

**CRISTIANO DA SILVA CURTI
EDISON ZAGNOLO
ORLANDO MENDES LEAL JUNIOR**

**LEVANTAMENTO DOS NÍVEIS DE
RUÍDO EM UMA ÁREA FABRIL DE UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do Título de
Engenheiro de Segurança do Trabalho.

São Paulo
2005

**CRISTIANO DA SILVA CURTI
EDISON ZAGNOLO
ORLANDO MENDES LEAL JUNIOR**

**LEVANTAMENTO DOS NÍVEIS DE
RUÍDO EM UMA ÁREA FABRIL DE UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do Título de
Engenheiro de Segurança do Trabalho.

Área de Concentração:
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2005

AGRADECIMENTOS

Aos mestres e professores que nos prepararam para mais esse desafio em nossas vidas profissionais.

À Roseli, à Fabiana e à Tatiani, que nos estimularam e nos apoiaram durante essa jornada.

Aos nossos familiares que sempre nos incentivaram.

RESUMO

O presente trabalho é um estudo de caso onde se avaliou quantitativa e qualitativamente os níveis de ruído em uma indústria automobilística no ramo de auto-peças. Em função de uma necessidade da empresa para adequar suas instalações e em atendimento às solicitações de funcionários, através dos membros da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), foi tomada a decisão de se fazer um mapeamento geral dos níveis de ruídos ocupacionais da planta. Este mapeamento foi elaborado por áreas (linhas de produção) para uma melhor avaliação das condições reais dos postos de trabalho. Os valores obtidos com essas medições foram analisados e comparados com os valores normativos vigentes na legislação atual, levando-se em consideração o conforto e bem estar de seus colaboradores. Essa análise permitiu a elaboração de um plano de ação, onde foram apresentadas sugestões para a adequação dos níveis de ruídos e estimativa dos investimentos necessários para as adequações e correções dos equipamentos analisados, e também apresentados uma estimativa dos possíveis índices que seriam alcançados com as adequações sugeridas.

ABSTRACT

It's a real case study, which appraised the quantity and quality of the levels of noise in an automotive industry in the automotive products business. In order of the need of the company to be in conditions by the rules and some workers solicitations, a decision was taken: Map the occupational levels of the plant. This map was created by areas and production lines for a better valuation of the real conditions of the work places. The values taken with the measures were analyzed and compared with the normally values that are in the actual legislation. This analysis allowed the elaboration of an action plan, where suggestions to adaptation of the noise levels and the estimate at the necessaries investments to adaptation and correction of the possible levels that were reach with the suggested adaptations.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo.....	1
1.2 Justificativa.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. O Som.....	3
2.1.1. Frequência.....	3
2.1.2 Intensidade.....	4
2.1.3. Timbre.....	4
2.1.4 O decibel.....	4
2.1.5 Comparativo de medidas de grandezas μPa x dB.....	5
2.2 O Ruído.....	7
2.2.1 Os efeitos nocivos do ruído.....	7
2.2.1.1 Os efeitos nocivos do ruído no aparelho auditivo.....	8
2.2.1.1.1 Mudança temporária do limiar de audição.....	8
2.2.1.1.2 Trauma acústico.....	8
2.2.1.1.3 Surdez permanente.....	8
2.2.1.2 Os efeitos nocivos do ruído na atividade cerebral.....	10
2.2.1.3 Os efeitos nocivos do ruído nos órgãos internos.....	10
2.2.1.4 Os efeitos nocivos do ruído na atividade física e mental.....	11
2.2.2 A Estrutura do ouvido.....	11
2.2.3 Sensação auditiva.....	13
2.2.4 Escala de ponderação.....	14
2.2.4.1 Circuito A (LA).....	14
2.2.4.2 Circuito B (LB).....	14
2.2.4.3 Circuito C (LC).....	15

2.2.4.4 Circuito D (LD)	15
2.2.5 Efeito de mascaramento.....	17
2.2.6 Ruído médio equivalente (Leq).....	18
2.3 Legislação	19
2.3.1 Comparativo entre as Normas NR-15 e NHO-01	21
3. METODOLOGIA	23
4. ESTUDO DE CASO	25
4.1 Histórico da Empresa	25
4.2 Apresentação da Empresa	26
4.3 Níveis de Ruído por Área.....	28
4.3.1 GROB – Usinagem da caixa do diferencial.....	28
4.3.1.1 Análise gráfica – GRO.....	29
4.3.1.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área GRO	30
4.3.1.3 Plano de ação – GRO.....	31
4.3.2 LEM – Laboratório de ensaios mecânicos.....	32
4.3.2.1 Análise gráfica – LEM.....	33
4.3.2.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área LEM	33
4.3.2.3 Plano de ação.....	34
4.3.3 ESO – Usinagem da engrenagem solar	34
4.3.3.1 Análise gráfica – ESO.....	35
4.3.3.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área ESO	36
4.3.3.3 Plano de ação.....	37
4.3.4 SFL – Semi-eixo	38
4.3.4.1 Análise gráfica – SFL	38
4.3.4.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área SFL	39
4.3.4.3 Plano de ação.....	40
4.3.5 BLC – Linha de blank de coroa (Usinagem)	40
4.3.5.1 Análise gráfica – BLC	41
4.3.5.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área	

BLC	42
4.3.5.3 Plano de ação.....	43
4.3.6 CCP – Linha de corte de coroa e pinhão (Usinagem)	43
4.3.6.1 Análise gráfica – CCP	44
4.3.6.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área CCP	44
4.3.6.3 Plano de ação.....	45
4.3.7 EMF – Ferramentaria	45
4.3.7.1 Análise gráfica – EMF.....	46
4.3.7.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área EMF.....	47
4.3.7.3 Plano de ação.....	48
4.3.8 LSP – Linha de satélite e planetário (Forjaria de precisão)..	48
4.3.8.1 Análise gráfica - LSP	49
4.3.8.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área LSP	49
4.3.8.3 Plano de ação.....	50
4.3.9 LCA – Linha de carcaça (Usinagem)	50
4.3.9.1 Análise gráfica - LCA	51
4.3.9.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área LCA.....	52
4.3.9.3 Plano de ação.....	53
4.3.10 LAP/REA – Linha de retífica e lapidação de coroas e pinhões	53
4.3.10.1 Análise gráfica – REA / LAP.....	54
4.3.10.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área REA / LAP.....	55
4.3.10.3 Plano de ação.....	56
4.3.11 MOD – Linha de montagem do diferencial	56
4.3.11.1 Análise gráfica – MOD.....	57
4.3.11.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área MOD.....	58
4.3.11.3 Plano de ação.....	59

4.3.12 MOE – Montagem eixo traseiro.....	60
4.3.12.1 Análise gráfica – MOE	60
4.3.12.2 Plano de ação.....	61
4.3.13 LME – Linha de montagem do eixo dianteiro	62
4.3.13.1 Análise gráfica – LME.....	63
4.3.13.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área LME	63
4.3.13.3 Plano de ação.....	64
4.3.14 Cabina de pintura	65
4.3.14.1 Análise gráfica - Cabina de pintura	66
4.3.14.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área Cabina de pintura	66
4.3.14.3 Plano de ação.....	67
4.3.15 MOP – Linha de montagem do eixo planetário	67
4.3.15.1 Análise gráfica – MOP.....	68
4.3.15.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área MOP	69
4.3.15.3 Plano de ação.....	70
4.3.16 TCM – Tratamento térmico e jateamento.....	70
4.3.16.1 Análise gráfica – TCM.....	71
4.3.16.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área TCM	72
4.3.16.3 Plano de ação.....	73
4.4. Resumo Financeiro	73
4.5. Análise dos Resultados.....	74
5. CONCLUSÃO.....	77
6. LISTA DE REFERÊNCIAS	78
ANEXO A – LAY-OUT DA FÁBRICA.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – PERCEPÇÃO AUDITIVA A, B e C	17
Tabela 2.2 – Ruído Contínuo ou Intermitente.....	21
Tabela 2.3 – Ruído de Impacto	22
Tabela 4.1 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – GRO.....	31
Tabela 4.2 – Resumo das medições em bandas de oitava – GRO.....	31
Tabela 4.3 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – LEM	34
Tabela 4.4 – Resumo das medições em bandas de oitava – LEM	34
Tabela 4.5 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – ESO	37
Tabela 4.6 – Resumo das medições em bandas de oitava – ESO	37
Tabela 4.7 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – SFL	40
Tabela 4.8 – Resumo das medições em bandas de oitava – SFL	40
Tabela 4.9 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – BLC	42
Tabela 4.10 – Resumo das medições em bandas de oitava – BLC	42
Tabela 4.11 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – CCP	45
Tabela 4.12 – Resumo das medições em bandas de oitava – CCP	45
Tabela 4.13 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – EMF	47
Tabela 4.14 – Resumo das medições em bandas de oitava – EMF	47
Tabela 4.15 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – LSP	50
Tabela 4.16 – Resumo das medições em bandas de oitava – LSP	50
Tabela 4.17 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – LCA	52
Tabela 4.18 – Resumo das medições em bandas de oitava – LCA	53
Tabela 4.19 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – REA / LAP	55
Tabela 4.20 – Resumo das medições em bandas de oitava – REA / LAP	56
Tabela 4.21 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – MOD	59
Tabela 4.22 – Resumo das medições em bandas de oitava – MOD	59
Tabela 4.23 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – LME	64
Tabela 4.24 – Resumo das medições em bandas de oitava – LME	64
Tabela 4.25 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – Cabina de Pintura ..	67
Tabela 4.26 – Resumo das medições em bandas de oitava – Cabina de Pintura ..	67
Tabela 4.27 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – MOP	70
Tabela 4.28 – Resumo das medições em bandas de oitava – MOP	70

Tabela 4.29 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – TCM	73
Tabela 4.30 – Resumo das medições em bandas de oitava – TCM	73
Tabela 4.31 – Estimativa de custos e reduções de ruído por área	74

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Comparativo de medidas de ruído	6
Fig. 2.2 – Estrutura do ouvido	12
Fig. 2.3 – Curvas de compensação, escalas A, B, C e D	16
Fig. 2.4 – Nível de som equivalente contínuo	18
Fig. 4.1 – Vista Aérea da Planta	26
Fig. 4.2 – Vista da Fachada da Recepção	27
Fig. 4.3 – Reservatório de Água	27
Fig. 4.4 – Vista parcial da área GRO	29
Fig. 4.5 – Medição em dB(A) – GRO	30
Fig. 4.6 – Medições em bandas de oitava – GRO	30
Fig. 4.7 – Vista parcial da área LEM	32
Fig. 4.8 – Medição em dB(A) – LEM	33
Fig. 4.9 – Medições em bandas de oitava – LEM	33
Fig. 4.10 – Vista parcial da área ESO	35
Fig. 4.11 – Medição em dB(A) – ESO	36
Fig. 4.12 – Medições em bandas de oitava – ESO	36
Fig. 4.13 – Vista parcial da área SFL	38
Fig. 4.14 – Medição em dB(A) – SFL	39
Fig. 4.15 – Medições em bandas de oitava – SFL	39
Fig. 4.16 – Vista parcial da área BLC	41
Fig. 4.17 – Medição em dB(A) – BLC	41
Fig. 4.18 – Medições em bandas de oitava – BLC	42
Fig. 4.19 – Vista parcial da área CCP	43
Fig. 4.20 – Medição em dB(A) – CCP	44
Fig. 4.21 – Medições em bandas de oitava – CCP	44
Fig. 4.22 – Vista parcial da área EMF	46
Fig. 4.23 – Medição em dB(A) – EMF	46
Fig. 4.24 – Medições em bandas de oitava – EMF	47
Fig. 4.25 – Vista parcial da área LSP	48
Fig. 4.26 – Medição em dB(A) – LSP	49
Fig. 4.27 – Medições em bandas de oitava – LSP	49

Fig. 4.28 – Vista parcial da área LCA	51
Fig. 4.29 – Medição em dB(A) – LCA	51
Fig. 4.30 – Medições em bandas de oitava – LCA	52
Fig. 4.31 – Vista parcial da área REA / LAP	54
Fig. 4.32 – Medição em dB(A) – REA / LAP	54
Fig. 4.33 – Medições em bandas de oitava – REA / LAP	55
Fig. 4.34 – Vista parcial da área MOD	57
Fig. 4.35 – Medição em dB(A) – MOD	58
Fig. 4.36 – Medições em bandas de oitava – MOD	58
Fig. 4.37 – Vista parcial da área MOE	60
Fig. 4.38 – Medição em dB(A) – MOE	61
Fig. 4.39 – Medições em bandas de oitava – MOE	61
Fig. 4.40 – Vista parcial da área LME	62
Fig. 4.41 – Medição em dB(A) – LME	63
Fig. 4.42 – Medições em bandas de oitava – LME	63
Fig. 4.43 – Vista parcial da Cabina de Pintura da LME	65
Fig. 4.44 – Medição em dB(A) – Cabina de Pintura	66
Fig. 4.45 – Medições em bandas de oitava – Cabina de Pintura	66
Fig. 4.46 – Vista parcial da área MOP	68
Fig. 4.47 – Medição em dB(A) – MOP	69
Fig. 4.48 – Medições em bandas de oitava – MOP	69
Fig. 4.49 – Vista parcial da área TCM	71
Fig. 4.50 – Medição em dB(A) – TCM	72
Fig. 4.51 – Medições em bandas de oitava – TCM	72
Fig. 4.52 – Demonstrativo das Medições.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

(q)	– Incremento de Duplicação de Dose
μPa	– Unidade de medida de pressão micro Pascal
BLC	– Linha de Blank de Coroa
BAR	- Unidade de medida de pressão
CCP	– Linha de Corte de Coroa e Pinhão
CIPA	– Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLT	– Consolidação das Leis do Trabalho
CNC	– Comando Numérico Computadorizado
CVS	– Comercial Vehicles System (Sistema de Veículos Comerciais)
dB	– Decibel
dina/cm ²	- Unidade de medida de pressão dina por centímetro quadrado
dt	- Derivação em Função do Tempo
EMF	– Ferramentaria
EPI	– Equipamento de Proteção Individual
ESO	– Linha Usinagem da Engrenagem Solar
Eq.	– Equação
Ex.	– Exemplo
Fig.	– Figura
FUNDACENTRO	– Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GRO	– Linha Usinagem de Caixa do Diferencial
HTO/NTO	– Forno de Recozimento Isotérmico
Hz	– Hertz
I	– Intensidade sonora de um som.
I_{ref}	– Intensidade sonora de referência (10^{-16} W/cm ²)
LA	– Índice de escala de compensação de frequência
La eq	– Ruído Médio Equivalente na curva A
LAP	– Linha de Lapidação
LB	– Índice de escala de compensação de frequência
LC	– Índice de escala de compensação de frequência

LCA	– Linha de Carcaças
LD	– Índice de escala de compensação de frequência
LEM	– Laboratório de Ensaios Mecânicos
Leq	– Ruído Médio Equivalente
LME	– Linha de Montagem do Eixo Dianteiro
log	– Função Logarítmica
LSP	– Linha de Satélite e Planetário
LT	– Limite de Tolerância
LTVT	– Limite de Tolerância Valor Teto
MOD	– Linha de Montagem da Diferencial
MOE	– Linha de Montagem do Eixo Traseiro
MOP	– Linha de Montagem do Eixo Planetário
MS-XX.XXX	– Identificação de Modelo de Produto
MT	– Ministério do Trabalho
MTE	– Ministério do Trabalho e Emprego
n	– Número de Impactos
N/m ²	– Unidade de medida de pressão Newton por metro quadrado
NC	– Noise Criteria
NHO	– Norma de Higiene Ocupacional
NIS	– Nível de Intensidade Sonora.
NLD	– Nível Limiar de detecção
NM	– Nível Médio
Np	– Nível de Pressão Sonora
NR	– Norma Regulamentadoras
Nt	– Número de Picos Máximos
OS	– Ordem de Serviço
P ₀	– Pressão Sonora
PAIR	– Perda Auditiva Induzida por Ruído
PAIRO	– Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional
PBPS	– Plano de Benefício da Previdência Social
PCMSO	– Programa de Controle Médico e Segurança Ocupacional
PPRA	– Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
R\$	– Unidade Monetária Brasileira (Real)

REA	- Linha de retificas
RMS	- Root Mean Square
SFL	- Linha Semi Eixo
SI	- Sistema Internacional
t	- Tempo
TCM	- Linha de Tratamento Térmico e Jateamento de Limpeza
TTS	- Temporary Treshold Shift
W/cm ²	- Unidade de medida de energia Watt por centímetro quadrado

LISTA DE SÍMBOLOS

- # – Identificação de Item de Patrimônio Interno
- \int – Símbolo Matemático de Integral
- % – Símbolo Matemático de Porcentagem

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste na avaliação de um estudo de caso realizado em uma empresa metalúrgica do ramo de autopeças, (ArvinMeritor do Brasil Sistemas Automotivos LTDA – Divisão CVS) fabricante de eixos diferenciais traseiros e dianteiros, situada na região central da cidade de Osasco/SP, a fim de se elaborar um plano de ação, visando à redução dos níveis de ruídos gerados pelos equipamentos instalados em diversas áreas da planta, levando-se em consideração as diversas etapas de funcionamento dos mesmos.

Após essas medições foram apresentados os laudos e avaliações, que foram transcritos nas tabelas e figuras das áreas correspondentes, tomando-se como base as normas e instruções vigentes na legislação e tendo como principal fator, a ser considerado, o conforto e bem estar dos colaboradores das áreas envolvidas.

O levantamento dos dados, se deu no período de Agosto a Dezembro de 2003, através da empresa Akkerman Acústica Engenharia SC Ltda contratada pela ArvinMeritor, com o supervisionamento do corpo técnico da área de Segurança do Trabalho e com o acompanhamento dos autores desse trabalho.

1.1 Objetivo

Esta monografia tem como objetivo levantar dados referentes aos níveis de ruídos atuais, gerados pelos equipamentos e dispositivos instalados na planta. Obtendo-se assim os níveis de ruído gerados pelas diversas áreas, através dos quais se podem obter planos de redução dos níveis de ruído ocupacional, a partir de campanha de medições no local de trabalho e observação dos processos produtivos, objetivando melhorar as condições de trabalho, o bem estar dos colaboradores com as devidas previsões de custos, necessárias.

1.2 Justificativa

“Nos últimos anos, os altos níveis de ruído se transformaram em uma das formas de poluição que atinge o maior número de pessoas.

A poluição sonora não se restringe apenas às regiões de grande concentração industrial, como a poluição atmosférica; nem a estritas regiões, como a poluição radioativa; nem a regiões produtoras de álcool, como a poluição dos rios. O barulho está presente em qualquer comunidade, em qualquer tipo de trânsito de veículos, em qualquer processo fabril, em qualquer obra civil.

O Brasil é um dos líderes mundiais em nível de ruído. Eis alguns dados: as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro estão entre as cinco de maior nível de ruído do mundo; nessas cidades o ruído alcança, em média 90 a 95 dB, com picos de 105 dB. Apenas 5% da população com problemas auditivos recorre a médicos, mas se vende mais de 30 mil aparelhos auditivos por ano.” (FERNANDES, 2002)

A audição é considerada de fundamental importância para o desenvolvimento do ser humano, sendo a perda auditiva uma das mais frequentes doenças relacionadas ao trabalho. Seus efeitos nocivos à saúde humana não se restringe à audição, não sendo raros os distúrbios emocionais, cardiovasculares, fadiga e estresse.

Esse tema foi escolhido devido a ser um dos tópicos mais discutidos e abordados na área de Segurança do Trabalho, da necessidade da empresa de obter os níveis de ruído das diversas áreas e das adequações das instalações, afim de se minimizar os possíveis danos à saúde dos funcionários atendendo a antigas solicitações dos colaboradores, solicitadas tanto em atas da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), quanto em pleitos sindicais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Som

Fernandes (2002) define o som como sendo um fenômeno vibratório resultante de variações da pressão no ar. Essas variações de pressão se dão em torno da pressão atmosférica e se propagam longitudinalmente.

Qualquer fenômeno capaz de causar ondas de pressão no ar é considerado uma fonte sonora, pode ser um corpo sólido em vibração, uma explosão, um vazamento de gás a alta pressão, etc.

Basicamente, todo som se caracteriza por três variáveis físicas: frequência, intensidade e timbre.

2.1.1 Frequência

Fernandes (2002) define frequência (f) como o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som. Para uma onda sonora em propagação, é o número de ondas que passam por um determinado referencial em um intervalo de tempo. A unidade de frequência no Sistema Internacional (SI) é ciclo por segundo, ou Hertz (Hz).

Nosso ouvido é capaz de captar sons de 20 a 20.000 Hz. Os sons com menos de 20 Hz são chamados de infra-sons e os sons com mais de 20.000 Hz são chamados de ultra-sons. Esta faixa de frequências entre 20 e 20 kHz é definida como faixa audível de frequências ou banda audível.

Para efeitos de controle a divisão da faixa de áudio-frequência em bandas de oitava tem tido consideráveis aplicações práticas e permite uma descrição rápida e correta do ruído. Isso se deve, também, ao fato de que o ouvido humano não conseguiria diferenciar bandas muito menores que as de um terço de oitava. A distribuição da

freqüência central por banda de oitava é a mais utilizada nas avaliações de ruído ocupacional.

As freqüências audíveis são divididas em três faixas:

- **Baixas freqüências ou sons graves:** As quatro oitavas de menor freqüência, ou seja, 31, 25, 62,5, 125, e 250 Hz;
- **Médias freqüências ou sons médios:** As três oitavas centrais, ou seja, 500, 1000 e 2000 Hz;
- **Altas freqüências ou sons agudos:** As três oitavas de maior freqüência, ou seja, 4000, 8000 e 16000 Hz.

2.1.2 Intensidade

A intensidade do som segundo Fernandes (2002), é definida como sendo a quantidade de energia contida num movimento vibratório. Essa intensidade se traduz com uma maior ou menor amplitude na vibração ou na onda sonora.

A intensidade de um som pode ser medida através de dois parâmetros:

- A energia contida no movimento vibratório (W/cm^2);
- A pressão do ar causado pela onda sonora ($BAR = 1 \text{ dina}/cm^2$).

2.1.3 Timbre

“Se nós tocarmos a mesma nota (mesma freqüência) com a mesma intensidade, em um piano e em um violino, notamos claramente a diferença. Em linguagem comum, dizemos que os seus timbres são diferentes. Portanto, o timbre nos permite reconhecer a fonte geradora do som. Tecnicamente, o timbre é a forma de onda da vibração sonora.” (FERNANDES,2002)

2.1.4 O decibel

As vibrações sonoras são detectáveis com valores da ordem de uma variação praticamente infinitesimal da pressão do ar ocasionando a sensação de audição,

desde que a frequência de vibração esteja compreendida da faixa de 16 a 20.000 Hz (faixa de áudio-frequência).

Para haver um aumento na sensação, é necessário que a intensidade do estímulo cresça, sendo o aumento da sensação proporcional ao logaritmo do mesmo. Isso significa que se, o estímulo físico é multiplicado por 10 a sensação aumenta em apenas uma unidade.

O bel é uma característica proporcional e significa 10 vezes mais potência. Por ser uma escala restrita usamos o decibel (dB). Outro aspecto útil da escala em dB é que ela representa a aproximação à percepção humana de audibilidade relativa, sendo ela a menor variação que podemos ouvir.

O decibel é definido pela eq.(1) abaixo:

$$NIS = 10 \log \cdot \frac{I}{I_{ref}} \quad (1)$$

Onde:

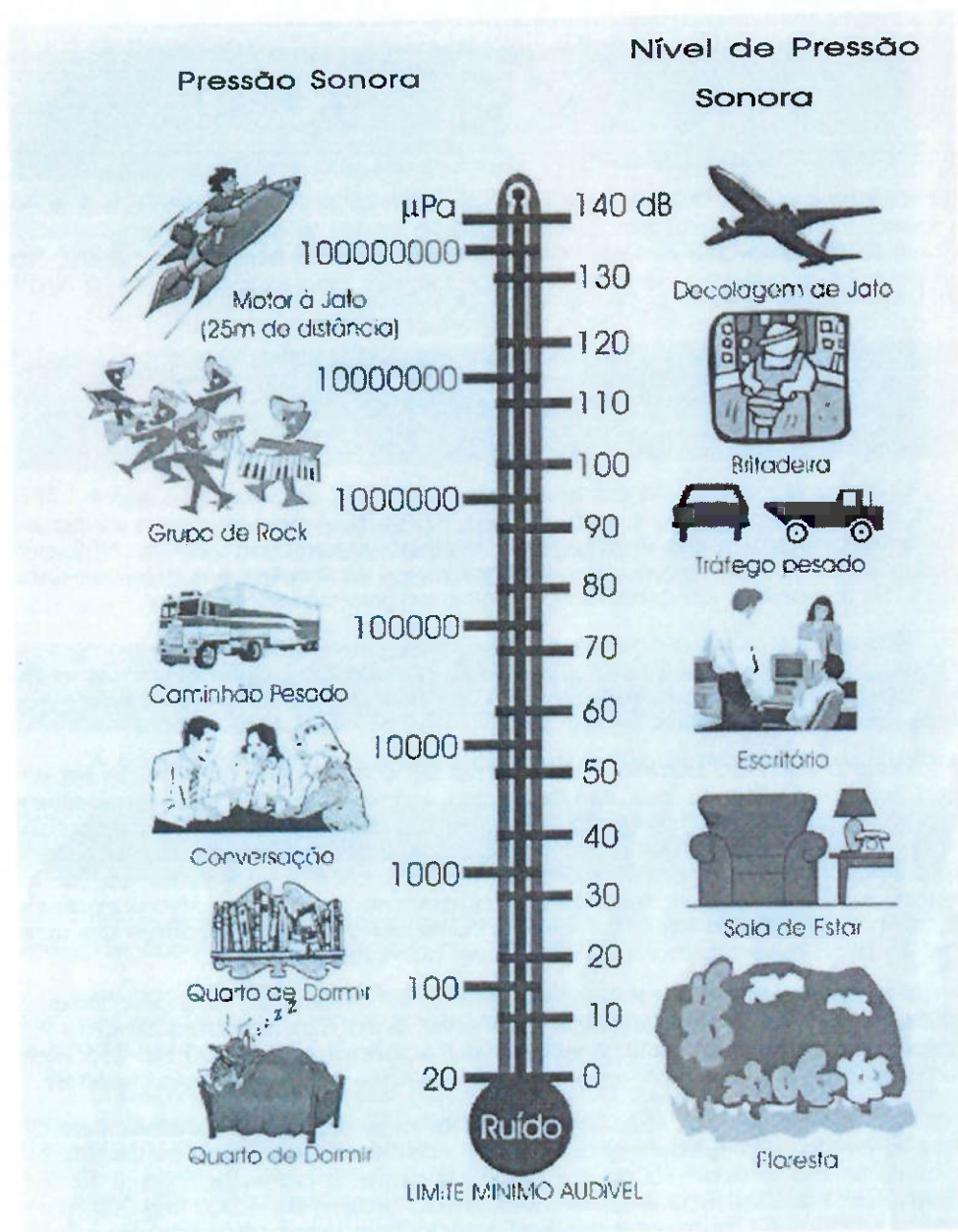
NIS = Nível de Intensidade Sonora.

I = Intensidade sonora de um som.

I_{ref} = Intensidade sonora de referencia (10^{-16} W/cm²)

2.1.5 Comparativo de medidas de grandezas μ Pa x dB

A figura 2.1 mostra alguns níveis de intensidade de som e suas respectivas correlações.



Fonte: (ARAÚJO, 2002)

Fig. 2.1 – Comparativo de medidas de ruído

Caso fosse utilizada uma unidade a partir dos valores, mostrados acima, em Pascal, ter-se-ia então, uma escala aritmética muito extensa (0,00002 Pa a 20 Pa), o que seria impraticável. Logo para facilitar os cálculos e manipulações, foi adotada uma escala logarítmica denominada bel.

2.2 O Ruído

De uma forma genérica, o ruído é o som capaz de causar uma sensação indesejável e desagradável. Portanto, o que é ruído para uma pessoa pode não ser para outra. Vai depender da situação, da subjetividade de cada um.

Em geral a fronteira entre o saudável e o nocivo é incerta, relativa e difícil de ser estabelecida de forma genérica e ampla, pois também é subjetiva. O julgamento, ou os critérios, sobre a caracterização de um som como ruído dependerá de uma ampla compreensão sobre as atitudes que passamos a considerar, a partir do que vem a ser fonte, sua intensidade e sua duração.

O ruído é um fator de risco presente na maioria dos processos de trabalho e em várias atividades humanas. No mundo contemporâneo, o ruído faz parte do cotidiano das comunidades, inserindo-se para além do ambiente de trabalho, envolvendo inúmeros fatores, tais como o trânsito (principalmente o das grandes metrópoles), as atividades coletivas de lazer e mesmo no ambiente doméstico.

A consequência mais imediata da exposição humana ao ruído é a diminuição da acuidade auditiva, responsável pela maioria das queixas relacionadas ao aparelho auditivo.

A ocorrência de níveis elevados de ruído nos ambientes industriais, expõe os trabalhadores em inúmeras atividades a desenvolverem algum grau de lesão ou perda da capacidade auditiva, decorrente da exposição ocupacional.

2.2.1 Os efeitos nocivos do ruído

O ruído é um problema que acompanha o desenvolvimento da tecnologia e seus efeitos se fazem sentir tanto nos locais de trabalho, como nas comunidades. A

complexidade da relação do ser humano com o ruído vem merecendo muitos estudos específicos.

2.2.1.1 Os efeitos nocivos do ruído no aparelho auditivo

Os danos provocados pela exposição podem ser classificados em 3 categorias:

2.2.1.1.1 Mudança temporária do limiar de audição

Também conhecida como surdez temporária, ocorre após a exposição a ruído intenso, mesmo que por um curto período de tempo, onde, a condição de perda permanece temporariamente, sendo que a mesma retorna ao normal após algum tempo;

2.2.1.1.2 Trauma acústico

Segundo Torraca (1998), trauma Acústico é conceituado como uma perda auditiva súbita, proveniente de uma única exposição a níveis de ruído muito intenso. Em geral, acompanha-se de zumbido imediato, podendo acontecer rompimento do tímpano, hemorragia ou danos na cadeia ossicular.

A perda de audição resultante de exposição a níveis elevados de ruído pode ser temporária ou permanente. Quando a diminuição da capacidade auditiva (hipoacusia) for temporária, o indivíduo, gradualmente, recupera a sua audição. O mecanismo da surdez temporária não é bem conhecido; é como uma fadiga auditiva. O nível de ruído que causa alterações na capacidade auditiva deve ser considerado como uma possível ameaça de surdez profissional.

2.2.1.1.3 Surdez permanente

Origina-se da exposição repetida e de longa duração a ruído de intensidade elevada ou de alta intensidade e curta duração (Ex. Explosão). Esta perda é irreversível e está associada à destruição dos elementos sensoriais da audição. Deve-se atentar para o fato de que, no começo do processo, as pessoas não percebem a alteração, porque

esta não atinge imediatamente as frequências utilizadas na comunicação verbal. (ARAÚJO, 2002)

Entretanto, com o passar do tempo, as perdas progridem, envolvendo as frequências críticas para a comunicação oral (500 a 2.000 Hz). É importante lembrar que um fator de grande importância, em qualquer tipo de perda de audição, é a susceptibilidade individual. Indivíduos que se encontram num mesmo local ruidoso podem reagir de maneiras diferentes: alguns são extremamente sensíveis ao ruído e outros parecem não ser atingidos pelo mesmo.

Torraca (1998) diz que toda perda auditiva com nexos causal relacionados a condições específicas de trabalho é definida como Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR), também denominada por Disacusia, Hipoacusia ou Surdez Ocupacional.

Como diagnóstico diferencial, as PAIR de origem ocupacional, devem ser distinguidas daquelas originadas por surdez ou hipoacusia por embolia gasosa, por traumatismo craniano, por trauma barométrico do ouvido médio e da surdez ou hipoacusia provocada por agentes tóxicos industriais ou de uso terapêutico.

Como caracterizar a PAIR:

- São sempre do tipo neuro-sensorial;
- Geralmente são bilaterais e simétricas;
- Inicia-se nas frequências de 4.000, 6.000 ou 3.000 Hz, havendo sempre uma perda mais acentuada nessas frequências do que nas frequências de 500, 1.000 ou 2.000 Hz.
- Comumente a maior perda é na faixa de 4.000 Hz.
- As frequências mais altas e mais baixas que 4.000 e 6.000 Hz levam mais tempo para serem afetadas.
- Quase nunca produzem uma perda auditiva profunda, com limiares em torno de 40 dB nas baixas e de 75 dB nas altas frequências.

- Iniciam-se nos primeiros anos de exposição e atingem um limiar máximo de 10 a 15 anos de exposição.
- Geralmente não progridem significativamente depois de cessada as exposições.

2.2.1.2 Os efeitos nocivos do ruído na atividade cerebral:

“Segundo o Dr. Foster Kenedy, as pessoas saudáveis podem adaptar-se às influências prejudiciais do ruído, apesar de não sentirem a aproximação da fadiga. A capacidade do organismo em se ajustar às diversas formas de ruído não implica na falta de ação do mesmo sobre os nervos. Isso se deve à grande elasticidade e capacidade de adaptação do organismo humano aos estímulos do ambiente onde vive, já que, para o caso do ruído o nosso corpo não oferece nenhuma barreira física eficaz para evitar a sua propagação pelo aparelho auditivo.” (ARAÚJO, 2002)

“Por ser proveniente de uma reação psicológica, a influência do ruído afeta as pessoas de maneiras diferentes. Sob efeito de um ruído perturbador intenso, um indivíduo normal precisa dispensar mais ou menos 20% de energia extra para efetuar uma tarefa e para se recuperar ele dorme. Entretanto, em nossas cidades, nem mesmo durante o repouso, o homem fica livre da ação do ruído, que age sobre o subconsciente e o sistema nervoso, piorando a sua saúde, tornando-o, muitas vezes, um inadaptado ao ambiente urbano e às vezes, também, num doente mental.” (ARAÚJO, 2002)

2.2.1.3 Os efeitos nocivos do ruído nos órgãos internos

“O ruído pode, também, agir sobre os órgãos internos, perturbando as funções neurovegetativas, com implicações no funcionamento orgânico.

Essa influência vai desde a alteração na pressão arterial até a mudança na composição do sangue, náuseas, cefaléia, vômitos, perda de equilíbrio e tremores. As primeiras manifestações às ações do ruído são inquietude, irritabilidade e alteração do metabolismo basal, com distúrbios neuromusculares.” (ARAÚJO, 2002)

2.2.1.4 Os efeitos nocivos do ruído nas atividades física e mental:

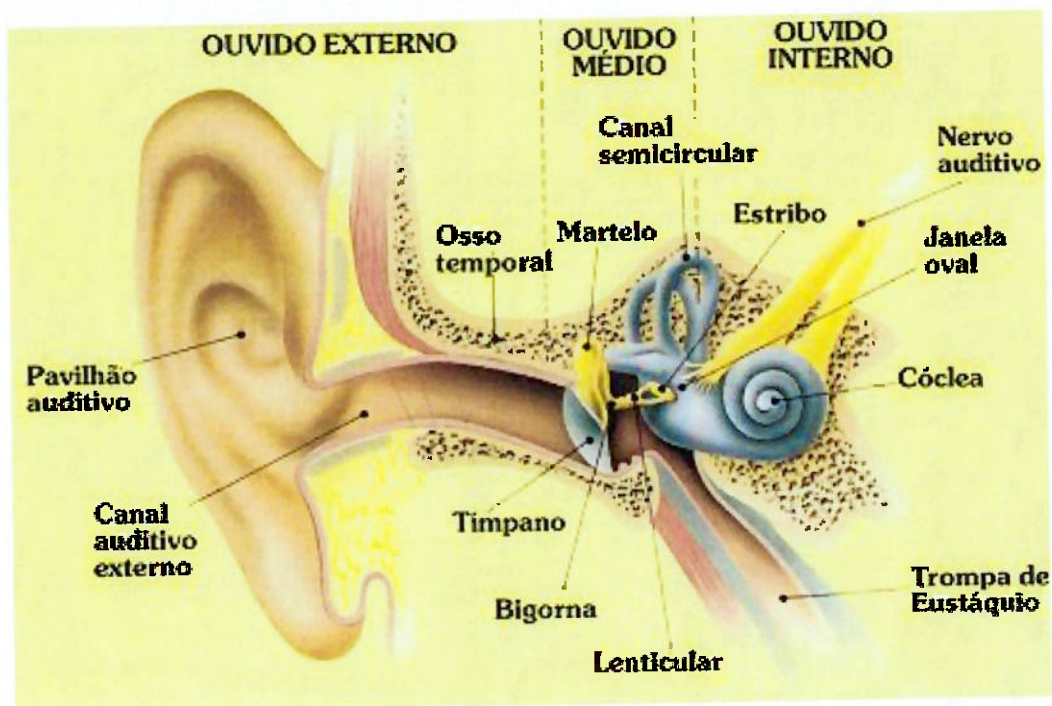
“O ruído reduz o rendimento do trabalho intelectual e físico. Desta forma, o tratamento acústico é uma condição importante para o aumento do rendimento e melhoria das condições de trabalho.” (ARAÚJO, 2002)

O ruído ainda pode causar efeitos nocivos na produção, interferência nas comunicações e até mesmo em ocorrências de acidentes.

2.2.2 A estrutura do ouvido

“O ouvido é o órgão coletor dos estímulos externos, transformando as vibrações sonoras em impulsos sonoros para o cérebro. É, sem dúvida, a estrutura mecânica mais sensível do corpo humano pois detecta quantidades mínimas de energia” (FERNANDES, 2002)

Para fins de estudo, o ouvido é dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno, podendo ser melhor visualizado na figura 2.2..



Fonte: (Rocha, 2000)

Fig. 2.2 – Estrutura do ouvido

O ouvido externo compõe-se do pavilhão auditivo (orelha), do canal auditivo e do tímpano. A função da orelha é a de uma corneta acústica, capaz de dar um acoplamento de impedâncias entre o espaço exterior e o canal auditivo, possibilitando uma melhor transferência de energia. Essa corneta, tendo certa característica diretiva, ajuda a localização da fonte sonora. As paredes do canal auditivo são formadas de ossos e cartilagens. O tímpano (membrana timpânica) é oblíquo e fecha o fundo do canal auditivo. Deve ficar claro, que o tímpano assemelha-se a um cone rígido sustentado em sua periferia por um anel de grande elasticidade, que lhe permite oscilar como uma unidade, sem sair do seu eixo.

Logo depois do tímpano temos o ouvido médio: uma cavidade cheia de ar conhecida também como cavidade do tímpano, que contém 3 ossículos: o martelo, a bigorna e o estribo. A função de tais ossículos é, através de uma alavanca, acoplar mecanicamente o tímpano à cóclea (caracol), triplicando a pressão do tímpano. Na parte interna da cavidade do tímpano, existem as janelas oval e redonda, que são as

aberturas do caracol. A janela redonda é fechada por uma membrana e a oval é fechada pelo "pé" do estribo.

O ouvido interno inicia-se pela janela oval, seguindo um canal semicircular que conduz ao caracol (cóclea) e é dividido longitudinalmente em duas galerias, pela membrana basilar. Pode-se dizer que o caracol consiste de um canal duplo, com aspecto de um caramujo de jardim, enrolado por 2,5 voltas em torno de um eixo ósseo. A janela oval fecha o compartimento superior e transmite suas vibrações para a membrana basilar através da endolinfa, líquido viscoso que preenche esse conduto. A janela redonda é uma membrana circular, muito elástica, que fecha a parte superior do canal e, mediante as suas contrações, compensa as variações de pressão produzidas pelas oscilações da membrana basilar.

Sobre a membrana basilar estão distribuídas as células acústicas (Órgão de Corti), em número de 18 mil (externas e internas), de onde saem os nervos que formam o nervo acústico e levam o sinal elétrico até o cérebro.

A membrana basilar atua como um filtro seletivo ou analisador de frequências, em que a percepção de cada frequência se realiza em um determinado ponto da membrana: as altas frequências excitam a parte próxima da membrana oval e, à medida que se caminha para dentro do caracol, a frequência diminui.

2.2.3 Sensação auditiva

“Considerando as peculiaridades do sistema auditivo e da condição de saúde de cada pessoa exposta, destaca-se que a percepção ao ruído em maior ou menor intensidade depende de dois fatores físicos fundamentais: um nível de pressão sonora e a frequência.

Ao tentarmos caracterizar um determinado tipo de ruído, devemos levar em consideração tanto o espectro de frequência como a intensidade de pressão sonora e

seu comportamento no decorrer do tempo. Na avaliação de ruído, seria interessante e de grande importância tentar obter a resposta do ouvido humano ao ruído (loudness), envolvendo essas duas grandezas.” (ARAÚJO, 2002)

Este conjunto de fatores físicos e comportamentos subjetivos, os chamados fatores psicológicos, não podem ser medidos pelos equipamentos, sendo necessária a utilização de estudos experimentais com grupos de indivíduos submetidos a vários níveis de ruídos padronizados, possibilitando, assim, determinar uma descrição gráfica do comportamento do ouvido.

A influência psicológica é fundamental para a percepção. Conforme seja a frequência e a quantidade de energia, a audibilidade varia sensivelmente; ou seja, um som de certa intensidade pode ser inaudível em baixa frequência ou em alta frequência mas pode ser audível em média frequência.

2.2.4 Escala de ponderação

O ouvido humano (ARAÚJO, 2002) não é igualmente sensível para frequências extremamente altas ou baixas; depende do nível de pressão sonora. Visando simplificar as medições procurou-se construir instrumentos cuja sensibilidade variasse com a frequência da mesma forma que o ouvido humano. Foram constituídos circuitos de compensação (weighting networks) A, B, C e D, padronizados internacionalmente.

2.2.4.1 Circuito A (LA)

Baseia-se na atenuação similar do ouvido quando este suporta níveis de pressão sonora de baixos níveis de frequências distintas, próximos de 50 dB. Esse circuito é o mais usado e requerido por normas, por apresentar respostas similares ao ouvido.

2.2.4.2 Circuito B (LB)

Representa atenuações de níveis intermediários médios, próximos de 75 dB. A escala “B” sofre menos variação nas baixas frequências verificando-se nenhum tipo de

amplificação através do espectro de frequência. Entre os 400 e 3000 Hz é a faixa onde a escala não apresenta atenuações.

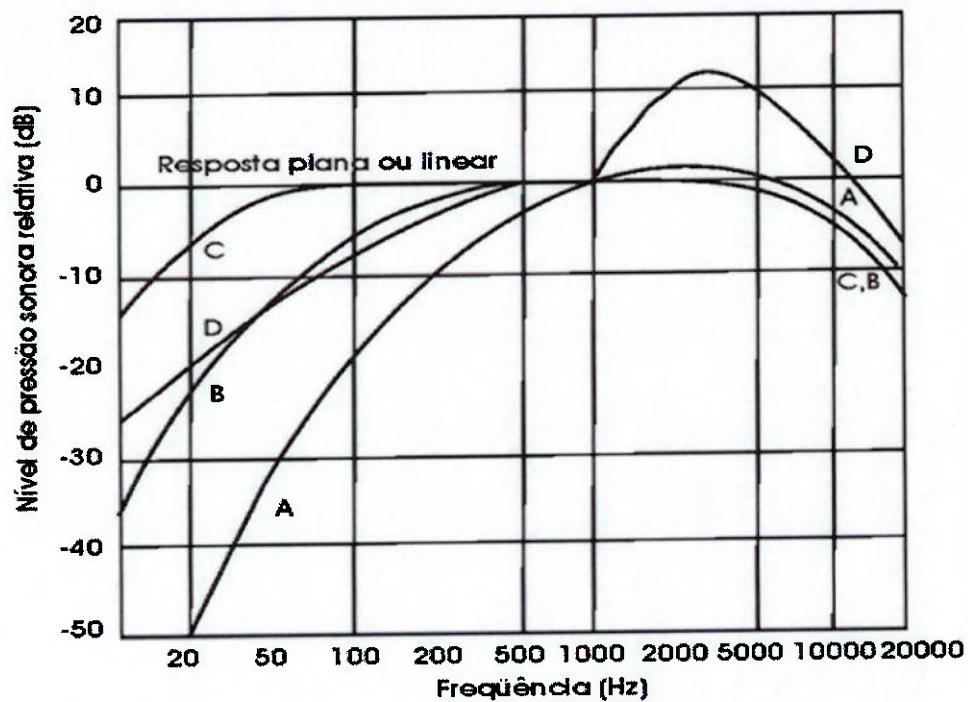
2.2.4.3 Circuito C (LC)

Utilizado para altos níveis de pressão sonora, próximos de 100 dB, é o que menos produz atenuação, sendo que, na faixa dos 100 a 3000 Hz, sua incidência sobre o ruído emitido é nula. É o mais adequado para monitoramento de ruídos de impacto.

2.2.4.4 Circuito D (LD)

Baseia-se em altíssimos níveis de pressão sonora, acima de 120 dB, como ruídos produzidos em reatores e aeroportos. É utilizado para medição e análise de ruídos em aeroportos.

As informações descritas acima podem ser melhor visualizadas na Figura 2.3. Atualmente, somente o circuito A é largamente usado, pois os circuitos B e C não fornecem boa correlação em testes subjetivos e estão em desuso. O circuito D foi padronizado para medição de ruído em aeroportos. A legislação brasileira tem se baseado somente em medições efetuadas no circuito A (eventualmente no C para medições de ruído impacto), O circuito B está em desuso e raramente se vê citações a ele.



Fonte: (ARAÚJO, 2002)

Fig. 2.3 – Curvas de compensação, escalas A, B, C e D

Sendo os níveis de ruído medidos por espectro, é possível mediante cálculos se chegar aos níveis de ruído em qualquer outro circuito de compensação, utilizando-se da Tabela 2.1 de percepção auditiva A, B e C.

Tabela 2.1 – PERCEPÇÃO AUDITIVA A, B e C

Frequência (Hz)	Curva A dB(A)	Curva B dB(B)	Curva C dB(C)
31,5	-39,4	-17,1	-3,0
63,0	-26,2	-9,3	-0,8
125,0	-16,1	-4,2	-0,2
250,0	-8,9	-1,3	0,0
500,0	-3,2	-0,3	0,0
1000,0	0,0	0,0	0,0
2000,0	1,2	-0,1	-0,2
4000,0	1,0	-0,7	-0,8
8000,0	-1,1	-2,9	-4,4
16000,0	-6,6	-8,4	-8,5

Fonte: (JANKOVITZ, 2005)

Para uma melhor compreensão da Tabela 2.1, temos como exemplo, um som de 50 dB(A) em 63 Hz pode ser calculado para dB(C) da seguinte maneira:

$50,0 \text{ dB(A)} + 26,2$ (valor obtido no cruzamento da Curva A em 63Hz) = 76,2 dB e portanto $\text{dB(C)} = 76,2 \text{ dB} - 0,8$ (valor obtido no cruzamento da Curva C em 63Hz) = 75,4 dB(C). Assim um som de 50 dB(A) é igual a 75,4 dB(C) em 63 Hz.

2.2.5 Efeito de mascaramento

O conhecimento do efeito de mascaramento é muito importante para se evitar situações de risco, envolvendo interferência de sinais sonoros em ambiente de trabalho. O som que ouvimos também está sujeito a perturbações em determinadas frequências, devendo haver um nível de ruído acima do limiar de audibilidade afim de que o mesmo seja percebido claramente. (ARAÚJO, 2002)

“Mascaramento significa que um tom se torna inaudível devido à influência de outros tons presentes simultaneamente. Tons de baixa frequência com altos níveis mascaram tons de alta frequência de baixos níveis.” (ARAÚJO, 2002)

A curva representativa da variação de intensidade por frequência chama-se “Espectro de mascaramento”, sendo também chamada de ruído de fundo.

2.2.6 Ruído médio equivalente (Leq)

As variações de nível de um ruído flutuante podem ser representadas pelo Ruído Médio Equivalente. Nesse parâmetro obtemos um nível de ruído contínuo que possui a mesma energia acústica que os níveis flutuantes originais, durante um período de tempo. O princípio da mesma energia assegura a precisão do método para avaliação dos efeitos do ruído sobre o aparelho auditivo. (FERNANDES, 2002)

O Leq é definido pela eq.(2) abaixo:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log_{10} \int_0^t \frac{P_a(t)}{P_o} \cdot dt \quad (2)$$

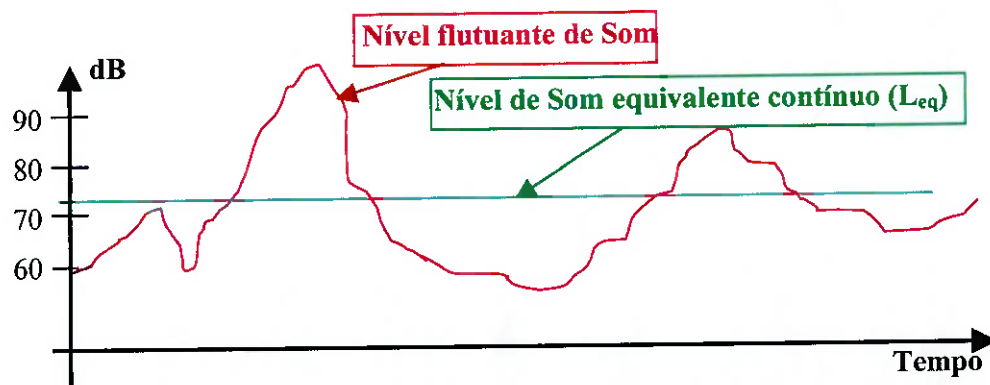
Onde:

L_{eq} = Ruído Médio Equivalente.

P_a = Pressão Sonora no Instante (t).

P_o = Pressão Sonora.

A figura 2.4 mostra o L_{eq} graficamente.



Fonte: (FERNANDES, 2002)

Fig. 2.4 – Nível de som equivalente contínuo

Para encontrarmos L_{eq} segundo a Norma de Higiene Ocupacional (NHO) 01 da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) devemos usar a constante de tempo em "lento" e a ponderação na curva "A", indicando-se por L_{Aeq} . O tempo usado no método pode ser escolhido conforme a indústria ou o tipo de ruído, podendo ser, por exemplo, de 60 segundos, 30 minutos, 1 hora, etc. Esse método é muito preciso para avaliar o risco auditivo.

2.3. Legislação

A norma que rege os requisitos técnicos e legais de caracterização de atividades e operações insalubres é a Norma Regulamentadora (NR) 15. Contudo a FUNDACENTRO, atuando como órgão de pesquisa no desenvolvimento de procedimentos de avaliação, visando garantir a validação de métodos de medição na área de higiene ocupacional, vem publicando normas técnicas de modo a orientar os profissionais da área de saúde ocupacional.

A regulamentação técnica da constituição federal e Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) sobre os aspectos preventivos relacionados aos Riscos Ambientais é feita através da Portaria do Ministério do Trabalho (Portaria MT) 3.214. Esse documento apresenta sete Normas Regulamentadoras que abordam diretamente a questão dos ruídos relacionados à identificação, conforto, monitoramento e ações preventivas no campo da exposição ocupacional:

- a) NR-5, Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), no anexo que trata da elaboração do Mapa de Riscos Ambientais;
- b) NR-6, Equipamento de Proteção Individual (EPI), no que diz respeito à necessidade do uso do EPI para a proteção do sistema auditivo;
- c) NR-7, Programa de Controle Médico e Segurança Ocupacional (PCMSO), determina os aspectos a serem observados na implantação do PCMSO, bem como os parâmetros e a necessidade de realização dos exames audiométricos;
- d) NR-9, Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), estabelece os riscos físicos, químicos e biológicos a serem reconhecidos e identificados no PPRA;

- e) NR-12 (Máquinas e Equipamentos), que determina a necessidade dos fabricantes e importadores de motos serras de apresentarem os níveis de ruído e vibrações em seus manuais;
- f) NR-15 – Anexo 1 e 2 (Atividades e Operações Insalubres), para caracterização das atividades e operações insalubres;
- g) NR-17 (Ergonomia), trata exclusivamente do problema do ruído no que diz respeito ao conforto no ambiente de trabalho.

Dentre as Normas apresentadas, apenas três estabelecem referências sobre pressão sonora em ambientes de trabalho:

- a) NR-9, estabelece em 50% de dose diária como nível de ação. Isso corresponde a valores acima de 80 dB(A);
- b) NR-15, estabelece o tempo máximo de exposição em função das intensidades de ruído para evitar perdas auditivas;
- c) NR-17, estabelece o valor de 65 dB(A) como limite para ambientes com conforto acústico ou a curva de avaliação de ruído (NC – Noise Criteria), de valor não superior a 60 dB.

A Portaria MT 19 (de 09/04/98) estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para o monitoramento dos trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados através de exames audiométricos (NR-7 – PCMSO). A FUNDACENTRO apresenta a NHO-01 como complemento metodológico para avaliação ocupacional.

Também amplamente discutido e sujeito a alterações provenientes da reforma da previdência, o problema do ruído é abordado pela Legislação Previdenciária principalmente nos seguintes documentos:

- a) Lei 8.213 (24/07/91), dispõe sobre o Plano de Benefícios da Previdência Social (PBPS) incluindo a caracterização da aposentadoria especial (subseção IV) e auxílio acidente (subseção XI);
- b) Lei 9.032/95, dispõe sobre o PBPS, sendo o marco da reformulação dos critérios para enquadramento de atividade especial;

c) Decreto 3.048/99, altera e revoga o Decreto 2.172/97 que regulamenta a Lei 8.213/91;

d) Ordem de Serviço (OS) 608 (05/08/98), aprova a Norma Técnica sobre perda auditiva neuro-sensorial por exposição contínua a níveis elevados de pressão sonora de origem ocupacional (PAIRO);

As OS 600/98, 612/98, 621/98, 623/99 e 98/99 e Instruções Normativas 42/00, 49/01 e 53/01, são documentos complementares que também tratam do ruído ocupacional e devem ser aplicadas à época de suas respectivas vigências.

2.3.1. Comparativo entre as Normas NR-15 e NHO-01

Tabela 2.2 – Ruído Contínuo ou Intermitente

Ruído Contínuo ou Intermitente	NR-15	NHO-01
Limite de Tolerância para 8 horas	85	85
Incremento de Duplicação de Dose (q)	5	3
Nível Limiar de Detecção (NLD)	Sem referência	80
Nível Médio (NM)	Sem referência	Equação
Valores Abaixo de 80 dBA	Desprezíveis para efeito de cálculo de dose	Desprezíveis para efeito de cálculo de dose
Nível de Exposição	Sem referência	Equação
Nível de Exposição Normalizado	Sem referência	Equação
Nível de Ação Referente (Jornada de 8 h)	(NR-9) 80 dBA – dose – 50%	Nível de exposição normalizado 82 dBA
Risco Grave e Iminente	115 dBA	115 dBA

Fonte: (ARAÚJO, 2002)

Tabela 2.3 – Ruído de Impacto

Ruído de Impacto	NR-15	NHO-01
Limite de Tolerância (LT)	120 dBC ou 130 dB (linear)	Função no nível de Pressão Sonora Pico (Np) e o número de impactos da jornada
Limite de Tolerância Valor Teto (LTVT)	130 dBC ou 140 dB (linear)	140 dB (linear)
Relaciona Número de Picos Máximos Admissíveis em Função do Número de Impactos	Sem referência	Tabela Específica ou Equação $N_t = 160 - 10 \log(n)$ dB
Nível de Ação	Sem referência	(Np - 3) dB
Deteccção	Fast ou impulsivo (RMS)	Pico (Peak)

Fonte: (ARAÚJO, 2002)

3. METODOLOGIA

Esta monografia foi elaborada de uma forma que apresente os conceitos básicos e as normas vigentes, que são usadas para uma avaliação de ruído em uma atividade fabril.

Inicialmente foi dada uma visão dos conceitos teóricos sobre o som, o ruído, o aparelho auditivo, os efeitos nocivos causados pelo ruído, as diversas escalas de ponderação, efeito de mascaramento e a determinação do nível de ruído médio equivalente.

A fábrica da ArvinMeritor é dividida por áreas, conforme Anexo A, as quais foram apresentadas de uma forma resumida às interações com os produtos fabricados.

Para darmos início às medições, foi necessário elaborar um levantamento detalhado da população da empresa, das áreas e atividades laborais, bem como vistoria das áreas e postos de trabalho. Foi também consultado o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), com a finalidade de identificar os métodos e processos de trabalho em questão, as operações rotineiras, as operações intermitentes, as operações eventuais, as situações críticas, a existência de proteções individuais e coletivas e a adequação destes equipamentos de proteção. Procedeu-se a avaliação pontual dos níveis de ruído, definindo-se ainda a característica do ruído médio e a avaliação por frequência em bandas de oitavas, de cada um dos setores.

Devido à grande variedade das atividades produtivas e de equipamentos, foram executadas várias medições em diversas etapas, totalizando 62 medições dos níveis de pressão sonora (NPS), em dB(A), e em bandas de oitava, cujos valores estão mencionados em maior detalhe no item 4.3.

Para a avaliação da exposição ocupacional foram definidos os postos de trabalhos, para os quais se efetuou dosimetrias, cobrindo-se a exposição típica de cada posto, com a utilização dos seguintes instrumentos:

- Integrating sound Level Meter Controller Type 2237 Brüel & Kjær;
- Real Time Analyzer Sound Level Meter RION NA29 – Japan; devidamente calibrados e aferidos.

A legislação ocupacional a que se refere esse relatório é aquela constante das normas NR-15 / NR-17 da Portaria n. 3.214 do Ministério do Trabalho, que estabelece o valor médio equivalente de 85 dB(A) como limite máximo de exposição diária (oito horas) nas áreas de trabalho industriais e 65 dB(A) como valor médio recomendável máximo para escritórios da área fabril.

Os valores de medições foram obtidos há uma distância aproximada de 2 metros das fontes sonoras, com registros médios de 10 segundos, por um período de 30 minutos. Os espectros de medições referentes às bandas de oitavas, foram obtidos no mesmo período de tempo para obtermos uma avaliação o mais real possível.

Na apresentação gráfica do NPS das áreas, temos os registros dos valores médios, em dB(A), da situação mais crítica, onde foi usado um fundo de escala padronizado (120 dB(A)) para visualizarmos graficamente os diferentes níveis de ruído entre as áreas, já nos gráficos representativos de bandas de oitavas mostrou-se os valores medidos nas respectivas frequências, onde os mesmos registram as leituras no instante da medição.

Para as demais análises foram elaboradas tabelas resumo das medições por pressão sonora e bandas de oitava, onde poderemos observar as variações dos níveis de ruído em relação às diferentes atividades de trabalho executadas pelos funcionários.

Através das análises dessas medições foram elaborados planos de ação para a redução dos níveis de ruídos nas áreas, assim como foram feitas estimativas para as reduções desses níveis e do investimento financeiro necessário para a implementação desses planos.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 Histórico da Empresa

Fundada em 1957, numa joint venture entre a Rockwell (Fabricante Norte-Americana de Eixos de Transmissão Automotiva) e a Cobrasma (Fabricante Nacional de Eixos para Vagões de Trem), surge a CRESA (Cobrasma Rockwell Eixos S.A.), voltada exclusivamente para o mercado local que acabava de dar início à fabricação de veículos automotores.

Em 1987, a Rockwell adquire 100% das ações dessa companhia, criando-se assim a Rockwell Braseixos LTDA, transformando-a numa indústria multinacional. Nessa época os seus negócios estavam voltados para a fabricação de eixos de veículos leves (carros de passeio), pesados (caminhões e ônibus) e fora de estrada (tratores, etc.).

Em 1995, a Rockwell Corporate decide se desfazer do negócio de veículos leves, vendendo-a ao seu maior concorrente.

Em 1997, a divisão automobilística, em escala mundial, da Rockwell desliga-se e é criada uma gigante no ramo de auto-peças, a Meritor, totalmente independente, que possuía negócios em todos os continentes, num total de 15 fábricas, incluindo a situada no Brasil.

Em 2000, uma nova fase acontece na história dessa empresa. Com a necessidade cada vez maior das empresas de auto-peças fornecerem sistemas integrados, a Meritor se uni à Arvin, outra gigante no ramo de auto-peças, sendo criada uma nova companhia, a ArvinMeritor, presente em mais de 22 países e com mais de 36.000 funcionários. Com essa fusão, a ArvinMeritor passa a ser uma das 10 maiores empresas de sistemas automotivos do mundo, com faturamento anual da ordem de US\$ 7 bilhões, com a sede localizada em Troy, Estados Unidos.

4.2. Apresentação da Empresa

Localizada na zona central da cidade de Osasco, a ArvinMeritor está situada num terreno de 50.000 m² (Figura 4.1). Observa-se na Figura 4.2 a fachada da recepção e na Figura 4.3 visualizamos o marco da empresa, que se tornou um ponto de referência na cidade, um reservatório de água de 45 metros de altura e capacidade de 60.000 litros. Possui um total de 1200 funcionários. É reconhecida nos 5 últimos anos como uma das *100 Melhores Empresas para se Trabalhar no Brasil* da Revista Exame, além de possuir diversos prêmios e reconhecimento dos seus clientes. Está certificada em ISO 14001 (Norma para Certificação de Sistema de Gerenciamento Ambiental) desde fevereiro de 2000 e TS-16949 versão 2002 (Norma para Certificação de Sistemas de Gerenciamento da Qualidade, elaborada pelos principais fabricantes mundiais de veículos automotores), desde novembro de 2004.



Fig. 4.1 – Vista Aérea da Fábrica



Fig. 4.2 – Vista da Fachada da Recepção

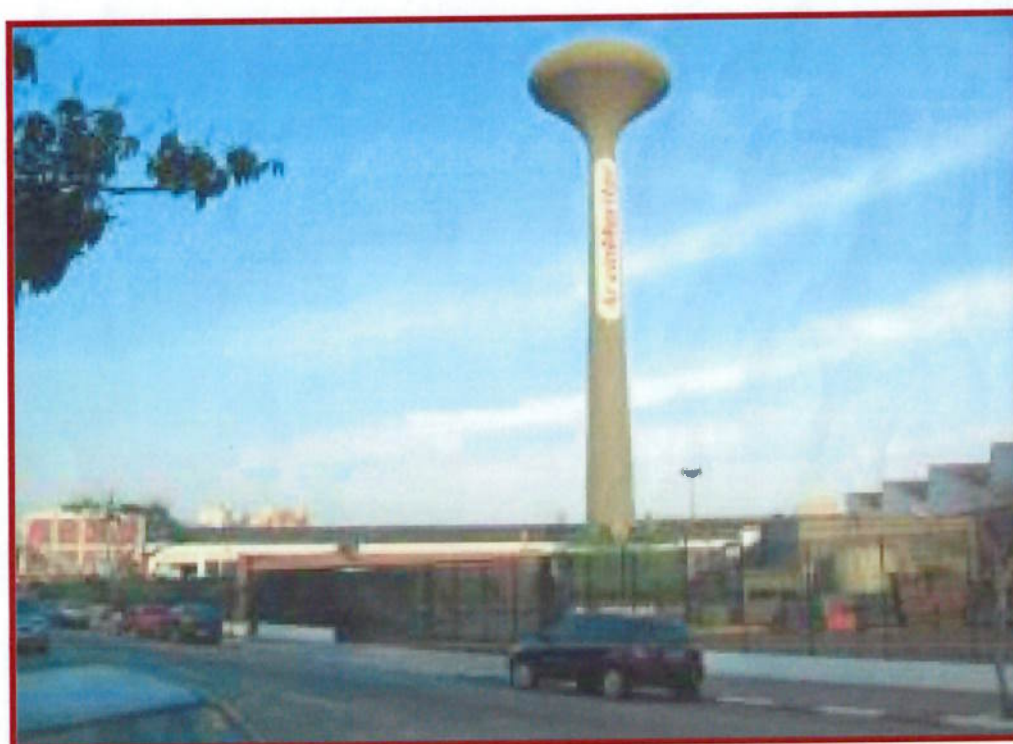


Fig. 4.3 – Reservatório de Água

A área fabril é composta por dois galpões distintos, interligados por uma passarela coberta, podendo ser melhor visualizado no Anexo A.

O galpão maior, onde se encontram o maior número de linhas de produção, principalmente as linhas de usinagem de engrenagens (coroa e pinhão, engrenagens helicoidais, etc.), forjado de precisão (satélites e planetários), soldagem, usinagem e pintura de carcaças, montagem e pintura de eixos dianteiros e traseiros, além da montagem de diferenciais.

No galpão menor estão a linha de tratamento térmico, onde as engrenagens produzidas pela fábrica, em sua maior parte, passam pelo processo de cementação, têmpera e revenimento e as linhas de usinagem de satélites e planetários.

4.3 Níveis de Ruído por Área

4.3.1 GRO – Usinagem da caixa do diferencial

Centro de usinagem de caixa de diferencial, automatizado, composto de cinco máquinas, mostrada parcialmente na Figura 4.4, onde as peças são alocadas em um carro transportador (sendo 12 no total), e através de programa CNC é direcionada a cada uma dessas máquinas para sofrer as usinagens necessárias, após isso a peça acabada fica disponível para ser descarregada.



Fig. 4.4 – Vista parcial da área GRO

As medições foram feitas nos postos de carga e descarga localizada entre as 5 (cinco) máquinas (fresadoras) e em funcionamento simultâneo, em volta do centro de usinagem e próximo ao fosso com duas bombas de óleo com respectivas filtragens, # 622:

- Nas piores condições de usinagem com duração de até 1,5 minutos, com fresas funcionando;
- Existe ocorrência de ruído de ar comprimido;
- Dentro da sala máquina de medição tridimensional;

4.3.1.1 Análise gráfica – GRO

Centro de usinagem da caixa do diferencial, com operação de usinagem. Duração de no máximo 1,5 minutos – Ruído do ar comprimido

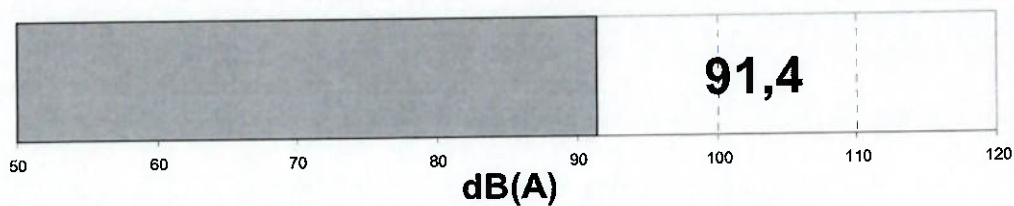


Fig. 4.5 – Medição em dB(A) – GRO

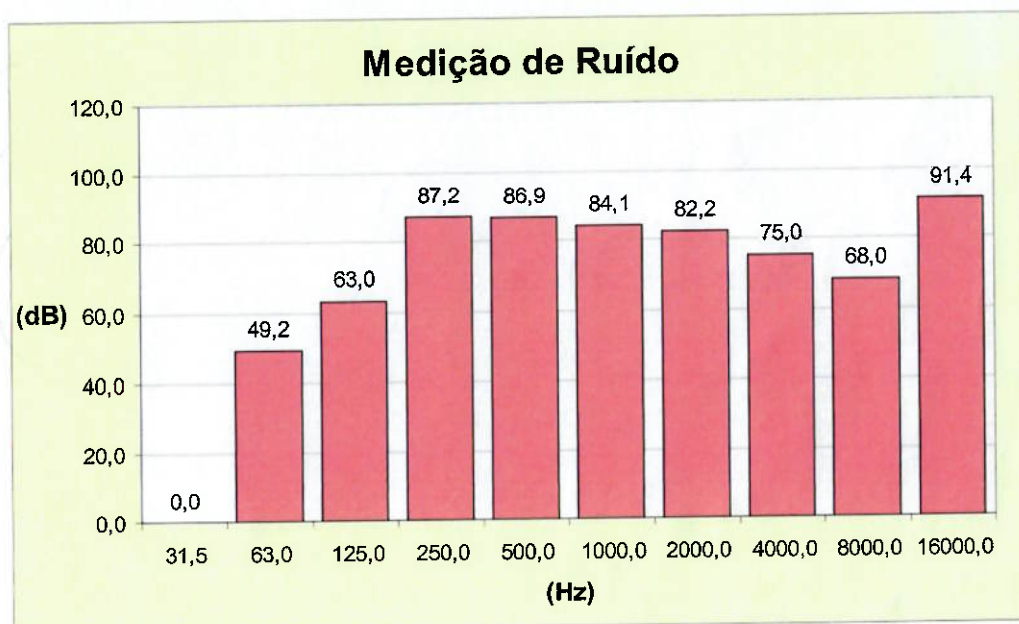


Fig. 4.6 – Medições em bandas de oitava – GRO

4.3.1.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área GRO

A Tabela 4.1 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área GRO e a Tabela 4.2 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.5 e 4.6 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.1 – Descrição e resumo das medições em dB(A) - GRO

	Descrição da medição	dB(A)
1	Em funcionamento fresadoras, apertadeiras hidropneumaticas.	86,9
2	Em funcionamento fresadoras, apertadeiras hidropneumaticas e esmerilhadeira tipo chicote.	89,1
3	Dentro da cabine de medidora tridimensional.	68,5
4	Área do tanque de refrigeração para a usinagem.	85,3
5	Dentro da cabine (sala) da área administrativa.	65,9
6	Área externa à cabine (sala) administrativa.	78,6
7	Centro de usinagem desligado (fresadoras).	81,7
8	Centro de usinagem da caixa do diferencial, com operação de usinagem (Fig 4.5;4.6).	91,4

Tabela 4.2 – Resumo das medições em bandas de oitava – GRO

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	47,2	59,8	70,0	76,4	77,2	74,8	72,3	64,1	81,9
2	0,0	47,2	60,8	68,1	72,0	79,9	78,7	80,6	78,0	86,2
3	0,0	42,4	53,0	58,2	63,8	62,4	60,0	55,8	45,0	67,3
4	0,0	63,2	61,0	71,4	77,6	80,3	80,3	77,2	72,1	86,0
5	0,0	42,6	51,1	58,1	61,3	61,3	59,2	56,8	49,5	67,9
6	0,0	45,0	57,3	66,9	72,1	74,3	72,5	70,0	63,8	78,6
7	0,0	48,3	60,0	67,9	71,8	76,8	75,6	75,0	69,4	82,3
8	0,0	49,2	63,0	87,2	86,9	84,1	82,2	75,0	68,0	91,4

4.3.1.3 Plano de ação - GRO

Os valores destacados na Tabela 4.1 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção das seguintes ações:

- Enclausuramentos com maior eficiência das máquinas de usinagem (fresadoras);
- Aplicação de painéis fono-absorventes tipo *baffles* nas áreas imediatamente acima das máquinas, penduradas na estrutura da cobertura;

- No piso de grade do sistema de refrigeração, sobre as bombas de óleo, substituir parcialmente a grade por placas removíveis de concreto leve de 80kg/m^2 .
- Aplicar dispositivos abafadores de sopro de ar comprimido.

4.3.2 LEM – Laboratório de ensaios mecânicos

Laboratório onde são feitos ensaios destrutivos de peças e componentes, visando principalmente verificar a vida útil das mesmas, mostrado parcialmente na Figura 4.7

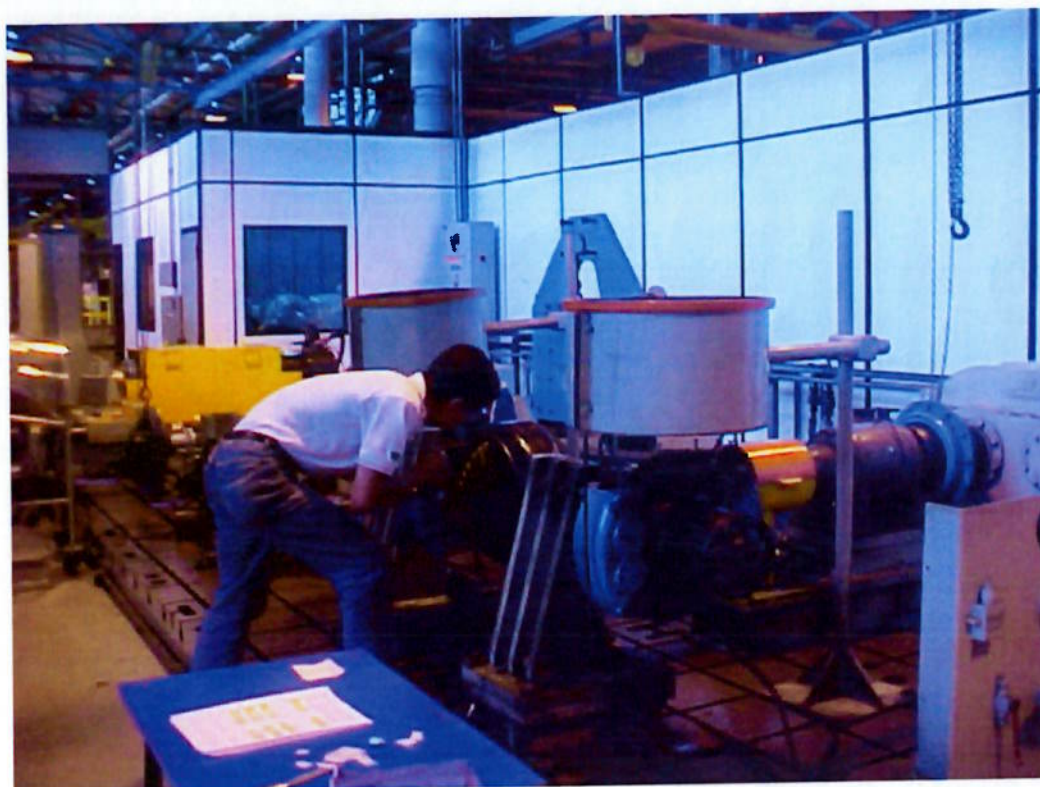


Fig. 4.7 – Vista parcial da área LEM

Análise do ruído gerado durante o ensaio de conjunto do diferencial MS-12.113 com os seguintes valores:

- Antes do início do ensaio (ruído de fundo)
- Com ensaio em andamento, máquina #1740 com ventiladores ligados
- Com ensaio em andamento, máquina #1740 com ventiladores desligados

4.3.2.1 Análise gráfica – LEM

Laboratório de ensaios mecânicos - #1740, ensaio do diferencial MS-12.113, com ensaio mais ventilador.

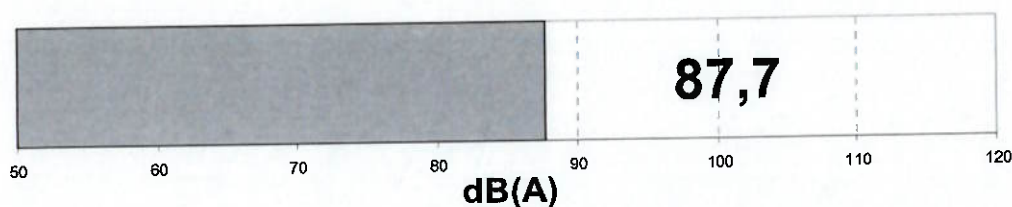


Fig. 4.8 – Medição em dB(A) – LEM

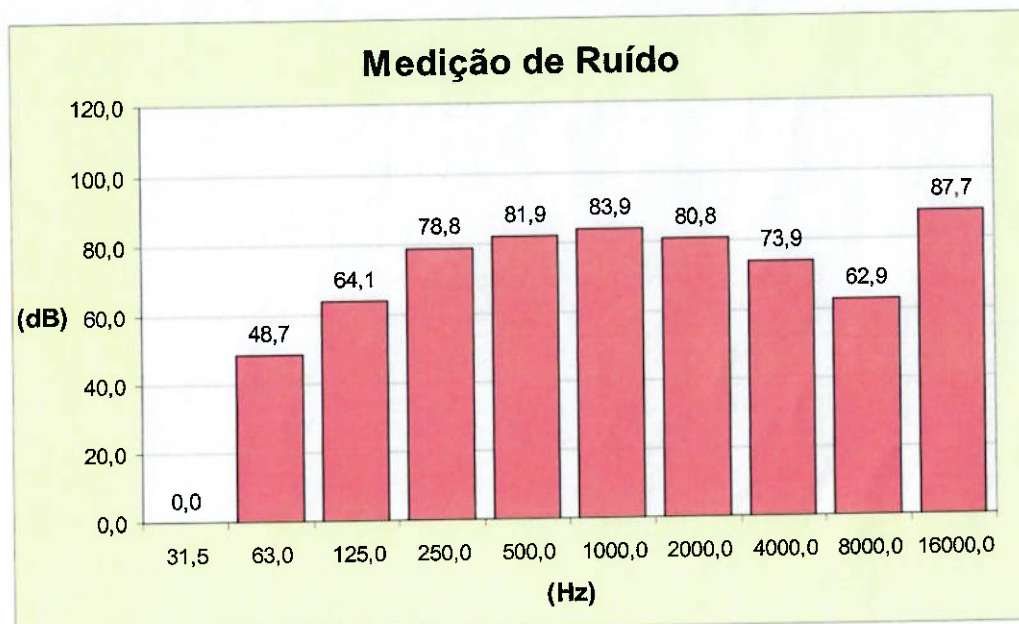


Fig. 4.9 – Medições em bandas de oitava – LEM

4.3.2.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área LEM

A Tabela 4.3 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área LEM e a Tabela 4.4 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.8 e 4.9 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.3 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – LEM

	Descrição da medição	dB(A)
1	# 1740 – Máquina de ensaio do eixo diferencial MS-12.113 – Ligada, porém sem ensaio mecânico do eixo.	81,8
2	# 1740 – Máquina de ensaio do eixo diferencial MS-12.113 – Ligada, com ensaio mecânico do eixo, sem ventilador.	86,9
3	Laboratório de ensaios mecânicos - #1740, ensaio do diferencial MS-12.113, com ensaio mais ventilador (Fig. 4.8;4.9).	87,7

Tabela 4.4 – Resumo das medições em bandas de oitava – LEM

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	43,8	64,1	75,0	75,6	77,8	75,0	70,0	63,6	82,3
2	0,0	46,0	60,3	70,9	81,1	82,4	80,0	73,6	62,6	87,3
3	0,0	48,7	64,1	78,8	81,9	83,9	80,8	73,9	62,9	87,7

4.3.2.3 Plano de ação

Os valores destacados na Tabela 4.3 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção das seguintes ações:

- Semi-confinar as operações de ensaio.
- Aplicar materiais fono-absorventes no teto.

Observação: Parcela preponderante do excesso de ruídos origina-se de setores vizinhos.

4.3.3 ESO – Usinagem da engrenagem solar

Linha de usinagem das engrenagens de dentes helicoidais, mostrada parcialmente na Figura 4.10, onde as peças são torneadas e os dentes são conformados por ferramentas de corte chamadas caracol e após isso os dentes recebem uma outra usinagem de acabamento (com ferramenta shave), melhorando assim o acabamento dos mesmos.



Fig. 4.10– Vista parcial da área ESO

Foram analisadas as operações abaixo:

- Furação de tarugos (#8076, #8073, #466 e #468)
- Cabine de exaustão (#3010)
- #3009 com polimento desligado
- #3009 com polimento ligado
- Sistema de molikote desligado

4.3.3.1 Análise gráfica – ESO

#8076 – Torno Romi – Furação do tarugo para fabricação da engrenagem (ruído elevado);

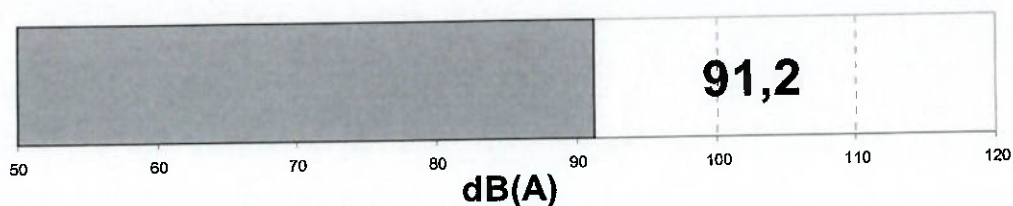


Fig. 4.11 – Medição em dB(A) – ESO

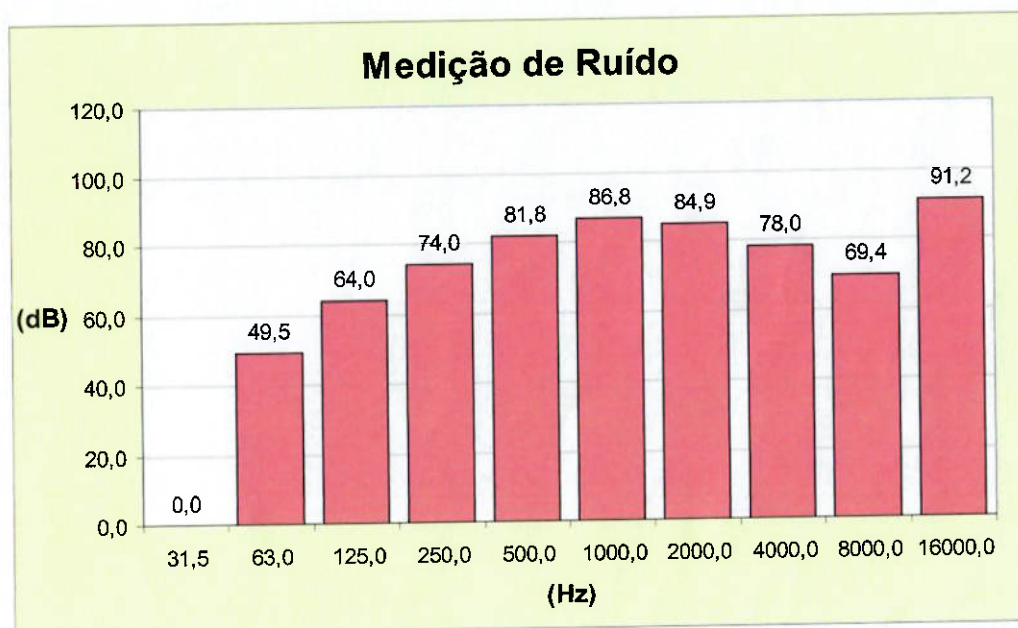


Fig. 4.12 – Medições em bandas de oitava – ESO

4.3.3.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área ESO

A Tabela 4.5 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área ESO e a Tabela 4.6 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.11 e 4.12 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.5 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – ESO

	Descrição da medição	dB(A)
1	#466 e #468 em funcionamento.	87,9
2	#3010 – Ventilador da cabine de exaustão instalado sem sistema de amortecimento.	88,3
3	#3009 – Máquina de brunir ligada, porém sem operação.	85,4
4	#3009 – Máquina de brunir ligada, em operação.	85,6
5	#3009 – Máquina de brunir desligada.	81,3
6	#8076 – Torno Romi – Furação do tarugo para fabricação da engrenagem (Fig. 4.11;4.12);	91,2

Tabela 4.6 – Resumo das medições em bandas de oitava – ESO

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	58,2	68,3	76,8	81,2	83,0	81,2	89,0	71,1	88,5
2	44,0	60,0	72,8	81,2	81,2	83,8	79,5	78,1	67,2	88,4
3	0,0	51,8	66,0	75,0	79,7	79,7	77,9	74,6	68,9	85,4
4	42,0	51,8	62,2	75,0	79,0	79,8	79,8	77,9	64,2	85,9
5	0,0	49,2	61,8	69,0	75,0	76,5	74,1	74,2	70,8	81,8
6	0,0	49,5	64,0	74,0	81,8	86,8	84,9	78,0	69,4	91,2

4.3.3.3 Plano de ação

Os valores destacados na Tabela 4.5 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção das seguintes ações:

- Prever redução do ruído de jato de ar, sob pressão;
- Interferir no apoio do motor do ventilador instalado junto à cobertura para o qual se devem prever bases anti-vibratórias e flexíveis, bem como estudo de confinamento da cabine.

4.3.4 SFL – Semi-eixo

Linha de usinagem e tratamento térmico de semi-eixos, mostrada parcialmente na Figura 4.13, onde as peças brutas (forjadas), passam por um endireitamento para facilitar e melhorar a usinagem posterior. Após as peças serem usinadas elas passam pelo processo de tratamento térmico que tem por objetivo aumentar a sua resistência à torção.



Fig. 4.13 – Vista parcial da área SFL

Foram verificadas no #244 (GOGAM), as condições abaixo:

- Com sistema de resfriamento por ar comprimido
- Com sistema de resfriamento sem ar comprimido; e também foi feita medição entre os #10620 e #211

4.3.4.1 Análise gráfica – SFL

#244 – Googan – com jato de ar ligado

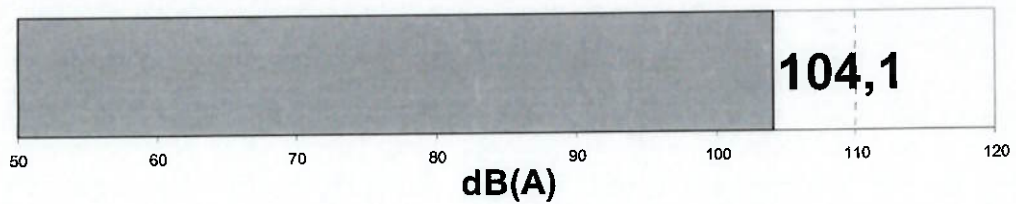


Fig. 4.14 – Medição em dB(A) – SFL

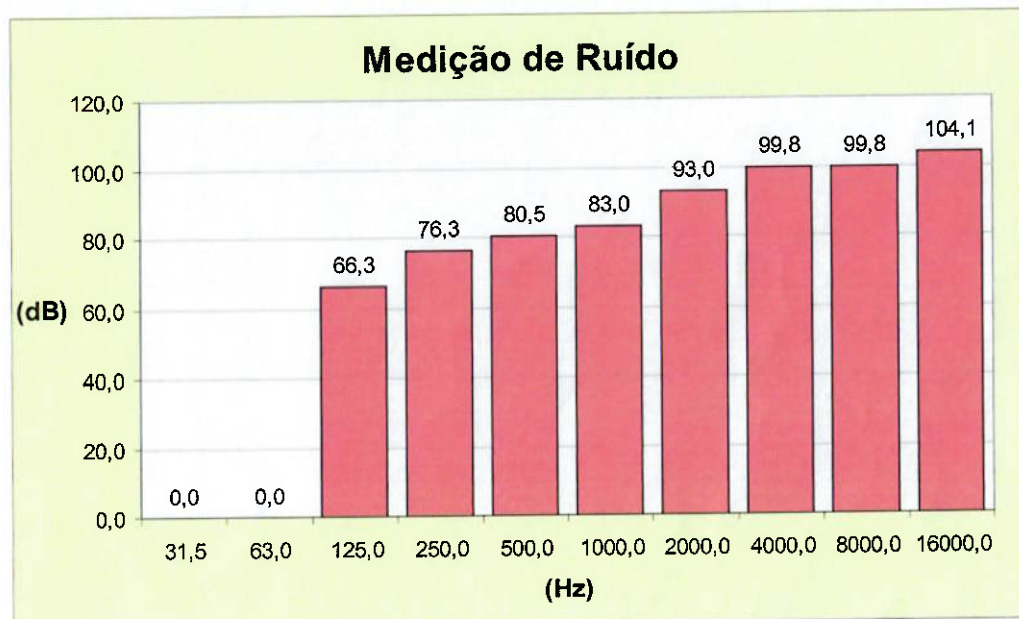


Fig. 4.15 – Medições em bandas de oitava – SFL

4.3.4.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área SFL

A Tabela 4.7 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área SFL e a Tabela 4.8 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.14 e 4.15 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.7 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – SFL

	Descrição da medição	dB(A)
1	#244 – Jato de ar comprimido de resfriamento da peça, desligado	86,0
2	Medições entre os equipamentos #10062 e #211	89,6
3	#244 – Googan – com jato de ar ligado (Fig. 4.14;4.15)	104,1

Tabela 4.8 – Resumo das medições em bandas de oitava – SFL

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	50,0	60,2	69,1	75,0	82,0	82,4	79,6	75,8	67,9	88,0
2	0,0	0,0	68,0	78,0	79,4	80,2	80,9	82,1	81,1	89,6
3	0,0	0,0	66,3	76,3	80,5	83,0	93,0	99,8	99,8	104,1

4.3.4.3 Plano de ação

Em estudo devido às dificuldades dos projetos em função da complexidade dos equipamentos e operações.

4.3.5 BLC – Linha de blank de coroa (Usinagem)

Linha onde as coroas são torneadas, furadas e brochadas, mostrada parcialmente na Figura 4.16, deixando-as dentro das dimensões especificadas e após isso são encaminhadas para a área de corte dos dentes.



Fig. 4.16 – Vista parcial da área BLC

Foram verificadas no #1705 – (Brochadeira), as condições abaixo:

- Máquina ligada
- Máquina desligada

4.3.5.1 Análise gráfica – BLC

#1075 – Brochadeira ligada

Obs: Muita ocorrência de jato de ar comprimido

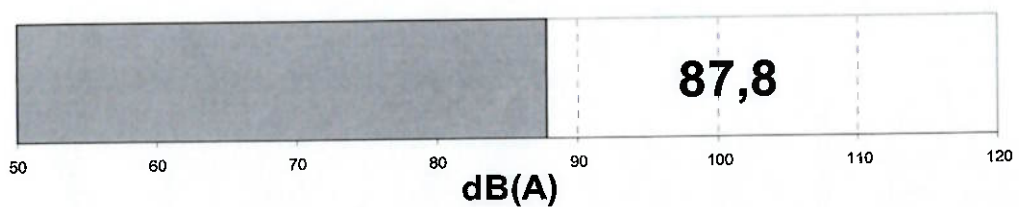


Fig. 4.17 – Medição em dB(A) – BLC

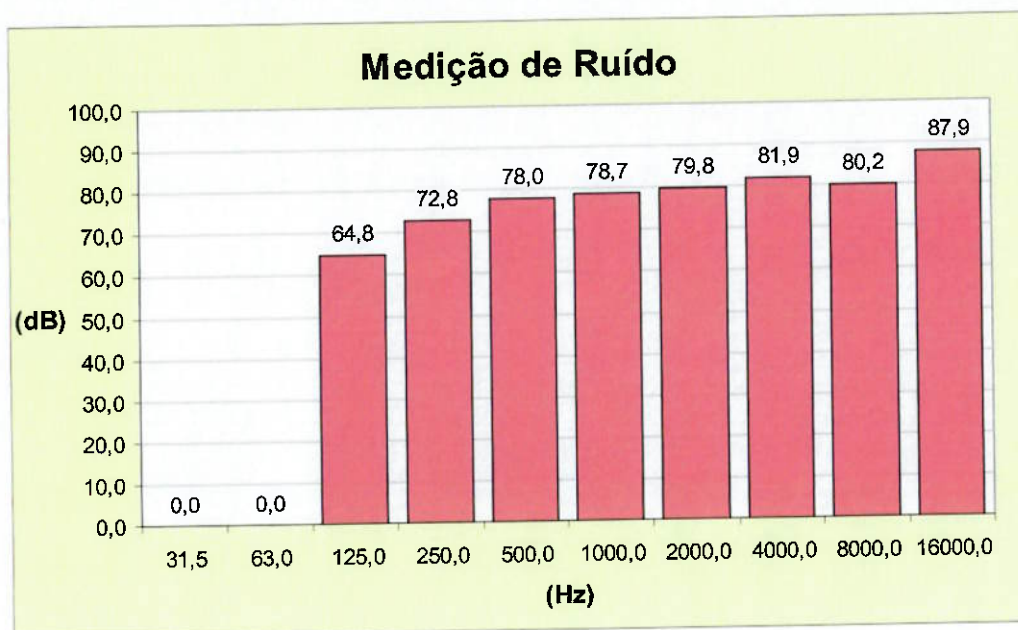


Fig. 4.18 – Medições em bandas de oitava – BLC

4.3.5.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área BLC

A Tabela 4.9 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área BLC e a Tabela 4.10 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.17 e 4.18 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.9 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – BLC

	Descrição da medição	dB(A)
1	#1075 – Bochadeira desligada, faz o entalhado da coroa	87,4
2	#1075 – Brochadeira ligada, muita ocorrência de jato de ar comprimido (Fig. 4.17;4.18)	87,8

Tabela 4.10 – Resumo das medições em bandas de oitava – BLC

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	0,0	63,0	73,5	78,5	79,0	79,0	80,8	79,0	87,4
2	0,0	0,0	64,8	72,8	78,0	78,7	79,8	81,9	80,2	87,9

4.3.5.3 Plano de ação

Os valores destacados na Tabela 4.9 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção das seguintes ações:

- Prever aplicação de painéis tipo barreira sonora
- Pendurar painéis tipo *baffles*.

Observação: ruído de fundo oriundo do #244

4.3.6 CCP – Linha de corte de coroa e pinhão (Usinagem)

Linha de usinagem de dentes hipoidais, mostrada parcialmente na Figura 4.19, onde as peças são cortadas com lâminas especiais em duas etapas, desbaste e acabamento garantindo assim um melhor acabamento dos dentes.



Fig. 4.19 – Vista parcial da área CCP

Foram verificadas as condições abaixo:

- #391
- #1011 – esmerilhamento

4.3.6.1 Análise gráfica – CCP

#10111 – Cabine da máquina de esmerilhamento com o exaustor para a retirada do pó – em vazio.

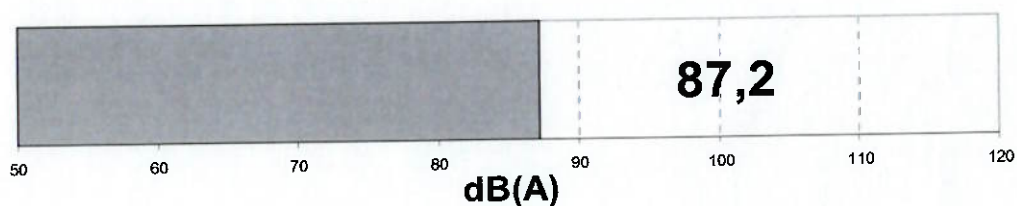


Fig. 4.20 – Medição em dB(A) – CCP

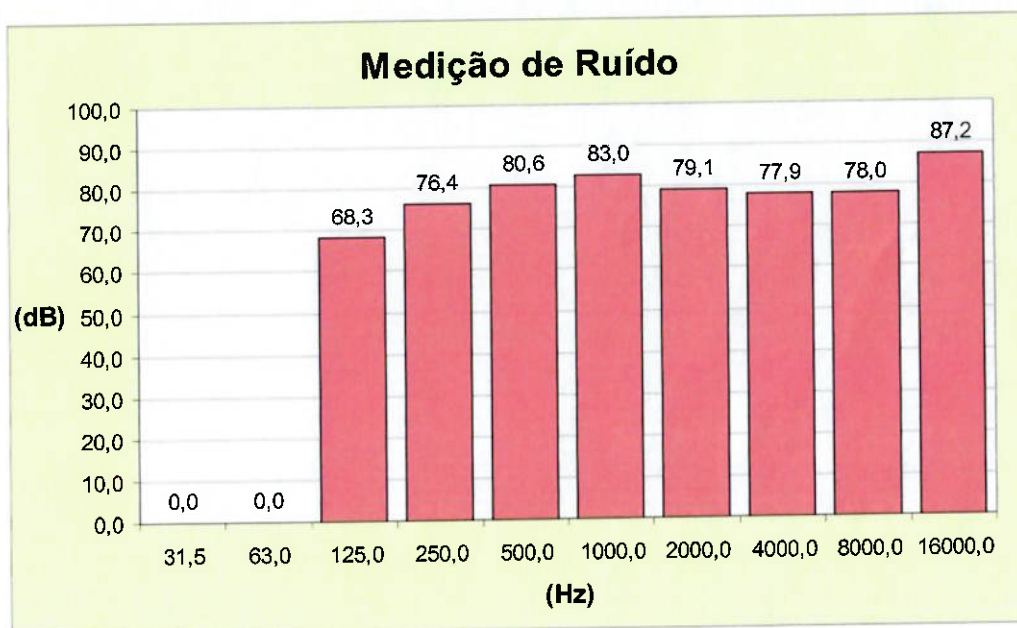


Fig. 4.21 – Medições em bandas de oitava – CCP

4.3.6.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área CCP

A Tabela 4.11 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área CCP e a Tabela 4.12 apresenta essas medições em bandas

de oitava. Os valores das Fig. 4.20 e 4.21 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.11 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – CCP

	Descrição da medição	dB(A)
1	#391 – ligado.	84,4
2	Esmerilhamento da coroa	86,9
3	#10111 – Cabine da máquina de esmerilhamento com o exaustor para a retirada do pó – em vazio (Fig. 4.20;4.21).	87,2

Tabela 4.12 – Resumo das medições em bandas de oitava – CCP

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	0,0	66,2	72,1	78,2	79,9	77,8	76,5	71,5	84,5
2	0,0	0,0	75,0	78,2	79,8	82,6	78,9	77,0	77,0	87,0
3	0,0	0,0	68,3	76,4	80,6	83,0	79,1	77,9	78,0	87,2

4.3.6.3 Plano de ação

Os valores destacados na Tabela 4.11 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção da seguinte ação:

- Enclausuramento parcial dos equipamentos.

4.3.7 EMF - Ferramentaria

Linha de ajuste e conserto de dispositivos e ferramentais que possui uma parte destinada especificamente para re-afiação de ferramentas de corte, mostrada parcialmente na Figura 4.22.



Fig. 4.22 – Vista parcial da área EMF

Análise feita junto à coluna H16, do galpão, onde existe um equipamento para sucção do pó desta área.

- Máquina desligada
- Máquina ligada

4.3.7.1 Análise gráfica - EMF

Máquina de sucção de pó, junto à coluna H16 vibra muito, falta de apoio amortecedor. Medição com máquina ligada.

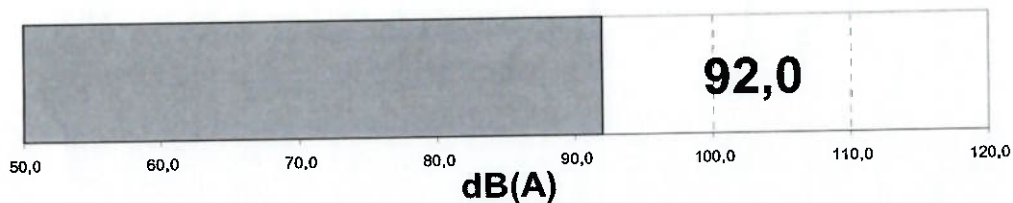


Fig. 4.23 – Medição em dB(A) – EMF

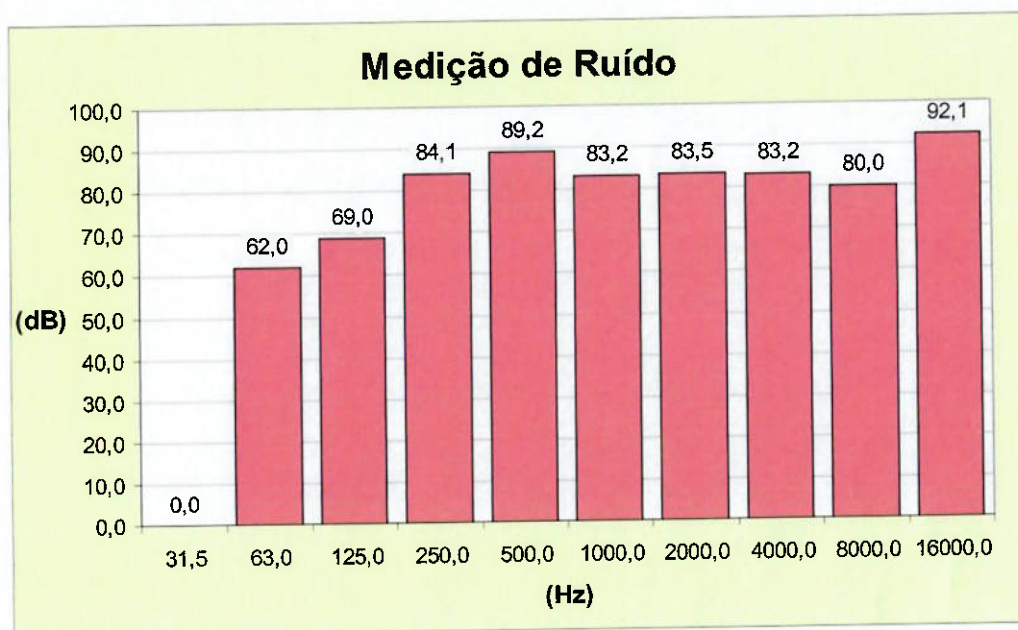


Fig. 4.24 – Medições em bandas de oitava – EMF

4.3.7.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área EMF

A Tabela 4.13 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área EMF e a Tabela 4.14 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.23 e 4.24 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.13 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – EMF

	Descrição da medição	dB(A)
1	Coletor de pó desligado	83,4
2	Máquina de sucção de pó, junto à coluna H16 vibra muito, falta de apoio amortecedor. Medição com máquina ligada (Fig. 4.23;4.24).	92,0

Tabela 4.14 – Resumo das medições em bandas de oitava – EMF

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	0,0	63,0	71,8	76,5	77,5	74,8	74,0	72,0	83,4
2	0,0	62,0	69,0	84,1	89,2	83,2	83,5	83,2	80,0	92,1

4.3.7.3 Plano de ação

O valor destacado na Tabela 4.13 indica que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção da seguinte ação:

- Instalação de apoios anti-vibratórios nos pés de fixação do sistema coletor de pó das máquinas de afiação e máquinas de usinagem.

4.3.8 LSP – Linha de satélite e planetário (Forjaria de precisão)

Linha onde através de uma prensa de 2000 Toneladas (#5200), mostrada na Figura 4.25, conformam-se os dentes dessas peças, sem a necessidade de usinagem posterior dos mesmos.



Fig. 4.25 – Vista parcial da área LSP

Foram verificadas no #5200 (Prensa Ajax), as condições abaixo:

- Máquina desligada
- Máquina ligada

4.3.8.1 Análise gráfica - LSP

#5200 – Prensa Ajax – Ligada em funcionamento normal. Área sob cobertura de laje entre colunas K12/15 e J12/15

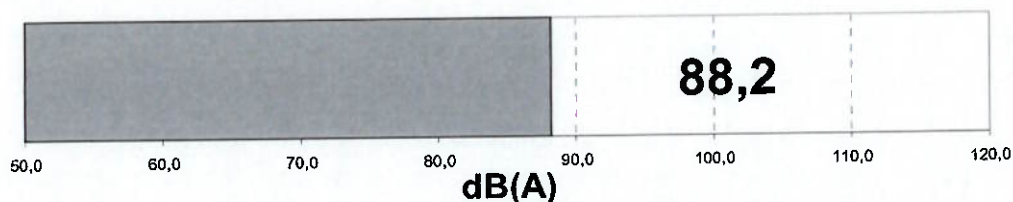


Fig. 4.26 – Medição em dB(A) – LSP

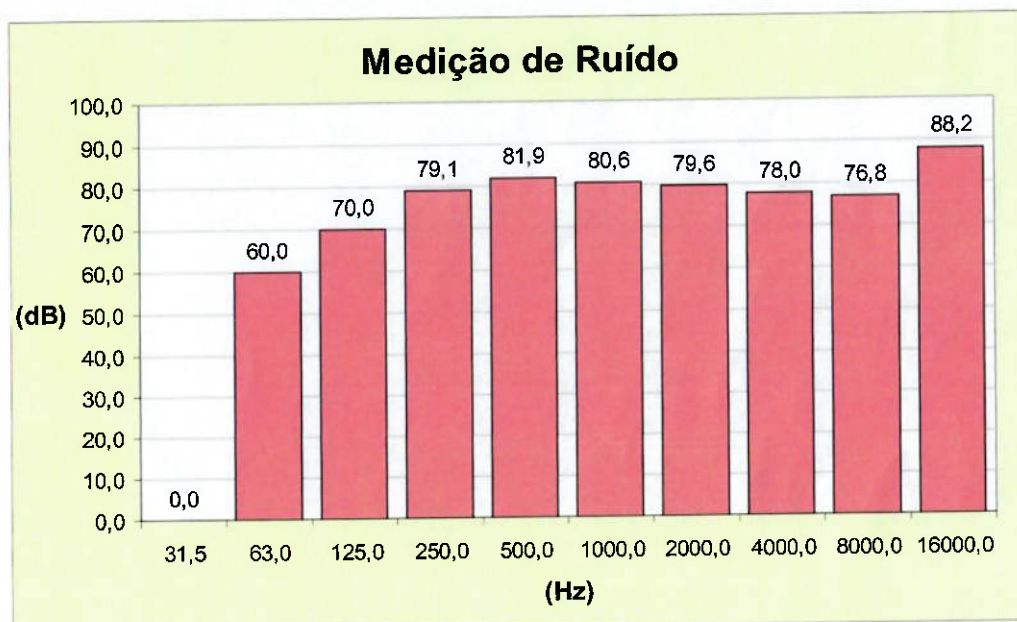


Fig. 4.27 – Medições em bandas de oitava – LSP

4.3.8.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área LSP

A Tabela 4.15 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área LSP e a Tabela 4.16 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.26 e 4.27 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.15 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – LSP

	Descrição da medição	dB(A)
1	#5200 – Prensa Ajax, Desligada	84,7
2	#5200 – Prensa Ajax – Ligada em funcionamento normal. Área sob cobertura de laje entre colunas K12/15 e J12/15 (Fig. 4.26;4.27)	88,2

Tabela 4.16 – Resumo das medições em bandas de oitava – LSP

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	0,0	66,9	73,9	79,0	79,2	78,0	73,1	70,6	84,7
2	0,0	60,0	70,0	79,1	81,9	80,6	79,6	78,0	76,8	88,2

4.3.8.3 Plano de ação

Em estudo devido às dificuldades dos projetos em função da complexidade dos equipamentos e operações.

4.3.9 LCA – Linha de carcaça (Usinagem)

Linha de montagem e usinagem de carcaças estampadas. A parte de montagem é composta basicamente por soldagem de componentes e a usinagem garante as dimensões especificadas do produto, mostrada parcialmente na Figura 4.28.



Fig. 4.28 – Vista parcial da área LCA

4.3.9.1 Análise gráfica – LCA

Esmerilhadeira pneumática ligada.

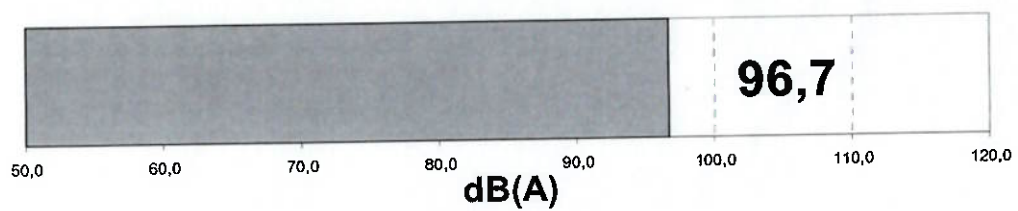


Fig. 4.29 – Medição em dB(A) – LCA

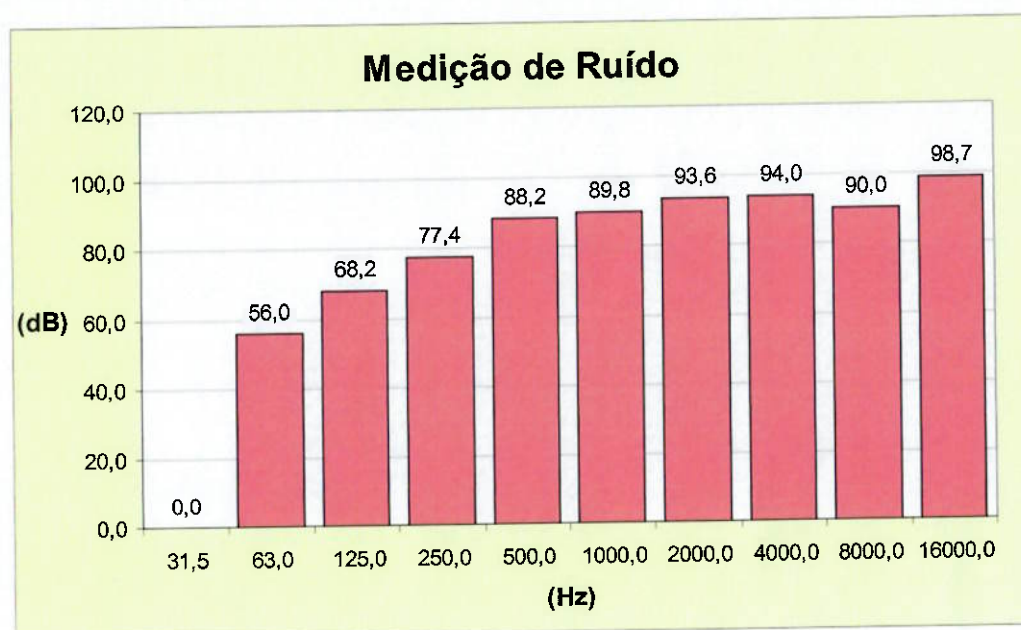


Fig. 4.30 – Medições em bandas de oitava – LCA

4.3.9.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área LCA

A Tabela 4.17 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área LCA e a Tabela 4.18 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.29 e 4.30 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.17 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – LCA

	Descrição da medição	dB(A)
1	#2114 – Torno copiador Detroit, ligado.	96,1
2	#2114 – Torno copiador Detroit, desligado.	89,4
3	Esmeril tipo chicote.	90,4
4	Esmerilhadeira pneumática ligada (Fig. 4.29;4.30).	96,7

Tabela 4.18 – Resumo das medições em bandas de oitava – LCA

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	58,2	69,6	78,5	83,9	90,0	88,3	83,6	79,0	93,8
2	0,0	56,0	65,0	77,2	80,0	82,3	80,8	78,1	73,8	88,1
3	0,0	56,0	67,8	74,9	82,2	84,5	80,8	78,0	72,1	88,0
4	0,0	56,0	68,2	77,4	88,2	89,8	93,6	93,0	90,0	98,7

4.3.9.3 Plano de ação

Os valores destacados na Tabela 4.17 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção da seguinte ação:

- Enclausurar o sistema motriz hidráulico do torno copiador marca Detroit (# 2114).

Observação: Parcela preponderante do excesso de ruídos origina-se de setores vizinhos.

4.3.10 LAP/REA – Linha de retífica e lapidação de coroas e pinhões

Linha onde são retificados e lapidados os pares de coroa e pinhão, mostrada parcialmente na Figura 4.31. Esses pares após serem lapidados não podem mais serem separados, sob risco de diminuição da vida útil do mesmo.



Fig. 4.31 – Vista parcial da área REA / LAP

4.3.10.1 Análise gráfica – REA / LAP

Setor de secagem de peças, muito ruidoso.

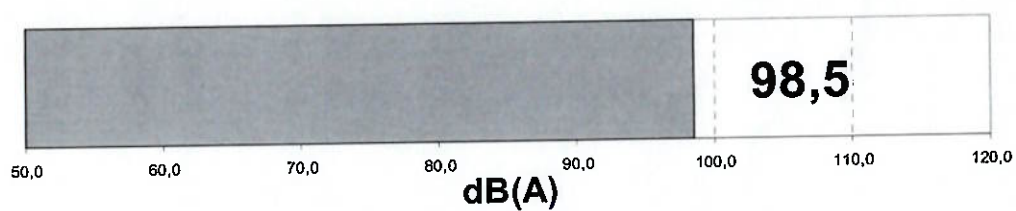


Fig. 4.32 – Medição em dB(A) – REA / LAP

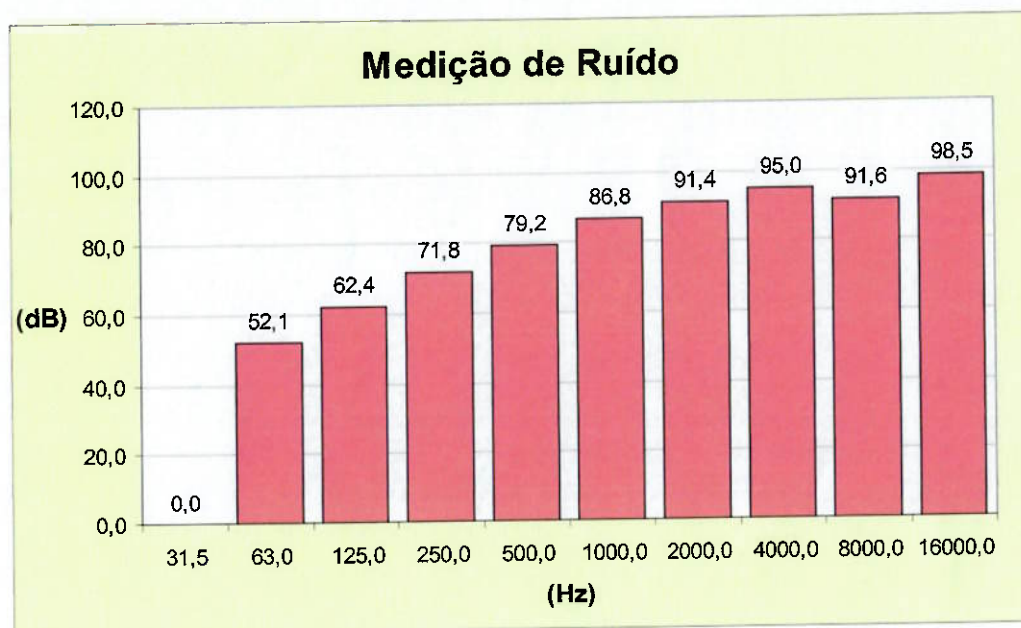


Fig. 4.33 – Medições em bandas de oitava – REA / LAP

4.3.10.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área REA / LAP

A Tabela 4.19 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área REA / LAP e a Tabela 4.20 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.32 e 4.33 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.19 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – REA / LAP

	Descrição da medição	dB(A)
1	#1087 – desligado.	81,2
2	#1087 – ligado, com ar comprimido para secagem das peças.	94,0
3	Setor de secagem de peças, muito ruidoso (Fig. 4.32;4.33).	98,5

Tabela 4.20 – Resumo das medições em bandas de oitava– REA / LAP

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	51,0	64,2	72,0	76,0	76,7	76,0	73,4	66,1	82,0
2	0,0	52,0	63,8	71,8	78,0	82,0	86,1	88,3	86,1	92,2
3	0,0	52,1	63,4	71,8	79,2	86,8	91,4	95,0	91,6	98,5

4.3.10.3 Plano de ação

Os valores destacados na Tabela 4.19 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção das seguintes ações:

- Enclausurar parcialmente os equipamentos da área.
- Aplicar dispositivos abafadores nos pontos de utilização de ar comprimido de limpeza e em dispositivos de automação/fixação;

Observação: Parcela preponderante do excesso de ruídos origina-se de setores vizinhos.

4.3.11 MOD – Linha de montagem do diferencial

Linha de montagem e teste de diferenciais, mostrada parcialmente na Figura 4.34, onde a montagem agrega vários componentes fabricados internamente (Ex. caixa do diferencial, par de coroa e pinhão, satélite e planetário, etc) e também por fornecedores externos. O teste faz a simulação do diferencial montado no eixo, como se estivesse acoplado a um veículo.



Fig. 4.34 – Vista parcial da área MOD

Análise do #569 – Máquina de lavagem de peças

- Com ar comprimido ligado
- Com ar comprimido desligado

Apresentando ventiladores no alto junto à cobertura sem apoio anti-vibratório.

Recebendo ruído de três máquinas de lavagem que utiliza ar comprimido para secagem:

- Sem chave de impacto
- Com chave de impacto

4.3.11.1 Análise gráfica – MOD

Montagem do diferencial com chave de impacto (pneumática), soltando a porca do pinhão.

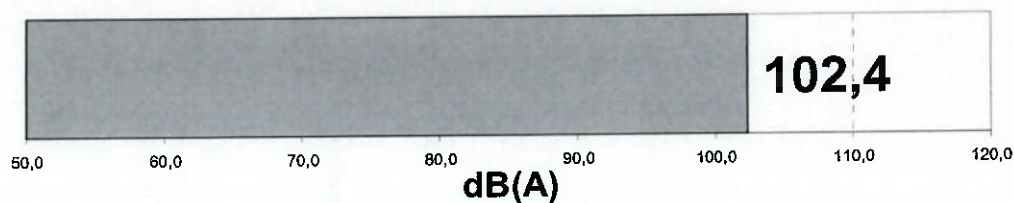


Fig. 4.35 – Medição em dB(A) – MOD

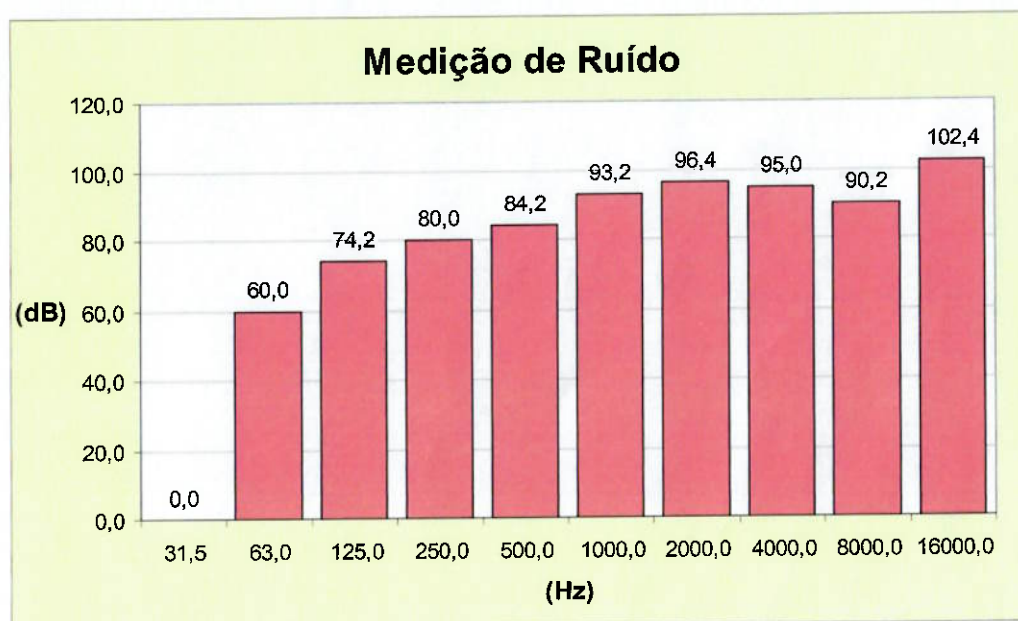


Fig. 4.36 – Medições em bandas de oitava – MOD

4.3.11.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área MOD

A Tabela 4.21 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área MOD e a Tabela 4.22 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.35 e 4.36 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.21 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – MOD

	Descrição da medição	dB(A)
1	#569 – Máquina de lavar peças com ar comprimido ligado.	98,6
2	#569 – Máquina de lavar peças sem ar comprimido.	84,4
3	Montagem do diferencial, com ar comprimido ligado.	93,1
4	Montagem do diferencial, sem chave de impacto.	82,6
5	Com chave de impacto ligado, soltando a porca do pinhão	100,4
6	Montagem do diferencial com chave de impacto (pneumática), soltando a porca do pinhão (Fig. 4.35;4.36).	102,4

Tabela 4.22 – Resumo das medições em bandas de oitava – MOD

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	55,0	57,2	63,4	71,8	76,0	82,9	90,0	93,8	93,0	98,6
2	0,0	58,0	65,0	70,0	75,8	75,2	71,8	69,1	60,0	80,2
3	0,0	53,1	61,8	70,1	78,4	84,2	88,0	89,2	84,2	93,1
4	0,0	55,0	65,8	71,7	75,1	76,3	76,6	77,0	68,1	82,6
5	0,0	57,8	69,2	79,8	83,6	92,1	95,0	94,6	90,0	100,4
6	0,0	60,0	74,2	80,0	84,2	93,2	96,4	95,0	90,2	102,4

4.3.11.3 Plano de ação

Os valores destacados na Tabela 4.21 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção das seguintes ações:

- Aplicar dispositivos abafadores nos pontos de utilização de ar comprimido de limpeza e em dispositivos de automação/fixação;
- Substituir equipamentos fixadores de porcas e parafusos (apertadeiras pneumáticas e chaves de impacto), por equipamentos eletro-eletrônicos com controle de torque;
- Instalar dispositivo anti-vibratório nos ventiladores localizados no teto (estruturas metálicas);

4.3.12 MOE – Montagem eixo traseiro

Linha onde são agregados componentes fabricados internamente (Ex. diferencial, carcaça e semi-eixo), além de componentes fornecidos por outras empresas (Ex. sistema de freio, cubo tambor), mostrada na Figura 4.37.



Fig. 4.37 – Vista parcial da área MOE

Ruído de aparafusadeiras hidropneumáticas e do ar comprimido das áreas vizinhas
Recebe ruído de setores vizinhos, devendo também receber semi-confinamento e revestimentos fono-absorventes.

4.3.12.1 Análise gráfica – MOE

Montagem do eixo traseiro, ruído da apertadeira hidropneumática.

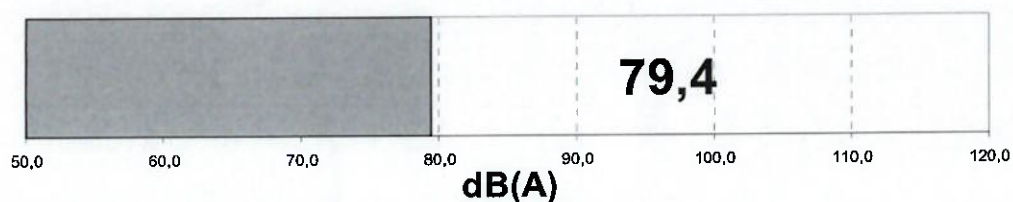


Fig. 4.38 – Medição em dB(A) – MOE

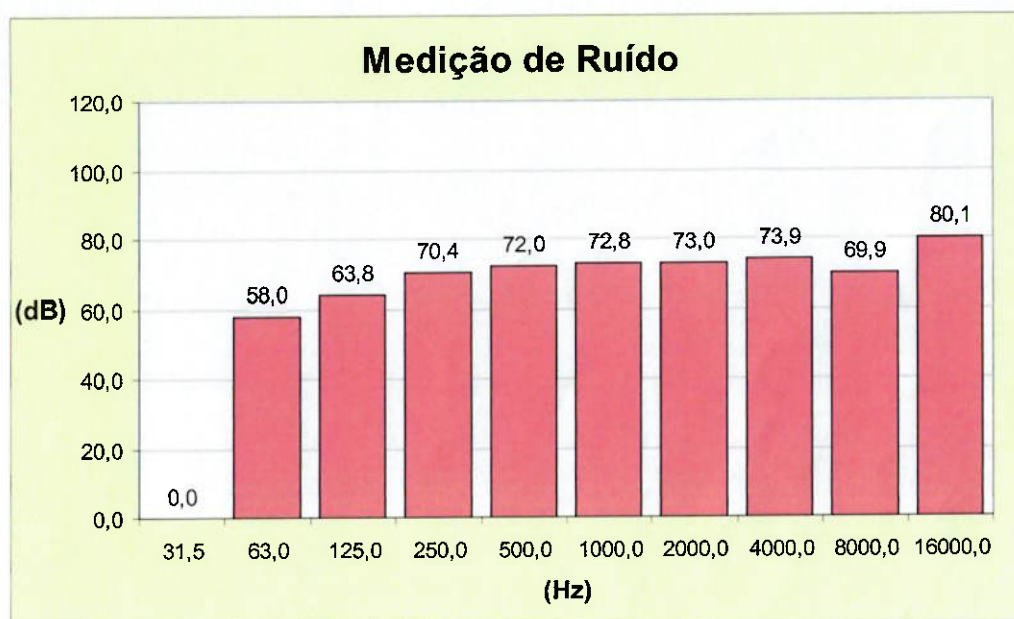


Fig. 4.39 – Medições em bandas de oitava – MOE

4.3.12.2 Plano de ação

Área já está adequada às condições de conforto acústico. Apesar disso, será proposto um plano de ação para melhoria das condições atuais, definido abaixo:

- Instalar revestimentos fono-absorventes no teto;
- Substituir equipamentos fixadores de porcas e parafusos (apertadeiras pneumáticas e chaves de impacto), por equipamentos eletro-eletrônicos com controle de torque;

Observação: Parcela preponderante do excesso de ruídos origina-se de setores vizinhos.

4.3.13 LME – Linha de montagem do eixo dianteiro

Linha onde são agregados diversos componentes, feitos exclusivamente por fornecedores terceirizados, ou seja, não há componentes de fabricação própria, mostrada na Figura 4.40.

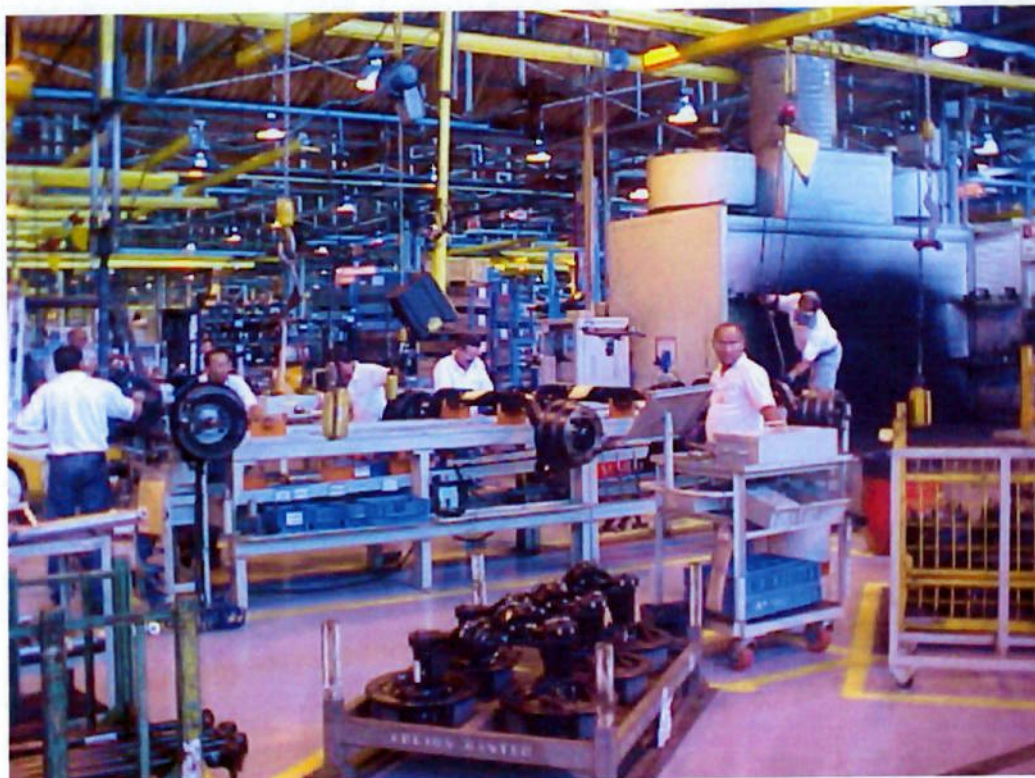


Fig. 4.40 – Vista parcial da área LME

Análise do #301 – Máquina de lavar

- Com ar comprimido
- Sem ar comprimido
- Máquina de lavar sem ar
- Máquina de lavar com ar
- Tudo parado
- Com chave de impacto
- Tudo parado
- Apertando porcas

Previsão de silenciadores para ar comprimido nas máquinas de lavagem.
Semi-confinamento das máquinas de lavagem.

4.3.13.1 Análise gráfica – LME

Medição perto do #301 (máquina de lavar), com ar comprimido.

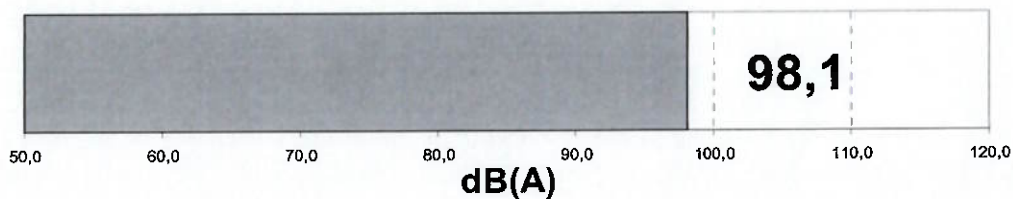


Fig. 4.41 – Medição em dB(A) – LME

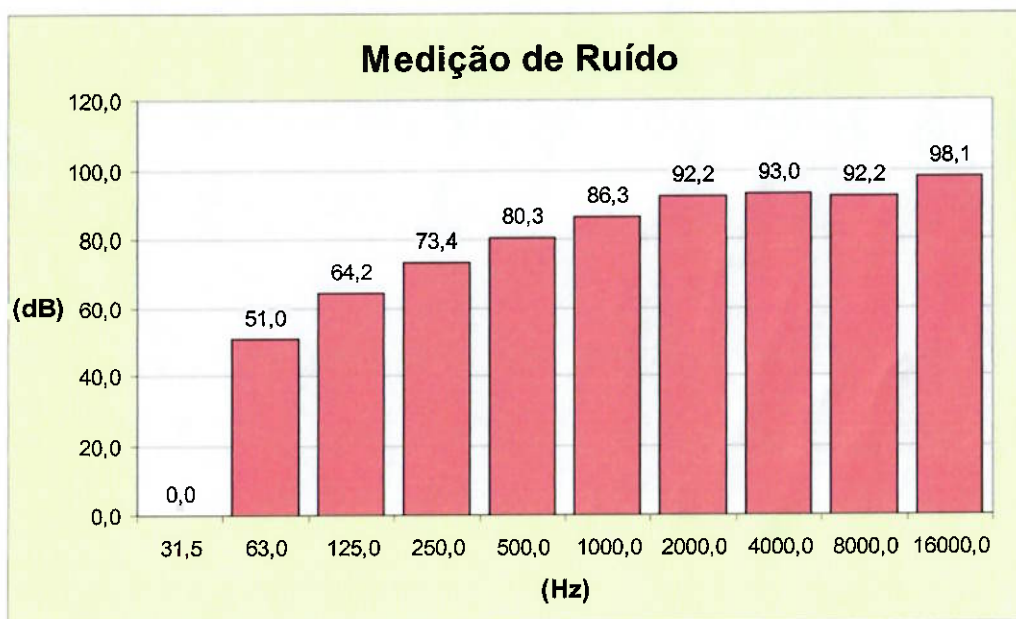


Fig. 4.42 – Medições em bandas de oitava – LME

4.3.13.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área LME

A Tabela 4.23 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área LME e a Tabela 4.24 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.41 e 4.42 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.23 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – LME

	Descrição da medição	dB(A)
1	Montagem do eixo dianteiro, sem ar comprimido.	82,0
2	Montagem do eixo dianteiro, com ar comprimido.	89,7
3	#301 – Máquina de lavar sem ar comprimido de secagem.	80,9
4	Ruído de fundo.	86,4
5	Fixação da porca do freio, por chave de impacto.	92,5
6	Montagem do eixo dianteiro, sem operação de aperto por chave de impacto.	79,2
7	Fixação da porca do braço de direção por chave de impacto	90,9
8	Medição perto do #301 (máquina de lavar), com ar comprimido (Fig. 4.41;4.42).	98,1

Tabela 4.24 – Resumo das medições em bandas de oitava – LME

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	55,0	66,8	72,2	75,1	74,4	70,3	71,0	65,9	81,0
2	0,0	54,0	64,3	71,8	75,0	78,7	82,2	83,8	82,0	89,7
3	0,0	52,4	66,2	73,1	73,1	75,2	72,7	70,0	64,9	80,9
4	0,0	56,8	66,4	71,0	77,0	74,5	76,5	70,0	62,1	81,8
5	0,0	57,8	68,7	80,4	86,0	85,3	85,3	85,0	80,1	92,5
6	0,0	59,4	65,0	71,8	74,2	73,2	70,8	65,0	59,9	79,2
7	0,0	58,0	67,4	76,1	83,1	85,6	86,0	86,0	82,7	92,4
8	0,0	51,0	64,2	73,4	80,3	86,3	92,2	93,0	92,2	96,1

4.3.13.3 Plano de ação

Os valores destacados na Tabela 4.23 indicam que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção das seguintes ações:

- Enclausurar parcialmente os equipamentos (máquina de lavar componentes) da área.

- Aplicar dispositivos abafadores de ruídos nas máquinas de lavagem de componentes;
- Substituir equipamentos fixadores de porcas e parafusos (apertadeiras pneumáticas e chaves de impacto), por equipamentos eletro-eletrônicos com controle de torque;

4.3.14 Cabina de pintura

Ao final de cada linha de montagem de eixos (dianteiros, traseiros ou planetários), esta colocada uma cabina de pintura que serve para dar o acabamento dos eixos conforme as especificações dos clientes, mostrado na Figura 4.43. O sistema de funcionamento dessas cabinas, é por sucção da névoa, com filtros localizados na parte frontal e inferior da cabina.

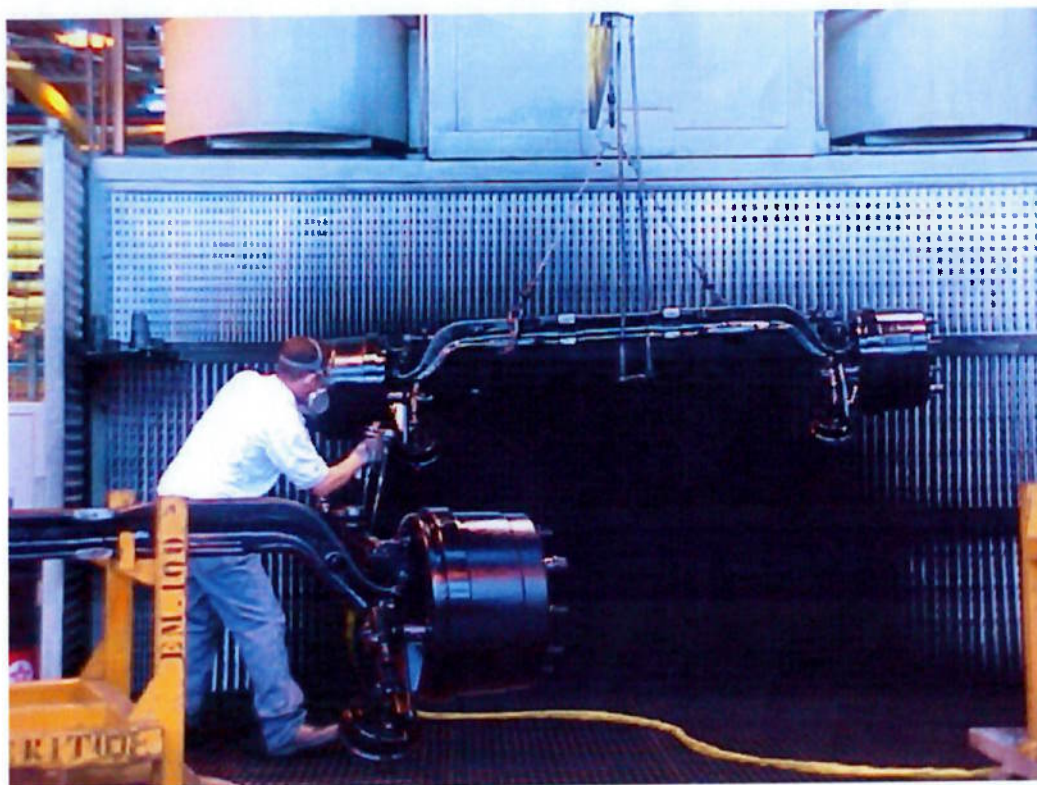


Fig. 4.43 – Vista parcial da Cabina de Pintura da LME

- LME
- MOE

- MOP

4.3.14.1 Análise gráfica – Cabina de Pintura

Cabina de pintura da linha de eixo planetário (MOP), em funcionamento.

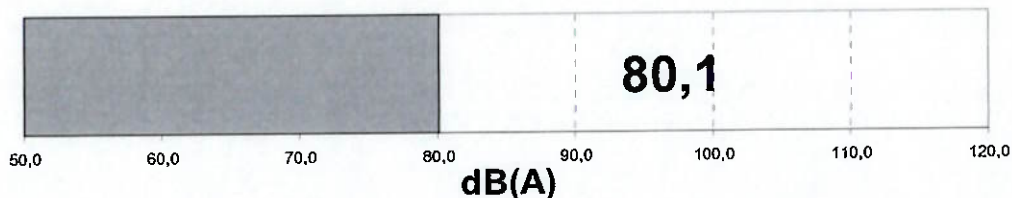


Fig. 4.44 – Medição em dB(A) – Cabina de Pintura

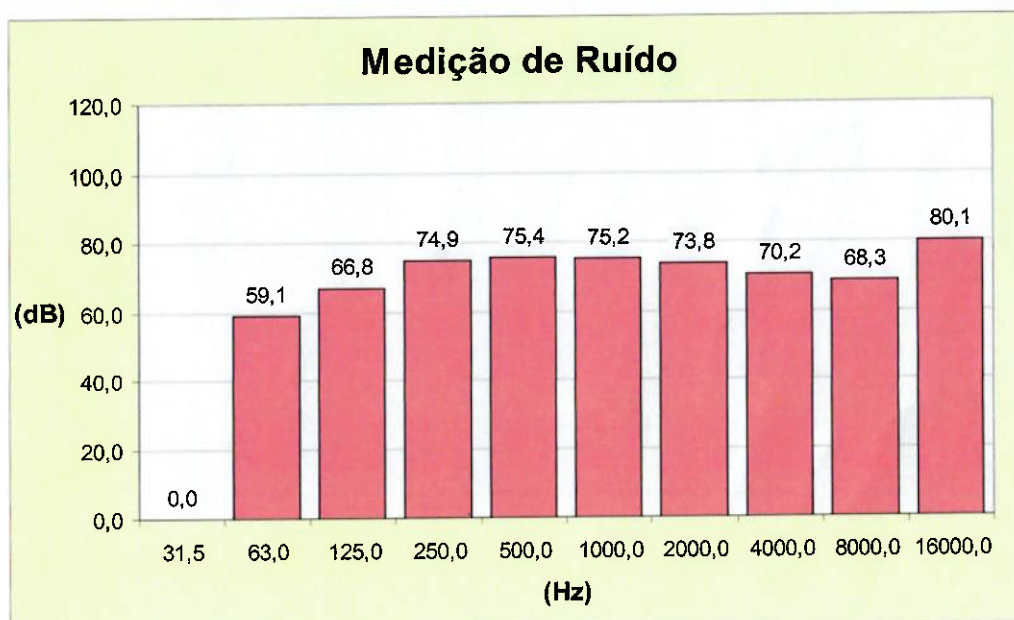


Fig. 4.45 – Medições em bandas de oitava – Cabina de Pintura

4.3.14.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área cabina de pintura

A Tabela 4.25 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área Cabina de Pintura e a Tabela 4.26 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.44 e 4.45 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.25 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – Cabina de Pintura

	Descrição da medição	dB(A)
1	Cabina de pintura da LME em funcionamento.	78,1
2	Cabina de pintura da MOE em funcionamento.	79,7
2	Cabina de pintura da MOP em funcionamento (Fig. 4.44;4.45).	80,1

Tabela 4.26 – Resumo das medições em bandas de oitava – Cabina de Pintura

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	54,0	57,9	65,0	72,9	71,8	72,7	65,8	64,9	63,6	78,1
2	0,0	58,0	66,2	78,1	76,0	75,4	70,0	69,8	68,8	79,7
3	0,0	59,1	66,8	74,9	75,4	75,2	73,8	70,2	68,3	80,1

4.3.14.3 Plano de ação

Área já está adequada às condições de conforto acústico.

4.3.15 MOP – Linha de montagem do eixo planetário

Linha exatamente igual à MOE, porém destinada para eixos de veículos pesados e extra-pesados, mostrada na Figura 4.46.



Fig. 4.46 – Vista parcial da área MOP

Foram analisadas as seguintes operações:

- Máquina de lavar sem ar
- Máquina de lavar com ar
- Máquina de lavar sem ar
- Sem apertadeira pneumática
- Com apertadeira pneumática

Semi-confinamento das máquinas de lavar e aquisição de equipamentos silenciosos.

Aquisição de silenciadores do sopro de ar.

4.3.15.1 Análise gráfica – MOP

Montagem do eixo planetário, máquina de lavar com ar de secagem.

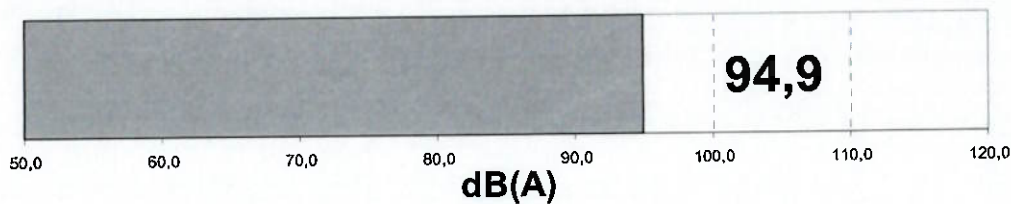


Fig. 4.47 – Medição em dB(A) – MOP

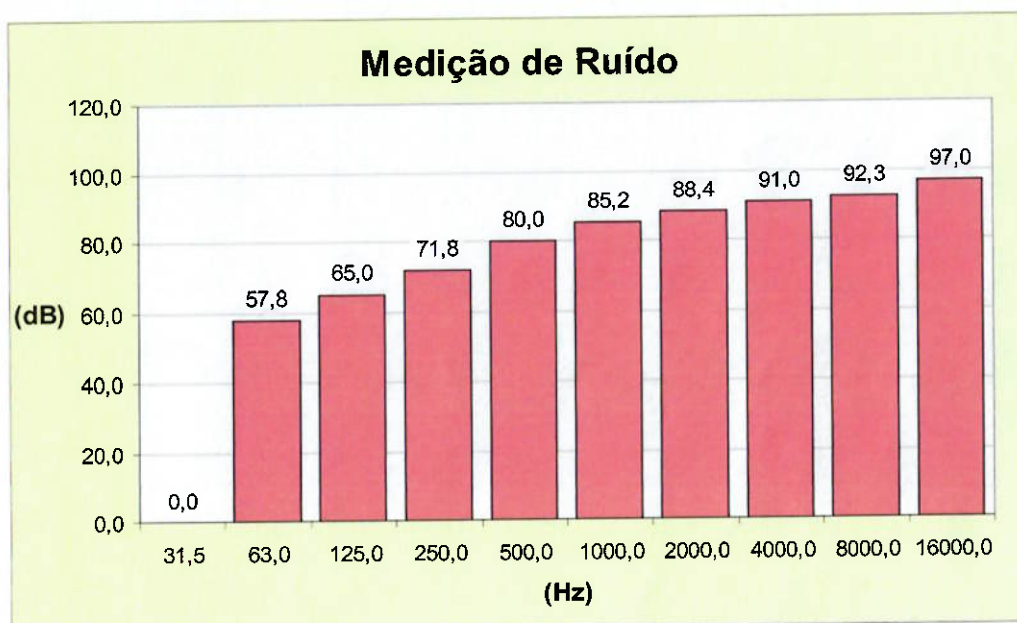


Fig. 4.48 – Medições em bandas de oitava – MOP

4.3.15.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área MOP

A Tabela 4.27 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área MOP e a Tabela 4.28 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.47 e 4.48 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.27 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – MOP

	Descrição da medição	dB(A)
1	Máquina de lavar, sem ar comprimido de secagem	79,6
2	Montagem do eixo planetário, sem apertadeira pneumática	82,5
3	Montagem do eixo planetário, com apertadeira pneumática	82,9
4	Montagem do eixo planetário, máquina de lavar com ar de secagem (Fig. 4.47;4.48).	94,9

Tabela 4.28 – Resumo das medições em bandas de oitava – MOP

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	54,8	63,6	70,1	75,0	76,2	75,0	73,2	69,9	80,9
2	0,0	51,8	60,0	68,1	72,2	74,4	71,4	70,0	62,1	89,5
3	0,0	53,4	60,2	68,1	70,8	74,5	79,8	75,4	69,2	82,9
4	0,0	57,8	65,0	71,8	80,0	85,2	88,4	91,0	92,3	97,0

4.3.15.3 Plano de ação

O valor destacado na Tabela 4.27 indica que os excessos ocorrem de maneira descontínua e que a obtenção do valor médio de até 85 dB(A) de exposição contínua (conforme NR-15), deverá ser alcançado com a adoção das seguintes ações:

- Enclausurar parcialmente os equipamentos (máquina de lavar componente) da área.
- Aplicar dispositivos abafadores de ruídos nas máquinas de lavagem de componentes;
- Substituir equipamentos fixadores de porcas e parafusos (apertadeiras pneumáticas e chaves de impacto), por equipamentos eletro-eletrônicos com controle de torque;

4.3.16 TCM – Tratamento térmico e jateamento

Linha composta por três fornos contínuos de cementação, têmpera e revenido, onde são tratadas 100% das engrenagens produzidas internamente. Além disso tem-se um forno contínuo de recozimento isotérmico (#9060), que é usado para abaixar a dureza

de peças brutas, melhorando assim a usinabilidade das mesmas, mostrado parcialmente na Figura 4.49.

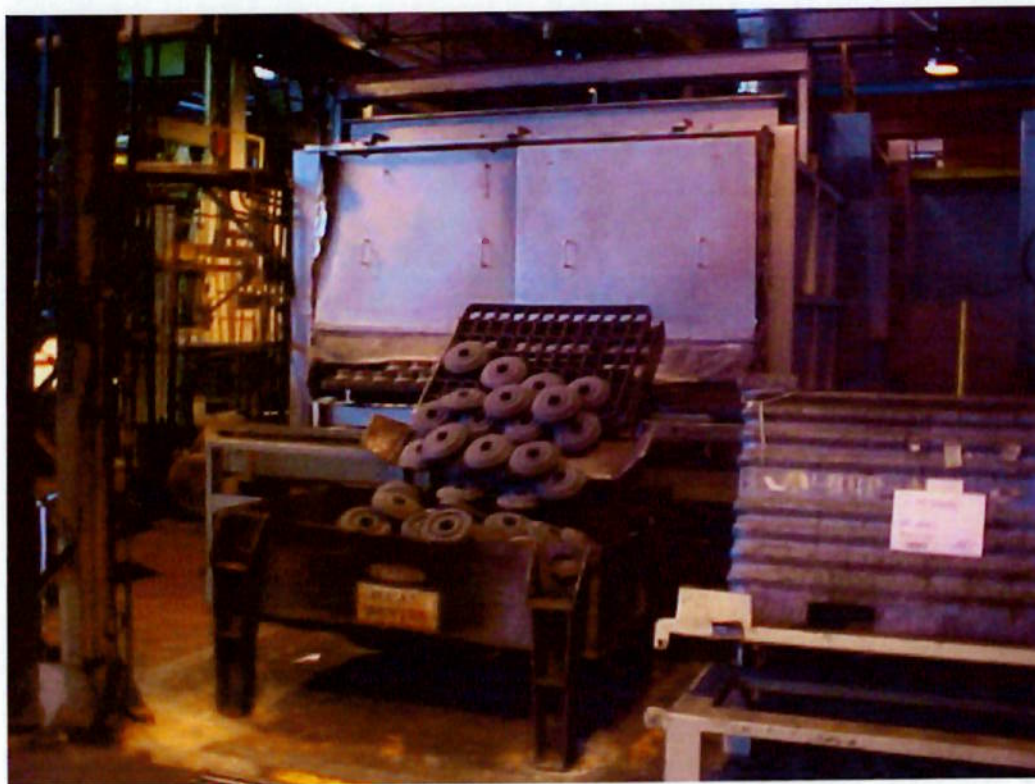


Fig. 4.49 – Vista parcial da área TCM

Foram analisadas as seguintes operações:

- Análise do # 2013 - Máquina de jateamento por granalha de aço, descarregamento de peças, gerando ruídos a cada 30 minutos aproximadamente;
- Análise do #9060 – HTO / NTO – Forno, descarga de peças em caçambas

4.3.16.1 Análise gráfica – TCM

#9060 – Forno HTO / NTO, descarregando as peças de dentro do forno.

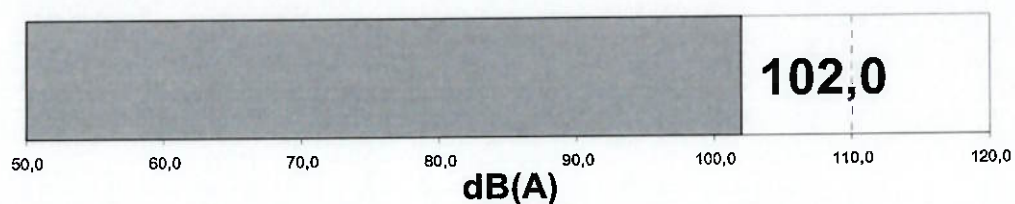


Fig. 4.50 – Medição em dB(A) – TCM

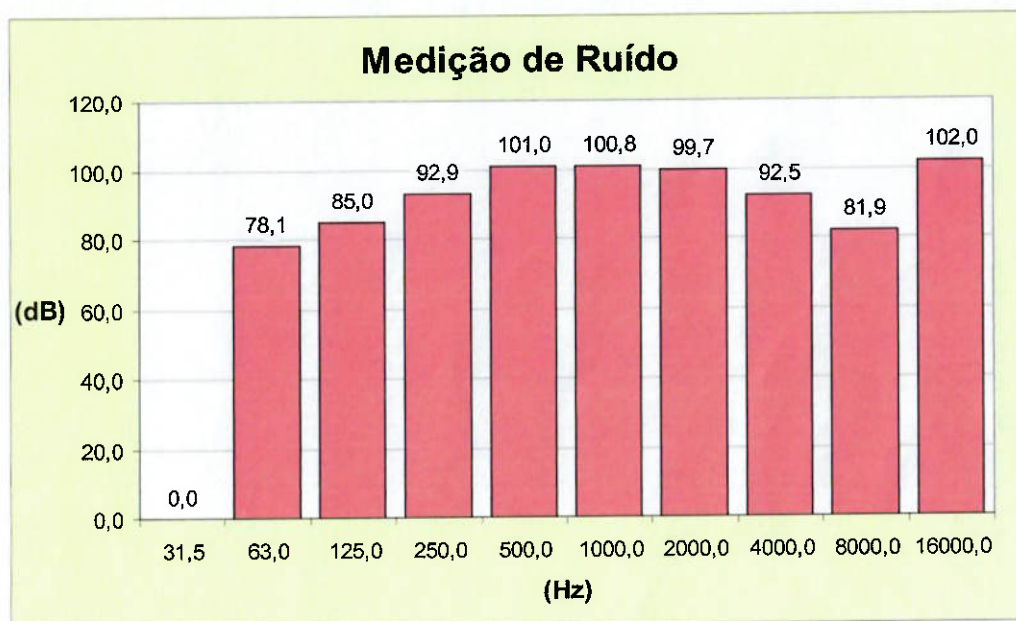


Fig. 4.51 – Medições em bandas de oitava – TCM

4.3.16.2 Tabelas resumo das medições de ruído na área TCM

A Tabela 4.29 indica a pressão sonora em dB(A) de cada uma das medições realizadas ao longo da área TCM e a Tabela 4.30 apresenta essas medições em bandas de oitava. Os valores das Fig. 4.50 e 4.51 estão incluídos para uma melhor visualização dos níveis de ruído mais críticos.

Tabela 4.29 – Descrição e resumo das medições em dB(A) – TCM

	Descrição da medição	dB(A)
1	Medição no centro do galpão com máquinas ruidosas desligadas.	83,9
2	#2013 – Máquina de jateamento por granalha de aço, descarregando peças.	101,6
3	#9060 – Forno de recozimento isotérmico (HTO – NTO) empurrando as peças para dentro do forno.	87,1
4	#9060 – Forno HTO / NTO, descarregando as peças de dentro do forno (Fig. 4.50;4.51).	102,0

Tabela 4.30 – Resumo das medições em bandas de oitava – TCM

(Hz)	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	0,0	60,5	72,4	74,6	77,4	79,5	74,6	69,5	67,4	83,9
2	60,8	67,7	80,0	87,4	93,2	95,3	99,8	87,4	75,1	101,6
3	43,0	60,6	63,2	76,9	84,5	84,0	81,0	78,7	62,8	89,2
4	0,0	78,1	85,0	92,9	101,0	100,8	99,7	92,5	81,9	102,0

4.3.16.3 Plano de ação

Em estudo devido às dificuldades dos projetos em função da complexidade dos equipamentos e operações

4.4. Resumo Financeiro

A tabela 4.31 resume o levantamento feito dos valores em Reais (R\$) necessários para a implementação dos planos de ação de cada área, assim como a estimativa da redução dos níveis de ruído em dB(A), através dos níveis de atenuação indicados pelos fabricantes dos materiais propostos nos planos de ação.

Tabela 4.31 – Estimativa de custos e reduções de ruído por área

Área	Valor do Projeto (R\$)	Valor da Instalação (R\$)	Total (R\$)	Redução Prevista dB(A)
GROB	3000,00	27000,00	30000,00	6
LEM	5000,00	45000,00	50000,00	4
ESO	2800,00	25200,00	28000,00	4
SFL	0,00	0,00	0,00	0
BLC	3600,00	32400,00	36000,00	3
CCP	1680,00	15120,00	16800,00	3
Ferramentaria	3400,00	30600,00	34000,00	5
LSP	0,00	0,00	0,00	0
LCA	0,00	0,00	0,00	5
Miscelânea	0,00	0,00	0,00	5
REA/LAP	3800,00	34200,00	38000,00	7
MOD	3700,00	33300,00	37000,00	5
MOE	1200,00	10800,00	12000,00	5
LME	1500,00	13500,00	15000,00	5
Cabina de Pintura	0,00	0,00	0,00	5
MOP	0,00	0,00	0,00	5
TCM	0,00	0,00	0,00	0
Total	29680,00	267120,00	296800,00	

4.5. Análise dos Resultados

Foram efetuadas 62 medições em toda a fábrica, das quais 39 encontram-se acima de 85 dB(A), conforme NR-15. A Figura 4.52 resume graficamente esses valores.

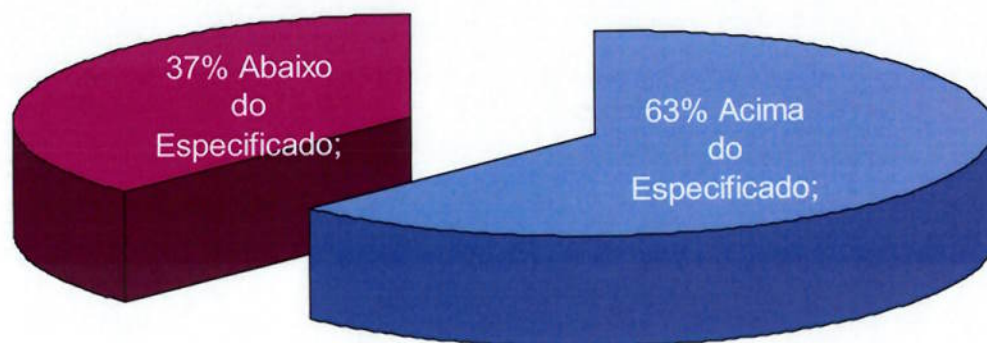


Fig. 4.52 – Demonstrativo das Medições

Várias ações tomadas para toda área ou isoladamente, acarretaram uma melhora significativa nas condições de conforto acústico. Podemos notar que as áreas LCA, Miscelânea, MOE, LME, Cabina de pintura e MOP recebem preponderantemente ruídos dos setores adjacentes.

Notamos uma redução significativa dos níveis de ruídos nas áreas MOP, MOE, LME e MOD, após a substituição das chaves de impacto (pneumáticas) e das apertadeiras (hidropneumáticas) por apertadeiras eletroeletrônicas com torque controlado.

Na área do LEM, foi executado o enclausuramento das unidades motrizes (motores e bombas hidráulicas), do conjunto de testes para análise de torção dos eixos, apresentando uma redução de 4 dB(A) na situação mais crítica.

Outra medida tomada com um ótimo resultado foi o enclausuramento dos motores e bombas hidráulicas do #2114 torno copiador Detroit, localizado na linha LCA. Para esta linha não estava previsto investimentos, mas por uma solicitação dos colaboradores foram tomadas as medidas acima, onde praticamente foram eliminadas todas as reclamações referentes a esse equipamento.

Outra ação tomada, foi a substituição dos sistemas de pontes rolantes com carrinhos de roldanas de aço, por um sistema articulado e pontes com roldanas de poliuretano,

o ruído gerado pelas atividades que faziam uso destes equipamentos foram praticamente eliminados.

Algumas das ações propostas não foram executadas, devido à complexidade e ao alto custo das mesmas. Através da Tabela 4.31 podemos ter uma previsão dos custos estimados e das possíveis atenuações dos níveis de ruído por área, nos dando uma visão geral do investimento necessário.

5. CONCLUSÃO

Através dos levantamentos dos níveis de ruído das áreas foi elaborado um plano de ação para a diminuição dos valores encontrados, assim como os custos previstos, da ordem de R\$ 296.800,00, necessários para implementação dos mesmos.

Nas áreas SFL, LSP e TCM, apesar dos níveis de ruído estar acima do permitido, não foram estimados os custos e a redução prevista, devido aos testes práticos realizados não terem surtido efeito. Para essas áreas ainda estão sendo estudados novos planos de ações, afim de se atingir índices de reduções significativos.

Podemos concluir que com as ações tomadas obtivemos uma melhora significativa dos níveis de ruído na planta da ArvinMeritor, melhorando as condições do ambiente de trabalho e atendendo às expectativas dos funcionários envolvidos, salvo os locais que continuam com seus níveis ruído elevados, necessitando de novos projetos para minimizá-los.

Após a implementação dos planos de ação previstos nesta monografia, deverá ser feito um novo levantamento dos índices de ruído, para a comprovação das reduções previstas. No geral as expectativas foram atendidas satisfatoriamente.

6. LISTA DE REFERÊNCIAS

AKKERMAN ACÚSTICA ENGENHARIA SOCIEDADE CIVIL LTDA. **Ruído ocupacional – medições e recomendações para a área de produção da ArvinMeritor – Planta Osasco SP**, dez. 2003.

ARAÚJO, Giovanni Moraes de, REGAZZI, Rogério Dias, **Perícia e Avaliação de Ruído e Calor Passo a Passo – Teoria e Prática** – Rio de Janeiro: (s.n),2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – Norma NBR 10152, **Níveis de Ruído para Conforto Acústico (NB 95)**, 1990.

AZEVEDO, Alberto Vieira; OKAMOTO, V. A., **Considerações Sobre o Ruído: riscos, patologias e prevenção**, Ed. Hucitec, São Paulo.

BRASIL, Lei nº. 6.515, portaria nº. 3.214 – NR-15, **Atividades Insalubres**

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP. São Paulo. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses**. Disponível em:

<<http://www.poli.usp.br/bibliotecas/publicacoesOnLine/Directrev1.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2004.

FERNANDES, João Candido; **Apostila Acústica e Ruídos**, Universidade Estadual de São Paulo - Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório de Acústica e Vibrações, 2002

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO – FUNDACENTRO – **Curso para Engenheiro de Segurança do Trabalho**, Ed. Rev. Ampl. São Paulo, 1981. 6.v.il.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO – FUNDACENTRO – **Norma de Higiene Ocupacional – NHO-01**, 1999.

GERGES, Samir N. Y., **Ruído – Fundamentos e Controle**, Univ. Federal de Santa Catarina, 1992.

GONÇALVES, Edwar Abreu. **Manual de Segurança e Saúde do Trabalho**. LTr Editora Ltda, São Paulo, SP, Brasil, 2000.

JANKOVITS, João Afonso Abel. **Os circuitos de compensação A, B, C e D**. Campinas, SP, ABEL® - Acústica Brasileira Engenharia Ltda. Disponível em: <<http://www.abel-acustica.com.br/Acustica/CurvCompen.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2005.

MORAES, Giovanni Araújo, **Normas Regulamentadoras Comentadas, Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho**, Rio de Janeiro, Out. 1998.

ROCHA, Paulo N, **Aparelhos Sensoriais – O Ouvido**, Disponível em: <http://www.corpohumano.hpg.ig.com.br/apr_sensoriais/ouvido/ouvido.html>. Acesso em: 18 jul. 2004.

SANTOS, Ubiratan de Paula, **Ruído Riscos e Prevenção**, 3ª ed., Ed. Hucitec, São Paulo, SP, Brasil, 1999.

SOUNIS, Emilio. **Manual de Higiene e Medicina do Trabalho**, 3ª ed., Ícone editora, São Paulo, SP, Brasil, 1991.

TORRACA, Tânia, **Projeto: PAIR – Perda Auditiva Induzida pelo Ruído**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Serviço de Otorrinolaringologia, 1998.

TORREIRA, Raul Peragallo. **Manual de Segurança Industrial**. Margus Publicações, São Paulo, SP, Brasil, 1999.

