

LEONARDO MUTHI CORRÊA

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO NO SETOR DE ENVASE
DE UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

São Paulo

2021

LEONARDO MUTHI CORRÊA

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO NO SETOR DE ENVASE
DE UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho.

São Paulo
2021

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho aos meus familiares, em especial aos meus pais, Djalma e Denir, que sempre incentivaram e apoiaram minhas decisões acadêmicas e profissionais. Agradeço também aos profissionais do LACASEMIN por estarem presentes comigo, sanando dúvidas e transferindo experiências. Aos companheiros de curso, fundamentais em diversas discussões realizadas sobre a questão de segurança e saúde nas empresas. A deus, por permitir e dar as condições necessárias para a ascensão de mais um degrau em minha carreira.

A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.

(Nelson Mandela)

RESUMO

O agente físico ruído está presente em praticamente todos os setores industriais, sendo um dos responsáveis por causar danos permanentes ao sistema auditivo humano. Este trabalho buscou quantificar e analisar a exposição ao ruído de trabalhadores do setor de envase de uma indústria farmacêutica. Para isso, utilizou-se técnicas de dosimetria previstas em lei. As atividades foram divididas em duas análises, de acordo com a quantidade de equipamentos. Sendo uma dosimetria realizada para cada trabalhador, em dias distintos, apesar de permanecerem na mesma sala. Após as dosimetrias, cálculos foram realizados na busca por quantificar o ruído emitido por máquinas rotativas elétricas e a atenuação gerada por protetores auriculares. Apesar dos resultados obtidos não estarem previstos em lei, com exceção das dosimetrias, eles servem para auxiliar a ação de medidas preventivas alternativas ao uso de equipamentos de proteção individuais. Os resultados gerados mostraram que os trabalhadores ficam expostos a uma dose de ruído alta, mas na média, de baixa intensidade. Algumas medidas de engenharia foram propostas e são capazes de atenuar as doses de ruído recebidas por esses trabalhadores, podendo inclusive, eliminar a necessidade do uso de epi's. Os objetivos foram alcançados, no entanto, cabe a empresa avaliar as soluções propostas e suas respectivas abrangências.

Palavras-chave: Ruído, som, exposição ao ruído, indústrias farmacêuticas, envasadoras, dosimetrias

ABSTRACT

The physical noise agent is present in practically all industrial sectors. It has been one of those responsible for causing permanent damage to the human auditory system. This study tried to quantify and analyze the noise exposure of workers in the filling sector of a pharmaceutical industry. For this, dosimetry techniques were used. The activities were divided in two steps, following the amount of equipment. A dosimetry was performed for each worker individually. After the dosimetry, calculations were performed in order to quantify the noise emitted by electric motors and also to clarify the noise attenuation generated by hearing protectors. Although the results obtained for these last calculations are not provided for by law, with exception for dosimetry, they can support the action of alternative preventive measures to the use of individual protective equipment. The results generated showed that workers are exposed to a high dosimetry noise but low intensity. To conclude, some engineering solutions have been proposed and are capable of attenuating the noise received by these workers and may even eliminate the need of individual protective equipment. The objectives of this study were achieved; however, it's up to the company to evaluate the proposed solutions and their respective applications.

Keywords: Dosimetry, noise, filling sector of a pharmaceutical industry, individual protective equipment, noise attenuation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação física do som.....	20
Figura 2 - Escala de pressão sonora em pascal e decibel	21
Figura 3 - Representação gráfica das curvas de ponderação.....	23
Figura 4 - Dosímetro	27
Figura 5 - Gráfico utilizado no método de desativação da fonte.....	29
Figura 6 - Gráfico utilizado no método de adição de níveis de pressão	29
Figura 7 - Nível de atenuação NRRsf dos protetores	31
Figura 8 - Quadro contendo a correção pelo tempo de uso dos protetores	31
Figura 9 - Área produtiva.....	33
Figura 10 - Área do envase 2 com destaque para as envasadoras	34
Figura 11 - Envasadora em detalhes	35
Figura 12 - Dosímetro utilizado na avaliação	36
Figura 13 - Calibrador utilizado na avaliação	37
Figura 14 - Placa de identificação e imagem frontal da máquina envasadora 2	38
Figura 15 - Placa de identificação e imagem frontal da máquina envasadora 3	38
Figura 16 - Vista traseira e lateral esquerda da envasadora 2 (EC02).....	39
Figura 17 - Vista traseira e lateral esquerda da envasadora 3 (EC03).....	39
Figura 18 - Posicionamento dos carpules nas máquinas	39
Figura 19 - Partes principais das envasadoras	40
Figura 20 - Carpules.....	41
Figura 21 - Pistão dos carpules	41
Figura 22 - TAD	42
Figura 23 - Bowl de TADs	43
Figura 24 - Bowl de pistões	43
Figura 25 - Procedimento de calibração realizado	46
Figura 26 - Posicionamento do microfone	47
Figura 27 - TAD's em contato com a pista transportadora	51
Figura 28 - Região de aplicação do material epóxi ou emborrachado	53

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Representação do nível equivalente de ruído com e sem protetor auricular 53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Adição de decibéis pela diferença entre os níveis sonoros	21
Quadro 2 - Limites de exposição ao ruído contínuo ou intermitente	24
Quadro 3 - Aplicações das curvas de compensação	26
Quadro 4 - Aparelhos utilizados para medição.....	36
Quadro 5 - Máquinas presentes no ambiente estudado.....	37
Quadro 6 - Motores elétricos das máquinas.....	37
Quadro 7 - Cronograma de atividades com destaque para as dosimetrias.....	44
Quadro 8 - Parâmetros utilizados no dosímetro	45
Quadro 9 - Calibração do dosímetro	45
Quadro 10 - Parâmetros das dosimetrias.....	49
Quadro 11 - Resultados das dosimetrias	49
Quadro 12 - Pausas durante as medições	50
Quadro 13 – Potência, rotação e ruído aproximado dos motores elétricos	50
Quadro 14 - Atenuação dos protetores concha.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
NHO	Normas de Higiene Ocupacional
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

Pa	Unidade pascal
B	Unidade adimensional bel
dB	Unidade adimensional decibel
Cn	Total da exposição a um nível específico de ruído
Tn	Total da exposição permitida a um nível específico de ruído
Ls	Ruído da fonte
Ls+n	Ruído total de fundo e fonte
Ln	Ruído de fundo medido após desativação da fonte
kW	Quilowatts
NPS	Nível de pressão sonora com protetor auricular
NRR	Nível de pressão sonora atenuada pelo protetor auricular

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. OBJETIVO	17
1.2. JUSTIFICATIVA.....	17
2. REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1. O RUÍDO E O SOM	19
2.2. DESCREVENDO O SOM FISICAMENTE	20
2.3. PONDERAÇÃO EM FREQUÊNCIA.....	22
2.4. ASPECTOS NORMATIVOS DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO.....	23
2.4.1. Ruído contínuo ou intermitente	24
2.4.2. Ruído de impacto.....	27
2.4.3. Fator de duplicação da dose ou fator de troca	28
2.4.4. Subtração e adição de níveis de ruído	28
2.4.5. Atenuação de ruído por protetores auriculares.....	30
2.5. RUÍDO EM MOTORES ELÉTRICOS.....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1. AMBIENTE DE ESTUDO.....	33
3.2 EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS UTILIZADAS	36
3.2.1 Equipamentos utilizados para dosimetria	36
3.2.2 Máquinas avaliadas no estudo	37
3.3. METODOLOGIA QUANTITATIVA DE ANÁLISE	44
3.3.1. Avaliações quantitativas propostas.....	44
3.3.2. Parâmetros e calibração	45
3.3.3. Períodos de quantificação	46
3.3.4. Procedimentos gerais de medição	46
3.3.4.1. Procedimentos específicos realizados antes e durante as medições	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1. RESULTADOS DAS DOSIMETRIAS.....	49
5. CONCLUSÕES	54
REFRÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

A sociedade se beneficia há anos com o desenvolvimento das indústrias, que por sua vez, fazem uso de equipamentos cada vez mais eficazes. A partir do aperfeiçoamento tecnológico, as linhas de produção se tornaram mais eficientes e passaram a ser capazes de atender a demanda global; acompanhando a curva ascendente do crescimento populacional que, de acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), atingiu cerca de 7,7 bilhões de habitantes. Em virtude desse aumento populacional acelerado, as fábricas foram forçadas a elevar suas capacidades produtivas. Assim, frente à demanda mundial e a inserção de máquinas mais potentes, novos riscos capazes de prejudicar a saúde e o bem estar dos trabalhadores foram introduzidos nos ambientes laborais.

Bernardino Ramazzini, nascido em 1633 na Itália, considerado o pai da medicina do trabalho, foi o primeiro a publicar estudos que relacionavam algumas doenças da época com as profissões executadas pelos trabalhadores. Em 1700, o autor listou 54 profissões relacionando-as com os principais problemas de saúde manifestados pelos trabalhadores. Dentre essas associações, existe uma em específico que faz referência aos ruídos enfrentados pelos metalúrgicos da época, Bernardino diz “estes martelam o bronze a fim de dar-lhe maleabilidade e fabricar depois as vasilhas de tipos diversos, causando tanto ruído que os obriga a fugir do local de trabalho, refugiando-se em tabernas e nos respectivos domicílios” e completa dizendo que “a continuidade do ruído danifica o ouvido e depois toda a cabeça; tornam-se um pouco surdos e, se envelhecem no mister, ficam completamente surdos porque o tímpano [...] perde sua tensão com a incessante percussão, que repercute, por sua vez, no interior da orelha e debilitando todos os órgãos de audição”. Suas observações foram e continuam sendo fundamentais até os dias atuais, recebendo citações em cursos de medicina e segurança do trabalho.

Mais tarde, por volta de 1760, o mundo evideciou o marco da Primeira Revolução Industrial. Com ela, a maior parte da população passou a trabalhar nas fábricas que se tornaram, em virtude das condições sanitárias e ambientais, grandes centros para a circulação de doenças infecciosas e para o desenvolvimento de doenças laborais; intensificando também a exposição dos trabalhadores aos ruídos

gerados pelas máquinas da época. As condições dentro desses centros eram tão críticas que os trabalhadores se juntaram para realizar as primeiras reivindicações registradas em busca de melhores condições de trabalho. No entanto, os primeiros regulamentos em prol da proteção dos trabalhadores foram aparecer apenas no início do século XIX, na Inglaterra. Desde então, a sociedade vem desenvolvendo, implementando e melhorando as regulamentações relacionadas à segurança e saúde no trabalho.

Hoje, sabe-se que a exposição ao ruído causa doenças crônicas ao ouvido humano, tais como: perda auditiva parcial ou total, aumento da incidência de hipertensão arterial, de gastrite e de úlceras, além de alterações do sono e aumento da probabilidade de acidentes em virtude do déficit de atenção causado pelo barulho. Em decorrência disso, normas foram criadas com a finalidade de reduzir, eliminar ou bloquear parte dos ruídos emitidos, em grande parte, pelo setor industrial. Entende-se que um ambiente laboral saudável deve manter sob controle as emissões de ruído, a temperatura do ambiente, a intensidade luminosa e outros fatores ambientais, garantindo o bem estar físico e mental dos funcionários.

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar a análise da exposição ao agente físico ruído de trabalhadores que executam suas atividades no setor de envase de uma indústria farmacêutica.

1.2. JUSTIFICATIVA

Este trabalho busca dar soluções ao problema enfrentado pela empresa farmacêutica estudada. O setor de envase de produto, assim como em muitos ambientes fabris, é uma área que possui elevados níveis de ruído em razão da quantidade de motores -em sua maioria elétricos- responsáveis por fornecer a energia necessária ao funcionamento das máquinas. Os trabalhadores, expostos dia após dia aos níveis elevados de ruído emitido por esses equipamentos são os maiores prejudicados. Frente à isso, e em busca de melhores condições de trabalho aos operadores, a empresa farmacêutica e o autor consideram de grande importância o

estudo da situação atual. Além disso, com as últimas mudanças previdenciárias, o agente ruído passou a ser considerado na obtenção da aposentadoria especial, mesmo com a utilização do equipamento de proteção individual (EPI). Portanto, a sociedade entende, assim como os envolvidos neste trabalho, que o ruído é um agente causador de doenças, em sua grande maioria crônicas, que deve ser combatido na busca por ambientes laborais saudáveis.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. O RUÍDO E O SOM

O ruído é um fenômeno que sempre esteve presente em todos os ambientes e lugares. Gerges (1991) reiterou que ruído e som são o mesmo evento, fisicamente falando. Entretanto, não são sinônimos. Um ruído é um tipo de som, mas nem todo som é necessariamente um ruído. Este é considerado não harmônico e desagradável, enquanto aquele pode adquirir formas como as sinfonias de Beethoven, relaxantes e agradáveis (Raquel Dreossi, 2005). Exemplificando, os ruídos são comumente encontrados nas cidades, por causa do tráfego de veículos e da movimentação urbana; nas indústrias, em virtude das máquinas utilizadas nos processos; nas salas de aula; nas construções civis; e em grande escala nos aeroportos, em decorrência do tráfego aéreo. Ainda, segundo Costa e Kitamura (1995), o ruído é retratado como um som indesejável, sem utilidade e prejudicial às práticas humanas.

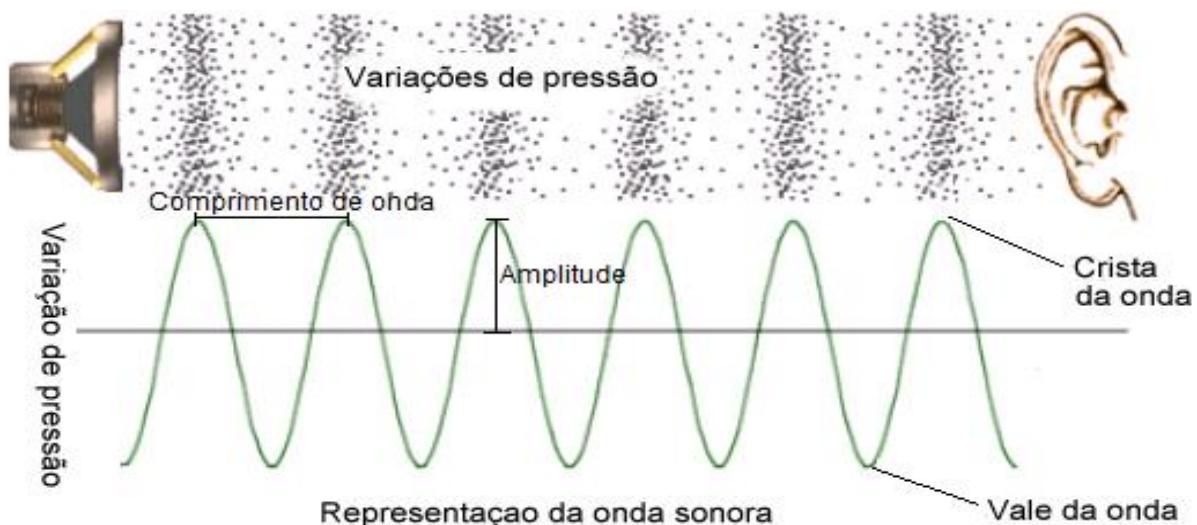
A percepção de ruídos, com suas devidas intensidades, é algo subjetivo que varia de pessoa para pessoa. Muitas vezes, conforme atribuído por DREOSSI e MOMENSOHN (2005), um som incômodo para uma determinada pessoa, ou grupo de pessoas, pode ser totalmente aceitável ou comum para outras. Portanto, o que diferencia estes posicionamentos é a resposta individual de cada ser humano quando inserido em um ambiente específico.

A partir dessas diretrizes, sabe-se que o ruído é um dos principais agentes físicos presentes nos ambientes de trabalho, nas mais variadas instalações ou atividades profissionais. Assim, é potencial causador de doenças crônicas ou agudas. Normalmente, doenças agudas, que se desenvolvem em um curto espaço de tempo, estão relacionadas aos ruídos de impacto com grande amplitude sonora. Por outro lado, as enfermidades crônicas que se desenvolvem com mais frequência, começam a aparecer após longos anos de exposição ao barulho, em um grande espaço de tempo.

2.2. DESCREVENDO O SOM FISICAMENTE

O som, seja ele harmônico ou não, é uma variação da pressão atmosférica capaz de sensibilizar nossos ouvidos (USP, 2019). Na física, o som é frequentemente estudado e bem representado por ondas sonoidais, possuindo amplitudes, comprimentos de onda e períodos. A Figura 1 elucida os conceitos apresentados.

Figura 1 - Representação física do som



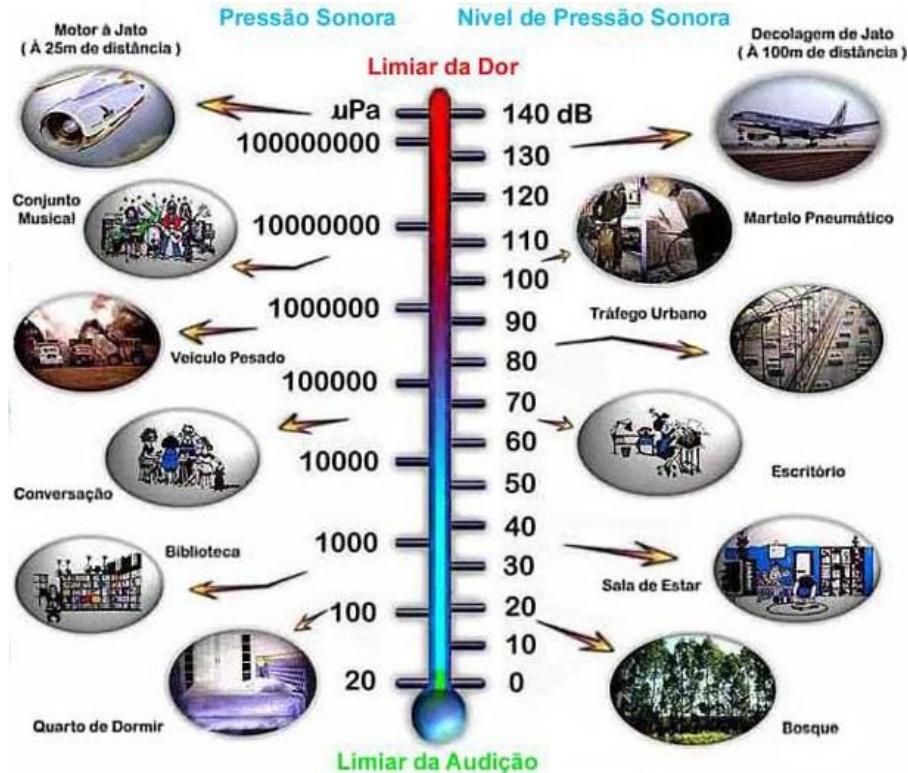
Fonte: Adatada de sabina, escola parte do conhecimento, 2020.

A variação da pressão sonora (faixa dinâmica) é muito ampla, podendo partir de 20 μPa até 200 Pa. Em virtude disso, seria impraticável a construção de instrumentos para indicação de uma faixa dinâmica tão ampla. É comum, principalmente na física, quando uma grandeza varia demais na faixa de valores, usar-se um artifício matemático. Assim, a escala logarítmica é frequentemente empregada em situações iguais a do som. A unidade empregada e mundialmente conhecida para caracterizar o som é o decibel. A relação adimensional Bel recebeu esse nome em homenagem ao primeiro físico que utilizou esse artifício para comparar a intensidade de um sinal a uma referência. Já o prefixo “deci” representa um décimo de Bel, ou seja, a unidade Bel dividida por 10. (USP, 2019). Para o decibel, apresenta-se a eq. (1).

$$L = 20 \cdot \log \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

Em que L é o nível de pressão sonora em (em dB), P_0 é a pressão sonora de referência (por convenção 20 μPa) e P é a pressão sonora encontrada no ambiente (em Pa).

Figura 2 - Escala de pressão sonora em pascal e decibel



Fonte: Vibrasom, 2020.

A unidade adimensional decibel não é linear. Com isso, somas e subtrações não podem ser realizadas algebricamente. Para executar esse tipo de operação matemática, deve-se transformar o valor que está em decibel para pascal e em seguida realizar a soma algébrica. Por fim, o valor deve ainda ser transformado novamente para decibel. Esse caminho, apesar de correto, não é prático. O método mais comum é utilizar o Quadro 1, que foi construído a partir da eq. (2) (USP, 2019).

Quadro 1 - Adição de decibéis pela diferença entre os níveis sonoros

Diferença entre níveis (dB)	Quantidade a ser adicionada ao maior nível (dB)
0	3
0,2	2,9
0,4	2,8
0,6	2,7

0,8	2,6
1	2,5
1,5	2,3
.	.
.	.
.	.

Fonte: Apostila de SST da USP, 2020.

$$L_n = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (2)$$

Para diferença entre níveis maiores que 15 dB, considera-se apenas a fonte de ruído com maior intensidade sonora, não havendo quantidade a ser somada. Isso demonstra que a fonte mais intensa é a que precisa de mais atenção. Além disso, para cada 3 dB adicionados ou retirados, a potência sonora dobra ou cai pela metade (USP, 2019).

O ruído, diferentemente do som harmônico, é representado por uma mistura de ondas semelhantes a da Figura 1; originando um sinal acústico sem período, composto por inúmeras frequências que não apresentam relação entre si. O resultado é um sinal complexo sem padrão (NEPOMUCENO, 1994; MOTTA, 2005). Os sons captados pelos aparelhos para análise de ruído interpretam as misturas de diversas frequências sonoras e reproduzem a amplitude do som ambiente utilizando filtros que aproximam a resposta à do ouvido humano.

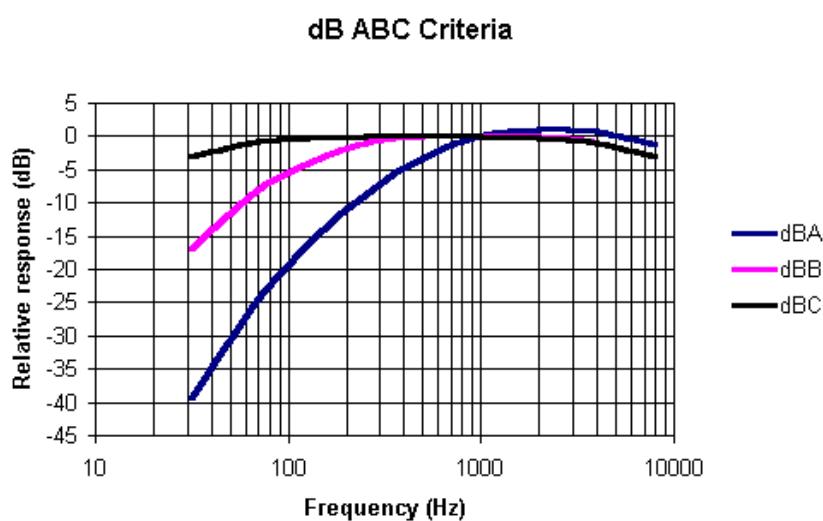
2.3. PONDERAÇÃO EM FREQUÊNCIA

O ouvido humano não possui a mesma sensibilidade para todas as frequências, sendo mais ou menos sensíveis em certas faixas de frequência. A faixa audível vai de 16-20 Hz até 16-20 kHz (USP, 2020). Fora dessa faixa o ouvido humano não consegue perceber sons. No entanto, estudos demonstram que a maior sensibilidade está no intervalo de 2 kHz a 5 kHz, sendo menos sensíveis para frequências muito baixas ou altas (GERGES, 2000).

Os circuitos eletrônicos são padronizados e buscam representar o ouvido humano, inclusive na questão relacionada à sensibilidade. Em busca disso, foram

criados nos medidores sonoros filtros eletrônicos capazes de simular a resposta do ouvido humano. As curvas de ponderação representam esses filtros e são utilizadas mundialmente. Existem os filtros de ponderação A, B, C, D; dando origem às unidades dB(A), dB(B), dB(C), dB(D). A curva de ponderação A é a mais utilizada para análises de ruído, acústica e danos auditivos, pois é a que mais se aproxima da percepção do ouvido humano. Os medidores de ruído como dosímetro e decibelímetro possuem velocidades de respostas para os sons captados, conforme o tipo de ruído a ser medido e os objetivos da avaliação. A diferença entre as respostas pode alterar a integração do sinal, causando distorção ou prejuízo na avaliação caso a curva de ponderação não seja a adequada. Para avaliação ocupacional de ruído utiliza-se a ponderação dB(A) para sons contínuos ou intermitentes e a ponderação dB(C) para ruídos de impacto (USP, 2019).

Figura 3 - Representação gráfica das curvas de ponderação



Fonte: Saber SST, difusão do conhecimento em saúde, segurança e higiene ocupacional, 2020.

A Figura 3 apresenta as curvas originadas de estudos realizados por Fletcher-Munson (1933) utilizadas para ponderar os aparelhos eletrônicos de medição de ruído atuais. Com isso, consegue-se uma boa aproximação da percepção real do ouvido humano. Nota-se que as curvas mostram uma boa concordância para as frequências mais sensíveis ao ouvido humano.

2.4. ASPECTOS NORMATIVOS DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

2.4.1. Ruído contínuo ou intermitente

No Brasil, a legislação que prevê medidas contra a exposição dos trabalhadores ao ruído é a NR-15 (BRASIL, 2020), que legisla sobre as atividades e operações inalubres. Essa norma regulamentadora é responsável por estabelecer limites de tolerância para a exposição do ser humano a diversos agentes físicos, químicos e biológicos. As diretrizes previstas pela NR-15 (BRASIL, 2020) se dividem em dois aspectos de avaliação: qualitativo e quantitativo. Os agentes com aspecto qualitativo, em sua grande maioria, são mais danosos e a comprovação de sua presença no ambiente é, em muitos casos, suficiente para caracterizar a insalubridade. Por outro lado, os agentes quantitativos devem ser avaliados e suas concentrações medidas. Para estes, os limites de tolerância são responsáveis por caracterizar a insalubridade do ambiente.

O ruído, por sua vez, é um agente físico com aspecto quantitativo, ou seja, possui limite de exposição estabelecido pela norma. O anexo Nº 1 da NR-15 (BRASIL, 2020) prevê os limites de exposição ao ruído para os quais grande parte das pessoas podem ficar expostas, dia após dia, sem sofrer problemas em decorrência da exposição. É importante destacar que os limites são eficazes para a maioria da população e não sua totalidade, pois existem os casos de susceptibilidade individual. A Quadro 2, abaixo, representa os limites de tolerância previstos, em norma, para ruídos contínuos ou intermitentes.

Quadro 2 - Limites de exposição ao ruído contínuo ou intermitente

Nível de Ruído dB(A)	Máxima Exposição Diária Permissível
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 horas 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: Anexo 1 da NR-15, 2020.

No Quadro 2, a coluna da esquerda representa o nível de ruído (ou pressão sonora) ao qual o trabalhador está sujeito. A coluna da direita, indica, para cada nível de ruído respectivo, o tempo máximo de exposição do trabalhador. Quanto maior o nível de pressão sonora, menor deve ser o tempo de exposição (CAMISASSA, 2018).

O trabalhador está exposto, geralmente, a vários ruídos simultâneos no seu ambiente de trabalho, denomina-se então ruído ambiental (BRÜEL & KJÆR, 2000 apud NAGEM, 2004). A norma prevê, para a avaliação quantitativa do risco, o cálculo da dose diária de exposição ou dose de ruído. O cálculo da dose também é conhecido como cálculo dos efeitos combinados, uma vez que é alcançado através da combinação dos efeitos de cada ruído presente no ambiente de trabalho. Observa-se que, assim como o decíbel, a dose é um valor número adimensional. Portanto, o efeito combinado de todos os ruídos presentes no ambiente de trabalho -ou seja, a dose- podem ser determinados através da relação matemática expressa pela eq. (3).

$$\text{Dose} = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (3)$$

Onde, C_n representa o total da exposição a um nível específico de ruído; T_n representa a máxima exposição diária permitível no respectivo nível de ruído C_n , de acordo com o Quadro 2.

O limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente é 1, ou seja, caso a dose de maior que 1, o ambiente é considerado insalubre e, caso a dose de menor que 1, o ambiente é considerado salubre. Ressalta-se que C_n corresponde ao total da duração da exposição em um dia de trabalho, independentemente de a exposição ser contínua ou resultante da somatória de várias exposições. Exposições com dose acima de 1 (100%) representam risco à saúde do trabalhador e exigem medidas de controle. Na prática, o valor da dose é obtido através de um equipamento eletrônico conhecido como dosímetro (Figura 4). Ele é um equipamento portátil utilizado pelo próprio trabalhador durante sua jornada laboral e, de forma cumulativa, é capaz de medir os níveis de ruído aos quais o trabalhador fica exposto durante suas atividades. O equipamento de input (microfone) deve ser posicionado próximo a orelha do trabalhador, usualmente na gola da camisa, de forma a simular com maior acertividade o nível de exposição ao agente físico ruído. As informações de compensação, conforme estudado anteriormente, devem ser parametrizadas e introduzidas no equipamento -de acordo com o Quadro 3-, aproximando-se assim, a percepção do aparelho a percepção do ouvido humano. Entende-se por ruído contínuo aquele cuja variação da pressão sonora seja menor que 3 dB. De modo contrário, entende-se por ruído intermitente aquele cuja variação é superior à 3 dB (CAMISASSA, 2018).

Quadro 3 - Aplicações das curvas de compensação

Curva de Compensação	Aplicações
A	Estudos ocupacionais de ruído contínuo ou intermitente
C	Estudos ocupacionais de ruído de impacto e cálculo de atenuação de protetores auditivos

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 4 - Dosímetro



Fonte: Adaptado de akrom

Os dosímetros ainda prevêem a configuração dos tempos de resposta (lenta ou rápida). A avaliação de ruído contínuo ou intermitente deve ser feita com resposta lenta (SLOW); a avaliação de ruído de impacto deve ser feita na resposta rápida (FAST). Essas configurações estão presentes para garantir maior abrangência de ruídos medidos.

2.4.2. Ruído de impacto

Conforme apresentado, o ruído de impacto é aquele que descarrega uma grande quantidade de energia em um curto espaço de tempo (inferiores a 1 segundo). Como exemplos cita-se as explosões, os disparos com armas de fogo, batidas, entre outros. As consequências da exposição ao ruído de impacto podem variar desde perdas súbitas de audição, por um período curto, até o rompimento do tímpano ou hemorragia interna, causando danos na cadeia ossicular. Para avaliação ocupacional desse tipo de ruído o dosímetro deve possuir o circuito de resposta rápida ou ser ajustado de acordo com a curva de ponderação de resposta rápida (C, Quadro 3) e

círculo linear. Além disso, o limite de tolerância para esse tipo de ruído é fixado em 130 dB quando se utiliza dosímetros que possuem o círculo de resposta rápida e em 120 dB (C) quando a curva de compensação C é necessária. A exposição única a qualquer ruído com nível acima do limite caracteriza insalubridade (CAMISASSA, 2018).

2.4.3. Fator de duplicação da dose ou fator de troca

O fator de duplicação da dose corresponde ao aumento de dose que resultará na redução pela metade do tempo máximo de exposição permitido. No Quadro 2, observa-se que, para o Brasil, conforme a NR-15 (BRASIL, 2020), o fator de troca utilizado é 5 dB. Ou seja, para cada aumento de 5 dB na dosimetria, o tempo de exposição deve ser diminuído pela metade. Ressalta-se aqui que tanto a NHO 1 da fundacentro quanto organizações como a OSHA (Occupational Safety and Health Administration) recomendam que o fator de troca seja 3 dB (mais conservativo). Organizações como a ACGIH (American Conference Of Governmental Industrial Hygienists) e a NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) adotam o fator de troca 3.

2.4.4. Subtração e adição de níveis de ruído

No setor industrial, é comum a utilização simultânea de diversos equipamentos e máquinas. Com isso, o ruído torna-se o resultado de vários sons não harmônicos emitidos em conjunto, dando origem ao ruído de fundo. BRÜEL e KJÆR definem esse tipo de ruído como “back-ground” e complementam dizendo que ele é caracterizado quando não é possível especificar a fonte. Nesses casos, a maneira mais óbvia e eficiente para determinar a fonte principal estudada seria desativando as fontes secundárias (USP, 2020). No entanto, tal procedimento nem sempre é viável. Assim, a desativação da fonte (foco do estudo) torna-se a melhor opção. O conceito de decréscimo global (subtração) advindo da desativação da fonte é utilizado, seguindo as seguintes etapas:

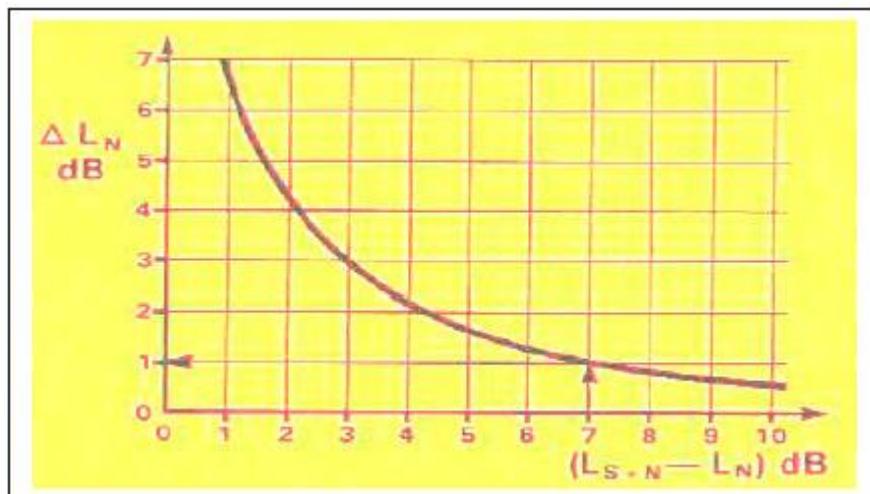
$$L_s+n \quad (4)$$

$$L_s = (L_s+n) - L_n \quad (5)$$

$$L_s = L_{s+n} - \Delta L \quad (6)$$

Onde L_n representa o ruído de fundo, medido após a desativação da fonte, e L_s o ruído da fonte.

Figura 5 - Gráfico utilizado no método de desativação da fonte

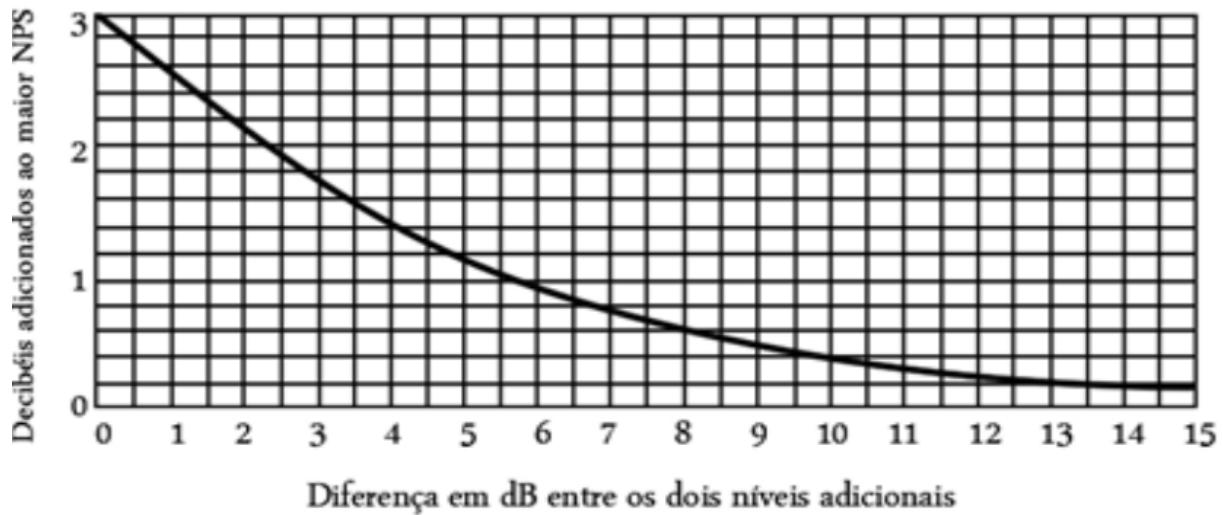


Fonte: Apostila de SST da USP, 2020.

A Figura 5 representa o gráfico responsável pelos dados utilizados no método de subtração de ruído quando ocorre a necessidade de desativação da fonte em estudo.

A adição de níveis de pressão sonora acontece para evitar cálculos logarítmicos complexos, simplificando assim, a maneira de se somar níveis de pressão sonora.

Figura 6 - Gráfico utilizado no método de adição de níveis de pressão



Fonte: Apostila de SST da pitágoras, 2020.

A Figura 6 é utilizada para auxiliar no método de adição de pressão sonora. Nota-se aqui a semelhança entre o gráfico de subtração (utilizados para ruído de fundo) e de adição (utilizado para facilitar a soma de pressões sonoras). Na aplicação, os seguintes passos devem ser seguidos: $dB(A)_1$; $dB(A)_2$; $dB(A)_2 > dB(A)_1$; $dB(A)_2 - dB(A)_1$. (Valor da abscissa da Figura 6). Em seguida, o resultado obtido através da imagem deve ser somado ao maior nível de pressão sonora; neste caso $dB(A)_2$ (Apostila de SST pitágoras, 2020).

2.4.5. Atenuação de ruído por protetores auriculares

A NR-6 (BRASIL, 2020) discorre a respeito de protetores auriculares, mas não apresenta nenhuma metodologia de análise da eficácia dos protetores. Além disso, não existe norma brasileira que defina a obrigatoriedade do cálculo de atenuação desses EPIs. Por isso, para eventuais avaliações a cargo das empresas, utilizam-se apenas normas estrangeiras. O método rápido calcula o NPS de exposição do trabalhador com protetor a partir do Leq (nível equivalente de exposição) obtido por dosimetrias. Para valores de Leq medidos em $dB(A)$ utiliza-se a Equação 7 para cálculo do NPS.

$$NPS = dB(A) - NRR_{sf} \quad (7)$$

Para protetores já ensaiados, conforme o apresentado na Figura 7, o próprio fabricante já disponibiliza o NRRsf do protetor para aplicação direta na equação, sem existir a necessidade de corrigir os valores para outras curvas de ponderação.

Figura 7 - Nível de atenuação NRRsf dos protetores

DETALHE PRODUTO



Protetor auricular tipo concha - NRRsf 19 dB

1426

Protetor auricular tipo concha;

Abafador dielétrico. Possui haste com superfície lisa que minimiza o acúmulo de sujeira;

Conchas e partes acopláveis que permitem sua higienização completa;

Sem componentes de metal;

Atenuação NRRsf 19 dB;

Ideal para situações onde os riscos elétricos estão presentes;

Fonte: Protcap protetores, 2021.

A Figura 8, abaixo, contém a tabela utilizada para descontar da eficiência final do protetor o peso relativo ao tempo de uso do atenuador durante a jornada laboral. Considera-se NRR como NRRsf para utilização dessa tabela (USP, 2019).

Figura 8 - Tabela contendo a correção pelo tempo de uso dos protetores

Tempo de uso em porcentagem de jornada de 8h							
50	75	87,5	94	98	99	99,5	100 (nominal)
Valor a ser descontado							NRR
-20	-15	-11	-7	-3	-2	-1	25
-15	-11	-7	-4	-2	-1	-1	20
-11	-7	-4	-2	-1	-1	0	15
-7	-4	-2	-1	-1	0	0	10
240	120	60	30	10	5	2,5	0 (nominal)
Tempo de não uso em minutos por jornada de 8 horas							

Fonte: Apostila de SST da USP, 2020.

2.5. RUÍDO EM MOTORES ELÉTRICOS

O nível de pressão sonora total gerado por motores elétricos pode ser estimado através de equações (CROCKER, 1998). Por isso, para motores de pequeno porte (até 40 kW) utiliza-se a eq. (8). O cálculo aproximado desse nível de pressão permite

ao avaliador ter uma noção quantitativa da influência dos motores elétricos sobre o ruído total de tal forma que, em muitos casos, os motores acabam sendo as fontes principais de ruído responsáveis por emitir os maiores níveis de pressão que contemplam o espectro sonoro (USP, 2020).

$$L_p = 17\log(kW) + 15\log(RPM) + 17dB \quad (8)$$

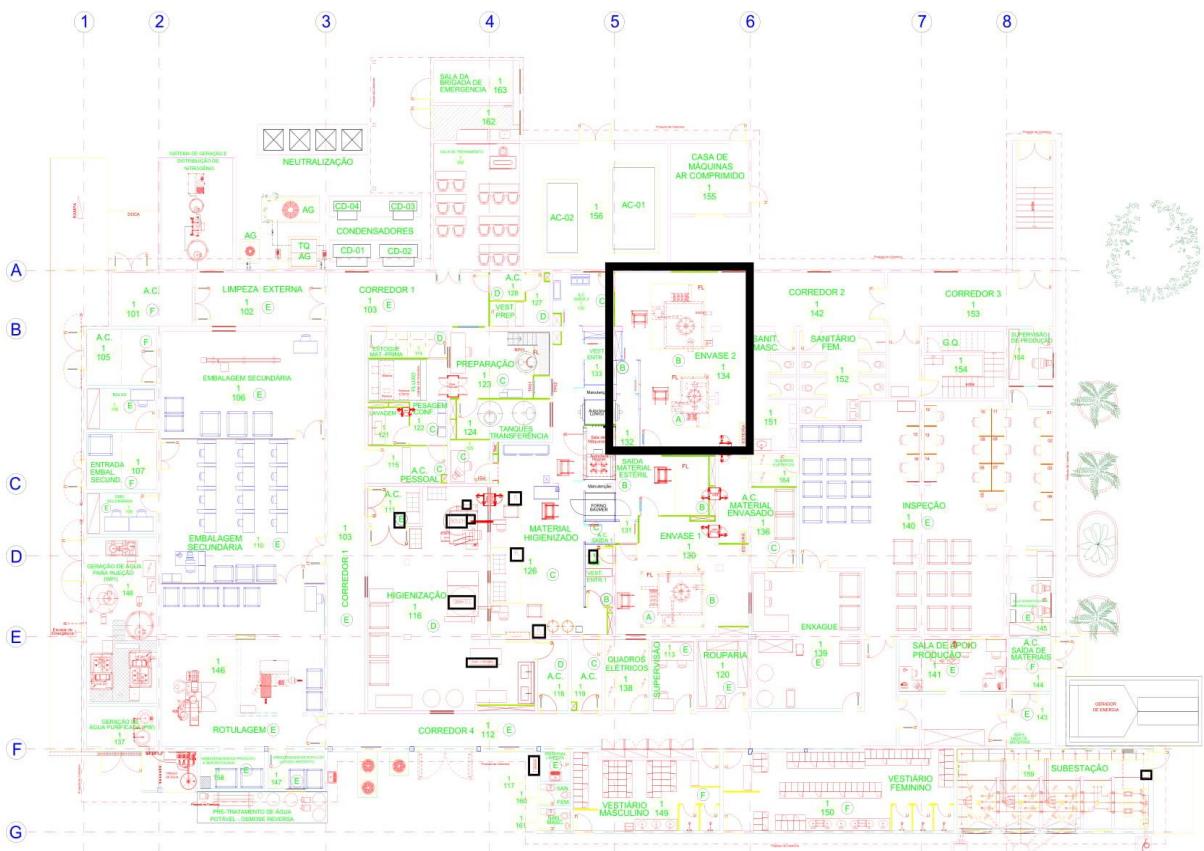
3. MATERIAIS E MÉTODOS

Descreve-se neste item os aparelhos utilizados nas medições de ruído, as máquinas avaliadas e o ambiente da instalação. Além disso, também é apresentado a metodologia quantitativa de avaliação utilizada e as respectivas normas.

3.1. AMBIENTE DE ESTUDO

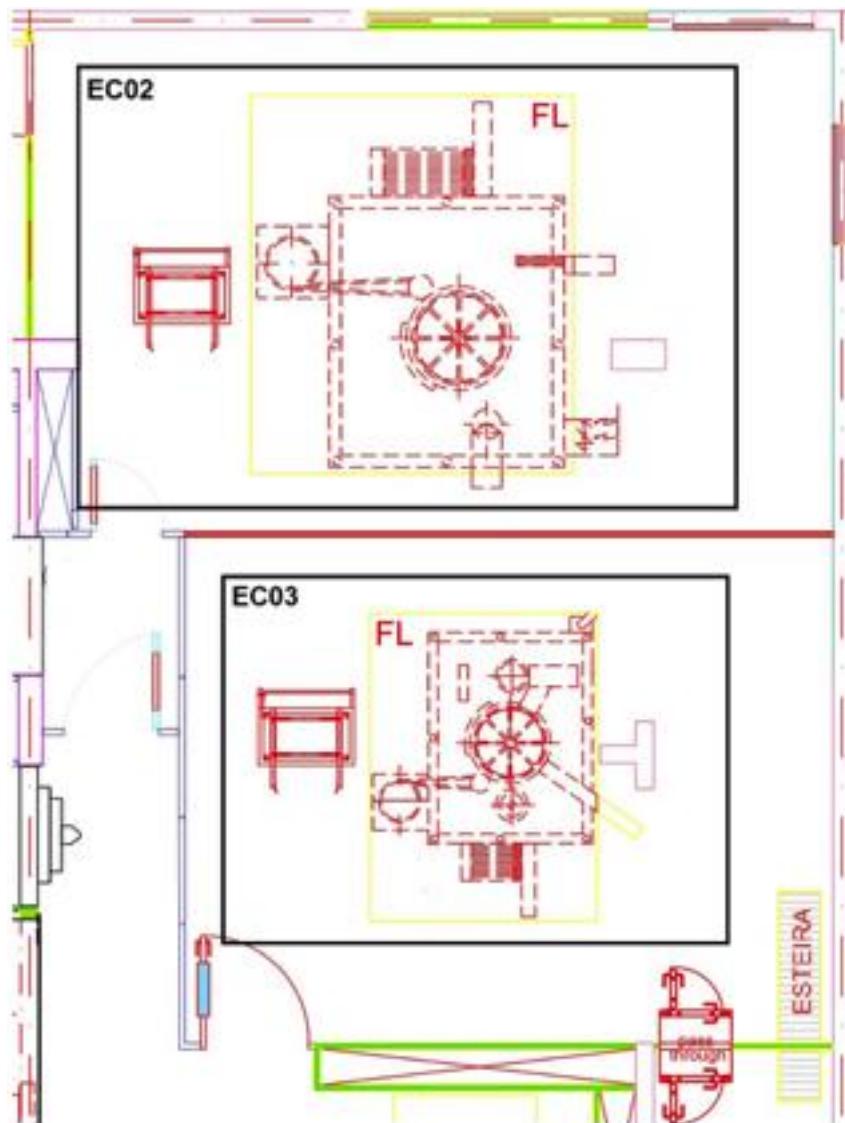
A fábrica possui duas áreas de envase. Na região denominada de envase 2 estão presentes duas máquinas envasadoras (EC02 e EC03). Por isso e, em virtude de medições prévias já realizadas, considera-se que o envase 2 é um ambiente crítico e prejudicial aos trabalhadores expostos dia após dia aos níveis de ruído presentes no ambiente. A Figura 9 mostra todos os setores da fábrica. Dentro do retângulo preto, destaca-se a região estudada (envase 2).

Figura 9 - Área produtiva



Fonte: Arquivo Pessoal, 2021.

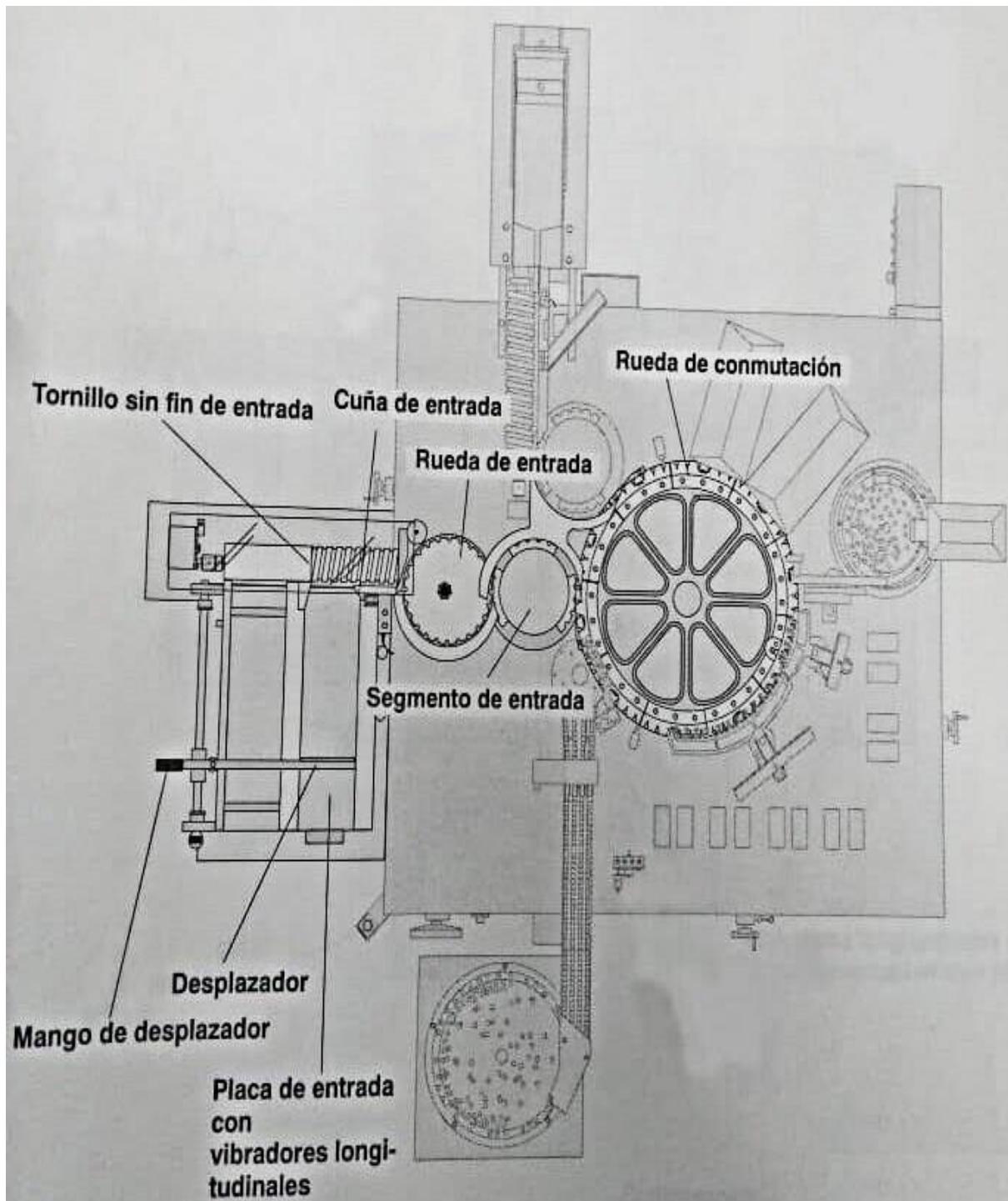
Figura 10 - Área do envase 2 com destaque para as envasadoras



Fonte: Arquivo Pessoal, 2021.

A Figura 10, acima, apresenta a disposição dos equipamentos considerados como fonte emissora de ruído (envasadoras EC02 e EC03). Na sala, de aproximadamente 100 m², encontram-se dois funcionários dispostos próximos da região com as letras FL. Existe uma divisão entre as máquinas feita de alvenaria. Por isso e, apesar da proximidade entre as duas máquinas, deve-se considerar as medições de ruído para os dois trabalhadores individualmente. Os trabalhadores são responsáveis por acompanhar o envase do produto anestésico e eventuais problemas que venham a ocorrer durante o lote.

Figura 11 - Envasadora em detalhes



Fonte: Manual da Bosh, 1994.

A Figura 11 apresenta os pontos principais comuns para as duas envasadoras. Torna-se importante o entendimento desses pontos pois todo o fluxo de produção dentro da máquina é dependente deles.

3.2 EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS UTILIZADAS

3.2.1 Equipamentos utilizados para dosimetria

Para medição da exposição dos trabalhadores ao ruído da sala de envase foram utilizados um dosímetro e um calibrador, apresentados no Quadro 4. As Figuras 12 e 13 mostram, respectivamente, o dosímetro e o calibrador utilizados neste trabalho.

Quadro 4 - Aparelhos utilizados para medição

Aparelhos	Modelo	Marca	Imagen
Dosímetro	DOS-600	Instrutherm	Figura 7
Calibrador	CAL-4000	Instrutherm	Figura 8

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 12 - Dosímetro utilizado na avaliação



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 13 - Calibrador utilizado na avaliação



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

3.2.2 Máquinas avaliadas no estudo

As máquinas avaliadas neste estudo (envasadoras) são as principais fontes de ruído do ambiente. Por isso, a descrição desses equipamentos torna-se de fundamental importância para o presente trabalho. O Quadro 5 e o Quadro 6 apresentam as principais características dessas máquinas.

Quadro 5 - Máquinas presentes no ambiente estudado

Equipamento	Número de Série	TAG	Fabricante	Fabricação
Envasadora 2	771 357 MS 5902 C	EC02	Bosch	1994
Envasadora 3	61x0030087	EC03	Bosch	1987

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Quadro 6 - Motores elétricos das máquinas

Equipamento	Motor elétrico
Envasadora 2	MOTOR TRIF.A.R. 0,75CV 4P 220/380V IP-55 CARC.71-B3D 60HZ 11393068 WEG
Envasadora 3	MOTOR TRIF.A.R. 1,5CV 4P 220/380V IP-55 CARC.80-B3D 60HZ 11368688 WEG

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 14 - Placa de identificação e imagem frontal da máquina envasadora 2 (EC02)



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 15 - Placa de identificação e imagem frontal da máquina envasadora 3 (EC03)



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

As envasadoras apresentadas nas Figuras 14 e 15 possuem a finalidade de envasar o anestésico produzido dentro de tubos confeccionados em polímero (Figura 13). A força motriz responsável pela movimentação dos componentes da máquina é oriunda de motores elétricos que ficam na parte inferior do equipamento (denominada de parte suja). As Figuras 16 e 17 mostram as vistas, respectivamente, da envasadora 2 e 3.

Figura 16 - Vista traseira e lateral esquerda da envasadora 2 (EC02)



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 17 - Vista traseira e lateral esquerda da envasadora 3 (EC03)



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

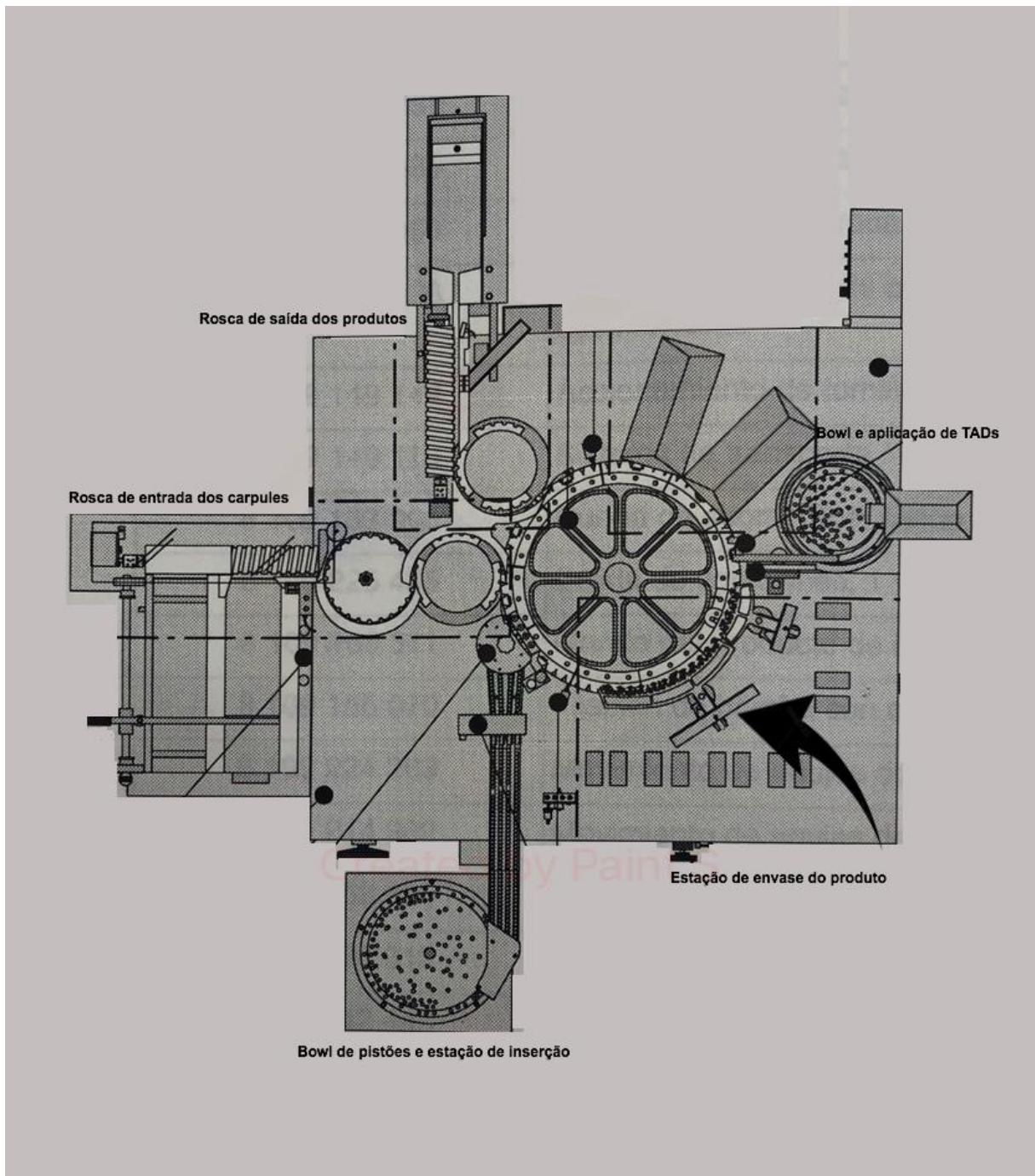
Figura 18 - Posicionamento dos carpules nas máquinas



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

A Figura 18 retrata o posicionamento dos carpules (tubos anestésicos) nas envasadoras.

Figura 19 - Partes principais das envasadoras



Fonte: Arquivo Pessoal, 2021.

A Figura 19 apresenta as partes principais comuns as duas envasadoras de produto. A rosca de entrada, em destaque na figura, é responsável por transportar os carpules (Figura 20) até a roda comutadora de entrada.

Figura 20 - Carpules



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Na sequência produtiva, os carpules são direcionados para a estação de inserção do pistão (Figura 21) na parte inferior do tubo.

Figura 21 - Pistão dos carpules



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Os anestésicos são então direcionados para a estação de envase e em seguida para a estação de aplicação de TADs (tampa metálica com êmbolo perfurável), representada na Figura 22.

Figura 22 - TAD



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

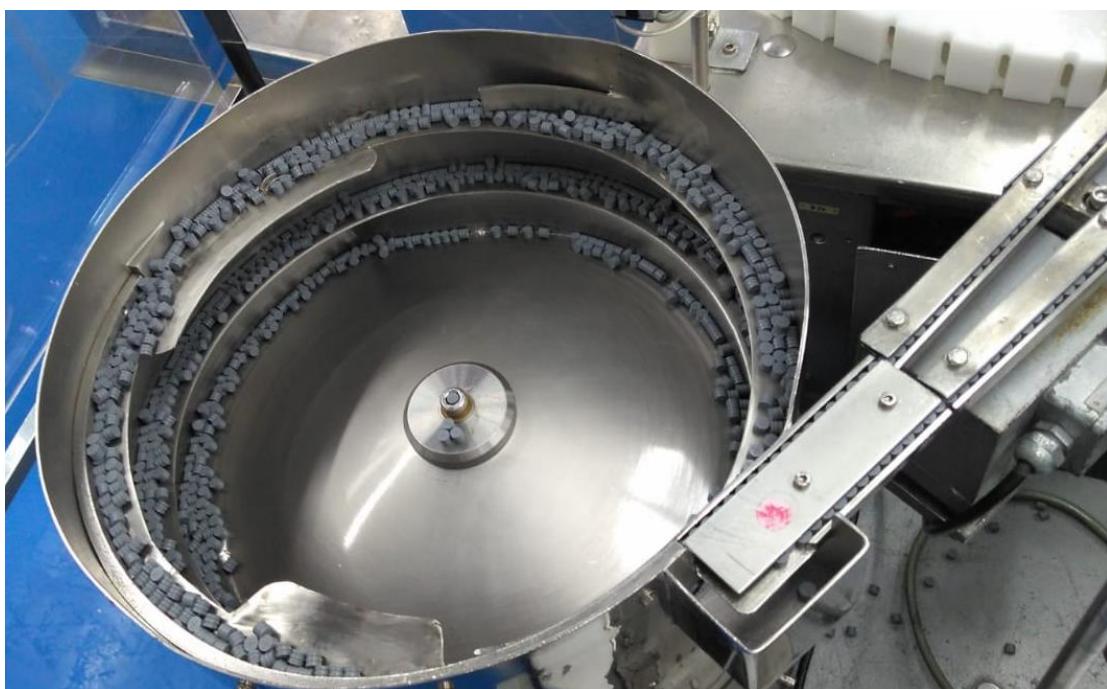
Por fim, os carpules são direcionados para a rosca de saída, representada na Figura 19. Destaca-se a seguir, nas Figura 23 e 24, os bowls (cestos) de TADs e pistões. Esses cestos são responsáveis por transportar os êmbolos perfuráveis e os pistões do reservatório de armazenamento à pista de inserção. O transporte através dos bowls ocorre por vibração.

Figura 23 - Bowl de TADs



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 24 - Bowl de pistões



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

3.3. METODOLOGIA QUANTITATIVA DE ANÁLISE

3.3.1. Avaliações quantitativas propostas

Foram propostas duas etapas de avaliações quantitativas (uma para cada operador) através da técnica de dosimetria apontada na NR-15 (BRASIL, 2020) e especificada pela NHO-01 (BRASIL, 2020). As medições foram realizadas nos operadores das envasadoras 2 e 3 em dias distintos. Com isso, um resultado contendo 2 medições foi obtido. Seguiu-se o cronograma previsto no Quadro 7.

Quadro 7 - Cronograma de atividades com destaque para as dosimetrias

Atividades	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Reunião para definição das diretrizes				
Solicitação de documentos e autorização de Imagens				
Dosimetrias (proposta de 2 medições)				
Avaliação das máquinas e documentos				
Reunião com o setor de engenharia				
Avaliação das soluções propostas e revisão				

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

3.3.2. Parâmetros e calibração

Após a escolha do dosímetro DOS-600, conforme a Norma ANSI S1.25-1991, realizou-se a calibração do equipamento e o respectivo ajuste dos parâmetros de acordo com a NHO-01 da Fundacentro. O Quadro 8 apresenta os parâmetros inseridos no dosímetro antes da avaliação.

Quadro 8 - Parâmetros utilizados no dosímetro

Círculo de ponderação	Círculo de resposta	Critério de referência (dB)	Limiar de integração (dB)	Faixa de medição mínima (dB)	Taxa de troca
A	Lenta (slow)	85	80	80 a 115	5

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

A calibração do dosímetro foi realizada de acordo com o Quadro 9 e está representada na Figura 25. Os valores encontrados pouco diferiram dos valores de referência.

Quadro 9 - Calibração do dosímetro

Nível sonoro no calibrador (dB)	Valor encontrado no dosímetro (dB)	Valor ajustado (dB)
94	95,1	94,1
114	115	114,1

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Figura 25 - Procedimento de calibração realizado



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Os equipamentos utilizados na calibração dos medidores de nível de pressão sonora, segundo a NHO-01, devem atender a Norma ANSI SI.40-1984. Ainda, preferencialmente, devem ser da mesma marca que o medidor dosímetro, permitindo o adequado acoplamento microfone-calibrador.

3.3.3. Períodos de quantificação

A dosimetria foi realizada em 2 dias distintos, reservando-se 1 dia para cada medição. O tempo de pausa para almoço foi de 1 hora para as duas medições. Os operadores almoçam no refeitório, ambiente considerado silencioso. Por isso, as medições puderam ser pausadas e excluídas da avaliação. As dosimetrias realizadas nos anos anteriores seguiram o mesmo padrão de quantificação, tendo em vista a manutenção do ambiente, dos horários e dos equipamentos.

3.3.4. Procedimentos gerais de medição

Antes de iniciar cada medição, verificou-se, conforme prevê a NHO-01, os seguintes itens:

- Integridade eletromecânica e coerência na resposta do instrumento;
- Condições da bateria e sua respectiva carga;

- Os parâmetros de medição, conforme o Quadro 8;
- Calibração.

As medições laborais com equipamentos individuais devem ser realizadas com o microfone posicionado dentro da zona auditiva do trabalhador, de forma a representar, com menor grau de incerteza, a exposição diária ao ruído a que o trabalhador está exposto. A NHO-01 define a zona auditiva como sendo a região do espaço delimitada por um raio de $150\text{ mm} \pm 50\text{ mm}$, medido a partir da entrada do canal auditivo. Por convenção, para medidores pessoais, utiliza-se a gola do trabalhador para posicionamento do microfone (Figura 26).

Figura 26 - Posicionamento do microfone



Fonte: Rede Fecomércio RS de educação, 2020.

Além disso, informou-se aos trabalhadores a respeito da avaliação, destacando os seguintes pontos:

- O objetivo do trabalho;

- Sobre a não interferência do procedimento no seu trabalho, devendo manter sua rotina;
- Que o aparelho não gravava conversas;
- Que a remoção do aparelho só deveria ser feita pelo avaliador;
- Que o microfone não poderia ser tocado ou obstruído.

3.3.4.1. Procedimentos específicos realizados antes e durante as medições

- Confirmação dos ajustes preliminares (parâmetros) no aparelho e sua calibração;
- Colocação do medidor no trabalhador e fixação do microfone dentro da zona auditiva;
- Posicionamento de qualquer excesso de cabo de microfone para não atrapalhar a rotina do avaliado;
- Checagem do dosímetro constantemente, durante a avaliação, para garantir o posicionamento do microfone e a aquisição dos dados pelo dosímetro;
- A retirada do microfone foi realizada apenas após a interrupção da medição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. RESULTADOS DAS DOSIMETRIAS

Quadro 10 - Parâmetros das dosimetrias

Departamento	Máquina	Ponderação de tempo	Ponderação de frequência	Limiar (dB)	Critério (dB)	Taxa de troca
Envase 2	EC02	Slow	A	80	85	5
Envase 2	EC03	Slow	A	80	85	5

Fonte: Arquivo Pessoal, 2021.

Os parâmetros ajustados no dosímetro foram iguais para as duas medições, seguindo os valores de referência apresentados no tópico 3.3.2. O Quadro 10, acima, evidencia o ajuste realizado. A curva de ponderação A foi escolhida porque o ruído analisado era intermitente.

Quadro 11 - Resultados das dosimetrias

Operador	Dose	Pdose	Leq	Pico
EC02	321.48	363.2	98.9	150.2
EC03	146.95	178.6	87.6	130.3

Fonte: Arquivo Pessoal, 2021.

O Quadro 11 mostra os resultados obtidos através das dosimetrias realizadas. Observa-se que para cada operador, mesmo com a proximidade física existente entre eles, existem resultados de dosimetrias diferentes. O operador da envasadora número 2 é o trabalhador exposto ao maior nível de pressão sonora e a maior dose. O Leq de 98,9 corresponde a um ruído equivalente de 98,9 decibeis durante toda a sua jornada de trabalho. A dose de 321,48 e o Leq de 98,9 evidenciaram que esse operador está exposto a um ruído acima do limite de tolerância durante um tempo maior do que o permitido, podendo sofrer danos no sistema auditivo caso medidas preventivas não fossem tomadas. A Figura 16 mostra uma vista lateral da envasadora número 2. Percebe-se que esta é fechada por tapetes de pvc transparentes enquanto que a

número 3 possuí portas de acrílico ao redor. Essa característica de isolamento contra partículas externas (proteção do produto contra contaminação externa) afeta diretamente o ruído proveniente desses equipamentos, pois é sabido que uma das formas mais eficientes de reduzir o ruído no ambiente é através de barreiras acústicas instaladas em torno da fonte, principalmente para equipamentos colocados em ambientes externos.

O operador da envasadora número 3 também está exposto a uma condição desfavorável, acima do limite de tolerância estabelecido na NR-15 (BRASIL, 2020). Logo, as medidas preventivas, já utilizadas pela empresa, foram tomadas para os dois trabalhadores.

Quadro 12 - Pausas durante as medições

Operador	Pausa	Retorno	Período	Total
EC02	09:25:02	09:42:51	00:17:49	1:28:31
EC02	11:55:23	13:06:05	01:10:42	
EC03	00:58:08	01:14:47	00:16:39	1:25:58
EC03	03:36:46	04:46:05	01:09:19	

Fonte: Arquivo Pessoal, 2021.

As pausas durante as medições foram em torno de uma hora e meia para cada operador, conforme apresentado no Quadro 12. A primeira pausa, de 15 minutos, era referente a um intervalo que acontecia por causa da questão ergonômica durante a jornada. A segunda, de 60 minutos, era referente ao intervalo de almoço.

Quadro 13 – Potência, rotação e ruído aproximado dos motores elétricos

Máquina	Potência do motor elétrico (CV)	Potência do motor elétrico (kW)	Rotação	Ruído aproximado (dB)
EC02	0,75	0,5516241	1680	61
EC03	1,5	1,10325	1800	131

Fonte: Arquivo Pessoal, 2021.

Para motores com potência menor do que 40 kW, conforme apresentado anteriormente, utilizou-se a Equação 8 para obter o ruído aproximado apresentado no Quadro 13. Esse quadro ajuda a concretizar a ideia apresentada anteriormente sobre a proteção acústica em torno da máquina. Percebe-se que a envasadora número 3, mesmo possuindo um motor ruidoso, com nível estimado em 131 decibeis, não superou a pressão sonora da máquina 2. Isso ocorre por dois motivos: o isolamento acrílico em torno da máquina é mais eficiente do que as lonas em pvc transparente; ou os motores não são as principais fontes causadoras de ruído.

A reunião com o setor de engenharia, conforme disposto no cronograma apresentado pelo Quadro 7, esclareceu que a maior parte do ruído gerado por esses equipamentos, as envasadoras, era causado pelos bowls de TAD's (Figura 23). O material metálico do êmbolo perfurável em contato com a pista transportadora também metálica, devido à vibração, causava um aumento expressivo no ruído total desses equipamentos. A Figura 27 mostra, em detalhes, o contato metálico entre a pista transportadora e as capas metálicas (Figura 22) utilizadas para tampar os anestésicos. A vibração dos bowls era proveniente de bobinas vibratórias ligadas diretamente ao equipamento e, devido às restrições de acesso impostas pela empresa, o acompanhamento da intensidade sonora do equipamento com as bobinas desligadas não foi possível.

Figura 27 - TAD's em contato com a pista transportadora



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Quadro 14 - Atenuação dos protetores concha

Operador	Leq (dBA)	Atenuação NRRfs (dB)	Tempo de uso (dB)	NPS (dB)
EC02	98.9	19	-1	80,9
EC03	87.6	19	-1	69,6

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

O Quadro de resultados 14 foi construída a partir de conceitos apresentados anteriormente, no tópico 2.4.5, e mostra a eficiência dos protetores auriculares. O tempo de uso a ser subtraído da eficiência do protetor foi obtido na Figura 7. Para construção do NPS, utilizou-se a Equação 7. Percebe-se que a utilização do protetor auricular é uma medida eficiente para amenizar a exposição dos trabalhadores aos níveis de ruído apresentado, no entanto, não é a indicada, pois além de ser uma medida passiva, que depende da assiduidade de cada trabalhador, é a última opção na hierarquia de controle de riscos.

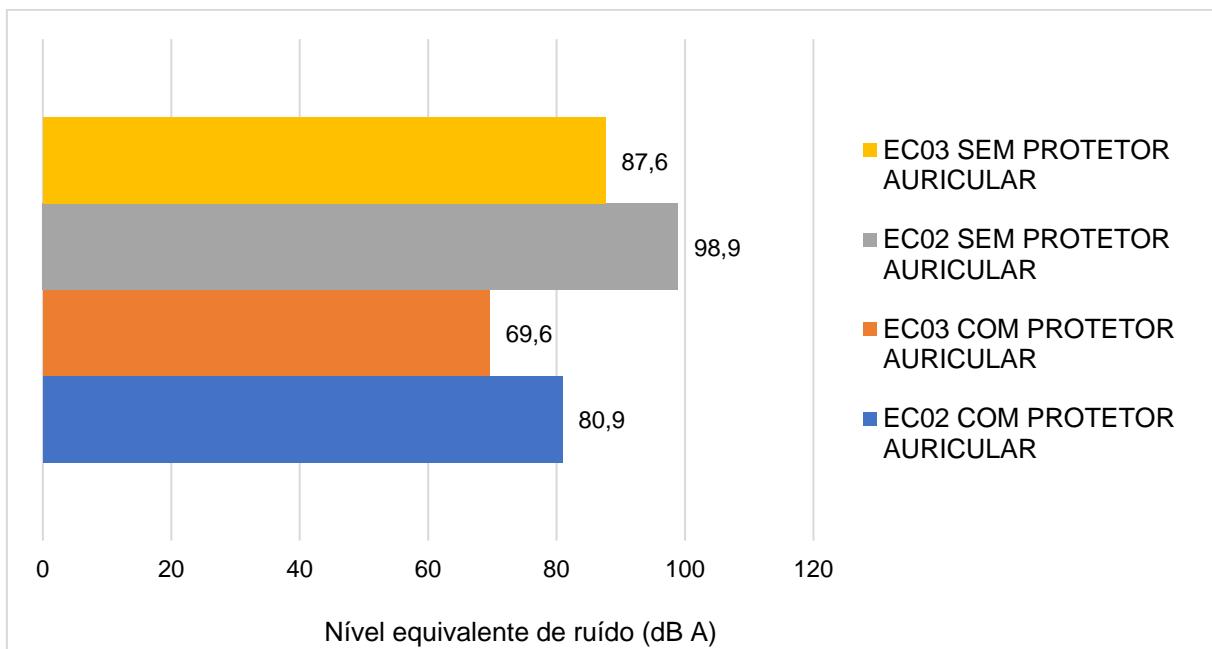
Como soluções alternativas para a empresa avaliada neste estudo, propôs-se duas medidas de engenharia para reduzir os níveis de pressão sonora encontrados no estudo. A primeira, cobrir as laterais das pistas transportadores com material epóxi ou produto emborrachado, reduzindo a quantidade de área com contato metal-metal. A segunda, utilizar uma proteção, até mesmo a acrílica, em torno das envasadoras que possua vedações de borracha em todas as frestas e aberturas. Essa última medida seria tão efetiva quanto a primeira.

Figura 28 - Região de aplicação do material epóxi ou emborrachado



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Gráfico 1 - Representação do nível equivalente de ruído com e sem protetor auricular



Fonte: Arquivo Pessoal, 2021.

O Gráfico 1 acima evidencia que o protetor auricular é uma medida eficiente para amenizar a exposição dos trabalhadores, dia após dia, a ruídos acima do limite de tolerância. Observa-se uma redução de aproximadamente 20% para ambos os casos quando a proteção é utilizada de forma permanente (99% do tempo).

5. CONCLUSÕES

O objetivo proposto de realizar a análise da exposição ao agente físico ruído de trabalhadores que executam suas atividades dentro do setor de envase de uma indústria farmacêutica foi atingido. No entanto, devido a grande diferença encontrada entre as medições de ruído realizadas, cabe a empresa em questão continuar com as ações preventivas, medições anuais e análises quantitativas em prol dos trabalhadores, além de expor se as medidas de engenharia sugeridas neste trabalho são modificações possíveis.

O presente trabalho buscou apresentar e quantificar o risco existente para a classe de trabalhadores que executam suas atividades próximos a máquinas envasadoras. Além disso, hoje, apesar da aplicação dos equipamentos de proteção individuais contra ruído eliminarem o adicional de insalubridade, não eliminam o tempo necessário para aposentadoria especial, mostrando que a exposição ao ruído é deletéria ao organismo humano. Apesar de tudo, deve-se preocupar com a saúde e com a integridade física dos colaboradores presentes na empresa e não apenas com as normas e suas respectivas abrangências. A saúde dos trabalhadores reflete a saúde da empresa como um todo. As ações de engenharia aqui propostas podem, dependendo dos materiais utilizados, eliminar a necessidade dos epi's, tornando o dia a dia dos trabalhadores mais confortável e ergonômico.

Por fim, conclui-se que, mesmo com as devidas limitações de acesso impostas durante a realização deste trabalho, os objetivos foram alcançados e os resultados servirão para contribuir com uma melhoria do ambiente de trabalho.

REFERÊNCIAS

Carnevale F, Romano I, Romano V. Le mallaties dei lavoratori. Traducción al italiano del **DE MORBIS ARTIFICUM DIATRIBA**, de Ramazzini B. Roma: Nueva Italia Científica, 1982. 78 p.

AS TENDÊNCIAS DA POPULAÇÃO MUNDIAL: RUMO AO CRESCIMENTO ZERO.
Brasília: CGEE, 2008. Disponível em: <https://www.ufjf.br/ladem/files/2009/05/As-tendencias-da-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial6.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2020.

GERGES, S. O EFEITO DO RUÍDO E VIBRAÇÕES NO HOMEM. Ruído e vibrações industriais, fundamentos e controles. Florianópolis: Samir, 1991.

COSTA, E. A.; KITAMURA, S. PATOLOGIA DO TRABALHO SEGUNDO APARELHO OU SISTEMA – ORGÃOS DO SENTIDO: AUDIÇÃO. In: MENDES, R. (Org). Patologia do Trabalho. Rio de Janeiro: Ed. Atheneu, 1995.

CROCKER, Malcolm J. HANDBOOK OF ACOUSTICS, 1. ed. EUA: Wiley-Interscience Publication, 1998. v. 1. 531 p

DREOSSI, R. C. F.; MOMENSOHN-SANTOS, T. O RUÍDO E SUA INTERFERÊNCIA SOBRE ESTUDANTES EM UMA SALA DE AULA: REVISÃO DE LITERATURA. Pró-Fono Revista de Atualização Científica, Barueri (SP), v. 17, n. 2, p. 251-258, maio-ago. 2005.

USP (BRASIL). LACASEMIN. HIGIENE DO TRABALHO – PARTE B. SÃO PAULO: [s. n.], 2019.

FLETCHER, Harvey; MUNSON, W. A. Loudness, its definition, measurement and calculation. **Journal of the Acoustical Society of America**, EUA, 28 ago. 1933. 5, p. 82.

NEPOMUCENO, Luíza de Arruda. **ELEMENTOS DE ACÚSTICA FÍSICA E PSICOACÚSTICA.** 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1994. 104 p.

MENEZES, P. L.; CALDAS-NETO, S.; MOTTA, M. (Orgs.). BIOFÍSICA DA AUDIÇÃO. 1. ed. São Paulo: Lovise, 2005. 192 p.

CAMISASSA, Mara Queiroga. **SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO: NRS 1 A 37 COMENTADAS E DESCOMPLICADAS.** 7. ed. Belo Horizonte: Método, 2018. 912p.

BRÜEL & KJÆR. **ENVIRONMENTAL NOISE.** Denmark: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, 2000. 69p.

www2.santoandre.sp.gov.br/hotsites/sabina/index.php/a-sabina/experimentos/123-pagina-experimento-som-vibracao. Acesso em julho de 2020.

www.vibrasom.ind.br/tabela-de-press%C3%A3o-sonora.html. Acesso em julho de 2020.

www.saudeesegurancanotrabalho.org/ruido_conceitos_curvas/. Acesso em julho de 2020.

https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-15-atualizada-2019.pdf. Acesso em julho de 2020.

<http://www.akrom.com.br/produtos.php?c=59>. Acesso em julho de 2020.

<https://docplayer.com.br/6979826-Curso-de-especializacao-em-engenharia-de-seguranca-do-trabalho-m4-d3-higiene-do-trabalho-iii-guia-de-estudo-parte-ii-exposicao-ocupacional-ao-ruido.html>. Acesso em outubro de 2020.

<https://www.protcap.com.br/produtos/auditiva/concha/protetor-auricular-tipo-concha-nrrsf-19-db>. Acesso em janeiro de 2021.

https://www.senacrs.com.br/cursos_rede/riscos_ambientais_no_ambiente_de_trabalho/html/tipos_riscos/risco_fisico4.html. Acesso em outubro de 2020.