

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO**

THAYS PEREIRA SILVEIRA

**GESTÃO DO RUÍDO EM UMA EMPRESA MONTADORA DE
VEÍCULOS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2013

THAYS PEREIRA SILVEIRA

**GESTÃO DO RUÍDO EM UMA EMPRESA MONTADORA DE
VEÍCULOS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai.

CURITIBA

2013

THAYS PEREIRA SILVEIRA

GESTÃO DO RUÍDO EM UMA EMPRESA MONTADORA DE
VEÍCULOS

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai (Orientador)

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

Prof. Dr. Adalberto Matoski

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

Curitiba

2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

SILVEIRA, Thays P. Gestão do ruído em uma empresa montadora de veículos. 2013. 60 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Esta pesquisa foi desenvolvida em uma montadora de veículos de Curitiba e apresenta uma metodologia diferenciada para a realização de medições de ruído ocupacional e identificação de fontes geradoras para auxiliar as engenharias de manufatura e logística no processo de redução da intensidade sonora no ambiente de trabalho. Apresenta a relação da evolução dos sistemas de produção com a higiene, saúde e integridade física do trabalhador, tipos de sistemas de produção de empresas, os conceitos fundamentais de som e ruído, bem como a diferença entre eles, a frequência e forma de propagação do som, definições de ruído ocupacional, incluindo fatores de ponderações para realização de medições de ruído, tipos de equipamentos utilizados para as medições e os efeitos do ruído sobre o aparelho auditivo dos trabalhadores. São apresentadas as legislações aplicáveis, a NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ocupacionais e NR-15 – Atividades e Operações Insalubres e também a NBR 10151:2000 e NBR 10152:1987, bem como, a metodologia aplicada e as características e parâmetros dos equipamentos e *software* utilizados. As etapas para a realização das avaliações são detalhadas, o método, os locais avaliados bem como a emissão dos relatórios são descritos. Complementado pela pesquisa de campo, o estudo verificou que as medições de ruído tradicionais são insuficientes para a identificação de fontes geradoras, ou seja, a pesquisa revelou que, simultaneamente à medição, deve ser aplicado um formulário identificado como “Diário de Bordo” com o preenchimento qualitativo das fontes que estão originando o risco no posto de trabalho e posteriormente compará-lo com o relatório minuto a minuto gerado pelo *software* do equipamento de avaliação para se obter o êxito. Assim sendo, o apontamento qualitativo de fontes geradoras simultâneo à medição de ruído e sua análise são essenciais para a priorização das ações de redução do ruído.

Palavras-chave: Ruído. Higiene Ocupacional. Gestão.

ABSTRACT

SILVEIRA, Thays P. Noise Management in a vehicles manufacturing. 2013. 60 p. Monograph (Engineering Specialization of Safety Work) – Graduate Program in Safety Engineering, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This research was developed in a vehicles manufacturing in Curitiba and present the differentiated methodology for achievement of occupational noise evaluation and identify generating sources for help the manufacturing and logistics engineering in reduction process the noise in work environment. Presents the relation of production system evolution with the hygiene, health and physical integrity the employee, production system types the companies, basic concepts of sound and noise as well as the difference between them, the frequency and form of sound propagation, occupational noise definitions, including weighting factors to perform noise measurements, equipment used types for measurements and the effects of noise on the employee hearing aid. Explanations are given on the applicable brazilian requirements, the NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais and NR-15 – Atividades e Operações Insalubres, and also the NBR 10151:2000 and NBR 10152:1987, as well as, applicable methodology and parameter and characteristics of software and equipment used. The steps for evaluation achievement are detailed, the method, and described the achievement sites as well as issuance of reports. Complemented by field research, the study found that the traditional noise measurements are insufficient to identify the sources that, the survey revealed that, while measurement, there should be as a form “Board Diary” with filling qualitative sources that are causing the risk in the workplace and then compare with the minute to minute report generated by software evaluation device for obtain the success. That being, the pointing qualitative sources generating simultaneously the noise measurement and analysis are essential to prioritize actions to noise reduce.

Keywords: Noise. Occupational Hygiene. Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Fatores influenciadores no sistema produtivo	15
Figura 2 -	Benefícios da redução de desperdícios.....	17
Figura 3 -	Propagação de onda.....	20
Figura 4 -	Produção do som	21
Figura 5 -	Varição de pressão sonora em função do tempo - Frequência.....	23
Figura 6 -	Curvas de compensação	24
Figura 7 -	Mecanismo da audição	28
Figura 8 -	Dosímetro e calibrador utilizado nas avaliações	35
Figura 9 -	Imagem da tela inicial do <i>software</i> – QSP – <i>Quest Suite Professional</i>	35
Figura 10 -	Exemplo de cronograma das avaliações	38
Figura 11 -	Avaliação qualitativa em atividades com movimentações	41
Figura 12 -	Modelo de relatório da avaliação	42
Figura 13 -	Gráfico das medições realizadas nas linhas de montagem em 2013.....	44
Figura 14 -	Intensidade inferior e superior do ruído nas linhas de montagem	45
Figura 15 -	Resultado geral das linhas de montagem	46
Figura 16 -	Indicação da linha de montagem com maior intensidade de ruído em dB(A)	46
Figura 17 -	Análise comparativa do número de trabalhadores expostos ao ruído de 2011 a 2013	47
Figura 18 -	Exemplo da planilha de registro das ações de redução de ruído executadas.....	48
Figura 19 -	Exemplo de ações de redução do ruído em apertadeiras pneumáticas.....	49
Figura 20 -	Exemplo de ações de redução do ruído em carrinhos de movimentação de pneus	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Velocidade do som para diferentes meios	22
Tabela 2 -	Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
µPa	Micro Pascal
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ANSI	<i>American National Standard Institute</i>
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
C _n	Tempo total de exposição a um nível específico
D	Dose
dB	Decibel
dB (linear)	Decibel – Ruído de impacto
dB(A)	Decibel – Curva de ponderação A
DN	Departamento Nacional
Dr	Doutor
EAG	Equipes Auto Gerenciáveis
F	Frequência
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
Hz	Hertz
I ₀	Intensidade sonora
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
kHz	Kilo Hertz
L _{avg}	<i>Average level</i>
Leq	<i>Equivalent level</i>
m/s	Metro por segundo
TEM	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Normas Brasileiras
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NIS	Nível de Intensidade Sonora
Nm	Newton metro
NPS	Nível de Pressão Sonora
NR	Normas Regulamentadoras
OSHA	<i>Occupational Safety & Health Administration</i>

P	Pressão
Pa	Pascal
PAIR	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
Q	Incremento de duplicação de dose
QSP	<i>Quest Suite Professional</i>
RBC	Rede Brasileira de Calibração
SESI	Serviço Social da Indústria
SIT	Secretaria de Inspeção do Trabalho
Tm	Tempo de medição
Tn	Duração total permitida a um determinado nível
TWA	<i>Time Weighted Average</i>
W/m ²	Watt por metro quadrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS DA PESQUISA	12
1.1.1	Objetivo geral	12
1.1.2	Objetivos específicos	12
1.2	JUSTIFICATIVA	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	SISTEMAS DE PRODUÇÃO	14
2.1.1	Higiene e saúde do trabalhador	14
2.1.2	A revolução industrial	15
2.1.2.1	Sistema de produção em massa	16
2.1.2.2	Sistema de produção enxuta – <i>Lean Manufacturing</i>	16
2.2	SOM E RUÍDO	18
2.2.1	Conceitos e parâmetros básicos	18
2.2.1.1	Ondas de pressão sonora	19
2.2.1.2	Propagação do som	20
2.2.1.3	Nível de pressão sonora - Decibel	22
2.2.1.4	Frequência do som	23
2.2.1.5	Nível de intensidade sonora e nível de potência sonora	23
2.2.1.6	Nível de decibel compensado ou ponderado	24
2.2.1.7	Incremento de duplicação da dose	25
2.2.1.8	Dose equivalente	25
2.2.1.9	Nível equivalente de ruído	26
2.2.1.10	Ruído contínuo e intermitente	26
2.2.1.11	Ruído de impacto	27
2.2.2	Efeitos do ruído sobre o aparelho auditivo	28
2.2.3	Instrumentos de medição	29
2.2.3.1	Medidor de nível de pressão sonora	30
2.2.3.2	Audiodosímetro - Medidor integrador de uso pessoal	30
2.2.3.3	Calibrador acústico	30
2.3	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	31
2.3.1	Norma Regulamentadora - NR-15	31
2.3.2	Norma Regulamentadora - NR-09	32
2.3.3	Normas Brasileiras - NBR 10151:2000 e NBR 10152:1987	32
3	METODOLOGIA	33
3.1	EQUIPAMENTOS E SOFTWARE UTILIZADOS	34
3.2	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO	35
3.3	ETAPAS DA AVALIAÇÃO DE RUÍDO	37
3.3.1	Elaboração de cronogramas	37
3.3.2	Alinhamento com as engenharias de manufatura e logística	38
3.3.3	Seleção dos trabalhadores	39
3.3.4	Diário de bordo – dia típico	39
3.3.4.1	Avaliação qualitativa “ <i>in loco</i> ”	40
3.3.5	Relatório da medição – <i>Software QSP</i>	41
3.4	ANÁLISE DAS AVALIAÇÕES	42
3.4.1	Apontamento das fontes geradoras de ruído	42
3.4.2	Elaboração dos relatórios	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1	MEDIÇÕES REALIZADAS	44
4.2	ANÁLISE DO RUÍDO NAS LINHAS DE MONTAGEM	45
4.3	ANÁLISE COMPARATIVA DO RUÍDO DE 2011 A 2013	47
4.4	PROJETO DE REDUÇÃO DE RUÍDO	47
4.4.1	Ações de redução do ruído	49
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICES	55

1 INTRODUÇÃO

O ruído é considerado como uma variação de pressão, sendo capaz de sensibilizar a audição humana e quando em nível elevado, pode ser considerado como um risco profissional, condição frequente nas organizações industriais com baixo controle dos seus processos (FANTAZZINI, 2007, p.119).

Estudos apontam que após a poluição do ar e da água, o desconforto acústico é o tipo de poluição que afeta o maior número de pessoas (ZANNIN; SANT'ANA; FERREIRA, 2009, p.02).

As exposições ao ruído com a ausência dos controles adequados contribuem com a redução da capacidade auditiva dos trabalhadores e se intensa e prolongada, pode alterar também o estado emocional do indivíduo, gerando consequências imprevisíveis sobre o equilíbrio psicossomático (COX, 1981, p.416).

Além dos efeitos diretos como a perda auditiva, o ruído pode ser um dos causadores dos acidentes do trabalho, originados por distração, dificuldade no entendimento de instruções e da comunicação verbal e ainda, podendo também afetar a qualidade de vida do trabalhador (COX, 1981, p.416).

Levando-se em consideração as consequências obtidas pelos trabalhadores e empregadores oriundas da exposição ao ruído no ambiente produtivo e também pensando no compromisso da organização com a integridade física, saúde e bem estar do trabalhador no meio fabril, e o quanto o meio ambiente influencia na qualidade e produtividade da mesma, estratégias de melhorias têm sido implantadas ao longo dos últimos anos. Uma delas é a preocupação e compromisso das organizações em manter a integridade auditiva de seus trabalhadores, com acompanhamento periódico, e atuar preventivamente em melhorias dentro do processo industrial com foco na redução do nível de ruído produzido pelos equipamentos de transformação do produto, outra é a preocupação com o lado comportamental do trabalhador, e os motivos pelos quais este não observa a necessidade de utilização da proteção auditiva (protetor auricular), fator que presente no cotidiano de muitas fábricas no Brasil e que contribui para a geração de doenças ocupacionais como a PAIR – Perda Auditiva Induzida pelo Ruído.

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo principal realizar medições de ruído ocupacional no processo produtivo de montagem de componentes no chassi e montagem final e analisar os pontos e/ou locais com maior intensidade, identificando e apontando as fontes geradoras, visando à sistematização da redução do ruído diretamente no local de origem.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Propor uma metodologia para realizar as avaliações de ruído no processo produtivo de montagem de componentes no chassi e montagem final;
- Propor um estudo de fontes geradoras de ruído;
- Demonstrar as ações de redução de ruído;
- Propor uma proposta de melhoria para o monitoramento e controle do ruído.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho foi elaborado com o intuito de desenvolver estudos direcionados a identificação das origens (fontes geradoras) dos ruídos nos processos produtivos de montagem de componentes no chassi e montagem final e propor ações visando à redução dos níveis de exposição dos trabalhadores a um

patamar inferior aos limites estabelecidos na legislação vigente e estipular controles para manter os resultados obtidos.

Partindo-se do princípio que o conforto no ambiente de trabalho torna-se primordial para o melhor desempenho e qualidade de vida do trabalhador, o aperfeiçoamento da metodologia para a realização das avaliações de ruído é imprescindível e novas tecnologias e melhores práticas de higiene ocupacional precisam ser inseridas no processo, bem como ir além da legislação vigente, não se limitando apenas aos limites de tolerância, mas, buscando inovar em resultados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

2.1.1 Higiene e saúde do trabalhador

Segundo Saliba (2004, p.17) no período anterior à Revolução Industrial existiam poucos relatos sobre acidentes e doenças ocupacionais, devido ao fato que nesta época os trabalhos eram predominantemente manuais. Com o surgimento da máquina a vapor, houve o aumento da produtividade e os trabalhadores passaram a conviver em ambientes mais agressivos para a integridade física e saúde dos trabalhadores, conseqüentemente surgindo com rapidez os acidentes e doenças ocupacionais.

Conforme Saliba (2004, p.17) as jornadas de trabalho eram excessivas, entre quinze a dezesseis horas diárias, e os ambientes de trabalho com condições precárias, o que aumentou a exposição do trabalhador aos riscos inerentes a produção e maior probabilidade do aparecimento de doenças oriundas do trabalho, pois nesta época não existia análise e parâmetros para limites de exposição aos contaminantes.

lida (2005, p.4) cita que a saúde e segurança no ambiente de trabalho são mantidas, quando existem os planejamentos das atividades, conforme figura 1, para garantir que as exigências do trabalho e ambiente não ultrapassem as limitações energéticas e cognitivas do indivíduo, a operação não exceda as capacidades e condições físicas dos trabalhadores, com o intuito de evitar o estresse, acidentes e doenças ocupacionais.

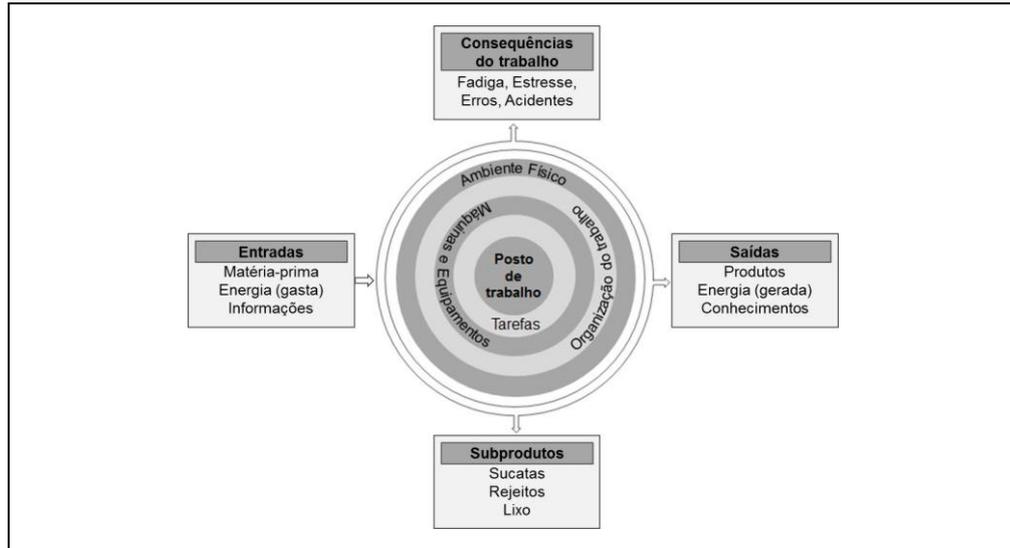


Figura 1 - Fatores influenciadores no sistema produtivo

Fonte: Adaptado de Lida (2005, p.4)

2.1.2 A revolução industrial

Conforme Dienstmann (2008, p.4) após o advento da revolução industrial, ocorrido no século XVIII, os resultados produtivos do mundo aumentaram, e de modo consequente, os maquinários começaram substituir a mão de obra dos operários, gerando maiores lucros para as empresas. Os trabalhos, neste período, eram considerados artesanais, onde consequentemente os operadores deveriam possuir qualificação para a atividade e deter o conhecimento da produção.

De acordo com Taylor (1990, p.9) com o intuito de aumentar a eficiência operacional nas empresas, ele estudou os processos produtivos de empresas para aplicar o Princípio da Administração Científica, visando aperfeiçoar os resultados financeiros da organização.

Taylor (1990, p.96) trabalhou com o planejamento das atividades operacionais nas organizações, englobando o estudo dos movimentos mecânicos dos operadores, relação do tempo e movimento, análise do comportamento humano, interação entre os líderes e subordinados e o entendimento da diretoria de todas as atividades da empresa.

Segundo Taylor (1990, p.102) após a alteração do modelo de produção, identificou inúmeros benefícios para os funcionários e empresas, as quais refletem

ainda hoje nas organizações. Os trabalhadores passaram a ter especializações, salários e condição de trabalho melhor, jornada de trabalho reduzida e cuidado com a saúde do trabalhador.

2.1.2.1 Sistema de produção em massa

Conforme Souza (2010, p.6) com as evoluções do mercado, começaram demandar substituições da metodologia anterior, Henry Ford descobriu, com seus estudos e observações, uma maneira para superar os problemas referentes ao antigo sistema. As novas técnicas de Ford conseguiram reduzir drasticamente os custos, e aumentar ao mesmo tempo a qualidade do produto.

De acordo com Campos (2000, p.3) no início do século XX, aproximadamente no ano de 1908, o tempo de ciclo para a fabricação de um automóvel era de oito horas e cinquenta e seis minutos, e produzido artesanalmente, onde um trabalhador montava praticamente o veículo inteiro para depois passar ao próximo. Ford entendia que a padronização era essencial nos processos de montagens e também a facilidade de ajustes entre as peças, o que se tornava como um requisito fundamental para a produção em massa.

Segundo Campos (2000, p.3) após estudos e análises, Henry Ford separou os processos de montagens, cada montador ficou responsável por somente uma tarefa, movimentando-se de um carro para o outro. Com essa melhoria, o tempo de ciclo de montagem do veículo passou de oito horas e cinquenta e seis minutos para menos de três minutos.

2.1.2.2 Sistema de produção enxuta – *Lean Manufacturing*

Segundo Werkema (2006, p.15) o sistema *Lean Manufacturing*, possui como objetivo eliminar os desperdícios dentro das organizações, ou seja, o que não agrega valor ao cliente e aumentar a velocidade da produção. Este sistema de

produção pode ser aplicado a todos os trabalhos, uma denominação mais apropriada é *Lean Operations* ou *Lean Enterprise*.

As origens do *Lean Manufacturing* remontam ao Sistema Toyota de Produção (também conhecido como Produção *Just-in-Time*). O executivo da Toyota Taiichi Ohno iniciou, na década de 50, a criação e implantação de um sistema de produção cujo principal foco era a identificação e a posterior eliminação de desperdícios, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega do produto aos clientes. O Sistema Toyota de Produção, por representar uma forma de produzir cada vez mais com cada vez menos, foi denominado produção enxuta (*Lean Production* ou *Lean Manufacturing*) por James P. Womack e Daniel T. Jones, em seu livro "A Máquina que Mudou o Mundo". (WERKEMA, 2006, p.15).

A figura 2 representa os benefícios da redução de desperdícios com a aplicação do *Lean Manufacturing*.

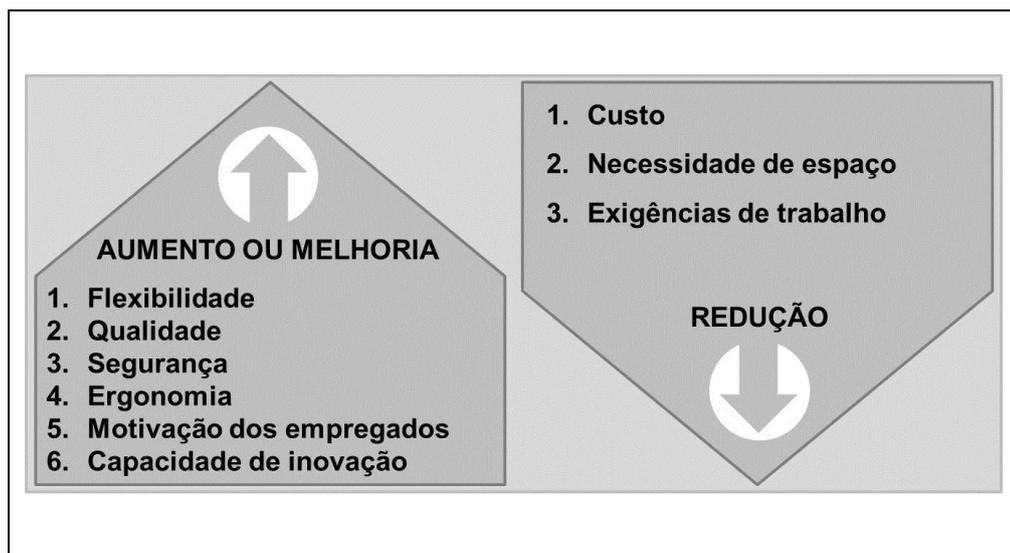


Figura 2 - Benefícios da redução de desperdícios

Fonte: Adaptado de Werkema (2006, p.15)

Souza (2010, p.12) descreveu que o sistema de produção enxuta representa um aperfeiçoamento da mistura das vantagens da produção artesanal com a produção em massa, evitando a rigidez e altos custos das mesmas.

2.2 SOM E RUÍDO

2.2.1 Conceitos e parâmetros básicos

Conforme Fantazzini (2007, p.119) o som é considerado como uma variação da pressão atmosférica capaz de sensibilizar nossa audição.

Segundo as definições da OSHA - *Occupational Safety & Health Administration* (2013), som é um fenômeno físico que estimula a audição. Ele é uma onda acústica que ocorre quando uma fonte de vibração, tais como máquinas, equipamentos, perturbam um meio.

Para Gerges (2000, p.1) o som é caracterizado por oscilação de pressão em um meio compressível. Porém, não são todas as oscilações de pressão que produzem a sensação de audição quando atingem a orelha humana. A percepção do som só ocorrerá quando a amplitude destas oscilações e a frequência com que elas se repetem estiverem dentro de determinadas faixas de valores, conhecida como limiar da audição. Existem ondas cujas frequências de repetição das flutuações estão acima ou abaixo da frequência geradoras da sensação auditiva, as quais são denominadas respectivamente ondas ultrassônicas e ondas infrassônicas.

Bistafa (2011, p.17) descreveu o som como uma sensação produzida no sistema auditivo, e ruído é um som indesejado, em geral de conotação negativa.

Segundo Cox (1981, p.416) o ruído elevado é, talvez, o risco profissional mais frequente nas indústrias, porém, nem sempre é considerado com o respeito que merece. Este risco, além de originar redução na capacidade auditiva do trabalhador, a exposição intensa e prolongada ao ruído altera o estado emocional do indivíduo, gerando consequências imprevisíveis sobre o equilíbrio psicossomático.

Conforme Cox (1981, p.416) há mais de 30 anos, o ruído elevado já era considerado como um fator negativo nas empresas, influenciando diretamente na produtividade, além de ser, frequentemente, o causador de acidentes do trabalho, sendo por distração, mau entendimento de instruções e dificuldade de comunicação. O ruído é um problema que acompanha o desenvolvimento crescente da tecnologia moderna.

Segundo Zannin, Sant'Ana e Ferreira (2009, p.02), estudos apontam que o ruído interfere diretamente na qualidade de vida do indivíduo e também os relatórios da Organização Mundial da Saúde, mencionam que após a poluição do ar e da água, o desconforto acústico é o tipo de poluição que afeta o maior número de pessoas.

2.2.1.1 Ondas de pressão sonora

Segundo Halliday, Resnick e Walker (1996, p.137) ondas mecânicas exigem um meio material para existirem. As ondas mecânicas dividem-se em dois tipos, sendo elas: ondas transversais, as quais envolvem oscilações perpendiculares à direção da propagação e as ondas longitudinais, as quais envolvem oscilações paralelas à direção de propagação da onda.

Para Halliday, Resnick e Walker (1996, p.138) uma onda sonora é determinada aproximadamente como qualquer onda longitudinal, pois tende a mover-se na mesma direção da oscilação.

Conforme Gerges (2000, p.2) a propagação da onda sonora é uma forma de energia conduzida pela colisão das moléculas do meio, uma contra as outras, sucessivamente, conseqüentemente, o som pode ser representado através de uma série de compressões e rarefações a partir da fonte sonora, conforme apresentado na figura 3.

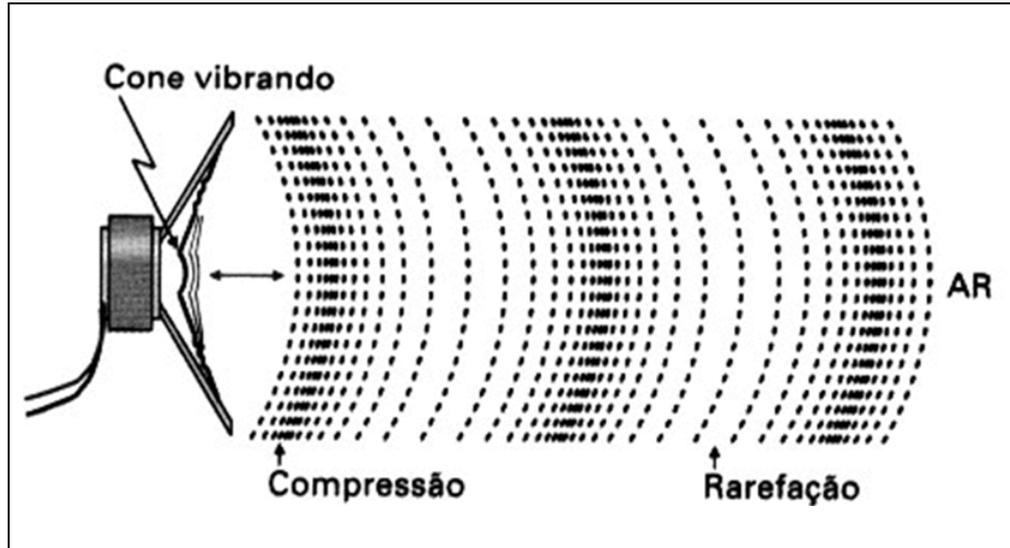


Figura 3 - Propagação de onda

Fonte: Paula (2013)

Gerges (2000, p.2) apontou como a taxa de ocorrência da flutuação completa de pressão sonora, sendo conhecida como frequência. A frequência é dada por Hertz (Hz).

Halliday, Resnick e Walker (1996, p.138) mencionou que as ondas de pressão sonora no meio que podem ser audíveis, compreendem-se na faixa de frequência de 20 a 20.000Hz, porém a orelha humana não é sensível de forma uniforme nesta faixa de frequência.

Segundo Gerges (2000, p.1) além das frequências audíveis, existem as frequências abaixo e acima dos níveis da audição, que são denominadas como ondas ultra-sons para faixas de frequências superiores a 20.000Hz e infra-sons as inferiores à 20Hz.

2.2.1.2 Propagação do som

Segundo Halliday, Resnick e Walker (1996, p.138) a velocidade de propagação de qualquer onda mecânica, transversal ou longitudinal, depende das propriedades inerciais e elásticas do meio.

Para Machado (2013, p.1) os meios para propagação do som podem ser sólidos, líquidos ou gasosos, e em forma unidimensional, bidimensional ou tridimensional.

Conforme Gerges (2000, p.5) o som é gerado através de vibrações de superfície de sólidos que produzem excitações no ar ou no meio, não havendo propagação no vácuo, conforme demonstrado na figura 4.

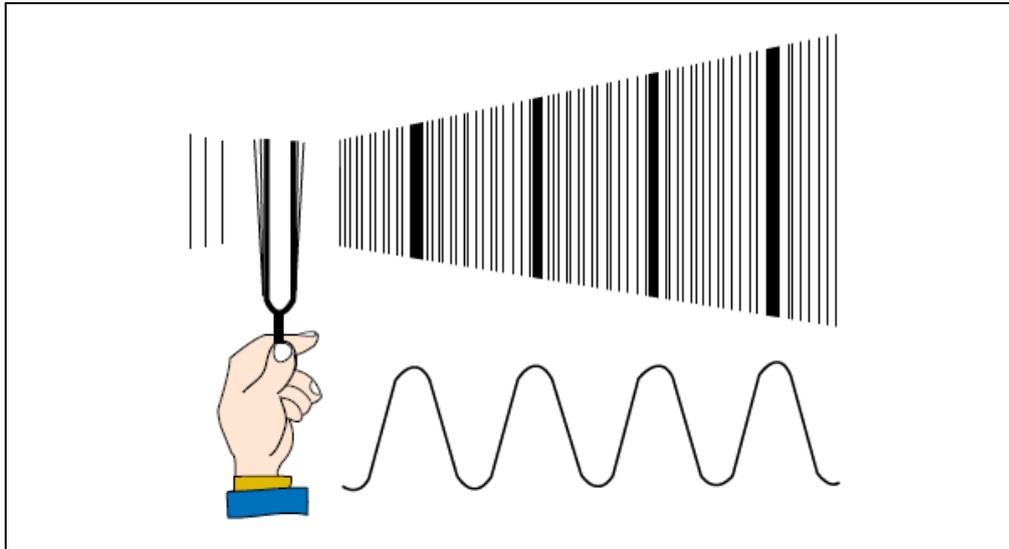


Figura 4 - Produção do som

Fonte: Fantazzini (2007, p.119)

De acordo com Gerges (2000, p.6) a velocidade com que a onda sonora se propaga é chamada de velocidade do som. A velocidade do som no ar, à temperatura ambiente, é da ordem de 340m/s.

Conforme Halliday, Resnick e Walker (1996, p.139) para cada meio, existe uma velocidade de propagação do som, a tabela 1 apresenta alguns exemplos.

Tabela 1 - Velocidade do som para diferentes meios

Meio	Velocidade (m/s)
Gases	
Ar (0°C)	331
Ar (20°C)	343
Líquidos	
Água (0°C)	1.402
Água (20°C)	1.482
Água do mar ¹	1.522
Sólidos	
Alumínio	6.420
Aço	5.941
Granito	6.000

Fonte: Adaptado de Halliday, Resnick e Walker (1996)

2.2.1.3 Nível de pressão sonora - Decibel

Segundo Fantazzini (2007, p.120) a audição humana pode detectar uma gama muito grande de pressão sonora, desde 20µPa até 200Pa.

De acordo com Fantini Neto (2013, p.6) pressão sonora é a pressão que a energia da vibração do som exerce na orelha humana.

Conforme Gerges (2000, p.6) em função da dificuldade de expressar em números de ordens de grandezas diferentes em uma mesma escala linear, foi convencionado o uso da escala logarítmica, o decibel (dB).

Saliba (2004, p.170) cita que o nível de pressão sonora é o que determina a intensidade do som e representa a relação logarítmica entre a variação da pressão (P) oriunda da vibração e a pressão que atinge o limiar da audibilidade.

Para Cox (1981, p.443) decibel é uma unidade não dimensional, de comparação entre duas grandezas que podem ser potências, intensidade ou pressões acústicas. É utilizado como uma relação admissional definida pela equação 1.

$$L = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (\text{Eq. 1})$$

¹ A 20°C e 3,5% de salinidade.

Sendo:

L= Nível de pressão sonora (dB)

P_0 = Pressão sonora de referência, por convenção, $20\mu\text{Pa}$

P= Pressão sonora encontrada no ambiente

2.2.1.4 Frequência do som

De acordo com Cox (1981, p.440) a frequência do som é caracterizada pelo número de vibrações na unidade de tempo, conforme demonstrado na equação (2) e figura 5.

$$F = \frac{1 \text{ ciclo ou vibração completa}}{0,01 \text{ segundo}} = \frac{100 \text{ ciclos ou Hertz}}{\text{segundo}} \quad (\text{Eq. 2})$$

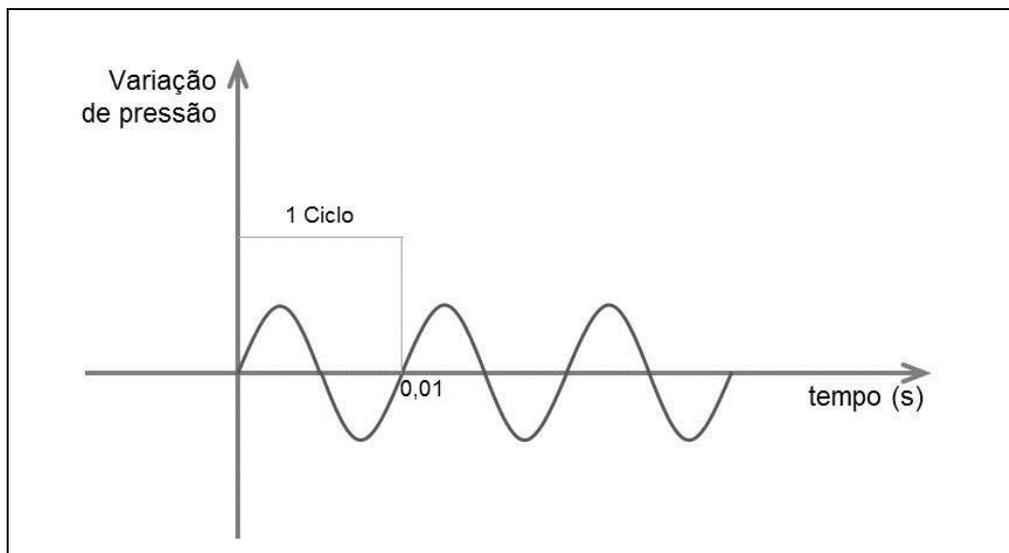


Figura 5 - Variação de pressão sonora em função do tempo - Frequência
Fonte: Adaptado de Astete e Kitamura (1978)

2.2.1.5 Nível de intensidade sonora e nível de potência sonora

Conforme Saliba (2004, p.171) além do nível de pressão sonora é possível analisar outros parâmetros como a potência sonora, os quais são utilizados em

estudos de acústica, visando identificar a estimativa de ruído que uma fonte está produzindo e realizar cálculos de isolamento.

Segundo Fantini Neto (2013, p.5) o Nível de Intensidade Sonora - NIS é a potência de energia da vibração que atinge uma determinada superfície. O nível de intensidade sonora, em dB, é dado por $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$.

2.2.1.6 Nível de decibel compensado ou ponderado

De acordo com Fantini Neto (2013, p.8) um mesmo som corresponde a vários níveis de pressão sonora, conforme a faixa de frequência em que ele é captado. Para cada faixa de frequência, a orelha humana possui uma sensação auditiva diferente.

Conforme Sabila (2004, p.172) em função da diferença de sensação do som nas diversas faixas de frequências, com base em estudos de nível de audibilidade, foram estipuladas as curvas de decibéis compensados ou ponderados nas frequências A, B, C e D, para a simulação da resposta da orelha humana, conforme demonstrada na figura 6.

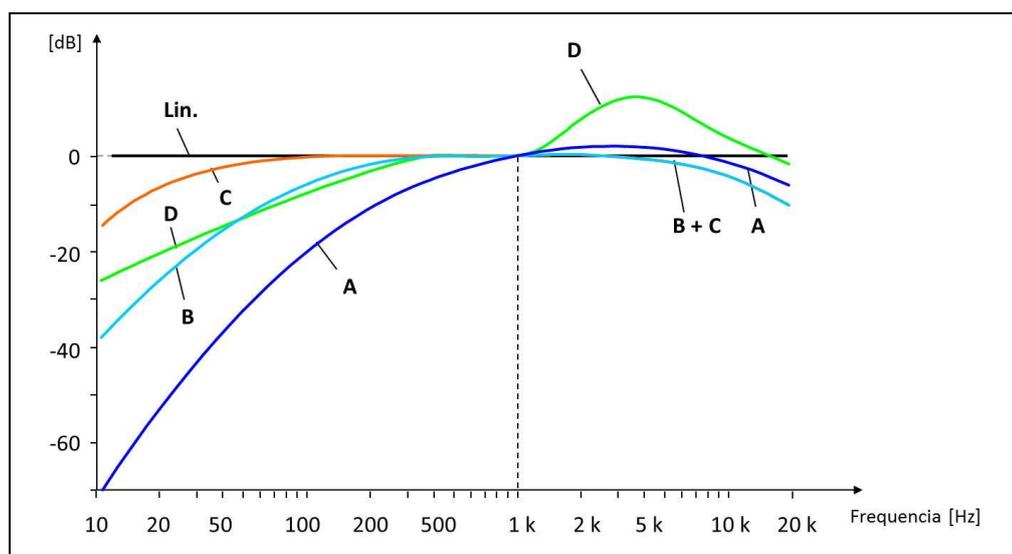


Figura 6 - Curvas de compensação

Fonte: Adaptado de Saliba (2004, p. 172)

Segundo Fantini Neto (2013, p.8) a curva A é utilizada para medições de ruído contínuo ou intermitentes, devido a maior aproximação da orelha humana. A curva C utilizada para ruídos de impacto, curva B para médios níveis de pressão sonora e a curva D foi padronizada para medições em aeroportos.

2.2.1.7 Incremento de duplicação da dose

Segundo a Fundacentro (2001, p.12) incremento de duplicação da dose – q, em decibéis, é quando adicionado a um determinado nível, implica na duplicação da dose de exposição ou a redução pela metade do tempo de exposição.

Com base na legislação vigente, a duplicação de dose considerada para o Brasil é cinco.

2.2.1.8 Dose equivalente

De acordo com a Fundacentro (2001, p.12) o termo Dose, especifica como um parâmetro para a caracterização da exposição do trabalhador ao ruído, sendo expresso através de porcentagem de energia sonora.

As regulamentações da NR²-15 – Atividades e Operações Insalubres padronizam que para atividades em que a jornada de trabalho é composta por dois ou mais períodos de exposição a diferentes níveis, devem ser considerados os efeitos combinados ou dose equivalente, através da soma das seguintes frações, conforme a equação 3 (BRASIL, 2013).

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

Sendo:

C_n = Tempo total de exposição a um nível específico

² NR – Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE.

T_n = Duração total permitida a esse nível, conforme limites estabelecidos no Anexo 1 da NR-15.

Conforme NIOSH (1998, p.12) o resultado da dose deve ser inferior a um, para caracterizar o ambiente como salubre.

2.2.1.9 Nível equivalente de ruído

De acordo com Saliba (2004, p.174) o nível equivalente de ruído é obtido através da dose. Este nível apresenta a exposição ocupacional ao ruído durante o tempo de medição e representa a integração dos diversos níveis instantâneos de ruído ocorridos nesse período.

Conforme Saliba (2013, p.1) Leq (*equivalent level*) ou $Lavg$ (*average level*), pode ser definido como o nível médio em determinado período da medição. O Leq ou $Lavg$ para o fator de duplicação de dose é considerado igual a cinco, de acordo com a NR-15, e calculado com a equação 4.

$$Leq \text{ ou } Lavg = 16,61 \log \frac{D * 8}{T_m} + 85 \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo:

D= Dose de ruído fornecida pelo dosímetro durante o período da medição

T_m = Tempo de medição

2.2.1.10 Ruído contínuo e intermitente

De acordo com o texto da NR-15 e Fundacentro (2001, p.14) o ruído contínuo ou intermitente é aquele não classificado como impacto ou impulsivo.

Conforme Saliba (2004, p.174) do ponto de vista técnico, o ruído contínuo é aquele onde o NPS varia 3dB durante um longo período de tempo (mais de 15 minutos) de observação e o ruído intermitente é considerado quando o NPS varia

até 3dB em período curto (menor que 15 minutos e superior a 0,2 segundos). Contudo, a legislação vigente não diferencia o ruído contínuo ou intermitente para fins de avaliação quantitativa desse agente.

O ruído contínuo ou intermitente deve ser medido em decibel com instrumento de NPS operando no circuito de compensação “A” e os limites de tolerância estão especificados conforme a tabela 2. Exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam protegidos adequadamente, oferecerão risco grave e iminente (BRASIL, 2013).

Tabela 2 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Nível de ruído em dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
97	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: Adaptado de Brasil (2013)

2.2.1.11 Ruído de impacto

Segundo Cox (1981, p.452) o ruído de impacto ou impulsivo é caracterizado por um pico de pressão acústica e de curta duração.

O ruído deve apresentar picos de energia de duração inferior a um segundo, a intervalos superiores a um segundo (BRASIL, 2013).

Conforme Saliba (2004, p.175) para a medição deste tipo de ruído deve ser parametrizado o equipamento para o circuito “C”.

O limite de tolerância para ruído de impacto será de 130dB (linear). Exposição superior a 140dB (linear), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente (BRASIL, 2013).

2.2.2 Efeitos do ruído sobre o aparelho auditivo

Conforme Bistafa (2011, p.43) existe uma sequência de eventos que ocorre quando um som é gerado para que haja a interpretação pelo indivíduo. A partir do momento que o som é gerado, este se propaga através de ondas sonoras até a aurícula e em seguida para o canal auditivo, após, ocorre à vibração do tímpano e esta vibração é transmitida aos ossículos da orelha média. As ondas de pressão são transmitidas para o líquido no interior da cóclea e esta será responsável por decodificar o som. Conseqüentemente o som decodificado é transmitido ao cérebro via nervo auditivo conforme demonstrado na figura 7.

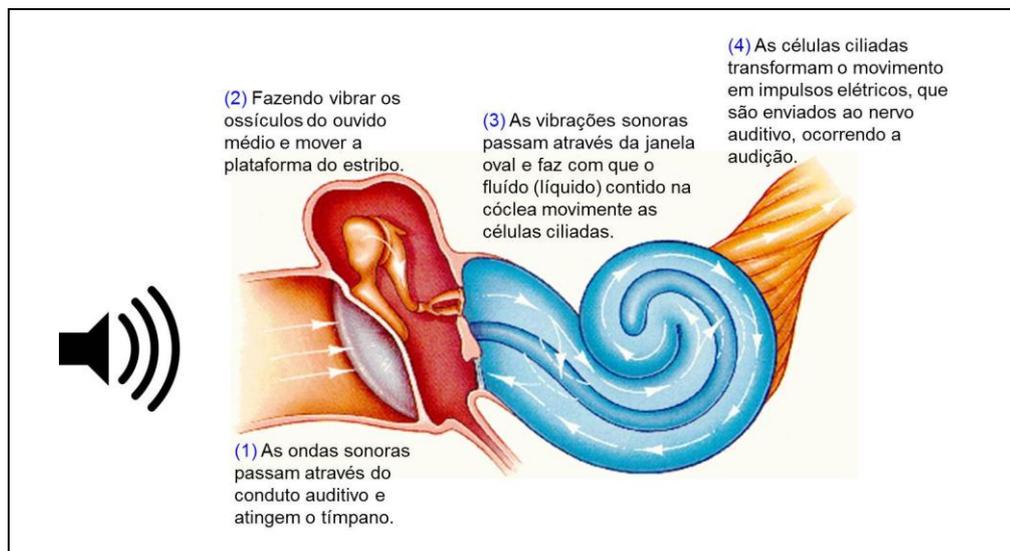


Figura 7 - Mecanismo da audição

Fonte: Adaptado de Bistafa (2011, p.43)

Segundo Gerges (2000, p.46) a exposição a alto nível de ruído e por tempo prolongado pode danificar as células da cóclea, conseqüentemente gerando perda auditiva.

Conforme Bistafa (2011, p.60) há dois tipos básicos de perda de audição, sendo a condutiva e a neurossensorial. A perda auditiva condutiva ocorre quando uma anormalidade impede que o som chegue à orelha interna e a perda neurossensorial ocorre quando há lesões cocleares ou das fibras nervosas.

2.2.3 Instrumentos de medição

De acordo com Saliba (2004, p.177) a NR-15 estabelece que os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser mensurados em decibéis com o instrumento de nível de pressão sonora parametrizado no circuito de compensação “A” e em resposta lenta. Contudo, a ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* recomenda que o nível de pressão sonora seja determinado por um medidor de nível de pressão sonora ou dosímetro que atenda no mínimo as especificações constadas na norma S1.4/1983, tipo S2A da ANSI.

Conforme Fantini Neto (2013, p.14) os instrumentos utilizados para avaliação de ruído devem obedecer a uma das seguintes normas construtivas:

- a) IEC 60.651 – *International Eletrotechnical Comission – Sound Level Meters*
 - Tipo 0 – Pesquisas laboratoriais – para obter níveis de referência;
 - Tipo 1 – Medições de campo com precisão;
 - Tipo 2 – Medições gerais nos locais de trabalho;
 - Tipo 3 – Medições de reconhecimento com pouca precisão
- b) IEC 60.804 – *Integrating Averaging Sound Level Meters*;
- c) IEC 61.672 – Unificou a IEC 60.651 e IEC 60.804, eliminando o tipo 0 e 3;
- d) ANSI S1.25 – *Specification for Personal Noise Dosimeters*;
- e) ANSI S1.4 – *Specification for Sound Level Meters – Type S2A*;
- f) ANSI S1.40 – *Specification for Acoustical Calibrators*;
- g) ANSI S3.6 – *Specification for Audiometers*;

- h) ANSI S1.11 – *Specification for Octave-Band and Fractional Octave-Band Analog Digital Filters.*

2.2.3.1 Medidor de nível de pressão sonora

Segundo Fantini Neto (2013, p.14) o medidor de nível de pressão sonora é conhecido popularmente como Decibelímetro, este determina o nível instantâneo do ruído.

Conforme Saliba (2004, p.178) os instrumentos mais modernos possuem analisador de frequências integrado, este auxilia na identificação da predominância do ruído nas faixas de frequência, direcionando os estudos para atenuações acústicas.

2.2.3.2 Audiodosímetro - Medidor integrador de uso pessoal

De acordo com Saliba (2004, p.179) para jornada de trabalho onde há exposição a diferentes níveis de ruído, deve ser considerado o efeito combinado, conforme apontado no item 2.2.1.8. Esta análise deve ser realizada preferencialmente por meio de medidores integrados de uso pessoal, conhecido como dosímetro, parametrizado de acordo com os critérios da NR-15.

2.2.3.3 Calibrador acústico

Segundo Saliba (2004, p.180) os instrumentos de medição devem ser calibrados antes e depois da avaliação do ruído.

Conforme Gerges (2000, p.95) a aferição do medidor é realizada com um calibrador eletromecânico (pistonfone) ou eletroacústico (calibrador do tipo alto-falante). Este equipamento normalmente gera um nível de pressão sonora entre

90dB e 125dB, sendo mais comum 94dB e 114dB, na faixa de frequência, geralmente, de 1000Hz.

2.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

As empresas devem seguir as legislações vigentes no país. No Brasil, a principal norma legislativa são as Consolidações das Leis do Trabalho – CLT, esta regulamenta as relações individuais e coletivas de trabalho, criada através do Decreto-Lei 5.452 de 1º de maio de 1943, aprovada pelo Presidente da República Getúlio Vargas (BRASIL, 2013).

Em 22 de dezembro de 1977, o Presidente da República, através da Lei 6.514, alterou o capítulo V do Título II das CLT, relativo à segurança e medicina do trabalho, incluindo as responsabilidades dos empregados e empregadores com atuação em segurança e medicina do trabalho (BRASIL, 2013).

Conforme a DATAPREV (2013) em 08 de junho de 1978, através da Portaria 3.214, ocorreu a aprovação das Normas Regulamentadoras – NR, com o objetivo de estabelecer diretrizes mínimas para a garantia da saúde e segurança dos trabalhadores.

2.3.1 Norma Regulamentadora - NR-15

A NR-15 – Atividades e Operações Insalubres foi alterada/atualizada conforme a Portaria SIT nº 291, de 08 de dezembro de 2011. Esta norma fornece os limites de tolerância para agentes quanto ao tempo de exposição e também a natureza deste agente, com o objetivo da prevenção de dano a saúde do trabalhador durante a atividade laboral (BRASIL, 2013).

Esta norma é composta por quatorze anexos com os limites de exposição admissíveis para os indivíduos, sendo que um dos anexos foi revogado. Consta em seu anexo 1, os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente e no anexo 2, os limites de tolerância para ruídos de impacto (BRASIL, 2013).

2.3.2 Norma Regulamentadora - NR-09

A NR-09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais teve sua última alteração/atualização pela Portaria SSST n.º 25, de 29 de dezembro de 1994. Esta norma estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte dos empregadores, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, com o objetivo de preservar a saúde e integridade física dos trabalhadores (BRASIL, 2013).

Com o objetivo de prevenção, a NR-09 traz como conceito o nível de ação, este se refere ao valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas visando minimizar a probabilidade de atingir os limites de exposição (BRASIL, 2013).

Para o ruído, o nível de ação deve ser considerado acima de cinquenta por cento da dose de exposição de acordo com os critérios da NR-15.

2.3.3 Normas Brasileiras - NBR 10151:2000 e NBR 10152:1987

De acordo com a NBR 10151:2000 (ABNT, 2000) os objetivos desta norma são estabelecer as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, especificar o método para realizar as medições de ruído e aplicar correções dos níveis medidos em caso de particularidades.

Segundo NBR 10152:1987 (ABNT, 1987), esta norma pode ser caracterizada como um complemento da NBR 10151:2000, pois fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico.

3 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em uma empresa montadora de veículos da região de Curitiba, no processo específico de montagem de componentes no chassi e montagem final, dividido em três linhas, sendo elas, montagem de chassi de ônibus, caminhões pesados e semipesados. Existem aproximadamente quatrocentos trabalhadores que executam as atividades diariamente em cada turno de trabalho, sendo este processo realizado em dois turnos, com uma produção diária de aproximadamente nove chassis de ônibus, setenta e dois caminhões pesados e quarenta e oito semipesados, com uma jornada de quarenta horas semanais.

Cada linha possui um tempo específico para as montagens, denominado tempo de ciclo, sendo: linha do ônibus com sessenta minutos, caminhões pesados com treze minutos e os caminhões semipesados com vinte e quatro minutos.

Estes processos consistem na montagem do trem de força³ e demais componentes para o funcionamento do chassi, com o auxílio de ferramentas pneumáticas, elétricas, torquímetros⁴ e talhas. Na linha de caminhões, contemplam as montagens de peças internas na cabine, incluindo desde a montagem do painel até a fixação de cortinas da cabine, também com o auxílio dos mesmos equipamentos, porém com torque⁵ diferenciado.

As funções analisadas são de montador e montador volante, porém, ambas realizam as mesmas atividades devido à existência do *job rotation*⁶. A diferença nas funções consiste no tempo de empresa e experiência em todas as montagens, pois a função de montador volante é denominada como absenteísta (funcionário que substitui o trabalhador na sua ausência), podendo trabalhar em qualquer operação no processo.

A empresa possui um sistema de produção, trazendo os conceitos do *Lean Manufacturing*, ou conhecido também como Sistema Toyota de Produção, proporcionando como benefício à padronização das atividades e otimização dos

³ Trem de força: É o conjunto de componentes que atuam simultaneamente, desde a produção da potência até a movimentação das rodas. O trem de força é composto pelo motor, câmbio (transmissão), *cardan* e eixos.

⁴ Torquímetros: Ferramenta utilizada para aperto preciso. Aperto de um parafuso e/ou porca.

⁵ Torque: Quantidade de força aplicada sobre um objeto.

⁶ *Job rotation*: Rodízio de atividades.

processos, garantindo a efetividade na identificação das fontes geradoras de ruído, ou seja, elencar um equipamento a um determinado processo de montagem.

As equipes são divididas em EAGs – Equipes Auto Gerenciáveis, contemplando em pequeno número de funcionários (máximo quinze) e dimensionadas de acordo com as operações.

3.1 EQUIPAMENTOS E SOFTWARE UTILIZADOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados equipamentos de medição (audiodosímetros) com tecnologia avançada, bem como, um *software* com interface gráfica aprimorada que possibilitou a interpretação precisa dos dados como o apontamento de valores de ruído pontual com histograma “minuto a minuto” para realizar a identificação das possíveis fontes geradoras de ruído, além de informações como, TWA – *Time Weighted Average*, dose⁷, critério de referência, nível limiar de integração, ponderação, taxa de troca, resposta, taxa de registro, dados do trabalhador avaliado e local de trabalho.

As medições foram realizadas com equipamentos integradores de uso pessoal (dosímetros de ruído), marca 3M, modelo *NoisePro* DLX e calibrados antes do início das avaliações com o equipamento 3M QC-10 *Calibrator*, conforme demonstrado na figura 8. O *software* QSP – *Quest Suite Professional*, foi utilizado para a interpretação dos dados, conforme demonstrado na figura 9, o qual permite a emissão de relatórios com os parâmetros citados no parágrafo anterior.

Os equipamentos utilizados para a realização das medições (dosímetros e calibrador acústico) são submetidos à calibração em laboratórios cadastrados na Rede Brasileira de Calibração – RBC – Inmetro, no mínimo anualmente, ou após detectar uma variação fora da faixa tolerada (± 1 dB) na aferição da calibração realizada antes da avaliação.

⁷ Dose: Parâmetro utilizado para caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, tendo por referência o valor máximo da energia sonora diária admitida, definida como base em parâmetros preestabelecidos (FUNDACENTRO, 2001, p.12).



Figura 8 - Dosímetro e calibrador utilizado nas avaliações

Fonte: Adaptado de 3M (2013)

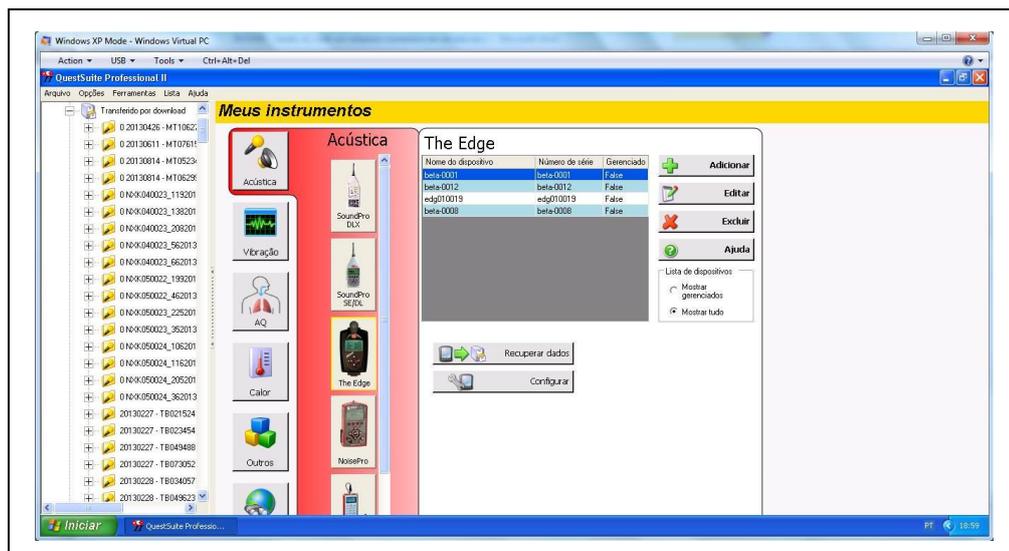


Figura 9 - Imagem da tela inicial do software – QSP – Quest Suite Professional

Fonte: Software QSP (2013)

3.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE RUIDO

As avaliações de ruído ocupacional foram realizadas em dias típicos de trabalho, ou seja, com o ritmo normal de produção. Foram realizadas as medições em todas as equipes que compõem os processos de montagens de componentes no

chassi e montagem final, com o consentimento dos funcionários para as medições e registros fotográficos. Os equipamentos foram instalados no início do turno de trabalho.

As EAGs trabalham em regime de *job rotation*, conseqüentemente, estão expostos ao um ruído semelhante, sendo coerente que a exposição obtida no resultado de uma parte do grupo, seja representativa para a equipe, atendendo as recomendações da NHO 01 - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. Neste caso, foi padronizado um percentual de dez por cento do número de funcionários ou no mínimo duas avaliações por equipe.

O tempo de amostragem foi padronizado para no mínimo oitenta por cento da jornada de trabalho, para garantir a representatividade da exposição, embora nas recomendações da NHO 01, não esteja especificado o tempo adequado.

O dosímetro foi configurado com o critério de referência (*Criterion Level*) de 85 dB(A), para uma jornada de trabalho composta por oito horas diárias, considerando o limite de tolerância de acordo com a NR-15 – Atividades e Operações Insalubres.

O parâmetro do nível limiar de integração (*Threshold*) foi instituído com 80 dB(A), ou seja, a partir deste, os valores são computados na dose de exposição. Este valor é fixo em 80 dB(A), por ser equivalente ao nível de ação de um determinado agente, de acordo com a NR-09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Para o ruído, a dose igual a 1 (um) ou 100 % (cem por cento) é equivalente a 85 dB(A), limite de tolerância da NR-15, e 50 % (cinquenta por cento) da dose é igual a 80 dB (A), devido ao cálculo ser logarítmico e com fator de duplicação da dose de cinco.

O fator de duplicação da dose (*Exchange Rate*) no Brasil deve ser considerado como cinco, ou seja, a cada 5 dB(A) a dose é duplicada, por exemplo, uma avaliação com 85 dB(A) equivale à dose de 100% e outra com 90 dB(A) será de 200%, pois com 85 dB(A), o tempo máximo permitido de exposição sem proteção adequada, são oito horas e para 90 dB(A), o tempo máximo reduz a metade, conseqüentemente, quatro horas de exposição.

Como critério interno da companhia, as avaliações não foram realizadas com interferências externas, do tipo, condições climáticas desfavoráveis (chuvas, ventos, trovoadas), e o microfone do equipamento dosímetro foi instalado na zona auditiva

do trabalhador (posição próxima ao ombro direito ou esquerdo, preso na vestimenta).

3.3 ETAPAS DA AVALIAÇÃO DE RUÍDO

Segue abaixo as etapas para o desenvolvimento da avaliação de ruído:

- a) Elaborar os cronogramas das avaliações;
- b) Alinhar o trabalho com as engenharias (manufatura e logística);
- c) Selecionar as operações para as medições;
- d) Realizar as avaliações com a elaboração do diário de bordo;
- e) Gerar os relatórios das medições no *software* do dosímetro;
- f) Realizar estudos comparativos do diário de bordo com os resultados apontados no relatório do equipamento;
- g) Emitir o relatório final das avaliações com os apontamentos das fontes geradoras de ruído;
- h) Apresentar os relatórios às gerências;
- i) Acompanhar as ações de redução de ruído e reavaliar o nível de exposição.

3.3.1 Elaboração de cronogramas

Foram elaborados os cronogramas especificando os locais e respectivas datas de execução das avaliações, conforme exemplo na figura 10, observando o calendário de produção e levando em consideração as paradas previstas.

Além da análise do critério produção, também foi averiguado possíveis interferências externas como obras, simulados de emergências e/ou situações divergentes do dia típico de trabalho.

O cronograma contempla o planejamento para a realização de quatro dosimetrias no primeiro turno, duas no segundo e uma no terceiro.



Figura 10 - Exemplo de cronograma das avaliações

Fonte: O autor (2013)

3.3.2 Alinhamento com as engenharias de manufatura e logística

A reestruturação da gestão do ruído na empresa demandou um aumento da sinergia entre a área de segurança do trabalho e engenharia de produção, pois a troca de informações referente à produção foi imprescindível para a finalização do trabalho com qualidade.

O alinhamento consistiu em reestruturar algumas ferramentas e metodologias para realizar as avaliações, sendo elas: reestruturar o formulário do diário de bordo, aumentar o número de avaliações, estipular métodos para a análise dos relatórios das avaliações e apontar possíveis fontes geradoras de ruído.

Para alcançar o alinhamento das áreas, foi necessário realizar reuniões, as quais abrangeram desde a fase de início dos estudos, apresentação das análises e proposta de piloto para o diário de bordo, validação da proposta, apresentação do cronograma de execução das avaliações, definição do fluxo de trabalho e fornecimento das instruções necessárias para o acompanhamento das medições e preenchimento do diário de bordo.

3.3.3 Seleção dos trabalhadores

A seleção dos trabalhadores avaliados originou-se a partir da análise dos processos da montagem de componentes no chassi e montagem final, através do *sprint*⁸ e avaliação qualitativa no local de trabalho. Esta identificação ocorreu em conjunto com área de segurança do trabalho, engenharia de produção e o líder de equipe para apontar quais atividades/operações apresentariam um maior potencial de ruído.

Esta seleção foi padronizada para identificar, de forma qualitativa, as operações com maior intensidade de ruído, com o objetivo de iniciar o estudo pelos pontos mais críticos dos processos analisados.

Após identificar as atividades/operações com maior exposição ao ruído, as avaliações foram realizadas em todos os turnos de trabalho, sempre elencando a maior avaliação para repetir no próximo turno.

3.3.4 Diário de bordo – dia típico

O diário de bordo é um formulário que possui em seu cabeçalho as informações do trabalhador avaliado, velocidade de linha⁹, local e data da realização da avaliação, responsável pelo preenchimento do documento (avaliador) e no corpo do documento possui um campo para apontamento de horário e descrição (qualitativa) da atividade/fonte geradora de ruído e local para anotação de observações conforme demonstrado no Apêndice A.

O preenchimento do diário de bordo ocorreu simultaneamente com as medições de exposição do trabalhador, ou seja, enquanto o mesmo portava o equipamento dosímetro de ruído. Este preenchimento sempre ocorreu em duplas, sendo realizado pelo técnico de segurança do trabalho e técnico ou engenheiro de produção, acompanhando os ciclos da atividade do trabalhador e anotando as fontes

⁸ *Sprint*: Procedimento de montagem da operação. Neste documento consta o passo a passo das montagens e as especificações das ferramentas utilizadas no processo, por exemplo, usar apertadeira pneumática com 150 Nm.

⁹ Velocidade de linha: Tempo de ciclo da produção de um veículo.

geradoras de ruído perceptíveis qualitativamente que poderiam chegar ao ouvido do trabalhador.

3.3.4.1 Avaliação qualitativa “*in loco*”

A avaliação qualitativa “*in loco*” foi um ponto fundamental para a identificação das fontes geradoras de ruído nos postos de trabalho, pois neste momento, o foco estava diretamente na atividade e cenário local, percebendo qualitativamente todas as possíveis fontes geradoras de ruído. Foi necessário conhecer a fundo os processos e atividades dos trabalhadores para poder apontar as variáveis que poderiam impactar nas medições.

Quando o trabalhador realiza suas atividades em uma mesma área, ou seja, sem deslocamento entre postos de trabalho, a avaliação qualitativa foi realizada através do acompanhamento e preenchimento do diário de bordo.

Entretanto, o processo produtivo de montagem de componentes no chassi e montagem final necessita que os materiais para a execução do trabalho estejam na linha de montagem no formato de alimentação *just in time*¹⁰. Esses abastecimentos na linha demandam o deslocamento do funcionário para o transporte de materiais com equipamento com força motriz própria (elétrico), o que gerava uma dificuldade para a realização do diário de bordo, pois não havia possibilidade de acompanhar o funcionário avaliado (para elaboração do diário de bordo) em função da movimentação do mesmo.

A partir desta demanda, foi desenvolvida uma forma diferenciada para a identificação das fontes geradoras de ruído. A segurança do trabalho em conjunto com a engenharia analisaram os fluxos e tempo das rotas de abastecimento de linha, porém, desta forma não seria possível identificar as fontes geradoras de ruído, pois são informações variáveis de acordo com o tipo do veículo a ser produzido.

Após diversos estudos, foi realizado um teste instalando uma câmera filmadora digital no equipamento móvel, conforme demonstrado na figura 11, para registrar a atividade.

¹⁰ *Just in time*: Sistema de produção em que o material deve ser entregue na hora exata de utilização.

O vídeo da atividade gerou um “diário de bordo eletrônico” destas avaliações, ou seja, com o horário inicial da gravação, áudio e imagens, foi possível identificar as fontes e/ou locais que estavam gerando ruído durante o trabalho do funcionário.

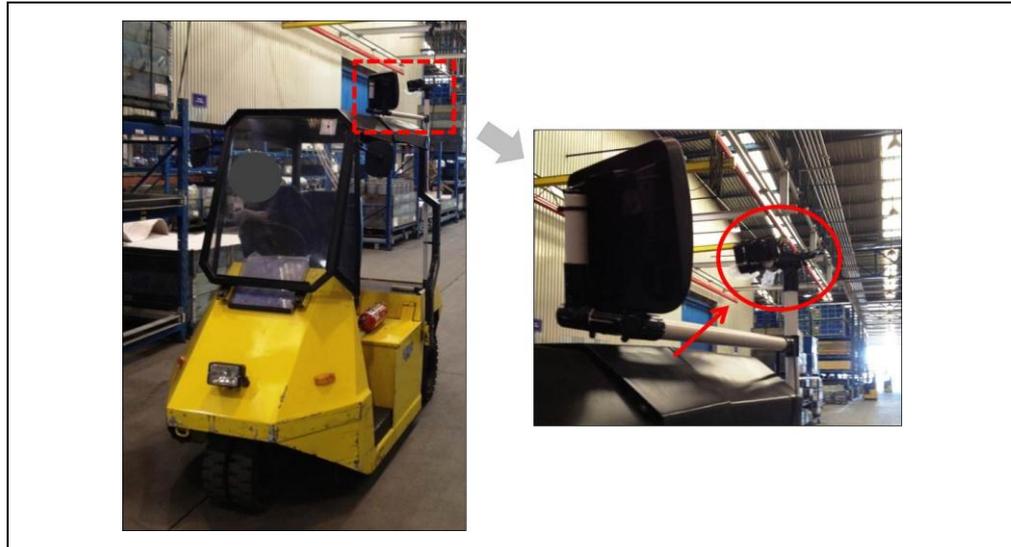


Figura 11 - Avaliação qualitativa em atividades com movimentações

Fonte: O autor (2013)

Com este desenvolvimento, foi possível atingir um percentual de 100% (cem por cento) das avaliações dosimétricas com o acompanhamento/elaboração do “diário de bordo eletrônico”.

3.3.5 Relatório da medição – *Software QSP*

Ao término da jornada de trabalho, o dosímetro é retirado do funcionário avaliado, no próprio local de trabalho, para finalizar a medição. O equipamento é levado ao escritório da segurança do trabalho, para realizar o *download* da medição para o *software* do equipamento. Esta transferência é realizada através de um cabo

infravermelho¹¹ e os dados referentes à medição são automaticamente “congelados”, ou seja, impossibilitando qualquer alteração nos resultados, tornando-o um relatório com maior confiabilidade.

Após o *download* da medição no *software* QSP, (no mesmo dia da avaliação), o mesmo é personalizado com as informações referentes à identificação da avaliação e dados do funcionário, conforme mencionado no item 3.1 e apresentado, como exemplo, na figura 12.

20130904 - Matrícula - Nome do funcionário					
Painel de informações					
Nome	20130904 - Matrícula - Nome do funcionário				
Comentários	Função do funcionário - Nome da EAG				
Hora do início	quarta-feira, 4 de setembro de 2013 07:15:28				
Hora final	quarta-feira, 4 de setembro de 2013 15:55:30				
Número de série do dispositivo	NXKD50024				
Tipo de modelo de dispositivo	NoisePro DLX				
Revisão de firmware de dispositivo	R175				
Nome da empresa	Nome da empresa				
Local	Prédio - Descrição do local/operação				
Nome de usuário	Thays Silveira				
Painel de dados geral					
Descrição	Medidor/sensor	Valor	Descrição	Medidor/sensor	Valor
Dose	1	25,6 %	TWA	1	75,1 dB
Ponderação	1	A	Resposta	1	SLOW
Taxa de troca	1	5 dB	Limite de integração	1	80 dB
Nível do critério	1	85 dB	Taxa de registro	-	60 s
Histórico da calibração					
Data	Ação	Nível	Número de série	Data da certificação	
4/9/2013 06:52:57	Calibração	114,0	QIKD50156	17/12/2012 16:34:58	
Tabela de dados registrados					
Timestamp	Leq-1				
4/9/2013 07:15:28	77,6				
4/9/2013 07:16:28	58,3				
4/9/2013 07:17:28	67,9				
4/9/2013 07:18:28	67,0				
4/9/2013 07:19:28	80,1				
4/9/2013 07:20:28	65,6				

Figura 12 - Modelo de relatório da avaliação

Fonte: Relatório gerado pelo *Software* QSP (2013)

3.4 ANÁLISE DAS AVALIAÇÕES

3.4.1 Apontamento das fontes geradoras de ruído

Após reestruturar a metodologia das avaliações de ruído no processo produtivo de montagem de componentes no chassi e montagem final, de acordo

¹¹ Cabo infravermelho: Cabo para transferência de dados do dosímetro para o *software* com a utilização de tecnologia com um comprimento de onda infravermelha para esta operação.

com os itens 3, 3.1, 3.2 e 3.3 deste trabalho, foi possível iniciar os estudos para a identificação e apontamento das fontes geradoras de ruído.

No dia subsequente a todas as avaliações, ocorria a reunião com o técnico de segurança do trabalho e técnico ou engenheiro de produção para a análise dos dados da medição realizada. Isto se faz necessário, para que seja possível interpretar as particularidades ocorridas durante a elaboração do diário de bordo.

Para fins de apontamento das fontes geradoras de ruído, durante as análises das avaliações, foram selecionados os valores de ruído pontual (histograma “minuto a minuto”) do relatório gerado pelo *software* QSP, igual ou superior à 80dB(A), atendendo o requisito da NR-09, que mencionada que a partir deste nível, devem-se iniciar as ações preventivas, o qual é equivalente à cinquenta por cento da dose de ruído.

O apontamento das fontes de ruído dos locais e/ou postos de trabalho consiste em comparar os valores do ruído pontual da avaliação, encontrado no relatório do equipamento (minuto a minuto), com as anotações qualitativas, do diário de bordo, conforme demonstrado no Apêndice B.

Para as atividades onde o funcionário realizou seu trabalho com equipamento de força motriz própria, foi realizado o “diário de bordo eletrônico”, (conforme descrito no item 3.3.4.1), porém a análise do relatório para o apontamento das fontes geradoras de ruído seguiu a mesma metodologia, com uma inovação, ao invés da análise qualitativa “*in loco*”, esta foi realizada através da observação das imagens e sons captados pelo vídeo.

Com estas inovações, todas as avaliações foram analisadas e identificadas as fontes geradoras de ruído que contribuem para o aumento da exposição do trabalhador durante as atividades na jornada de trabalho.

3.4.2 Elaboração dos relatórios

Os relatórios foram elaborados procurando demonstrar de forma gráfica e quantitativa a exposição dos trabalhadores juntamente com o apontamento das fontes geradoras de ruído e após, apresentados às lideranças de cada área, conforme modelo no Apêndice C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 MEDIÇÕES REALIZADAS

Analisando-se a figura 13, é possível observar o número de medições (dosimetrias) realizadas, nas linhas de montagem de veículos no ano de 2013, sendo quarenta e sete avaliações na montagem de caminhões pesados, vinte e duas nos semipesados e seis na montagem dos chassis de ônibus.

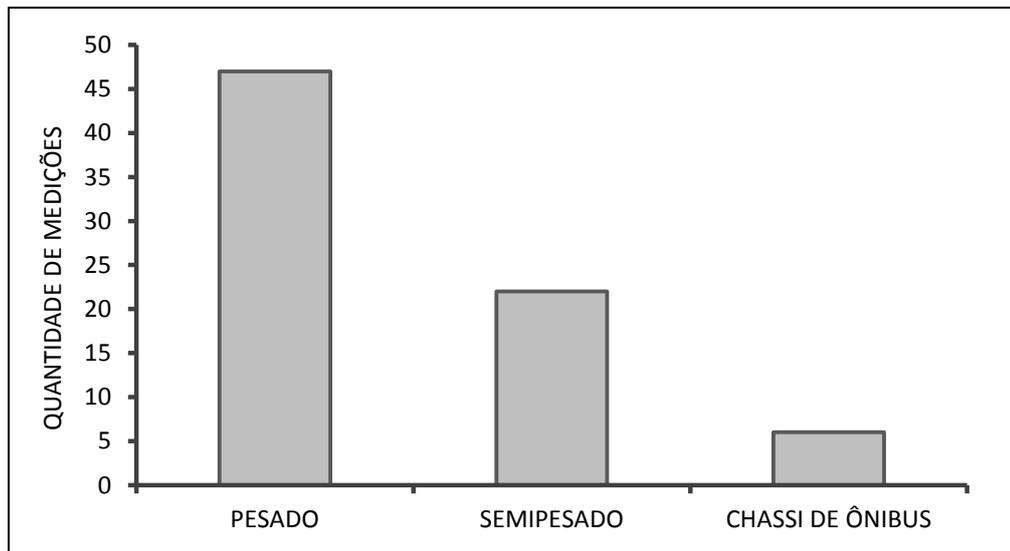


Figura 13 - Gráfico das medições realizadas nas linhas de montagem em 2013

Fonte: O autor (2013)

O número de avaliações representa um percentual de aproximadamente 10% (dez por cento) do total de funcionários nos processos de montagem incluindo os dois turnos e é proporcional ao número de trabalhadores em cada linha.

4.2 ANÁLISE DO RUÍDO NAS LINHAS DE MONTAGEM

Através da análise dos resultados das setenta e cinco medições realizadas, em 2013, é possível observar na figura 14 as intensidades de ruído encontradas nas linhas de montagem.

Para os caminhões pesados, a variação está compreendida entre 70,8 a 85 dB(A), nos semipesados entre 70,5 a 83,1 dB(A) e para os chassis de ônibus entre 68,4 a 82,0 dB(A).

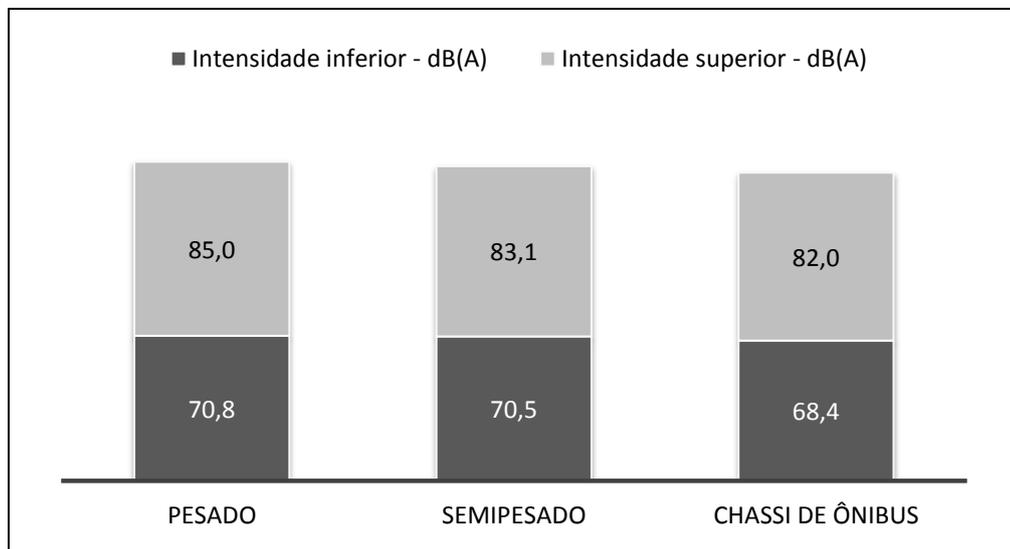


Figura 14 - Intensidade inferior e superior do ruído nas linhas de montagem

Fonte: O autor (2013)

Analisando-se os dados da figura 15, observa-se que das quarenta e sete avaliações realizadas na linha de montagem dos caminhões pesados, 26 avaliações encontram-se abaixo dos 80dB(A), das 22 avaliações realizadas na linha de montagem dos caminhões semipesados, 18 encontram-se abaixo dos 80dB(A) e na linha de montagem dos chassis de ônibus, das 6 avaliações realizadas, 4 estão abaixo dos 80dB(A).

Os dados da figura 15 demonstram que a linha de montagem dos caminhões semipesados é a que apresenta maior número de pontos com ruído inferior a 80dB(A).

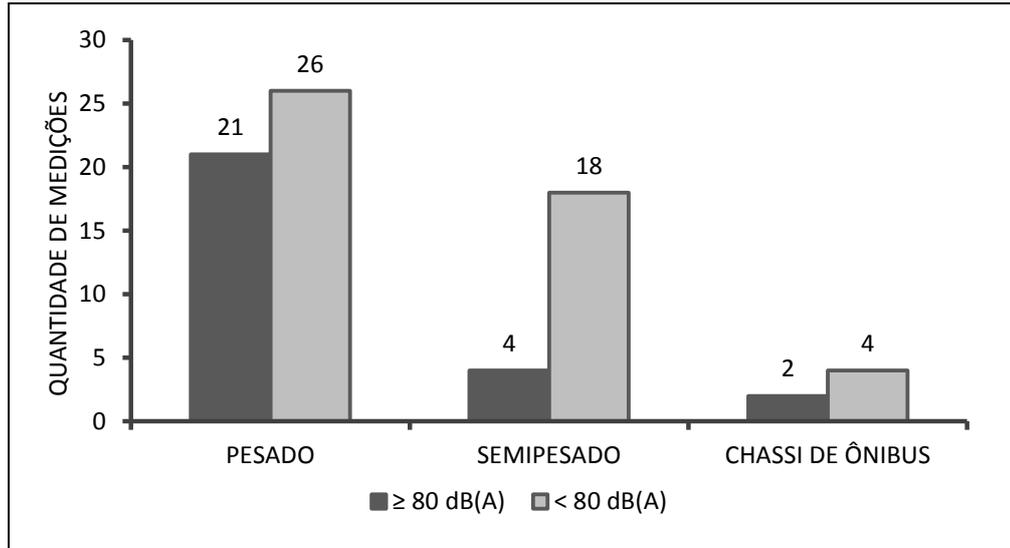


Figura 15 - Resultado geral das linhas de montagem

Fonte: O autor (2013)

Analisando-se a figura 16 observa-se que a linha de montagem do caminhão pesado ainda apresenta o maior nível de ruído em relação às demais.

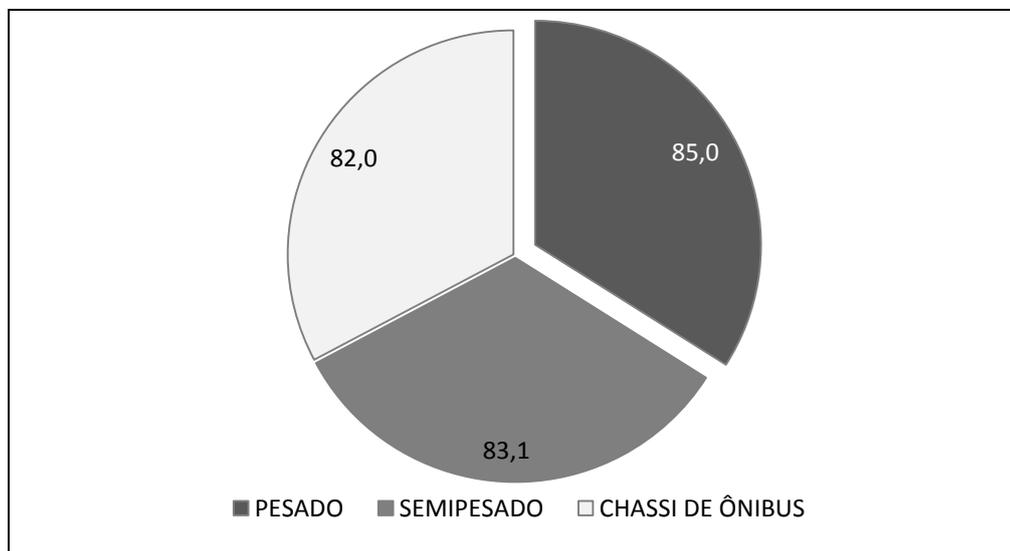


Figura 16 - Indicação da linha de montagem com maior intensidade de ruído em dB(A)

Fonte: O autor (2013)

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DO RUÍDO DE 2011 A 2013

A partir do ano de 2011 houve a intensificação dos trabalhos de gestão do ruído nas áreas de produção e analisando-se a figura 17, é possível observar a redução do número de trabalhadores expostos de 2011 a 2013.

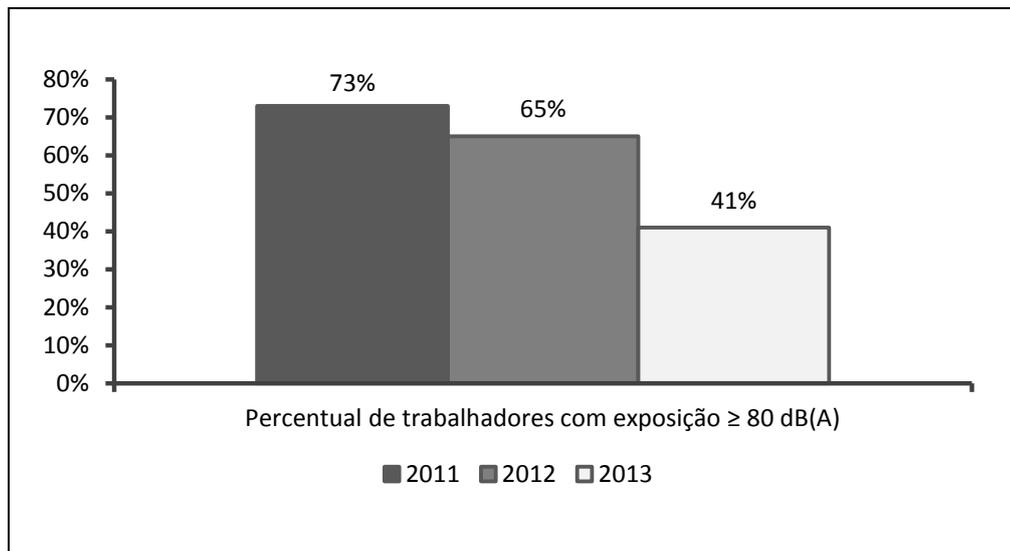


Figura 17 - Análise comparativa do número de trabalhadores expostos ao ruído de 2011 a 2013

Fonte: O autor (2013)

Esta redução ocorreu devido à junção dos esforços das engenharias de segurança do trabalho, manufatura e logística em atuar fortemente no estudo e ações sobre as fontes geradoras de ruído e lançar um projeto de redução de ruído no mês de junho do ano de 2012 para o controle efetivo.

4.4 PROJETO DE REDUÇÃO DE RUÍDO

O projeto de redução de ruído foi considerado como um “resultado” da gestão do ruído na produção devido à demonstração por parte da segurança do trabalho, da necessidade de um trabalho de engenharia para que se obtivesse o

êxito na redução e manutenção dos níveis de ruído através das avaliações e análises das medições, estudos e ações reformuladas a partir de 2011.

Este projeto de redução de ruído foi criado na engenharia de manufatura, a qual coordena todas as ações com as demais engenharias, através de seus representantes, subsidiadas pela segurança do trabalho, que atua no suporte direto através da realização das medições de ruído, análise e interpretação dos dados obtidos e juntos, desenvolvem o estudo para a melhor forma de ação sobre as fontes geradoras de ruído.

Neste projeto, são tratadas prioritariamente as necessidades apontadas pelos relatórios emitidos pela segurança do trabalho, conforme podem ser observadas no Apêndice C e também, situações encontradas pelos próprios técnicos e engenheiros no desenvolvimento de suas atividades no dia-a-dia.

Todas as ações são registradas em um local específico com acesso comum às áreas envolvidas contendo, o problema, a medida de controle e a condição em que a ação se encontra (concluída ou não), conforme demonstra a figura 18.

ACTION LOG PROJETO RUÍDO - EAG 05				
Ação	Resp.	Início	Prazo	Status
PA165 apertadeira crowfoot, tem com substituir? W1231 verificar W1237 temos que eliminar a máquina do processo, vamos verificar a substituição. W1239 Temos que comprar uma catraca para "apontar" os parafusos do cardan. W1305 Máquina substituída por uma angular que tínhamos no armário de método. Valor em dB máquina antiga 92,5dB x máquina nova 81,5dB	CB	W1227	W1240	Ok
PA092 aperto de 10 Nm, é possível substituir por elétrica do armário? W1231 verificar. W1234 Não temos máquina elétrica reserva no armário, temos que comprar uma. Verificar verba no projeto? W1239 Solicitar para equipe abrir um I9 para redução do ruído. Máquina chegou e está no processo Valor em dB máquina antiga 89,2dB x máquina nova 78,1dB	CB	W1227	W1240	Ok
Kit dos pneus passando na chapa de transferência. Excesso de ruído, partes metálicas se chocando. W1231 - kits trilogik terá um manutenção autônoma para verificação e reaperto. Kits pneus serão retrabalhados. Medição do ruído com carrinho retrabalhado será efetuado essa semana. W1239 Foi medido e o ruído baixou, porém precisamos de verba para substituição da chapa. Chapa substituída nas férias coletivas.	CB	W1227	W1229	Ok
Paralama batendo no chão / dispositivo, no momento da furação. É possível colocar um tapete/borracha? W1231 - Verificar o motivo pelo qual o tapete foi retirado. Solicitar novo tapete W1234 Tapete retirado devido a sujeita, e dificuldade de varrer, solicitar para o operador maior cuidado. Realizada a orientação do operador.	CB	W1227	W1237	Ok

Figura 18 - Exemplo da planilha de registro das ações de redução de ruído executadas

Fonte: O autor (2013)

4.4.1 Ações de redução do ruído

Conforme apresentado na figura 19, este exemplo demonstra uma ação de redução do ruído em uma apertadeira pneumática após a informação ter sido apontada no diário de bordo elaborado durante a avaliação de ruído. Utilizava-se uma apertadeira hidropneumática que gerava um ruído pontual de 115,7dB(A) e foi substituída por uma apertadeira pneumática rotativa angular de 80dB(A).

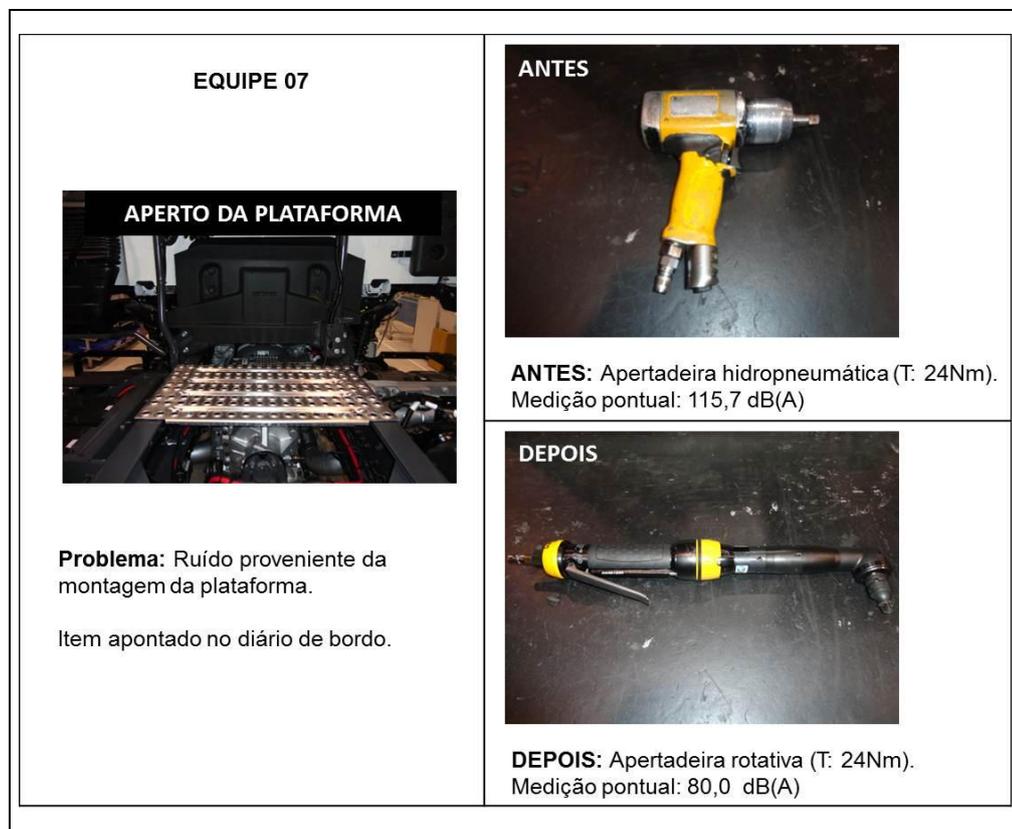


Figura 19 - Exemplo de ações de redução do ruído em apertadeiras pneumáticas
Fonte: O autor (2013)

Na figura 20, observa-se uma ação de redução de ruído em um carrinho de transporte de pneus que passou por um estudo realizado pela segurança do trabalho e engenharia logística, avaliação pontual de ruído e manutenção geral com mudança de conceitos construtivos.

Antes da alteração, o carrinho (tracionado por outro veículo elétrico), gerava 88,5dB(A) sem carga e 86,2dB(A) com carga e após a correção, 79,7dB(A) sem carga e 79,1dB(A) com carga, demonstrando uma relevante redução no ruído, este que também gerava ruído à outras áreas da fábrica por onde passava, ou seja, era uma fonte potencial.

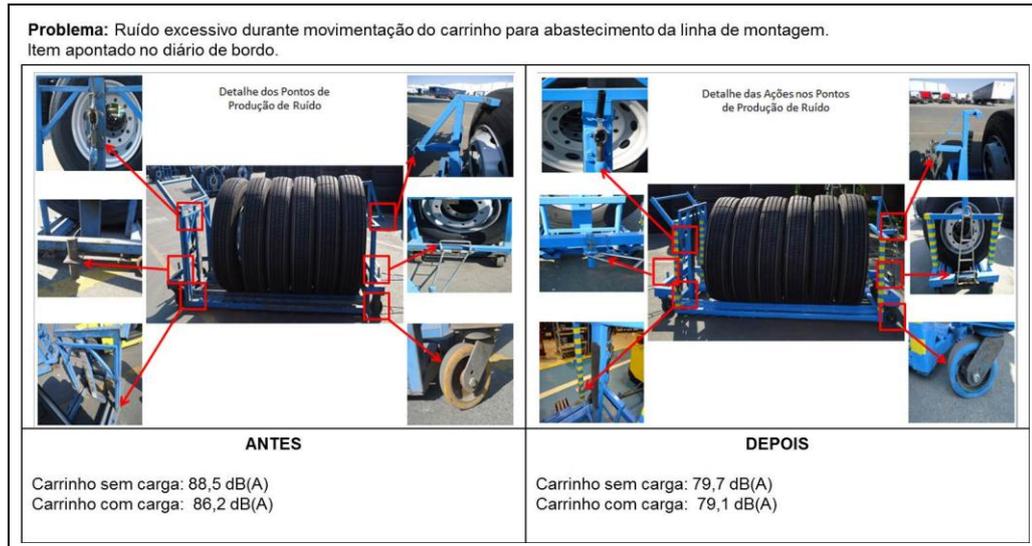


Figura 20 - Exemplo de ações de redução do ruído em carrinhos de movimentação de pneus

Fonte: O autor (2013)

5 CONCLUSÃO

Este trabalho auxiliou na identificação da intensidade sonora nos processos produtivos de montagem de componentes no chassi e montagem final utilizando uma metodologia diferenciada e a realização de um estudo das fontes geradoras para subsidiar as engenharias de manufatura e logística com informações e apontamentos necessários a sistematização da redução do ruído na fábrica.

A metodologia e o estudo das fontes geradoras de ruído propostos, incluíram as medições de ruído realizadas e simultaneamente à aplicação do diário de bordo, o qual possibilitou a identificação das fontes e emissão dos relatórios com os apontamentos necessários para a realização de ações de redução do agente.

Através deste estudo e apontamento das fontes geradoras de ruído apresentadas nos relatórios, foi instituído um projeto de redução de ruído na fábrica conduzido pela engenharia de manufatura em conjunto com a área de segurança do trabalho, executando as ações de redução proposta nos relatórios e garantindo o controle deste agente, indo além dos requisitos da legislação vigente e evidenciando a preocupação com a saúde e integridade física dos trabalhadores.

Como melhoria para este processo, recomenda-se que seja realizado um trabalho de análise de ruído em bandas de oitavas visando à identificação das frequências originadas por veículos, máquinas e equipamentos bem como a sua propagação no ambiente e conseqüentemente a sua atenuação com o objetivo de propiciar um maior conforto acústico aos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151 - Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASTETE, M.G.W.; KITAMURA, S. **Manual prático de avaliação de barulho industrial**. 1. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 1978.

BISTAFA, Sylvio. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BRASIL. **Consolidação das Leis do Trabalho**. Brasília: 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm> Acesso em 07 set. 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego - **Portal do trabalho e emprego**. Brasília: 2013. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR-15%20\(atualizada%202011\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A36A27C140136A8089B344C39/NR-15%20(atualizada%202011)%20II.pdf)> Acesso em 06 set. 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego - **Portal do trabalho e emprego**. Brasília: 2013. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf> Acesso em 06 set. 2013.

CAMPOS, Luiz. D. F. Aplicação do conceito de mentalidade enxuta ao projeto de sistemas de manufatura – Estudo de caso. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas/SP, 2000.

COX, Joe W. Introdução à Higiene do Trabalho – Curso de engenharia de segurança do trabalho – Vol. 2. Edição revisada ampliada. São Paulo: Fundacentro, 1981.

DATAPREV. **Empresa de tecnologia e informações da previdência social – Sistema de Legislação da Previdência Social**. Brasília: 2013. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/05/mtb/15.htm>>. Acesso em 08 set. 2013.

DIENSTMANN, Gustavo H. **Sistemas produtivos**. Dissertação apresentada a Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2008.

FANTAZZINI, Mario L. **Técnicas de avaliação de agentes ambientais: manual SESI**. Brasília: SESI/DN, 2007.

FANTINI NETO, Roberto F. **Agentes Físicos**. 2013. 82p. Apostila. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

FUNDACENTRO. **NHO 01 - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**. São Paulo: Ministério do Trabalho e Emprego – Fundacentro, 2001.

GERGES, Samir. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2. ed. Florianópolis: NR Editora, 2000.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**, Vol. 2. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005.

MACHADO, Nuno. **SOM. Aulas de Física e Química**. Disponível em: <http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_03.html>. Acesso em: 25 ago. 2013.

NIOSH. **Criteria for a recommended standard - Occupational Noise Exposure**. U.S. Department of health and human services: 1998.

OSHA. **Physics of Sound. Washington**, EUA. Disponível em: <https://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/health_effects/index.html> Acesso em: 11 ago. 2013.

PAULA, Ricardo N. F. **Ondas Longitudinais**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/ondas-longitudinais>> Acesso em: 18 ago. 2013.

SALIBA, Tuffi M. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional**. São Paulo: LTr, 2004.

SALIBA, Tuffi M. **Esclarecimentos dos parâmetros de dosimetria de Ruído**. Disponível em: <<http://ftp.asteconsultoria.com.br/pdfs/dosimetriaderuido.pdf>> Acesso em: 07 set. 2013.

SOUZA, Mariana R. **Considerações sobre a implantação de princípios de construção enxuta em construtora de médio porte**. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte, 2010.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios de Administração Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

WERKEMA, Maria C. C. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. 1. ed. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.

ZANNIN, Paulo. H. T.; SANT'ANA, David. Q.; FERREIRA, José. A. C. **Building Materials and Acoustic Comfort: Simulations, Measurements and Applications**. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2009.

3M. **Instrumentos de medição**. Disponível em: <http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-PPE-Safety-Solutions/Personal-Protective-Equipment/Products/Product-Catalog/~/3M-NoisePro-Dosimeter-Kit-NP-DLX-1-kit-cs?N=4294602890+5011378&&Nr=AND%28hrcy_id%3A6ZJMS83JHHgs_7CZ78WCPBH_N2RL3FHWVK_GPD0K8BC31gv%29&rt=d>. Acesso em 25 out. 2013.

APÊNDICE B – Apontamento das fontes geradoras de ruído

Data: 28/08/2013 Equipamento: 50023
 Executante (1º período): Thays Silveira Matrícula: 89857
 Executante (2º período): — Matrícula: —

Horário	Descrições
9:35	funcionário fora da estação
9:36	ruído da linha I
	aperto de montador ao lado esquerdo de montagem.
9:37	aperto de outro montador (montagem de parafusos)
	Colocação manual do parafuso e botão na linha I.
9:38	Boscamento do cabine (acionamento do dispositivo)
	ruído do eixo de cabine do pessoal e ruído do eixo do eixo.
9:39	aperto do parafuso no cabine
9:40	Boscamento do cabine e movimentação do trilho.
9:41	Boscamento de cabine e botões em outro eixo (cabine).
9:42	apertadeira no linha I.
9:43	fixação de alongador de porta - ER771
9:44	fechando a porta do cabine.
9:45	montagem manual do parafuso.
9:46	abastecendo peças na linha.
9:47	abastecendo peças na linha.
9:48	Colocação manual do parafuso no cabine.

Observações:

apertadeira ER607 - aperto do parafuso.
 apertadeira ER771 - fixação alongador de porta.

APÊNDICE B – Apontamento das fontes geradoras de ruído (continuação)

28/8/2013 09:34:58		72,2
28/8/2013 09:35:58		80,5
28/8/2013 09:36:58	Trabalho da montagem do auto lead	83,4
28/8/2013 09:37:58	fixação na linha I (F)	86,0
28/8/2013 09:38:58	Trabalho para a base da cabine	85,7
28/8/2013 09:39:58	Trabalho para a base da cabine	88,2
28/8/2013 09:40:58		63,3
28/8/2013 09:41:58		65,6
28/8/2013 09:42:58	Trabalho na linha I do chassi	85,1
28/8/2013 09:43:58	ER 77J - fixação do alongador	82,8
28/8/2013 09:44:58		68,2
28/8/2013 09:45:58		72,5
28/8/2013 09:46:58		68,5
28/8/2013 09:47:58		72,1
28/8/2013 09:48:58		73,9
28/8/2013 09:49:58	Trabalho paralelo do auto lead	89,3
28/8/2013 09:50:58	ER 607 aberto " na cabine	87,3
28/8/2013 09:51:58		72,8
28/8/2013 09:52:58		78,1
28/8/2013 09:53:58		75,8
28/8/2013 09:54:58	ER 77J fixação alongador	85,2
28/8/2013 09:55:58		70,4
28/8/2013 09:56:58	Pre-montagem do pardoma	83,4
28/8/2013 09:57:58	fixação do pré-montagem	85,8
28/8/2013 09:58:58		66,3
28/8/2013 09:59:58		77,6
28/8/2013 10:00:58		59,8
28/8/2013 10:01:58	ER 607 aberto pardoma no	87,4
28/8/2013 10:02:58	" " " " no	83,5
28/8/2013 10:03:58		64,1
28/8/2013 10:04:58		42,1
28/8/2013 10:05:58	Sigene rollover e func. saída	84,6
28/8/2013 10:06:58		66,8
28/8/2013 10:07:58		65,8
28/8/2013 10:08:58		65,7
28/8/2013 10:09:58		44,6
28/8/2013 10:10:58		50,6
28/8/2013 10:11:58		77,1
28/8/2013 10:12:58		79,5
28/8/2013 10:13:58		77,2
28/8/2013 10:14:58	ER 607 - fixação pardoma, boti	86,2
28/8/2013 10:15:58	" " e braçadeira de cabine	89,8
28/8/2013 10:16:58		77,2
28/8/2013 10:17:58		0,0
28/8/2013 10:18:58		72,8
28/8/2013 10:19:58	ER 77J fixação alongamento	83,2
28/8/2013 10:20:58		80,8
28/8/2013 10:21:58		58,7
28/8/2013 10:22:58		0,0

APÊNDICE C – Relatório final das avaliações de ruído

Avaliação Ambiental – Ruído

9. TABELA DE VALORES ACIMA DE 80 dB(A)

Prédio – Processo

EAG	TURNO	LOCAL	FUNCIONÁRIO	FUNÇÃO	MATRÍCULA	TWA dB(A)
EAG 1	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador II	00000	81,3
EAG 1	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador I	00000	82,9
EAG 2	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador I	00000	83,8
EAG 3	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador I	00000	83,0
EAG 3	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador II	00000	80,2
EAG 5	2º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador I	00000	80,1
EAG 6	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador I	00000	84,2

Tabela 1

10. TABELA DE VALORES ABAIXO DE 80 dB(A)

Prédio – Processo

EAG	TURNO	LOCAL	FUNCIONÁRIO	FUNÇÃO	MATRÍCULA	TWA dB(A)
EAG 2	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador II	00000	79,0
EAG 4	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador II	00000	79,7
EAG 5	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador I	00000	79,1
EAG 6	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador II	00000	77,5
EAG 4	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador II	00000	77,9
EAG 5	1º	Identificação do local – N° Operação	Nome do funcionário	Montador II	00000	77,9

Tabela 2

código doc.:	elaborador: Thays P. Silveira	edição: 00	página: 9 de 26
--------------	---	----------------------	---------------------------

APÊNDICE C – Relatório final das avaliações de ruído (continuação)

Avaliação Ambiental – Ruído

11. GRÁFICOS

11.1 Prédio – Identificação do processo - 1º Turno

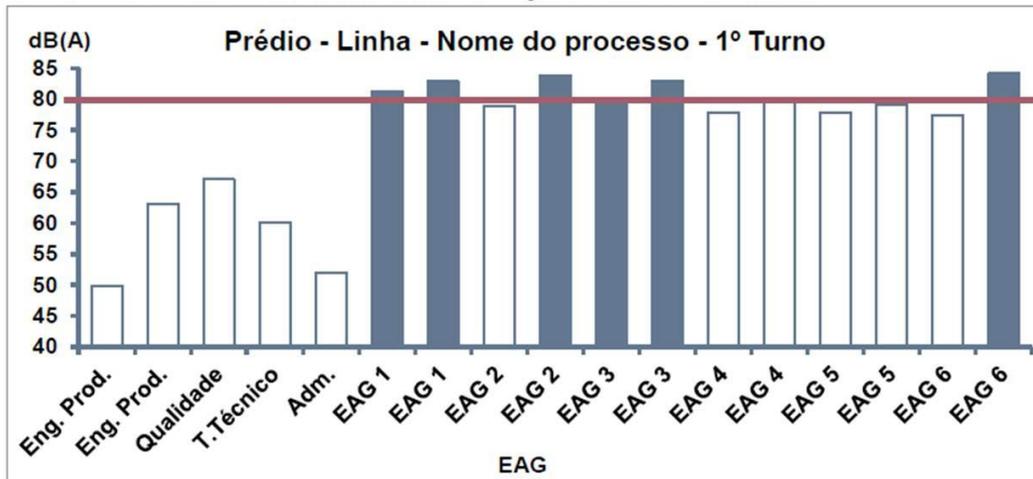


Gráfico 1- Limite previsto no PCA

11.2 Prédio – Identificação do processo - 1º Turno

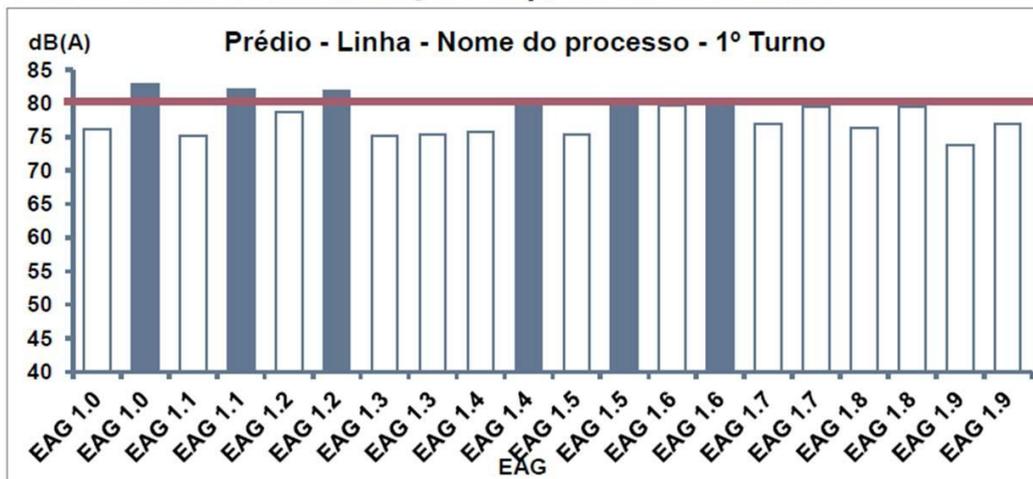


Gráfico 2- Limite previsto no PCA

código doc.:	elaborador: Thays P. Silveira	edição: 00	página: 15 de 26
--------------	---	----------------------	----------------------------

APÊNDICE C – Relatório final das avaliações de ruído (continuação)

Avaliação Ambiental – Ruído

12. APONTAMENTO DAS FONTES GERADORAS DE RUÍDO¹

12.1 Prédio – Processo

EAG	TURNO	LOCAL	FONTE GERADORA	INT. (dB)
EAG 1	1º	Identificação do local – N° da operação	Montagem da capa do climatizador	82,2
			Batidas de martelo do outro operador	85,6
			Aperto do tanquinho climatizador	88,6
			ER438 – Aperto duto de ar	80,6
			ER438 – Aperto pega mão traseiro	86,6
			ER438 – Aberto borboleta climatizador	80,3
			Batida para encaixe capa climatizador	84,1
			Batida para assentamento do vidro	84,7
			Aperto dos coxins	87,0
			Auxilio colocação tapetes na cabine	83,2
			ER438 – Tanquinho climatizador	86,9
			Aperto canaleta chicote do assoalho	83,8
			Batidas encaixe capa climatizador	82,2
			Entrada cabine na linha	85,3
			ER438 – Aperto prisioneiros coxin	86,6
			Aceleração do ônibus	86,1
			Transporte de cabine com comboio	81,5
			Pré-montagem da escotilha	80,0
			Aperto das lanternas externas	81,2
			ER438 - Aperto do pega-mão	85,1
			Movimentação de cabine	83,0
			ER438 - Aperto duto de ar	85,0
			ER438 – Aperto do pega-mão	89,4
			Aperto da chapa do assoalho	90,8
			Aperto canaleta chicote do assoalho	81,6
Movimentação troller dos pneus	85,8			
EAG 1	1º	Identificação do local – N° da operação	Movimentação cabine para o trilho	82,1
			ER438 – Aperto coxins	87,7
			Movimentação troller no corredor	81,0
			Uso martelo cabine ao lado	82,8
			EER517 – Reservatório de água	86,1
			Batidas fixação do vidro	86,2

¹ NOTA: A intensidade de ruído da tabela 6, foi extraída das avaliações da jornada de trabalho, em intervalos de sessenta segundos, representando um valor pontual (não apresentado em media ponderada no tempo) na zona auditiva do trabalhador, portanto, não pode ser utilizado para mensuração de valores para comparação com a legislação vigente e nem previdenciária.

código doc.:	elaborador: Thays P. Silveira	edição: 00	página: 18 de 26
--------------	---	----------------------	----------------------------