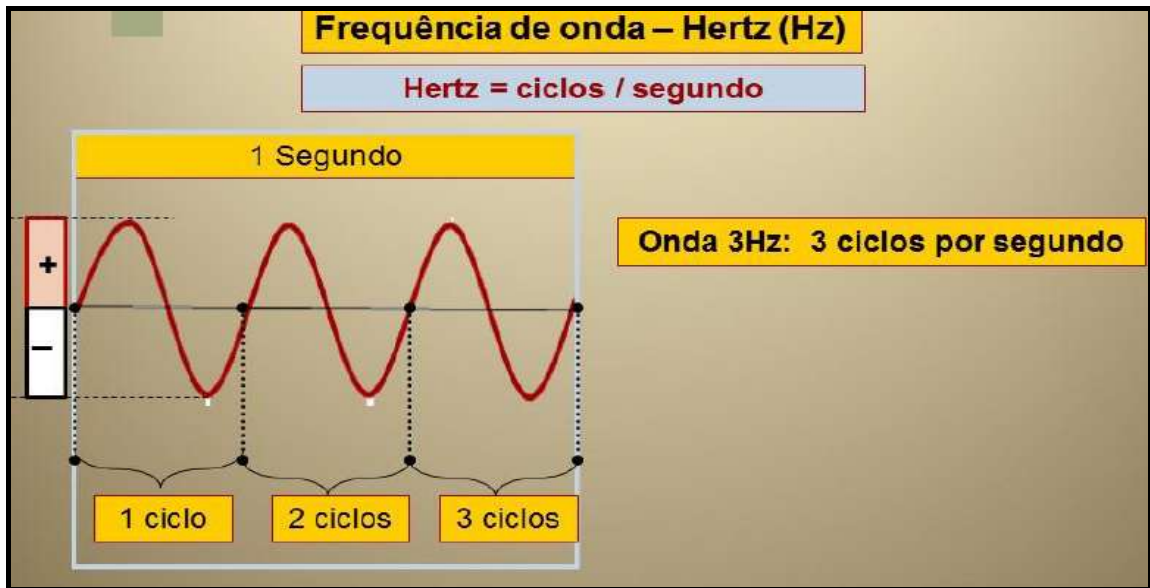
2.2.6 Frequência de onda

É a quantidade de ciclos que a onda completa em 1 segundo, conforme demonstração a seguir na figura 7 e 8 (PAES, 2014).

Em 1s a onda formou 3 ciclos = 3Hz

$$F = \frac{1 \text{ ciclo ou vibração completa}}{0,01 \text{ segundo}} = 100 \text{ ciclos/seg. ou Hertz}$$

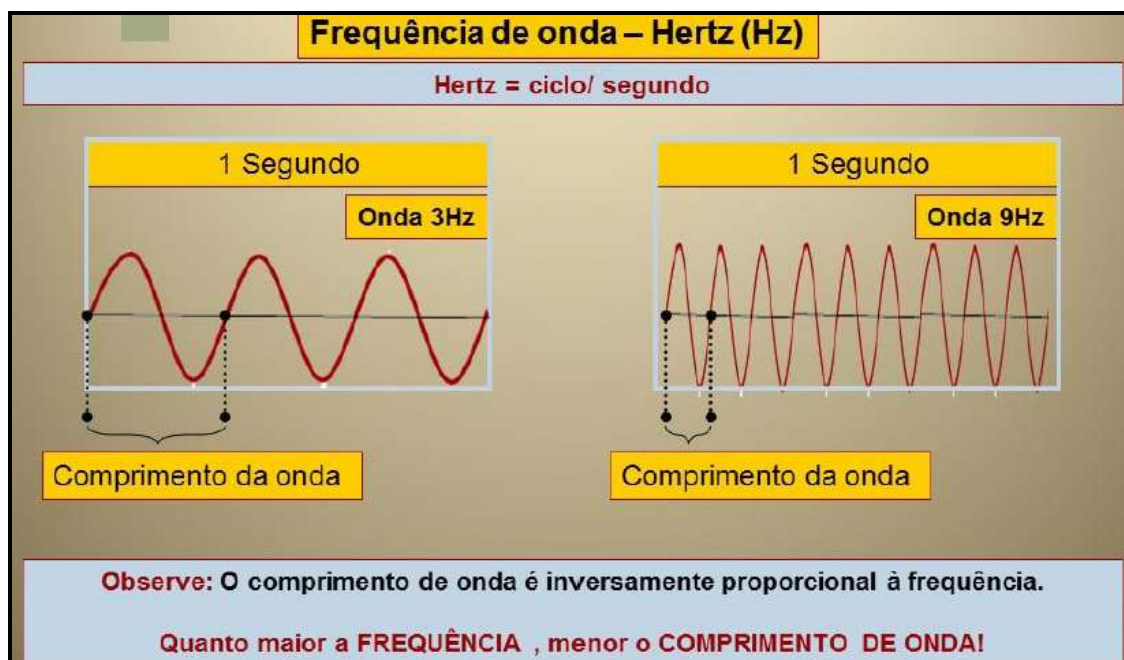
Figura 7 Frequência de Onda



Fonte: PAES, Mario Paulo Cassiano, 2014

A figura 8, esplanas que o comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência, sendo assim, quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda.

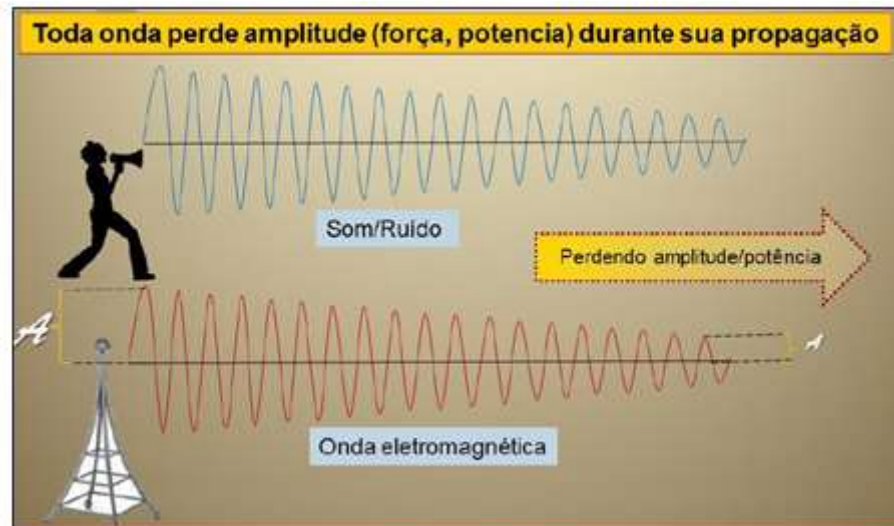
Figura 8 Frequencia de Onda



Fonte: PAES, Mario Paulo Cassiano, 2014

Toda onda perde sua força e potência ao longo do caminho, ou seja, durante a sua propagação, conforme apresentado na figura 9.

Figura 9 Perda de Amplitude



Fonte: PAES, Mario Paulo Cassiano, 2014

2.2.6 Conceito e Tipos de ruído

É um fenômeno físico que, no caso da acústica, indica uma mistura de sons, cujas frequências não seguem uma regra precisa. O som é toda vibração que pode ser ouvida e deve possuir valores de frequência e pressão dentro da faixa audível. O som/ruído é uma onda mecânica que percorre pelo ar a 340 metros/segundos, figura 10 (SALIBA, 2016).

Figura 10 Amplitude da Onda



Fonte: PAES, Mario Paulo Cassiano, 2014

Portanto, quanto mais longe da fonte de ruído menor é a exposição.

- a. Perto da fonte = som alto
 - a. Grande amplitude
 - b. Grande potência
- b. Longe da fonte -= som baixo
 - a. Baixa amplitude
 - b. Baixa potência

O ruído afeta qualquer pessoa, som esse proveniente de diversas fontes. Com o desenvolvimento constante de tecnologia para amenizar o ruído produzido por máquinas e equipamentos, os quais ultrapassam os índices aceitáveis pela legislação, esses vibram a frequências angulares tão altas que geram frequências sonoras capazes de estourar esses limites de tolerância. Outras fontes de ruído podem ser mecânicas, choques, ressonâncias (dutos), turbulências, hidrodinâmica, cavitação, turbulências; eletromagnética entre outras (RIBEIRO, 2015).

As fontes de ruído dividem-se em subconjuntos, os quais são separados pelos ciclos gerados por estas:

- a) Ruído contínuo: é produzido por máquinas ou objetos que funcionam sem interrupção, permanecendo estável com variações máximas de três (3) a cinco (5) dB (A) durante um longo período.
- b) Ruído Intermitente: quando máquinas operam em ciclos com variações de maiores ou menores intensidades que o ruído contínuo. O ciclo de tempo em que o ruído aumenta pode ser medido da mesma forma que o ruído contínuo, no entanto, o período de tempo desse ciclo deverá ser apontado.
- c) Ruído de impacto: é aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo os intervalos superiores a um segundo. Os níveis de impacto deverão ser avaliados em decibéis, com medidor de nível de pressão sonora operando no circuito linear e circuito de resposta para impacto.

As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador. O limite de tolerância para ruído de impacto será de 130 dB (linear). Nos intervalos entre os picos, o ruído existente deverá ser avaliado como ruído contínuo (RIBEIRO, 2015).

2.2.7 Nível de intensidade sonora e nível de potência sonora

Conforme SALIBA (2016), a intensidade é utilizada na acústica para especificar o ruído de equipamentos, cálculos de isolamento e estimativa de ruído que uma fonte produz a determinada distância, em que se tem:

- a) Intensidade Sonora (I): É a potência da energia de vibração sonora que atinge uma determinada superfície, é dada em W/m^2 .
- b) Nível de Intensidade Sonora (NIS): É a relação entre a intensidade real e a de referencia (I_0 aquela mínima captável pelo ouvido humano, sendo $I_0 = 10^{-12}W/m^2$.

$$NIS = \lg (I/I_0) \text{ (Bel – B)}$$

$$NIS = 10\lg (I/I_0) \text{ (deciBel – dB)}$$

I é a intensidade sonora em um ponto específico, é a quantidade média de energia sonora transmitida através de uma unidade de área perpendicular à direção de propagação do som.

I_0 é a intensidade de referência igual a $10^{-12}W/m^2$.

2.2.8 Nível de potência sonora

Representa a quantidade de energia acústica produzida por uma fonte sonora por unidade de tempo (PAES, 2014).

O nível de potência sonora, também expresso em dB.

$$NWS = 10 \log W/W_0$$

em que

W é a potência sonora da fonte em watts.

W_0 é a potência sonora de referência igual a 10^{-12} Watts

2.2.9 Nível de audibilidade

A Lei de Weber-Fechner mostra o aumento da sensação ao som proporcional ao logaritmo do estímulo. Foi tomada como padrão a frequência de 1.000 Hz e, a partir daí, foram construídas as curvas isoaudíveis, que representam a mesma intensidade

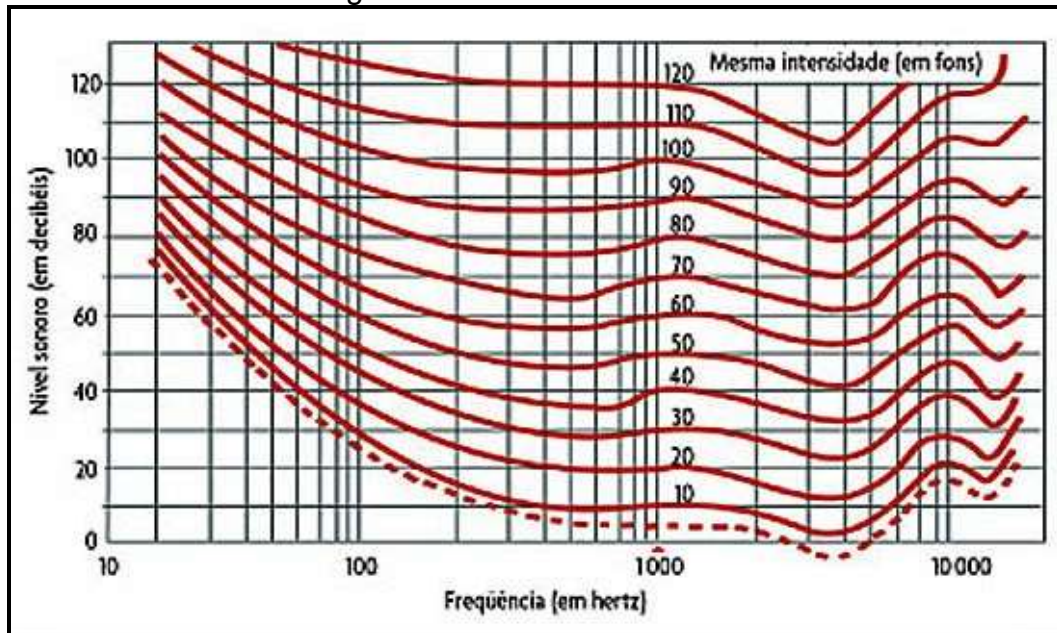
de resposta à orelha a determinados sons (SALIBA, 2016).

Assim, um som de nível de audibilidade (NA) de 90 fones é sentido com a mesma intensidade pela maioria das pessoas, qualquer que seja a frequência e NPS, ou seja, o nível de pressão sonora.

O gráfico mostra no figura 11 mostra que, cada curva de audibilidade, ou de Fletcher-Munson, apresenta a mesma intensidade sonora (medida em fons). As curvas extremas, no alto, delimitam o campo de audibilidade humano (SALIBA, 2016).

A linha pontilhada representa o limite de audibilidade e corresponde, na frequência 1000 hertz, a zero decibel e a curva superior, na mesma frequência, indica o limiar doloroso, a 120 decibéis (intensidade 1 trilhão de vezes maior). O gráfico sintético inferior mostra o campo auditivo humano, dentro do qual uma onda mecânica longitudinal pode ser percebida como sensação sonora (SALAIBA, 2016)

Figura 11 Limite de audibilidade



Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

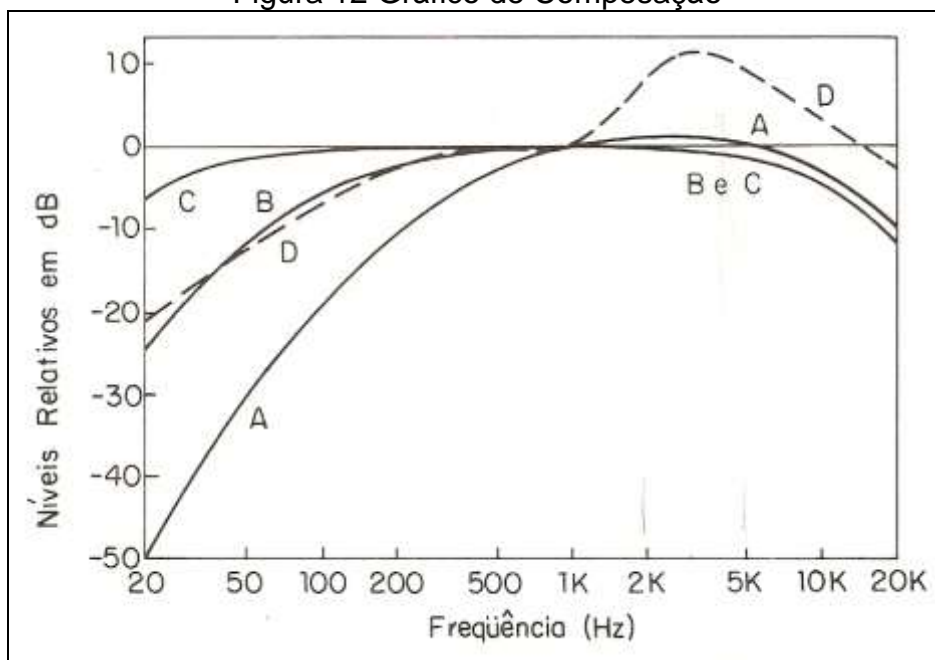
2.2.10 Níveis de decibéis compensados

O ouvido humano não responde linearmente às diversas frequências. Para tanto, tem-se as curvas de compensação para as medições de ruídos, sendo elas:

- Curva "A": a resposta dessa curva é a que mais se aproxima das características do ouvido humano para níveis de som de baixa intensidade. Utilizada para a medição de ruídos contínuo e intermitente (SALIBA, 2016).
- Curva "B": curva de resposta intermediária entre as curvas "A" e "C".
- Curva "C": resposta linear entre 30 e 8000 Hz, utilizando para estudo dos ruídos de impacto.

Para a compensação do NPS, pode-se utilizar o gráfico, conforme Gerges, (2000). Depois, foi também introduzido o circuito de compensação D para ruídos de aeroportos, que são muito intensos, figura 12.

Figura 12 Gráfico de Compensação



Fonte: Brevigliero, Possebon e Spinell, 2011

No quadro 1, é apresentada a aplicação dos circuitos de compensação

Quadro 1 - Aplicação dos circuitos de compensação A, B, E e D

Circuitos de Compensação	Unidade	Aplicações
A	dB (A)	Levantamento ocupacionais, dosimetria e calculo de atenuação dos protetores auriculares
B	dB (B)	Atualmente não é utilizada
C	dB (C)	Ruído de impacto e calculo de atenuação de protetores auriculares
D	dB (D)	Ruído de aeroportos

Fonte: Brevigliero, Possebon e Spinell, 2011

As normas internacionais e o Ministério do Trabalho adotaram a curva de compensação A para medições de níveis contínuo e intermitente devido à maior aproximação à resposta da orelha humana (BREVIGLIERO, POSSEBON E SPINELL, 2011).

O circuito "A" aproxima-se das curvas de igual audibilidade para baixo; Níveis de Pressão Sonora; o circuito "B", para médios Níveis Pressão Sonora, e o circuito "C", para Níveis de Pressão Sonora mais altos.

De acordo com a Norma Regulamentadora nº15 (BRASIL, 2014), devem ser medidos em decibéis 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.

Já a Norma de Higiene Ocupacional nº 01 da Fundacentro (2001) define de modo bem simplificado os tipos de ruído.

- a) Ruído Contínuo ou Intermitente: todo e qualquer ruído que não está classificado como ruído de impacto ou impulsivo.
- b) Ruído de Impacto ou Impulsivo: ruído que apresenta picos de energia acústica de um segundo os intervalos superiores a um segundo.

Já para o ruído intermitente e o contínuo, há risco grave e iminente para

exposições, sem proteção, a 115 dB (A).

A dose diária de ruído é a variante que determinará quão o nível de ruído é adequado para o ambiente de trabalho. Sabe-se que o tempo diário utilizado para parâmetro são oito horas de trabalho; e que a energia sonora máxima para esse período é 85 dB, atingindo 100% de dose nestes parâmetros, se o nível sonoro subir em um tempo limite de exposição menor e que determinará a dose em porcentagem tolerada. A dose diária de ruído pode não ser a mesma quando consideradas as normas brasileiras relacionadas com ruído, a NR nº 15 determinou sua taxa duplicidade (q) em 5dB, como base referenciá-la o princípio da exposição ao Ruído Ocupacional, segundo os critérios da ACGIH (1978). Contudo, a mesma ACGIH nos dias atuais, admitiu o princípio da exposição contínua (Leq) com taxa de duplicidade (q) como 3 dB (MORAES e REGAZZI,1999).

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad [\%] \quad (1)$$

Sendo:

Cn: o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico. Tn: a máxima exposição diária permissível a esse nível.

Para a NHO - 01 o nível de exposição é calculado por:

$$NEN = 10 \times \log \left(\frac{480 \times D}{T_E} \right) + 85 \quad (2)$$

De acordo com a NHO 01 (2001) da Fundacentro os limites de exposição no Quadro 2 demonstram uma nova legislação da ACGIH para níveis de ruído:

Quadro 2 - Limite de exposição da NHO 01

Limites de exposição para ruído	
Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição diária
80	24 horas
82	16 horas
85	8 horas
88	4 horas
91	2 horas
94	1 horas
97	30 minutos
100	15 minutos
103	7 minutos e 30 segundos
106	3 minutos e 45 segundos
109	1 minuto e 53 segundos
112	56 segundos
115	28,12 segundos
118	14,06 segundos
121	7,03 segundos

Fonte: Fundacentro (2001)

O Decreto nº 4.882, de 18 de novembro de 2003, define que o Nível de Exposição Normalizado (NEN), nível de exposição ajustado para oito horas de trabalho, situar-se acima de 85 dB(A) ou for ultrapassada a dose unitária, aplica-se:

- a) Os limites de tolerância definidos no Quadro Anexo I da NR nº15 do MTE; e
- b) As metodologias e os procedimentos definidos nas NHO-01 da FUNDACENTRO.

Com isso, fica decidido que nas medições executadas para análise de ruído, usam-se os parâmetros da Norma Regulamentadora nº 15, em que a taxa de dobra é igual a 5 dB, a fim de seguir a legislação que prevê as possíveis punições se os níveis estiverem fora dos limites estabelecidos (BRASIL, 1978).

A NR nº15, da Portaria MTb n.º 3.214/1978 (BRASIL, 1978), estabelece os limites de exposição a ruído contínuo, conforme a Quadro 3, a seguir.

Quadro 3 - Limites de exposição a ruído contínuo

Limites de exposição para ruído	
Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição diária
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

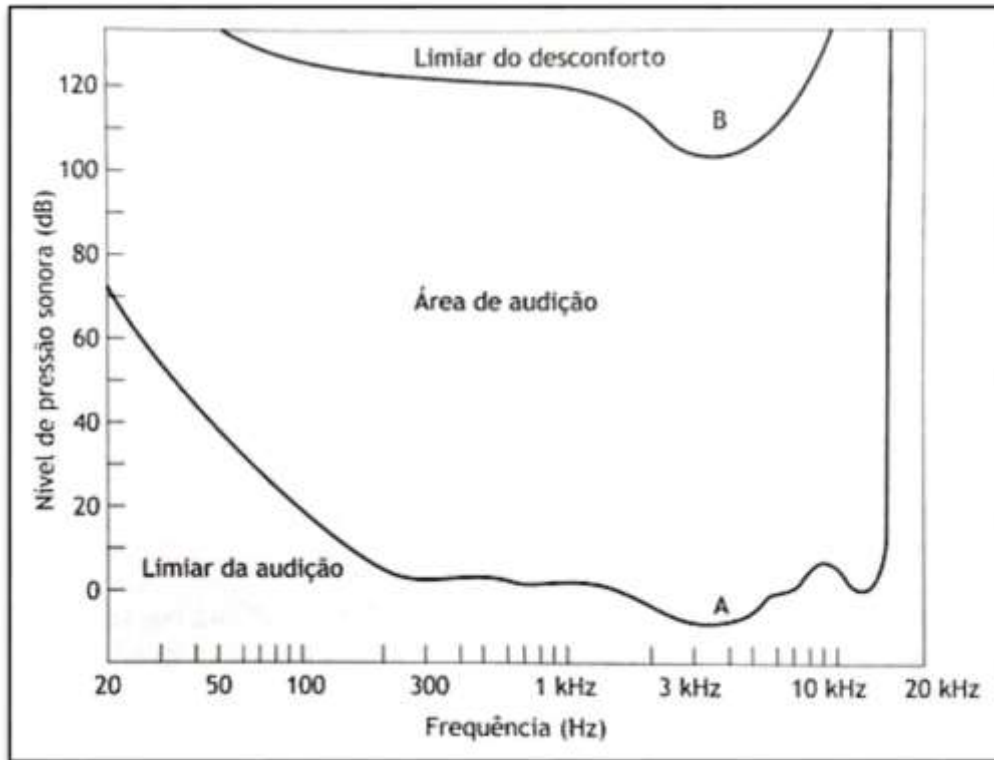
Fonte: Brasil (2014)

O limiar de audição é a mínima intensidade a ser ouvida pelos ouvidos e esse nível diminuiu-os ao afastar da fonte. Já o limiar de sensação é a intensidade da soma a partir da qual os sons são sentidos, podendo passar a causar dor e, eventualmente, danos nos ouvidos. O limiar de dor é de 120 a 140 dB. (BREVIGLIERO, POSSEBON E SPINELL, 2011).

Na Figura 13, a região audível (curva A) e “desconfortável” (curva B). Essas duas

curvas representam os extremos da percepção de sonoros em função da frequência para ouvintes “normais”. (BISTAFA, 2011).

Figura 13 Área de audição

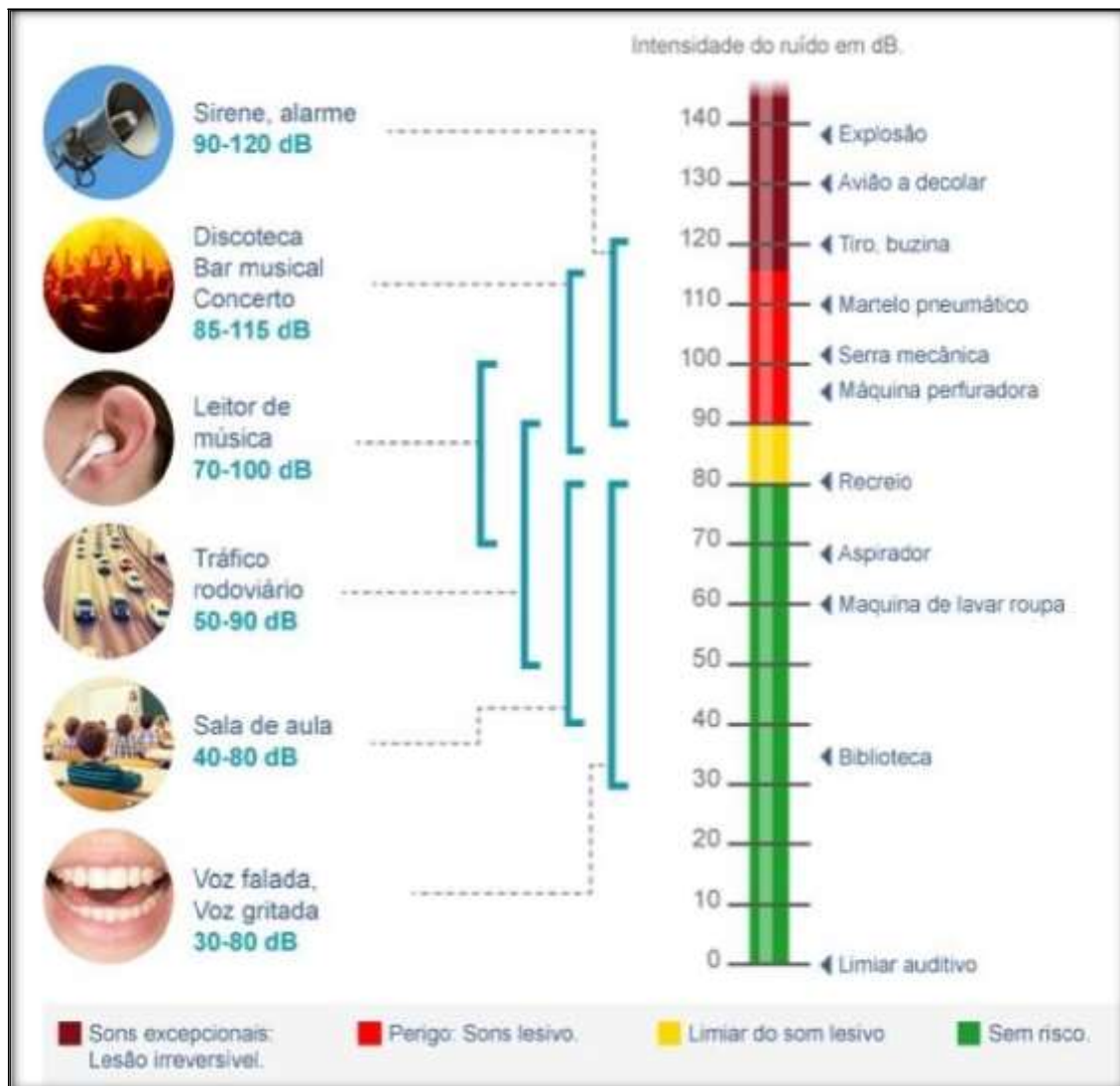


Fonte: Everest s.d. apud Bistafa (2011)

As exposições contínuas são piores que as intermitentes, porém, curtas exposições a ruídos intensos também podem desencadear perdas auditivas. Quando no quadro histórico do trabalhador identificar o uso de protetores auditivos, deve ser considerada a atenuação real dele, assim como a variabilidade individual durante o seu uso (BISTAFA, 2011).

A figura 14 apresenta uma escala que mostra a intensidade sonora de equipamentos e algumas atividades diárias.

Figura 14 Faixa de intensidade sonora



Fonte: Camilleri; Trigueiros Cunha (2017)

Há também técnicas para combater um ruído perturbador gerando outro ruído, chamado de “mascaramento sonoro”, o que eleva o limiar de audição. Bistafa (2011) cita que ruídos de baixa intensidade são utilizados em escritórios panorâmicos no mascaramento de sons, tornado estes últimos menos intrusivos.

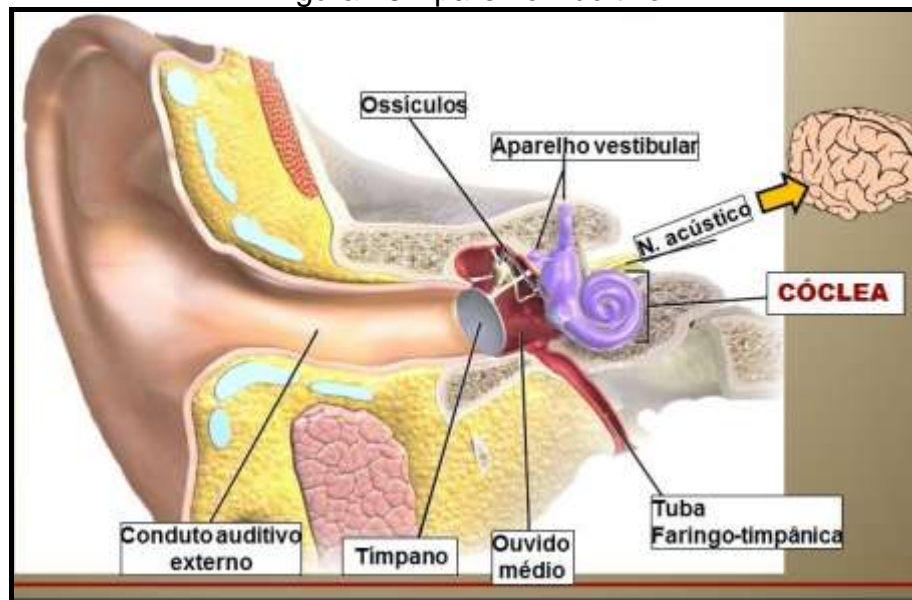
2.2.1.1 Efeitos do Ruído no Organismo

O ruído é das causas da perda auditiva, dentre outras inúmeras causas. Para compreender sobre a perda, é preciso entender como o ser humano escuta.

O aparelho auditivo é composto pelo ouvido externo que é do tímpano para fora, o ouvido médio que fica do caracol até o tímpano e o ouvido interno, do caracol para dentro (cóclea) (PAES, 2014).

O som chega pelo conduto auditivo externo, vai até o tímpano, que vibra conforme a onda sonora que chega. Com a vibração do tímpano, conseqüentemente vão vibrar três ossinhos no ouvido médio. Dentro do último ossinho, vibrará um líquido, que gerará estímulos elétricos que vão através dos nervos acústicos até o cérebro, onde o ruído será interpretado (PAES, 2014).

Figura 15 Aparelho Auditivo



Fonte: PAES, Mario Paulo Cassiano, 2014

2.2.11.1 Efeitos auditivos do ruído

Conforme Paes (2014), o ruído pode causar vários danos à saúde dentre eles dois tipos de efeitos:

1. Auditivos;
2. Não auditivos;

Os efeitos auditivos são muito conhecidos e podem ser classificados em:

1. Trauma acústico;
2. Perda auditiva temporária;
3. Perda auditiva permanente.

2.2.12 Trauma acústico

O trauma acústico ocorre quando o indivíduo fica exposto a sons de curta duração e alta intensidade tais como: explosões, estampidos de arma de fogo, detonações etc. Essa exposição pode ocasionar perda auditiva imediata, severa e permanente, conceituada como “trauma acústico”. Todas as estruturas do ouvido podem ser lesadas, em particular o órgão de Corti, a delicada estrutura sensorial da parte auditiva do ouvido interno (cóclea) (PAES, 2014).

A função do aparelho auditivo é atenuar as vibrações que chegam até a cóclea e diminuí-las, para que não haja danos. Porém, ao ficar exposto aos sons de curta duração, o trauma acústico poderá ocorrer, devido ao aparelho auditivo não ter “tempo para entrar ação”, assim, ocasionando a lesão (PAES, 2014).

2.2.13 PAIR – Perda auditiva induzida por ruído

Segundo Nudelmann, Costa, Seligman e Ibañez (2001), a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) ocorre devido a exposições a ruídos pelo mesmo período de tempo em que diferentes indivíduos podem ter respostas opostas à exposição. Os autores mencionam que é comum que ambientes de trabalho consistam em uma série de agentes físicos e químicos que, combinados, podem representar riscos à saúde dos trabalhadores.

Segundo Nudelmann, Costa, Seligman e Ibañez (2001), a PAIR (Perda Auditiva induzida por Ruído) é denominada PAIRO (Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional), onde tem uma condição específica com sintomas estabelecidos e algumas características principais que incluem:

- a) A perda auditiva é irreversível, neurossensorial e

predominantemente coclear.

b) O portador deve ter história prolongada de exposição a níveis de ruído elevados (>85 dB(A) / 8 horas/dia), suficientes para causar uma perda no nível e configuração observados nos testes audiológicos.

c) A perda auditiva deve ter se desenvolvido gradualmente num período de, geralmente, seis a dez anos de exposição.

d) A perda auditiva deve ter iniciado nas altas frequências audiométricas (ordem característica de 6,4,8,3,2 ou 4,6,8,3,2 KHz) e ser equivalente nos dois ouvidos.

e) Os resultados dos testes de reconhecimento de fala devem ser consistentes com os resultados da audiometria tonal.

f) A perda auditiva deve estabilizar, quando a exposição a ruído for eliminada.

A perda auditiva é mensurada determinando-se limiares auditivos em várias frequências por meio do exame audiométrico, esse é também o exame usado em programas de conservação auditiva para determinar se a proteção contra o ruído está sendo adequada – entenda-se proteção como sendo o conjunto das ações individuais e coletivas acerca do ruído (NUDELMANN, COSTA, SELIGMAN E IBAÑEZ, 2001).

2.2.14 Controles de Ruído

Controles de ruído são princípios, normas ou ações, visando regular sons e ruídos àquilo que estatisticamente se comprovou adequado a um determinado ambiente de trabalho, descanso e lazer (USP, 2018).

É preciso reiterar que o controle do ruído visa a sua adequação e não sua eliminação, pois pode ser importante para a segurança das pessoas, ao atravessarem uma rua, por exemplo. É importante, também, para a manutenção de máquinas e equipamentos, advertindo quando há algum desarranjo ou risco de colapso.

Segundo Saliba (2016), as medidas de controle do ruído podem ser consideradas basicamente de três maneiras distintas, sendo elas:

1. Na fonte;
2. Na trajetória, e
3. No homem.

O controle do ruído servirá para evitar para que não se propague e chegue a zona auditiva do trabalhador.

2.2.14.1 Controle na fonte

Saliba (2016), explica que o método de controle na fonte é o mais recomendado, devido a estancar a causa do problema. As alternativas para isso são inúmeras, são exemplos:

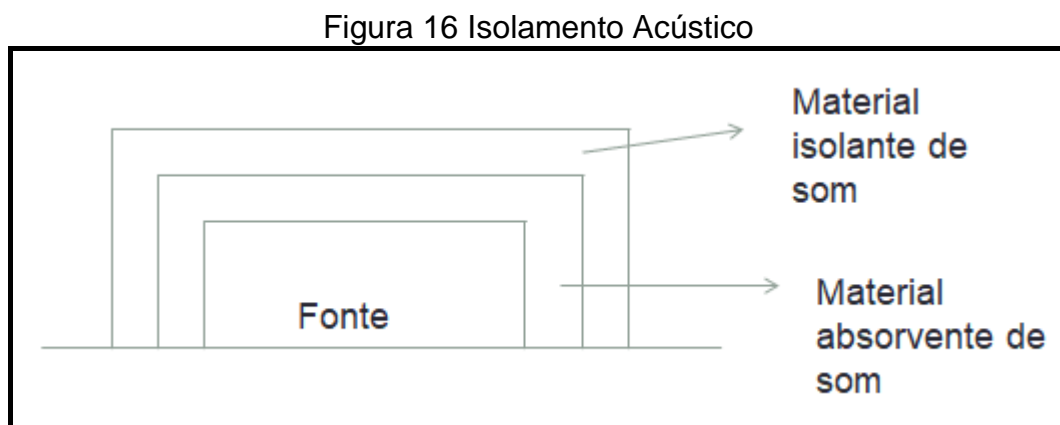
- a) Substituição do equipamento por outro mais silencioso;
- b) Balanceamento e equilíbrio das partes móveis;
- c) Lubrificação eficaz dos rolamentos, mancais, etc.
- d) Redução dos impactos na medida do possível;
- e) Alteração do processo;
- f) Programação das operações de forma que permaneça o menor número de máquinas funcionamento simultaneamente;
- g) Aplicação do material de modo a atenuar as vibrações;
- h) Regulação dos motores;
reapertamento das estruturas;
- i) Substituição das engrenagens metálicas por outras de plástico ou celeron;
- j) Diminuir a velocidade de escapamento dos fluidos;
- k) Reduzir as rotações das máquinas, embora essa medida possa reduzir a capacidade a capacidade produtiva;
- l) Instalar abafador (silencioso) nos escapamentos;
- m) Absorver os choques por meio de revestimentos de borracha nas estruturas;
- n) Reduzir a altura de queda de materiais nos receptores.

2.2.14.2. Controle no meio ou trajetória

Saliba (2016) explica que não sendo possível o controle na fonte, o segundo passo é a verificação de possíveis medidas aplicadas no meio, que consistem em:

- a) Evitar a propagação – por meio de isolamento;
- b) Conseguir um máximo de perdas energéticas por absorção;
- c) O isolamento acústico pode ser feito das seguintes formas;
- d) Evitando que o som se propague a partir da fonte;
- e) Evitando que o som chegue ao receptor;
- f) Isolamento da fonte: construção de barreira que separe a causa e o meio do indivíduo exposto ao ruído.

O isolamento acústico das fontes ruídos consiste na colocação de barreiras de isolamento e absorvedores de som, conforme demonstrado na Figura 16, onde se tem a fonte geradora de ruído e usa-se material que possa impedir o som se propagar.



Fonte: Brevigliero, Possebon e Spinell, 2011

E para que se consiga realizar o isolamento acústico pode-se utilizar os seguintes materiais:

- a) Tipos de materiais absorventes: cortiça, lã de vidro.
- b) Tipos de materiais isolantes: paredes de alvenaria

2.2.14.3 Controle no homem

Saliba (2016) explica que, não sendo possível o controle do ruído na fonte e na trajetória, como último recurso, devem-se adotar medidas de controle no trabalhador tais como:

- a. **Limitação do tempo de exposição ao risco**
 - a. Deve-se reduzir o tempo de exposição ao ruído, acima do limite de tolerância, através rodízio de funcionários.
- b. **Equipamento de proteção individual**
 - a. Seleção de protetores auriculares
 - b. Uso efetivo durante a exposição
 - c. Fator de proteção – atenuação
 - d. Vida útil.

A seleção dos protetores auriculares deve ser observada as vantagens e desvantagens de cada tipo. Para que os protetores auriculares sejam eficazes, deverão ser usados de forma correta e obedecer aos requisitos mínimos de qualidade representada pela capacidade de atenuação. Para que o protetor seja eficaz é preciso que o trabalhador faça o uso de forma contínua, para que o protetor auricular não perca a sua funcionalidade. Por exemplo, se um trabalhador usar um protetor auricular com atenuação de 20 dB(A) apenas 50% da sua jornada de trabalho, significa que esse protetor estará atenuando apenas 5 dB(A) - conforme quadro 4 (SALIBA, 2016).

Quadro 4 - Porcentagem do Tempo em que o protetor é usado

PORCENTAGEM DO TEMPO EM QUE O PROTETOR É USADO							
50%	75%	88%	94%	98%	99%	99,5%	100% Atenuação nominal
5	10	15	20	28	33	(37)	Infinita
5	10	14	18	22	23	24	25
5	9	13	16	18	19	19	20
4	8	11	13	14	14	15	15
3	6	8	9	9	10	10	10
2	3	4	4	5	5	5	5
240	120	60	30	10	5	2,5	0

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

Portanto, o melhor protetor auricular será aquele que realmente o trabalhador irá usar durante toda a sua jornada de trabalho.

Fator de Proteção – Atenuação

Existem dois tipos de atenuação:

a. Método Longo – análise de frequência: consiste em subtrair os níveis de pressão sonora em dB(A), nas bandas de frequência 125 Hz a 8KHz, obtendo-se os valores de atenuação efetiva em cada banda, conforme quadro 5.(SALIBA, 2016).

Quadro 5 - Análise de frequência

Freq. em HZ	125	250	500	1K	2K	4K	8K
NPS em dB(A)	73,2	79,9	86,3	93,2	98,2	97,0	90,0

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

1º passo: obter no certificado de aprovação do protetor auricular em banda de frequência e Desvio Padrão-Dp., quadro 6.

Quadro 6 - Desvio Padrão

Atenuação	13,0	20,0	26,0	32,0	35,0	44,5	37,0
Desvio Padrão	2,9	2,6	2,2	2,4	2,4	2,6	3,9

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

2º passo: a proteção efetiva oferecida pelo equipamento para confiabilidade 98% é igual aos valores dos níveis de ruído em cada banda de frequência, subtraídos dos valores Desvio Padrão-DP multiplicado por 2, apresentados na quadro 7.

Quadro 7 - Confiabilidade

Atenuação	13,0	20,0	26,0	32,0	35,0	44,5	37,0
2 x DP	5,8	5,2	4,4	4,8	4,8	5,2	7,8
Atenuação efetiva do protetor	7,2	14,8	21,6	27,2	30,2	39,3	29,1

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

Ou seja, se multiplicar 2 x 2,9 (do quadro anterior) = 5,8 e, assim, sucessivamente.

3º passo: a atenuação do ruído com uso do protetor é feita subtraindo o NPS (Nível de Pressão Sonora) em dB(A) da atenuação efetiva, conforme quadro 8 abaixo:

Quadro 8 - NPS

NPS em dB(A)	73,1	79,9	86,3	93,2	98,2	97,0	90,0
Atenuação efetiva do protetor	7,2	14,8	21,6	27,2	30,2	39,3	29,1
NPS com uso do protetor	66,0	65,1	64,7	66,0	68,0	57,7	60,5

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

Conforme, Nudelmann, Costa, Seligman e Ibañez (2001), significa que a atenuação

é feita por meio da soma logarítmica do NPS com o uso do protetor. O cálculo pode ser feito com o uso de gráfico ou equação. Nesse caso, o valor obtido é igual a 74 dB(A). (SALIBA, 2016).

i. Método Simplificado – NRRsf

É a taxa calculada em laboratório, segundo normas específicas, que qualificam o grau de atenuação de ruído dado pelo protetor auricular.

- a. Protetor circum-auricular – multiplicar o NRR ou RC de laboratório por 0,75
- b. Protetor moldável – multiplicar o NRR ou RC de laboratório por 0,50.
- c. Protetor pré-moldado – multiplicar o NRR ou RC de laboratório por 0,30

O NRRsf é calculado a partir dos dados de atenuação. Por exemplo, em uma avaliação em uma empresa foram obtidos o NPS=96 dB (A) e NPS 102 dB(C) (valor obtido com um dosímetro que mede a curva C). O protetor utilizado é do tipo concha com NRRsf = 15 dB. Desse modo sua atenuação será:

- i. NPSC = NPS em dB(A) – NRRsf
- ii. NPSC = 96 – 15 = 81 dB(A)

Nesse caso, o protetor auricular utilizado foi eficaz, estando o trabalhador exposto ao ruído abaixo do limite de tolerância permitido pela NR nº15.

No entanto, para implantação de medidas de controle se faz necessário ter conhecimento sobre o PPRA, Programa de Conservação Auditiva, Insalubridade e aposentadoria especial por exposição a ruído. A seguir será abordado sobre estes temas.

2.2.15 Construção do PPRA

O PPRA, conforme BRASIL (1994), é um instrumento normativo em que estabelece obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA.

E, para a construção do PPRA, faz-se necessário avaliar e gerenciar os riscos químicos, físicos e biológicos nos locais de trabalho tendo como fundamento os princípios de gestão: Planejar, Desenvolver, Chegar e Agir na correção. (USP, 2018).

Para isso, faz-se importante seguir os passos abaixo:

- a. Identificação do risco – Fonte / uso
 - a. Máquinas;
 - b. Equipamentos de Transito
- b. Nocividade
 - a. Perda auditiva;
 - b. Zumbidos;
 - c. Vertigens;
 - d. Dificuldade de compreensão das palavras
- c. Gerais
 - a. Estresse;
 - b. Irritabilidade;
 - c. Insônia;
 - d. Elevação de pressão;
 - e. Impotência sexual.
 - f. Distúrbios sociais.
- d. Meio de Propagação
 - a. Ar
 - b. Equipamento de proteção coletiva;
 - c. Enclausuramento da máquina;
 - d. Troca por uma mais silenciosa;
 - e. Manutenção preventiva;
 - f. Artefatos antirruídos / vibração
 - g. EPI - último recurso para atenuar o ruído

2.2.16 Programa de Conservação Auditiva

O programa de conservação auditiva deverá ser elaborado pelo médico do trabalho ou engenheiro de segurança do trabalho a fim de gerenciamento das medidas de controle da exposição ocupacional ao ruído (SALIBA, 2016).

De acordo com ele, deve-se seguir os seguintes passos:

- i. Reconhecimento;
- ii. Avaliação ocupacional do ruído;
1. Verificar a dose: se for $>0,5$ e $< 1,0$ requer monitoramento e controle audiométrico.
- b. Se for $> 1,00$ reduzir o tempo de permanência no local ruidoso, entrega de EPI, controle audiométrico, monitoramento.

2.2.17 NR-15 INSALUBRIDADE ANEXO 1 e 2

Tem direito ao adicional de insalubridade a exposição ao ruído acima do limite de tolerância, conforme preconiza a NR nº15 Anexo 1 e 2 (BRASIL, 1994).

A Figura 17, retirada da norma regulamentadora nº15, demonstra o percentual de insalubridade e menciona também que a neutralização ou eliminação cessará o pagamento desse adicional.

Figura 17 Grau de Insalubridade

GRAUS DE INSALUBRIDADE		
Anexo	Atividades ou operações que exponham o trabalhador	Percentual
1	Níveis de ruído contínuo ou intermitente superiores aos limites de tolerância fixados no Quadro constante do Anexo 1 e no item 6 do mesmo Anexo.	20%
2	Níveis de ruído de impacto superiores aos limites de tolerância fixados nos itens 2 e 3 do Anexo 2.	20%

15.4 A eliminação ou neutralização da insalubridade determinará a cessação do pagamento do adicional respectivo.

15.4.1 A eliminação ou neutralização da insalubridade deverá ocorrer:

- com a adoção de medidas de ordem geral que conservem o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância;
- com a utilização de equipamento de proteção individual.

Fonte: Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego nº 15, 2014

2.2.18 Aposentadoria Especial

A aposentadoria especial, conforme Decreto 3.048 (1999), será considerado se ocorrer à exposição ao agente ruído acima do limite de tolerância, mesmo que se utilize EPI (equipamento de proteção individual).

Figura 18, retirada do Decreto, informa o direito do adicional de aposentadoria especial, caso o trabalhador esteja exposto ao ruído acima dos limites de tolerância conforme descrito na NR nº15 Anexo 1 do Ministério do Trabalho e Emprego.

Figura 18 Aposentadoria Especial

<p>Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos</p> <p><u>DECRETO Nº 3.048, DE 6 DE MAIO DE 1999.</u></p> <p>Aprova o Regulamento da Previdência Social, e dá outras providências.</p>		
2.3.0	<p>AGENTES FÍSICOS</p> <p>Exposição acima dos limites de tolerância especificados ou às atividades descritas:</p>	
2.3.1	<p>RUIDO</p> <p>a) exposição permanente a nível de ruído acima de 90 decibéis;</p> <p>b) exposição a Níveis de Exposição Normalizados (NEN) superiores a 85 dB(A). <i>(Redação dada pelo Decreto nº 4.882, de 2013)</i></p>	25 ANOS

Fonte: Decreto nº 3.048 de 06 de maio de 1999

2.2.19 Equipamento de Proteção Individual

Com base na Brasil (1999), o uso do EPI - equipamento de proteção individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho, somente deverá ser fornecido conforme Norma Regulamentadora nº 6, item 6.3, mencionado abaixo:

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

- a) 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;*
- b) enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e,*
- c) para atender a situações de emergência.*

2.3 EXPOSIÇÃO PROFISSIONAL MANUAL DE ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM - NIOSH

Conforme NIOSH (1977), o manual de estratégia de amostragem, em que se determina para os levantamentos dos dados deve-se realizar um programa de monitoramento de exposição de empregados, em que se devem levantar as

seguintes informações:

- a. Qual (is) empregados(s) serão amostrados?
- b. Onde o dispositivo de amostragem deve estar localizado, relativamente ao empregado amostrado?
- c. Quantas amostras deverão ser coletadas, em cada dia de trabalho amostrado, para definir a exposição de um empregado?
- d. Para uma amostra de medição, quanto deve durar o intervalo de amostragem?
- e. Em quais períodos, durante um ano devem ser amostradas, e quando?

Com base no que diz Saliba (2016), para que a avaliação seja realizada com êxito, é necessário o seguinte procedimento simplificado de avaliação ocupacional do ruído:

- a. Realizar o reconhecimento do fluxo do processo produtivo;
- b. Levantar o Grupo Homogêneo de trabalhadores que experimentem exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõem o mesmo grupo.
- c. Avaliação do ruído nos postos de trabalhos deve ser realizada após a definição dos grupos homogêneos, ou seja, o posto de trabalho deve ser analisado, pois ele poderá se apresentar fixo ou variável. A função desempenhada pelo trabalhador também pode ser fixa ou variável.
- d. Realizar a medição do ruído, utilizando equipamento de boa qualidade, calibrados corretamente, além de outros que são requisitos básicos numa medição de ruído conforme recomendação das normas técnicas.
- e. Com base nos dados obtidos na avaliação, deve-se emitir o parecer sobre o possível risco da exposição ocupacional ao ruído, bem como as medidas de coletivas, administrativas ou no homem, as quais devem ser adotadas para eliminar ou neutralizar o risco.

2.3.1 Amostragem Aleatória de um grupo de Homogêneo de Trabalhadores de

Risco

O objetivo conforme o NIOSH (1977), manual de estratégia de amostragem, é apresentar randomicamente o grupo cujos membros têm um risco de exposição esperada semelhante. A quadro 8 contém o tamanho n de amostras necessárias, amostra aleatória, retirada de um grupo de tamanho N (N=1 a 50), o que garante, com 90% de confiança, que pelo menos uma exposição individual, a partir do grupo com os 10% mais elevados de exposição, esteja contida na amostra. Quadro 9 retirada da Tabale A.1 do Apêndice Técnico A.

Quadro 9 - Tamanho da amostra parcial para os mais altos 10% e confiança de 0,90

Tamanho do Grupo N*	Quantidade de amostras necessarias*
Até 8	7
9-8	8
10-9	9
11-12	10
13-14	11
15-17	12
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18

***N = Tamanho do grupo de risco igual ao original**
†n=tamanho da amostra ou do subgrupo
‡n=N se N<7

Fonte: Manual Niosh, 1977

Para melhor entendimento, supõe-se 15 trabalhadores escolhidos aleatoriamente, a partir do total de 26. Assim, é necessário amostrar quase 60% do grupo para garantir, com 90% de probabilidade, que ao menos um trabalhador com uma exposição nos 10% mais elevados de todo o grupo seja incluído.

Depois de selecionado o tamanho da amostra, é necessário selecionar realmente os trabalhadores de forma aleatória e medir a exposição. Essa seleção pode ser realizada utilizando o site <https://www.random.org/>.

Com base no NIOSH (1977), a seguir será apresentada a aplicação dos métodos estatísticos padrão para análise dos resultados obtidos com objetivo de responder a perguntas como:

- a. A média de exposição de um empregado estava em conformidade com o padrão de saúde (seja o limite, seja a média ponderada por tempo [TWA] de 8 horas), em determinado dia?
- b. O que é uma estimativa de exposição de longo prazo, baseada em várias médias diárias de medições de exposição?
- c. Qual porcentagem de dias se pode esperar que um empregado esteja exposto acima dos níveis padrão, com base em várias médias diárias de medições de exposição?
- d. Os controles de engenharia devem ser instalados para reduzir exposições excessivas?

2.3.2 A Estatística e as Medições de Exposição Ocupacional

A apostila (USP, 2018) assevera que um dos objetivos mais importantes de qualquer programa de higiene ocupacional é determinar, com precisão, os níveis de exposição de trabalhadores e agentes contaminantes presentes na atmosfera, no ambiente de trabalho, quando necessário, por meio de medições de exposição. Para isso, utiliza-se a ferramenta de estatísticas em que se obtêm os resultados de forma eficaz, sendo esse determinado pela exposição média de qualquer trabalhador, calculada a partir de medições de exposição, não passando de uma estimativa da

exposição média real.

2.3.3 Análise Estatística de Resultados de Amostras para Medição de Exposição

Com base no NIOSH (199&), os resultados da medição devem ser registrados para que se possa realizar a análise. O processo de tomada de decisão, conforme manual baseia-se na teoria estatística da testagem de hipótese que esteja ligado ao conceito de limites de intervalos de confiança. Conforme Saliba (2016), o procedimento de avaliação do ruído e tratamento estatístico dos dados, dar-se-á da hipótese de que a exposição ao ruído ao longo do tempo segue uma distribuição normal. Assim, o procedimento consiste no seguinte:

1. Selecionar aleatoriamente os dias de avaliação dos níveis de ruído para cada GHE;
2. Efetuar, no mínimo 3 (tres) avaliações em cada grupo homogêneo de exposição em dias aleatórios.
3. Calcular a média e o desvio padrão das medições realizada;

seja L_i , o nível equivalente Leq das amostras ($i=1,2,\dots,n$)

A média do Leq é igual a:

$$\text{Média: } \Sigma L_i / n;$$

4. Calcular o desvio padrão – DP de acordo com a seguinte equação:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Onde o s =desvio padrão

5. Os limites de confiabilidade com 95% de certeza, em função do número de medições (N) e Desvio Padrão (DP), são dados na figura 19 e 20. Sendo assim, após o cálculo do desvio padrão (DP), deve-se procurar no quadro o erro cometido na determinação da média, segundo o número de amostras e o referido desvio padrão.

Figura 19 Intervalo de Confiança

$$\text{INTERVALO DE CONFIANÇA} = T \cdot \frac{S_c}{\sqrt{n}}$$

N	T	DP																															
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2				
3	4,303	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8				
4	3,182	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5				
5	2,776	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4				
6	2,571	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3				
7	2,447	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3				
8	2,365	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3				
9	2,308	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
10	2,252	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
11	2,228	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
12	2,201	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
13	2,179	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2				
14	2,16	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2				
15	2,145	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				
16	2,131	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				
17	2,12	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				
18	2,11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				
19	2,101	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2				
20	2,093	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
21	2,086	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
22	2,08	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
23	2,074	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
24	2,069	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
25	2,064	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
26	2,06	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
27	2,056	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
28	2,052	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
29	2,048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
30	2,045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
31	2,042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
35	2,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
41	2,021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
46	2,014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
51	2,009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
61	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

Figura 20 Continuação da figura 18

		DP																											
N	T	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6
3	4,303	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
4	3,182	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	10
5	2,776	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
6	2,571	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
7	2,447	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
8	2,365	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
9	2,306	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
10	2,252	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	2,228	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
12	2,201	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
13	2,178	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
14	2,16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	2,145	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
16	2,131	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
17	2,12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	2,11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	2,101	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20	2,093	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
21	2,086	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
22	2,08	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
23	2,074	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
24	2,069	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
25	2,064	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
26	2,06	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
27	2,056	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
28	2,052	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
29	2,048	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
30	2,045	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
31	2,042	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
35	2,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
41	2,021	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
46	2,014	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
51	2,009	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
61	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

6. Se o erro superar 2 dB(A), o número de medições é insuficiente para se obter a média com intervalo de confiança de

95% de certeza, devendo, nesse caso, realizar novas amostragens, também em dias aleatórios.

2.3.4 Limites do Intervalo de Confiança

O NIOSH (1997) menciona que a tomada de decisão baseado na teoria estatística de testagem de hipóteses está intimamente ligado ao conceito de limites de intervalos de confiança. Saliba (2016) explana o limite de intervalo de confiança da seguinte forma:

Se a média aritmética com 95% de confiança for inferior ao limite de tolerância, significa que a exposição terá conformidade com 95% de certeza. No entanto, pode-se usar também o limite inferior de confiança para a estimativa do risco de exposição. As equações a seguir mostram os cálculos dos limites inferior e superior de confiança com 95% de certeza.

Os cálculos das equações podem ser feitos facilmente por meio de calculadora ou computador. (AIHA, 2006).

$$\text{LSC} = \bar{x} + t (S/\sqrt{n}) \quad (4)$$

$$\text{LIC} = \bar{x} - t (S/\sqrt{n}) \quad (5)$$

Onde:

LSC – Limite superior de confiança com 95% de certeza

LIC – Limite inferior de confiança com 95% de certeza

\bar{x} - Média aritmética

t – valor para confiança de 95% obtido no Quadro 4 de distribuição student, em o grau de liberdade é igual n-1.

S – desvio padrão

n – número de medições

Com base nos limites inferior e superior de confiança com 95% de certeza em relação à média, os testes de conformidades e não conformidades, de acordo com a NIOSH, são descritos a seguir no quadro 10 da NIOSH (1977).

Quadro 10 - Critério estatístico

Critério estatístico	Definição	Classificação
LIC > LT	Existe 95% de probabilidade da exposição superar o Limite de Tolerância	Não conformidade
LSC ≤ LT	Existe 95% de probabilidade da exposição seja inferior o Limite de Tolerância	Conformidade da exposição
Possível sobre exposição	Exposição que não se enquadra nas hipóteses anteriores	

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016.

Na figura 21 tem-se a tabela de distribuição t de Student, onde é utilizada para obter o valor de confiança de 95%, onde o grau de liberdade é igual n-1.

Figura 21 Distribuição t de Student

Distribuição <i>t</i> de Student								
Área na cauda superior (unicaudal)								
<i>df</i>	<i>t</i> .60	<i>t</i> .70	<i>t</i> .80	<i>t</i> .90	<i>t</i> .96	<i>t</i> .976	<i>t</i> .99	<i>t</i> .995
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,258	0,536	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

Figura 22 Continuação da figura

Área na cauda superior (unicaudal)								
df	t. _{.60}	t. _{.70}	t. _{.80}	t. _{.90}	t. _{.95}	t. _{.975}	t. _{.99}	t. _{.995}
16	0,258	0,535	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,257	0,534	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,257	0,534	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,257	0,533	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,257	0,533	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,257	0,532	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,256	0,532	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,256	0,532	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,256	0,531	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,256	0,531	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,256	0,531	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,256	0,531	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,256	0,530	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,256	0,530	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,256	0,530	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,255	0,529	0,851	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,254	0,527	0,848	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,254	0,526	0,845	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Fonte: SALIBA, Tuffi Messias, 2016

3 MATERIAIS E METÓDOS

Para desenvolvimento do trabalho, seguiu-se a seguinte metodologia:

- a) Realização da identificação da amostragem a ser avaliada;
- b) Realização de medições de acordo com a metodologia da NHO 01 de ruídos nos colaboradores em seus locais de trabalho, nas propriedades em questão;
- c) Análise profissional dos resultados e comparação com os critérios estabelecidos pela NR nº15;
- d) Observação dos controles de ruídos que são usados para atenuar a exposição do agente físico fora de controle;
- e) Proposta de possíveis correções nas estruturas e na implantação de programa de conservação auditiva se for necessário;
- f) Proposta de possíveis reavaliações de ruído.

3.1. LOCAIS DOS TESTES

Todos os testes foram realizados em uma empresa de metalurgia situada em São José dos Pinhais, no estado do Paraná, especializada em fabricação de dispositivos automotivos. Com atividades permanentes, o que é sinônimo de alta qualidade em linhas de montagem, sistemas de transporte e linha aeroespacial, oferece aos clientes soluções inovadoras com aumento de eficiência produtiva, a partir de pré-requisitos especificados pelo cliente tais como características do produto, tempo de ciclo de processo e layout disponível a empresa desenvolve e certifica através de sua equipe de engenharia avançada processos de alta confiabilidade.

Para a empresa cumprir com as expectativas dos seus clientes, realiza toda a fabricação dos dispositivos. As peças são fabricadas no setor usinagem composto por: setor usinagem: fresas, CNCs, mandrilhadoras, torno mecânico, retífica, setor de acabamento, setor de solda, pintura, setor de corte, setor de montagem mecânica e montagem elétrica e demais setores que não foram listados no

presente trabalho.

O setor usinagem recebe os projetos do setor engenharia para iniciar o processo de fabricação das peças. O grupo é composto por 29 trabalhadores, sendo eles listados no quadro 11. Atualmente, a empresa conta com 200 funcionários.

Quadro 11 - Relação de funcionários

Função	Quantidade
Coordenador de produção	1
Gerente de produção	1
Lider operacional	1
Mandrilador cnc	1
Oper maquina cnc especialista	2
Oper maquina conv especialista	1
Oper maquinas convencionais	3
Oper maquinas convencionais 1	1
Oper maquinas convencionais 2	4
Oper maquinas convencionais 4	2
Operad multifuncional	1
Operador de maquina cnc 1	6
Operador de maquina cnc 2	4
Operador maquina cnc 4	1
Total de funcionarios setor usinagem	29

Fonte: Arquivo Pessoal

O setor de usinagem é composto pelas seguintes máquinas listadas no quadro 12:

Quadro 32 - Relação de Máquinas

Máquinas	Q
Fresas	20
Torno	1
Retifica Stefor	1
Mandrilhadoras Lazzari 7 eixos	2
Mandrilhadoras Rambaudi 5 eixos	2
Mandrilhadora Rambaudi 3 eixos	1
Mandrilhadora Monti 3 eixos	1
Mandrilhadora Monti 5 eixos	1
Centro de usinagens DMG	3
Centro de usinagem CNC Sunlinke	1
Centro de usinagem CNC Feeler	2

Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 23, tem-se a vista geral do completo visto de cima.

Figura 23 Vista Geral



Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 24, é apresentado o setor usinagem, contendo vários maquinários.

Figura 24 Setor Usinagem visto de cima



Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 25 e 26, tem-se a fresa convencional, cuja função é de usinar materiais metálicos, de madeira e outros elementos sólidos. Equipada com fresas e por meio de sua rotação e deslocamento, a fresadora convencional é usada em cortes, desbastes, perfurações e entalhamentos de muitos materiais.

Figura 25 Fresa Convencional



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 26 Fresa Convencional



Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 27, apresenta-se a retífica, máquinas altamente especializadas na atividade de retificar, ou seja, de tornar reto ou exato, dispor em linha reta, corrigir e polir peças e componentes cilíndricos ou planos.

Figura 27 Retífica



Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 28, tem-se o torno mecânico, máquina que permite usinar peças, fazendo girar a peça a usinar presa em um cabeçote, é uma máquina operatriz extremamente versátil utilizada na confecção ou acabamento em peças.

Figura 28 Torno



Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 29, a usinagem CNC se dá através de uma máquina controlada por comandos numéricos, ou seja, um processo de fabricação que utiliza computadores para automatizar máquinas e ferramentas em diversas etapas de produção.

Figura 29 CNC



Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 30 e 31, a mandrilhadora Lazzati HBM 130T, com CNC, apresenta alta capacidade de remoção de cavacos, flexibilidade, precisão e produtividade nas operações de fresamento, furação e rosqueamento de peças de grande porte, como as utilizadas pelos setores de petróleo, etanol, naval, eólico, siderúrgico e outros da indústria de base.

Figura 30 Mandrilhadora Lazatti



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 31 Mandrilhadora Lazatti



Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 32, os dispositivos montados após serem usinados, pintados e montados pelo complexo, pronto em funcionamento para a entrega ao cliente.

Figura 32 Dipositivos Montados e funcionando



Fonte: Arquivo Pessoal

3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Foram realizadas medições nos operadores enquanto operavam seus equipamentos, utilizando os dosímetros abaixo relacionados com a seguinte configuração:

- i. Incremento de duplicação de dose = 5 ($q=5$);
- ii. Circuito de ponderação A;
- iii. Circuito de resposta lenta - SLOW;
- iv. Critério de Referencia - 85 dB(A);
- v. Faixa de medição mínima 70 a 140 dB(A);

Equipamentos utilizados na avaliação de ruído foram:

- a) AUDIODOSÍMETRO DIGITAL, Fabricante 01dB, modelo Wed 007, Classe Tipo 2, Número de Série 12168, N° do processo 37071, devidamente calibrado pela empresa CHROMPACK – Instrumentos Científicos LTDA, conforme Certificado de Calibração nº 097.963.

- b) AUDIODOSÍMETRO DIGITAL, Fabricante 01dB, modelo Wed 007, Classe Tipo 2, Número de Série 12164, N° do processo 13556, devidamente calibrado pela empresa INTERMETRO – Serviços Especiais LTDA, conforme Certificado de Calibração nº 4049/18R.
- c) AUDIODOSÍMETRO DIGITAL, Fabricante 01dB, modelo Wed 007, Classe Tipo 2, Número de Série 11928, N° do processo 18041, devidamente calibrado pela empresa CALILAB - Laboratório de calibração e ensaio Total Safety Ltda, conforme Certificado de Calibração nº RBC3-10244-630.
- d) AUDIODOSÍMETRO DIGITAL, Fabricante 01dB, modelo Wed 007, Classe Tipo 2, Número de Série 11934, N° do processo 13554, devidamente calibrado pela empresa INTERMETRO – Serviços Especiais LTDA, conforme Certificado de Calibração nº 4047/18R.
- e) AUDIODOSÍMETRO DIGITAL, Fabricante 01dB, modelo Wed 007, Classe Tipo 2, Número de Série 11935, N° do processo 17437, devidamente calibrado pela empresa CALILAB - Laboratório de calibração e ensaio Total Safety Ltda, conforme Certificado de Calibração nº RBC1-10011-618/2017.
- f) AUDIODOSÍMETRO DIGITAL, Fabricante 01dB, modelo Wed 007, Classe Tipo 2, Número de Série 11929, N° do processo 17930 devidamente calibrado pela empresa CALILAB - Laboratório de calibração e ensaio Total Safety Ltda, conforme Certificado de Calibração nº RBC3-10159-629.

Os trabalhadores laboram das 07h30 às 17h30 de segunda a quinta-feira e das 07h30 às 16h30 nas sextas-feiras. Não há operadores para ocuparem todas as máquinas, portanto eles alternam conforme a produção e a necessidade do dia.

Os quadros 13 e 14 mostram a estrutura física da fábrica, onde o quadro 13 tem-se os setores.

Quadro 13 - Estrutura físicas onde estão os maquinários

Setor	Comprimento (metros)	Largura(metros)
Usinagem (fresas)	16,4000	17,11000
Mandrilhadora m03	6,25000	6,25000
Cnc	6,5000	7,5000
Rambaudi	8,2000	11,0000
Mandrilhadora m04	10,000	8,6000
Mandrilhadora h5m	19,5000	10,3000
Acabamento	7,9000	7,3000
Solda	10,000	5,8000
Corte (serra + estoque)	15,7000	8,8000
Jato d'agua	9,8000	6,5000
Oxicorte	10,5000	4,4000
Pintura	8,5000	11,6000
Montagem mecânica	97,0000	16,0000
Montagem elétrica	25,5000	15,7000
Torno + retifica	21,6000	4,5000

Fonte: Arquivo Pessoal

O quadro 14 mostra a estrutura geral da empresa.

Quadro 14 - Estrutura Física da empresa

Estruturada Empresa	
Pé direito	15 metros
Piso	Cimentado
Paredes	Alvenaria e estrutura metálica
Estrutura	Concreto
Cobertura	Telhas metálicas
Ventilação natural	Portas e janelas
Ventilação artificial	Ventiladores
Iluminação natural	Portas e janelas
Iluminação artificial	Lâmpadas incandescentes

Fonte: Arquivo Pessoal

Para a realização da avaliação de ruído, foi efetuado o levantamento do tamanho da amostra, a quantidade de amostragem a ser realizada é de 15 pessoas num total de 29 funcionários. Foi utilizado o sistema random para sorteio dos avaliados, inserido o mínimo 1 e máximo 29, em que se obteve os seguintes resultados, apresentados no quadro 15.

Quadro 15 - Resultado dos amostrados

Quantidade de Amostragem	Nº funcionários Amostrado
1	23
2	15
3	22
4	15
5	22
6	10
7	17
8	19
9	8
10	4
11	5
12	20
3	26
14	18
15	11

Fonte: Arquivo Pessoal

Aleatoriamente, os dias das avaliações foram selecionados e realizados as medições de ruídos conforme o sorteio no Random, utilizando o dosímetro fixado próximo ao ouvido do operador, configurado conforme a NR-15 Anexo 1 e NHO-01 da Fundacentro, em que se obtiveram os seguintes resultados, conforme apresentado no quadro 16 a seguir.

Quadro 46 - Resultado da dosimetria

O Nº do Funcionário Amostrado	Resultado da Avaliação de Ruído dB(A) TWA	Dose %
4	83,3	79,0
5	68,5	10,20
8	82,7	89,30
10	88,1	153,70
11	76,4	30,40
15	73,4	20,0
15	79,6	47,3
17	73,4	20,0
18	75,4	26,40
19	84,4	92,2
20	80,5	53,60
22	88,3	158,00
22	74,5	23,3
23	87,1	133,80
26	71,9	16,30

Fonte: Arquivo Pessoal

Após os resultados obtidos nas dosimetrias, será calculada a média e o desvio padrão das medições realizadas;

Seja L_i , o nível equivalente Leq das amostras ($i=1,2,\dots,n$).

Valores abaixo de 80 dB(A) serão desprezados.

A médias do Leq é igual a:

Média: $\Sigma L_i / n$;

De posse da média calculada juntamente com o desvio padrão, serão calculados os limites de confiabilidade para se obter certeza que as avaliações realizadas estão em conformidade ou não de acordo com a NIOSH.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Calculando a média aritmética dos valores encontrados na avaliação, tem-se o seguinte resultado:

$$Leq = 10 \cdot \log(\text{média aritmética})$$

$$Leq = 10 \cdot \log(374604032)$$

$$\mathbf{Leq = 85,74dB(A)}$$

Desvio padrão-DP de acordo com a seguinte equação:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{(83,3 - 85,74)^2 + (82,70 - 85,74)^2 + (88,1 - 85,74)^2 + (84,4 - 85,74)^2 + (80,5 - 85,74)^2 + (88,3 - 85,74)^2 + (87,1 - 85,74)^2}$$

$$\mathbf{S = DP = 1,28 \text{ dB}}$$

De posse da média aritmética e do desvio padrão, calcula-se o LSC e LIC, para se obter os seguintes resultados.

A média do LEQ = 85,74 dB(A)

DP = 1,28 dB

t = com grau de liberdade (15-1=14) obtém-se na figura 21 o valor de t igual a 1,761.

Para limite de confiança de 95%.

$$LCS = 85,74 + 1,761 (1,28\sqrt{15}) = 86,33 \text{ dB(A)}$$

$$LIC = 85,74 - 1,761 (1,28\sqrt{15}) = 85,15 \text{ dB(A)}$$

Consultando o quadro do intervalo de confiança para o Desvio Padrão (DP) = 1,28 dB, e N=15, o limite de confiabilidade com 95% é igual a 1,0 dB(A). Como esse intervalo é inferior a 2,0 dB(A), não será necessário realizar novas amostragens, a quantidade de amostras realizadas no processo de usinagem foram suficientes para se obter a média com intervalo de confiança de 95% de certeza.

Os resultados obtidos nos limites inferior e superior de confiança com 95% de certeza em relação à média mostra que LIC e LSC estão acima do Limite de Tolerância da NR-15 que é de 85 dB(A).

$LSC = 85,74 + 1,761 (1,28\sqrt{15}) = 86,33 \text{ dB(A)}$, onde o LSC deve ser \leq LT **para conformidade** da exposição, neste caso não atingiu o resultado esperado, o que garante que os níveis da exposição segura dos empregados não existe, esta com 95% da distribuição da exposição está acima do limite de tolerância, com 95% de confiança.

$LIC = 85,74 - 1,761 (1,28\sqrt{15}) = 85,15 \text{ dB(A)}$, onde o LIC deve ser $>$ LT **para não conformidade**, neste caso o sistema esta não-conforme, ou seja, esta acima do padrão estabelecido. Não é possível garantir que 95% da distribuição da exposição esteja abaixo do limite de tolerância, com 95% de confiança, devendo a empresa adotar medidas de controle que eliminem ou reduzam a emissão de ruído, de modo a atingir a conformidade e reavaliar os resultados novamente.

Para definir uma melhor qualidade de saúde aos trabalhadores, é necessário que o agente insalubre não esteja acima do limite de tolerância permitido, uma vez que pode ocasionar perdas auditivas ao trabalhador devido à exposição. Diante disto, deve ser realizada, uma intervenção de engenharia para que a exposição que esta acima do limite de tolerância seja reduzida, a fim de preservar a integridade e saúde do tabalhador exposto. No entanto, neste primeiro momento, o uso de equipamento de proteção individual – EPI – é imprescindível para a atividade em questão, devido os níveis de ruído originados pelas máquinas estarem acima do permitido.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o trabalho realizado atingiu o seu propósito que era definir a eficácia do sistema, definir se quantidade amostrada seria suficiente para se obter a média com intervalo de confiança de 95% de certeza. O LSC encontra-se acima do limite de tolerância, mostrando que o nível da exposição segura dos empregados não existe, está com 95% da distribuição da exposição acima do limite de tolerância, com 95% de confiança e o LIC apresentou não conformidade, onde não é possível garantir que 95% da distribuição da exposição esteja abaixo do limite de tolerância, com 95% de confiança, devendo a empresa adotar medidas de controle que eliminem ou reduzam a emissão de ruído, de modo a atingir a conformidade e reavaliar os resultados novamente. Desse modo, pode-se dizer que as informações obtidas corretamente são essenciais para uma análise objetiva dos dados, visando a verificação do nível de ruído a que o trabalhador ficará sujeito durante a sua jornada de trabalho.

REFERÊNCIAS

ACGIH – Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais. 2017. **Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs)**. Tradução Associação Brasileira de Higienista Ocupacionais.

AIHA (AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION). Estratégia para Avaliação da Exposição Ocupacional Segundo a AIHA. Disponível <http://www.acm.org/br/acm/acam/documentos/estrategica-para-avaliacao-da-exposicao.aiha.pdf>. Acesso em 5 Ago.2019.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído** - 2ª. Edição – São Paulo; Blucher, 2011.

BRASIL. NR 06 -. **Equipamento de proteção – EPI**. Portaria MTb n.º 870, de 06 de julho de 2017. Disponível em <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>. Acesso em: 28 de janeiro de 2019.

BRASIL. NR 09 – **Programa de prevenção de riscos ambientais**. Portaria MTb n.º 871, de 06 de julho de 2017. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf> Acesso em: 28 de janeiro de 2019.

BRASIL.NR 15 - **Atividades e Operações Insalubres**. Portaria MTE n.º 1.297, de 13 de agosto de 2014. Disponível em <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR-15.pdf>. Acesso em: 06 de janeiro de 2019.

BRASIL.Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos **DECRETO Nº 4.882 DE 18 DE NOVEMBRO DE 2003**.

BRASIL.Presidencia da Republica Casa Civil Subchefia para Assuntos Juridicos
DECRETO Nº 3.048 DE 06 MAIO DE 1999.

BRASIL.Legislação Citada Anexada pela Coordenação de Estudos Legislativos –
CEDI. **PORTARIA Nº 3.214, DE 08 DE JUNHO DE 1978.**

BREVIOLIERO, Ezio, POSSEBON, José, SPINELL, Robson, “**Higiene Ocupacional – Agentes Biológicos, Químicos e Físicos**, Editora Sena – 6ª edição, 2011.

CAMILLERI, Trigueiros Cunha. Acesso 31 de Out.019 Disponível.
<http://www.cochlea.org/po/ruído>, 2017.

FRAGALI, André. Implementação de técnicas de pós-processamento para monitoramento da velocidade de líquidos por meio do efeito doppler. Disponível file:///E:/Users/ivina.silva/Downloads/Fragalli_Andre.pdf. Acesso em 31 de Out.2019.

FUNDACENTRO, **Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional ao ruído: (NHO-01)**. São Paulo: Fundacentro; Ministério do Trabalho e Emprego, 2001. Disponível em www.fundacentro.gov.br. Acesso em: 27 de julho de 2019.

GERGES, S.N.Y. “Ruído: **Fundamentos e Controle**”. 2 ed. NR Editora, 2000.

<http://canalcompras.blogspot.com/2013/02/oque-e-som-por-wikipedia.html>

NUDELMANN, Alberto Alencar; COSTA, Everardo Andrade; SELIGMAN, José; IBÁÑEZ, Raul Nielsen, “PAIR – **Perda Auditiva Induzida pelo Ruído**”. Editora Revinter, Volume II, 2001.

PAES, Mario Paulo Cassiano, **CANAL dedicado à educação em SST Segurança, Saúde (Medicina do Trabalho Ocupacional) e Higiene do Trabalho**. Riscos

Físicos, **2014**.

RANDOM.ORG.Disponível em [www..random.org](http://www.random.org). Acesso: 5 Ado.2019.

SALIBA, SALIBA Messias, “**Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído**”, Editora LTr, 9ª edição, 2016.

SILVA, Priscila Fonseca Tavares. PEDROSA, José Geraldo. **CONDIÇÃO DO TRABALHO NA INDUSTRIA DE USINAGEM MECÂNICA INSERIDA EM REDE: Estudo em uma unidade industrial de pequeno porte**, 2010. Disponível [http://pdfs.semanticscholar.org/arg/a677/a922a5ff47d74bd7054666af1af040798fe9.p](http://pdfs.semanticscholar.org/arg/a677/a922a5ff47d74bd7054666af1af040798fe9.pdf)
[df](http://pdfs.semanticscholar.org/arg/a677/a922a5ff47d74bd7054666af1af040798fe9.pdf). Acesso em: 5 Ago. 2019.

USP.Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Higiene do Trabalho. São Paulo; Epusp/PECE, 2018. Apositla para a disciplina do curso de Especialização em Higiene Ocupacional, eHO-102. **Agentes Físicos I**. Epusp- EAD/PECE, 2018ª. p. 11.

USP.Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Higiene do Trabalho. São Paulo; Epusp/PECE, 2018. Apositla para a disciplina do curso de Especialização em Higiene Ocupacional, eHO-110. **Estratégica de Amostragem**. Epusp- EAD/PECE, 2018ª. p.110.

USP.Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Higiene do Trabalho. São Paulo; Epusp/PECE, 2018. Apositla para a disciplina do curso de Especialização em Higiene Ocupacional, eHO-108. **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), Higiene e Meio Ambiente**. Epusp- EAD/PECE, 2018ª.