



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

JESIMIEL PINHEIRO CAVALCANTE

MODELO DE PREDIÇÃO DE PERDA AUDITIVA
INDUZIDA PELO RUÍDO NAS ATIVIDADES DE
MOVELARIAS



SALVADOR
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

Jesimiel Pinheiro Cavalcante

**MODELO DE PREDIÇÃO DE PERDA AUDITIVA
INDUZIDA PELO RUÍDO NAS ATIVIDADES DE
MOVELARIAS**

Salvador-BA
2017

Jesimiel Pinheiro Cavalcante

**MODELO DE PREDIÇÃO DE PERDA AUDITIVA
INDUZIDA PELO RUÍDO NAS ATIVIDADES DE
MOVELARIAS**

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Robson da Silva Magalhães

Salvador-BA
2017

Cavalcante, Jesimiel Pinheiro
Modelo de Predição de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído nas
Atividades de Movelarias / Jesimiel Pinheiro Cavalcante. --
Salvador, 2017.

114 f.

Orientador: Robson da Silva Magalhães.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Industrial) -- Universidade Federal da Bahia,
Escola Politécnica, 2017.

1. Perda auditiva. 2. Prevenção. 3. Ruído. 4. Riscos. I.
Magalhães, Robson da Silva. II. Título.

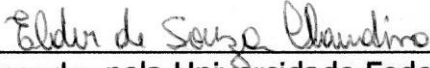
**“MODELO DE PREDIÇÃO DE PERDA AUDITIVA
INDUZIDA PELO RUÍDO
NAS ATIVIDADES DE MOVELARIAS”.**

JESIMIEL PINHEIRO CAVALCANTE

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Ademar Nogueira do Nascimento 
Doutor em Engenharia Química, pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil,
2006.

Prof. Dr. Elder de Souza Claudino 
Doutor em Física da Matéria Condensada, pela Universidade Federal de Alagoas,
Brasil, 2013.

Prof. Dr. Salvador Ávila Filho 
Doutor em Engenharia Química, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil,
2010.

Salvador, BA - BRASIL
Setembro/2017

Ao meu Deus, Pai, Amigo e Senhor da minha vida de quem me deu sabedoria para trilhar no caminho certo, aos meus pais que plantaram a semente da educação em minha vida e a minha esposa Amanda e meu filho Davi que é um presente de Deus em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus sobre todas as coisas em sua imensa bondade que me conduziu durante todo o mestrado, aos meus pais e a minha família que me incentivou e me ajudou quando em todos os momentos.

Ao Instituto Federal de Alagoas pelo incentivo e condição ao acesso no programa de pós-graduação nas pessoas dos professores Sérgio Teixeira e Carlos Henrique.

Ao meu orientador pela sua disponibilidade apesar da distância e pelos ensinamentos indispensáveis.

Aos moveleiros que permitiram o desenvolvimento da pesquisa em seus estabelecimentos e ao Arranjo Produtivo Local (APL) pela permissão.

A todos os professores que lecionaram disciplinas durante o curso.

Ao PEI/UFBA pelo nível da pós graduação ofertada

A todos os citados agradeço por fazerem parte desta importante fase de minha vida.

*“Consagre ao Senhor tudo o que você faz,
e os seus planos serão bem-sucedidos.
(Bíblia Sagrada, Provérbios 16, 3)*

CAVALCANTE, Jesimiel P. **Modelo de predição de Perda Auditiva Induzida Pelo Ruído nas atividades de Movelarias**. 114 f. il. 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial (PEI), Escola Politécnica, da Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, 2017.

RESUMO

Na atividade de fabricação de móveis planejados, são utilizadas diversas máquinas e equipamentos que produzem ruídos. Esses ruídos podem atingir níveis excessivos, podendo provocar sérios prejuízos à saúde. Dependendo do tempo de exposição e do nível de ruído ao qual um trabalhador está exposto, bem como da sensibilidade ao ruído de cada indivíduo. A Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) e os problemas associados a ela, poderão se manifestar imediatamente ou gradualmente. A exposição ao ruído, tanto pela sua frequência, como por suas múltiplas consequências sobre o organismo humano, constitui-se como um dos principais problemas de saúde ocupacional e ambiental da atualidade. Em todo mundo, a PAIR é o problema de saúde laboral mais frequente, e é uma consequência da exposição ao ruído. Os dados quantitativos são pressupostos importantes para o controle e a prevenção das doenças auditivas. A prevenção deve ser realizada através da aplicação de Programa de Conservação Auditivas (PCAs). De forma geral, as microempresas de movelarias não realizam os princípios organizacionais e técnicos estabelecidos pelas boas práticas e pela normatização. Como existe uma escassez nos dados sobre exposição ao ruído e adoecimento, este estudo tomou como base para a metodologia, o reconhecimento dos níveis de ruído nas máquinas/equipamentos das movelarias, os dados qualitativos sobre a exposição, e o conhecimento dos resultados dos exames audiométricos. Nesta pesquisa foram realizadas medições dos níveis de ruído em máquinas/equipamentos de 10 movelarias no município de Palmeira dos Índios - Alagoas durante os anos de 2015 e 2016, bem como os exames de audimetria em 24 trabalhadores, juntamente com aplicação de questionário sobre exposição. A partir destes dados, foi elaborada uma estrutura de modelo baseada na Regressão Linear Múltipla (RLM), com a predição do Limiar Auditivo (LA), em função do Tempo Total de Exposição na Função (TE), bem como da Idade Biológica (IB). A partir da coleta de dados no *setup* experimental, é apresentada um modelo de predição matemática a partir de Análise de regressão linear (ARL), como ferramenta de apoio a programas de prevenção de PAIR que poderá ser utilizada pelos moveleiros, bem como no caso da região objeto do estudo, pelo Arranjo Produtivo Local (APL) que é constituído por empresas ligadas à produção de móveis no agreste do estado de Alagoas. A utilização do modelo matemático poderá ser utilizado como instrumento para a redução do adoecimento auditivo, melhoria da qualidade de vida no trabalho e a melhora na produtividade das empresas moveleiras.

Palavras-chave: Perda auditiva. Prevenção. Ruído. Riscos.

CAVALCANTE, Jesimiel P. **Model of prediction of noise induced hearing loss in furniture manufacturing activities.** 114 f. il. 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial (PEI), Escola Politécnica, da Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, 2017.

ABSTRACT

In the activity of planned furniture manufacturing, it is used several machines and equipment that produce noises. These noises can reach excessive levels, and sometimes they can cause serious damage to health, depending on the exposure time and the noise level to which a worker is exposed, as well as the sound sensitivity of each individual. Noise-Induced Hearing Loss (NIHL) and the problems associated with it can be manifested immediately or gradually. Exposure to noise, both by its frequency and by its multiple consequences on the human organism, is one of the main occupational and environmental health problems of the present days. All over the world, NIHL is the most common occupational health problem, and it is a consequence of exposure to noise. Quantitative data are important assumptions for the control and prevention of auditory diseases. Prevention should be performed through the application of the Hearing Conservation Program (HCP). In general, furniture microenterprises do not carry out the organizational and technical principles established by good practices and standardization. Since there is a shortage on the data on noise exposure and sickness, this study has as its methodological base, the recognition of the noise levels in the machines/equipment used for the furniture production, the qualitative data on the exposure, and the knowledge of the results of audiometric exams. In this research were performed noise level measurements in machines/equipment of 10 furniture producers in the municipality of Palmeira dos Índios, state of Alagoas, during the years of 2015 and 2016, as well as the audiometric exams in 24 workers, together with the application of questionnaire about exposure. From these data, a model structure based on Multiple Linear Regression (MLR) was developed, predicting the Auditory Threshold (AT), as a function of TE, as well as the biological age. From the data collection in the experimental setup, a mathematical prediction model is presented from Linear Regression Analysis (LRA), as a tool to support NIHL prevention programs that can be used by furniture producers, as well as in the case of the study object region, by the Local Productive Arrangement Local Productive Arrangement (LPA), which is composed of companies related to the furniture production in the state of Alagoas. The mathematical modeling can be used as an instrument to reduce hearing loss, improving the life quality at work and the productivity of furniture companies.

Keywords: Hearing loss. Prevention. Noise. Risks..

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Propagação de uma onda sonora	26
Figura 2 – Curvas de ponderação.....	27
Figura 3 – Representação do Ouvido Humano	29
Figura 4 – Problemas percebidos como de maior preocupação nos estabelecimentos da Europa	30
Figura 5 – Decibelímetro	35
Figura 6 – Posicionamento na zona auditiva	36
Figura 7 – Vista Interna de Uma das Moveleiras.....	46
Figura 8 – Fluxograma de Fabricação de Móveis.....	48
Figura 9 – Calibrador e Decibelímetro	53
Figura 10 – Calibração do decibelímetro.....	53
Figura 11 – Medição do nível de ruído durante uso da lixadeira manual	54
Figura 12 – Gráfico de Grubbs com outlier - Plaina.....	59
Figura 13 – Gráfico de Grubbs - Plaina	60
Figura 14 – Distribuição das medições no equipamentos sem carga.....	60
Figura 15 – Boxplot - equipamento sem carga	61
Figura 16 – Distribuição das medições no equipamentos sob carga.....	62
Figura 17 – Comparativo da distribuição das medições sem carga em relação ao LT. . .	62
Figura 18 – Comparativo da distribuição das medições com carga em relação ao LT. . .	63
Figura 19 – Resultados dos Questionários.....	64
Figura 20 – Respostas sobre sintomas auditivos.....	65
Figura 21 – Cabine Audiométrica.....	66
Figura 22 – Laudo de avaliação audiológica	67
Figura 23 – Gráfico boxplot referente aTabela 13	81
Figura 24 – Gráfico de probabilidade - Normalidade.....	82
Figura 25 – Gráfico de Grubbs - LA.....	83
Figura 26 – Gráfico de Grubbs - TE	83
Figura 27 – Gráfico de Grubbs - IDADE.....	84
Figura 28 – Gráfico de Correlação LA x idade.....	85
Figura 29 – Gráfico de Correlação LA x TE.....	85
Figura 30 – Gráfico de Normalidade dos resíduos.....	86
Figura 31 – Gráfico de resíduos do modelo	87
Figura 32 – Valores preditos x valores observados.....	88
Figura 33 – Questionário	101
Figura 34 – Gráfico de Grubbs - Lix Manual com carga	102
Figura 35 – Gráfico de Grubbs - Lix de bancada com carga	102
Figura 36 – Gráfico de Grubbs - Serra de bancada com carga.....	103

Figura 37 – Gráfico de Grubbs - Tupia com carga	103
Figura 38 – Gráfico de Grubbs - Lix Manual sem carga	104
Figura 39 – Gráfico de Grubbs - Lix de bancada sem carga	104
Figura 40 – Gráfico de Grubbs - Serra de bancada com carga	105
Figura 41 – Gráfico de Grubbs - Tupia sem carga.....	105
Figura 42 – Gráfico de Grubbs - Plaina de bancada sem carga	106
Figura 43 – Audiometrias	107
Figura 44 – Audiometrias	108
Figura 45 – Audiometrias	109
Figura 46 – Audiometrias	110
Figura 47 – Audiometrias	111
Figura 48 – Audiometrias	112
Figura 49 – Audiometrias	113
Figura 50 – Audiometrias	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites de Tolerância para Ruído Contínuo Intermitente	32
Tabela 2 – Modelo de Planilha base das medições	37
Tabela 3 – ISO 8253-1 2010	38
Tabela 4 – Descrição técnica das máquinas avaliadas	47
Tabela 5 – Medição do nível de ruído (dB) sem carga	51
Tabela 6 – Medição do nível de ruído (dB) com carga	52
Tabela 7 – Valor de Grubbs	56
Tabela 8 – Análise Descritiva dos dados daTabela 5	58
Tabela 9 – Análise Descritiva dos dados daTabela 6	58
Tabela 10 – Análise descritiva dos dados daTabela 6após a retirada do <i>outleir</i>	59
Tabela 11 – Resultados dos Limiares Auditivos em dB.....	68
Tabela 12 – Correlação de Pearson.....	70
Tabela 13 – Limiares Auditivos em relação a idade biológica e Tempo de Exposição. .	74
Tabela 14 – Descritiva das Variáveis	81
Tabela 15 – Correlação de Pearson.....	84
Tabela 16 – Fator de inflação da variância.....	86
Tabela 17 – Análise dos coeficientes deRLM.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS

ANSI	American National Standards Institute
AP	Alteração Permanente do Limiar
APL	Arranjo Produtivo Local
APR	Análise Preliminar de Riscos
ARL	Análise de regressão liner
AT	Auditory Threshold
ATL	Alteração Temporária do Limiar
CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho
CA	Certificado de Aprovação
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
DDE	Dose Diária de Exposição
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Fundacentro	Fundação Jorge Duprat e Figueiredo
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
HCP	Hearing Conservation Program
IB	Idade Biológica
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
LA	Limiar Auditivo
LPA	Local Productive Arrangement
LRA	Linear Regression Analysis
LT	Limite de Tolerância
MLR	Multiple Linear Regression
MPS	Ministério da Previdência Social
MS	Ministério da Saúde
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NA	Nível de Audição

NC Nexo causal

NIHL Noise-Induced Hearing Loss

NHO01 Norma de Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído

NPS Nível de Pressão Sonora

NR Norma Regulamentadoras

NR-4 Norma Regulamentadora 4

NR-6 Norma Regulamentadora 6

NR-7 Norma Regulamentadora 7

NR-9 Norma Regulamentadora 9

NR-12 Norma Regulamentadora 12

NR-15 Norma Regulamentadora 15

OD Orelha direita

OE Orelha esquerda

OSHA Occupational Safety and Health Administration

PAIR Perda Auditiva Induzida pelo Ruído

PCA Programa de Conservação Auditiva

PCMSO Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PDP Plano de Desenvolvimento Preliminar

PPP Perfil Profissiográfico Previdenciário

PPRA Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

RLM Regressão Linear Múltipla

SEPLAN Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento

SEBRAE Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SESMT Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho

TEM Tempo de Exposição Diário Máximo

TE Tempo Total de Exposição na Função

TA Trauma Acústico

VIF Fatores de Inflação da Variância

LISTA DE SÍMBOLOS

\bar{v}	coeficiente de variação
\bar{x}	média aritmética
β_j	coeficientes de regressão da variável preditora j
s	erro de predição
$\hat{\beta}_k$	Coeficientes de regressão
μ	média da distribuição
f	Frequência
G	Valor crítico de Grubbs
I_B	Idade biológica do trabalhador
k	Número de variáveis independentes
L_A	Limiar Auditivo
n	número de elementos
N_{ps}	Nível de Pressão Sonora
P	Pressão encontrada no ambiente
P	
p	percentil
p	valor-p
P_o	Pressão Sonora de referência
q	Duplicação de dose
Q_1	primeiro quartil
Q_3	terceiro quartil
R	Coeficiente de Correlação Simples
R_{aj}^2	Coeficiente de determinação ajustado
s	desvio padrão
T	Período

T_E	Tempo de exposição
x	valores associados ao percentil
x_i	dados amostrais
x_j	variável independente ou variável preditora j
y	variável dependente
Y_i	variável dependente i
Z	Estatística z

LISTA DE PUBLICAÇÕES

- Cavalcante, Jesimiel P.; Magalhães, R.S.; Análise dos Níveis de Ruído em Máquinas e a Relação com as Queixas de Sintomas Auditivos Apresentados pelos Trabalhadores de Moveleiras no Município de Palmeira dos Índios - Alagoas. REVISTA SODEBRAS, v. 10, p. 163-166: Aceito em Maio de 2015, publicado em Agosto de 2015, .
- Cavalcante, Jesimiel P.; Magalhães, R.S.; Análise dos Níveis de Ruído em Máquinas e a Relação com as Queixas de Sintomas Auditivos Apresentados pelos Trabalhadores de Moveleiras no Município de Palmeira dos Índios - Alagoas. XXXIII INTERNATIONAL SODEBRAS CONGRESS, Salvador – BA, Brasil, Maio de 2015.
- Cavalcante, Jesimiel P.; Magalhães, R.S.; Análise Preliminar De Riscos Como Ferramenta Para Controle E Prevenção Da Perda Auditiva Em Trabalhadores De Moveleiras No Município de Palmeira dos Índios - Alagoas. V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP 2017, Joinville - SC, BRASIL, Maio de 2017,.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	PROBLEMA E QUESTÃO	20
1.2	CARACTERIZAÇÃO DAS MOVELARIAS	20
1.3	MOTIVAÇÃO E IMPORTÂNCIA	21
1.4	METODOLOGIA	21
1.5	OBJETIVOS	22
1.6	CONTRIBUIÇÃO	22
1.7	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	22
2	MÉTODO DE MEDIÇÃO DE RUÍDO EM MÁQUINAS E A REALI- ZAÇÃO DE AUDIOMETRIAS.	24
2.1	INTRODUÇÃO	24
2.1.1	Conceitos gerais.....	25
2.1.2	Um breve histórico	27
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
2.2.1	Ruído e a legislação previdenciária	33
2.2.2	Método de medição do ruído emitido por máquinas	34
2.2.3	Audiometrias – princípios e procedimentos básicos para a realização do exame audiométrico	37
2.2.4	Efeitos na saúde decorrente da exposição ao ruído.....	40
2.2.5	Doenças ocupacionais e suas conseqüências nas empresas	41
2.2.6	Prevenção e controle	41
2.2.7	Medicina e engenharia do trabalho.....	43
2.2.8	Treinamento e capacitação	44
2.3	ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
3	MATERIAIS E MÉTODOS.	46
3.1	INTRODUÇÃO	46
3.2	MEDIÇÕES DO RUÍDO NAS MÁQUINAS	50
3.3	ANÁLISE DAS MEDIÇÕES DE RUÍDO EM MÁQUINAS	54
3.4	ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE A EXPOSIÇÃO	61
3.5	AUDIOMETRIAS	64
3.6	ANÁLISES DAS AUDIOMETRIAS	69
3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
4	MODELO DE PREDIÇÃO DE PERDA AUDITIVA.	72
4.1	INTRODUÇÃO	72
4.2	APLICAÇÕES.....	72

4.3	FERRAMENTA COMPUTACIONAL	73
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	73
4.4.1	Pré-processamento dos dados	73
4.4.2	Pressupostos para Regressão	73
4.5	ANÁLISE DAS VARIÁVEIS	81
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
5	CONCLUSÃO..	90
5.1	CONCLUSÃO	90
5.2	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	90
	REFERÊNCIAS.	92
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO.....	101
	APÊNDICE B – GRÁFICOS DE OUTLIERS	102
	APÊNDICE A – AUDIOMETRIAS AUTORIZADAS	107

1 INTRODUÇÃO

A representatividade do setor moveleiro na economia brasileira é claramente percebida por meio da sua capacidade de geração de empregos, e por sua disseminação por todo o território nacional¹. Em 2011 este setor foi o responsável por mais de 269 000 empregos diretos, quantidade que correspondeu a 3,5 % do emprego formal na indústria de transformação brasileira. A movelaria é uma atividade industrial onde são utilizados máquinas e equipamentos ruidosos nos seus processos produtivos. No agreste de Alagoas o setor de movelaria atua com mais de 200 empresas que atuam com a fabricação de móveis e esquadrias em mais de 20 cidades. A maioria é ligada ao Arranjo Produtivo Local (APL). A implantação do APL ocorreu sob a coordenação da Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento (SEPLAN), e teve como objetivo a estruturação do setor produtivo moveleiro.

Considerando-se as indústrias moveleiras brasileiras, existem poucos estudos sobre a consequência do ruído existente em seu ambiente de trabalho, desconhecendo-se a sua associação e os seus efeitos na saúde dos trabalhadores.

Na cidade de Palmeira dos Índios, agreste de Alagoas, as atividades em movelarias são desenvolvidas com o apoio do Arranjo Produtivo Local (APL). O APL é constituído por empresas ligadas à produção de móveis, e tem o apoio da SEPLAN, e do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). O APL está dividido em segmentos de:

- fabricação de esquadrias de madeira,
- fabricação de estofados,
- fabricação de esquadrias e estruturas metálicas,
- peças em mármore e granitos,
- fabricação de móveis em madeira;

O segmento de fabricação de móveis em madeira é o objeto deste estudo. Na cidade de Palmeira dos Índios existem cerca de 10 movelarias ligadas ao APL, e que trabalham especificamente com móveis planejados.

Nas movelarias, pode-se observar que, desde o corte até ao acabamento e montagem das peças de madeira, são utilizados diversas máquinas e equipamentos geradores de ruído. O uso constante destes é devido a algumas características como: a praticidade, a eficiência, a velocidade, a disponibilidade no mercado e o baixo custo. Estas características fazem com que aumente cada vez mais a utilização de máquinas e equipamentos elétricos em atividades industriais². Alguns estudos encontrados sobre a PAIR em movelarias focam os números relacionados a PAIR não propondo um modelo, entre eles: Fonseca et al.³, 28% dos trabalhadores apresentaram PAIR, dos quais 64% tinham entre 20 e 25 anos. De acordo com Samorinha⁴, 41% das medições de ruído estão acima do Limite de Tolerância (LT), 63,3% dos trabalhadores apresentam risco de PAIR

moderado e 24,5 % um risco de PAIR elevado. Para Robinson et al.⁵ 44,0 % dos trabalhadores de moveleiros atendem aos critérios de sugestão de PAIR.

1.1 PROBLEMA E QUESTÃO

O Plano de Desenvolvimento Preliminar (PDP), estudo desenvolvido no âmbito do APL, conclui que a maioria das movelarias surgiram da fragmentação familiar, filhos que herdaram o ofício do pai, onde grande parte dos trabalhadores não receberam capacitação técnica. O trabalho de Santos⁶ chega a essa mesma conclusão. Em consequência disso, cerca de 74 % das movelarias são caracterizadas como microempresas⁷.

Devido à falta de apoio técnico, as inúmeras movelarias do município Alagoano trabalham de forma isolada, sem receber orientações acerca das boas práticas e das normas vigentes. A cidade de Palmeira dos Índios se localiza no agreste Alagoano e tem cerca de 70 mil habitantes.

A exposição contínua a intensos níveis de ruídos, acima de 85 dB, Nível de Audição (NA), por um longo período de tempo, pode levar a uma Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) permanente e irreversível⁸. Além disso, estas condições adversas podem causar zumbido, cefaleia, tontura, alterações na pressão arterial, estresse, distúrbios gástricos, distúrbios da visão, distúrbios da atenção, distúrbios da memória e distúrbios do sono e do humor. A Norma Regulamentadora 15 (NR-15)⁹ trata a exposição ao ruído, acima do LT, como uma atividade insalubre. De acordo com a lei 6514¹⁰, Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos. A partir do reconhecimento da importância da movelaria como uma atividade econômica, do diagnóstico das condições de qualificação da mão de obra, e dos riscos para a saúde auditiva do trabalhador, é proposto uma metodologia para coleta e avaliação dos níveis de ruído em movelarias do município de Palmeira dos Índios e a construção de um modelo matemático de predição da PAIR em trabalhadores de movelarias com base nas variáveis Tempo Total de Exposição na Função (TE) e Idade Biológica (IB) e sua significância para o Limiar Auditivo (LA).

1.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MOVELARIAS

O *setup* experimental é constituído por 10 microempresas da área de movelaria. Estas empresas estão localizadas na zona urbana do município de Palmeira dos Índios – Alagoas. Foram avaliados 26 trabalhadores vinculados a estas empresas. Estas movelarias possuem características similares, predominando-se as paredes em alvenaria, o piso em concreto ou cimentado, a cobertura em telha cerâmica e a ventilação natural. Os principais equipamentos utilizados são: a tupia manual, a lixadeira manual, a lixadeira de bancada, a plaina de bancada e a serra circular.

1.3 MOTIVAÇÃO E IMPORTÂNCIA

A fabricação de móveis em madeira é uma das mais tradicionais atividades da indústria de transformação. Esta atividade utiliza insumos de origem natural, e emprega um elevado número de mão de obra, embora com baixa qualificação. Em 2013, este segmento empregou cerca de 328 mil trabalhadores¹¹.

Nos últimos 10 anos foram registrados 221 900 (duzentas e vinte e uma mil e novecentas) ocorrências de doenças ocupacionais, que foram comunicadas à Previdência Social através da Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT)¹². Dentre as CATs comunicadas, estão aquelas que se referem às doenças do aparelho auditivo, excluindo-se as ocorrências que envolvem os trabalhadores que não possuem a carteira assinada e os trabalhadores que não comunicaram a ocorrência ao Ministério da Previdência Social (MPS).

As atividades de movelarias utilizam diversas máquinas e equipamentos em seus processos. Estas máquinas emitem altos níveis de ruídos no ambiente de trabalho. Segundo Meira et al.¹³, o ambiente de trabalho pode oferecer uma série de riscos à saúde, entre eles, o ruído que está presente em grande parte dos processos produtivos.

Dada a interferência negativa do ruído na vida laboral e pessoal dos milhares de trabalhadores de movelarias em todo o Brasil, é de suma importância o desenvolvimento de estudos e pesquisas que visem identificar e avaliar as interações entre a exposição ao ruído e suas consequências na qualidade de vida dos moveleiros.

1.4 METODOLOGIA

Esta pesquisa é caracterizada como pesquisa quantitativa de campo, adotando-se o seguinte procedimento:

- Fase de diagnóstico: busca-se entender a situação qualitativa dos estabelecimentos, inclusive com a aplicação de um questionário Apêndice A sobre a segurança do trabalho;
- Fase de planejamento: realização de uma revisão bibliográfica. Com base no diagnóstico obtido, busca-se as informações complementares necessárias;
- Fase de coleta de dados: são realizadas as medições de campo. As medições de campo devem ser realizadas com as máquinas e equipamentos em operação, com o propósito de avaliar os níveis de ruído, em conformidade com a NR-15. A partir destes resultados, são realizados exames audiométricos para analisar, quantitativamente, a situação de sugestão de PAIR;
- Fase de avaliação: são realizadas as análises estatísticas dos resultados com a formulação de um modelo de predição de PAIR com base em RLM em trabalhadores de movelarias tendo como base as variáveis de entrada Tempo Total de Exposição na Função (TE) e Idade

Biológica (IB), e se as mesmas são significativas para a elevação do Limiar Auditivo (LA).

1.5 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é propor uma metodologia para predição da Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) em trabalhadores de movelarias, analisando se as variáveis Tempo Total de Exposição na Função (TE) e Idade Biológica (IB) são significativas para a elevação do Limiar Auditivo (LA).

A metodologia irá permitir que as microempresas de movelarias possam, junto aos organismos setoriais, elaborar programas de controle e prevenção desta doença do trabalho.

A partir do objetivo geral foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar o referencial normativo sobre exposição ao ruído;
- Vistoriar os ambientes de trabalho e identificar aspectos qualitativos destes ambientes, e da condição de exposição dos trabalhadores ao ruído;
- Realizar medições de ruído nas máquinas ligadas com carga e ligadas sem carga;
- Quando aplicável, realizar exames de audiometria, analisar os resultados e propor um modelo de predição da PAIR, e detectar quais variáveis são mais significativas para a PAIR.

1.6 CONTRIBUIÇÃO

O presente trabalho propõe uma ferramenta de predição da PAIR em trabalhadores de fábricas de móveis, servindo de base para ações preventivas sobre o ambiente de trabalho e sobre os trabalhadores envolvidos. Tendo-se como meta a redução das doenças auditivas, em especial a PAIR e a consequente melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores deste ramo de atividade nas diversas cidades brasileiras.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este trabalho encontra-se dividido em capítulos desenvolvidos de acordo com o tema, e organizados para permitir o entendimento e a compreensão do mesmo.

O primeiro capítulo apresenta um resumo geral, objetivos, importância e a contextualização do projeto proposto.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o ruído e a perda auditiva, e faz uma abordagem sobre os riscos no uso das máquinas e dos equipamentos instalados em movelarias, com ênfase ao risco físico ruído e o método de medição. É feita uma abordagem sobre a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR), suas principais causas e consequências à saúde laboral e os métodos de interpretação das audiometrias.

O Capítulo 3 apresenta o resultado das medições dos níveis de ruído nas máquinas com uma análise estatística descritiva dos dados. Demonstra os resultados gerais dos exames de audiometria e uma análise estatística envolvendo correlação linear, bem como os resultados qualitativos referente aos questionários.

O Capítulo 4 é mostrado o resultado das audiometrias com base na Norma Regulamentadora 7 (NR-7), bem como uma análise de Regressão Linear Múltipla (RLM) dos dados, propondo-se um modelo para a predição da PAIR com base nas variáveis de entrada TE e IB e a variável de saída LA.

O Capítulo 5 traz os comentários finais e a apresentação das conclusões, e sugestões para estudos posteriores.

2 MÉTODO DE MEDIÇÃO DE RUÍDO EM MÁQUINAS E A REALIZAÇÃO DE AUDIOMETRIAS

2.1 INTRODUÇÃO

A atividade industrial consiste em um processo de produção que tem entre suas finalidades, a de transformar a matéria-prima em produto; para tanto se faz uso do trabalho humano e de máquinas e equipamentos. Essa atividade é classificada conforme a sua área de atuação, sendo dividida em três áreas: indústrias de bens de produção, indústrias de bens intermediários e indústrias de bens de consumo duráveis e não duráveis¹⁴. As movelarias são indústrias de bem de consumo duráveis. A Norma Regulamentadora 4 (NR-4), em seu Quadro I, define a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) para todas as atividades produtivas no Brasil. O Quadro I estabelece que as movelarias possuem o grau de risco 3, tendo-se uma escala de 1 a 4. Esta classificação demonstra o elevado risco desta atividade.

Para Silva et al.¹⁵, a exposição indevida ao ruído no ambiente de trabalho surge como problema de saúde ocupacional, e as suas consequências estão cada vez mais presentes na vida dos profissionais. A PAIR é a principal doença do aparelho auditivo, ela surge da exposição indevida ao ruído. Segundo Brasil¹⁶, a doença do trabalho é adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado. A PAIR é uma doença decorrente da exposição ocupacional sistemática à níveis de pressão sonora acima do Limite de Tolerância (LT). A NR-15⁹ estabelece este limite em 85 dB para uma exposição máxima de 8 horas. A PAIR tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao risco.

A PAIR é o agravo mais frequente à saúde dos trabalhadores, porém existem poucos dados acerca da prevalência desta doença do trabalho no Brasil¹⁷. Considerando os prejuízos que o ruído causa às pessoas expostas a ele, faz-se necessário tomar medidas no sentido de se reduzir ao mínimo normativo as intensidades da pressão sonora nos ambientes de trabalho¹⁸. Segundo Meira et al.¹³, no Brasil, os dados sobre a exposição ao ruído são escassos, o que impossibilita a realização de estimativas do número de trabalhadores expostos ao risco.

Desta forma, para a obtenção de dados significativos destinados aos estudos da exposição dos trabalhadores ao ruído, deve-se realizar medições seguindo os procedimentos normativos. As medições dos níveis de ruído devem ser realizadas segundo os critérios normativos da Norma de Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído (NHO01) e NR-15. Uma vez comprovada a existência de uma exposição ao ruído em níveis superiores ao LT, torna-se necessária a realização de procedimentos que possibilitem o diagnóstico da PAIR. Segundo Karina e Buriti¹⁹, a audiometria é o exame adequado para detecção desta doença.

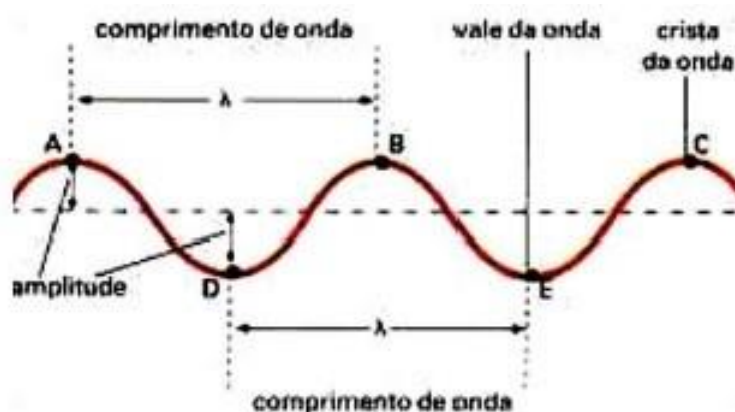
2.1.1 Conceitos gerais

Um dos princípios mais importante no estudo do ruído é o conhecimento da terminologia básica utilizada, principalmente a distinção entre som e ruído.

- Som - É uma sensação auditiva resultante de variações de pressão do ar que resultam das vibrações que se propagam no ar, através de ondas que contêm energia²⁰;
- Ruído - É o som indesejado que não tem qualquer utilidade para o receptor e provoca, após longos períodos de exposição, incômodos no receptor, podendo ser nocivo para a saúde²⁰;
- Ruído Intermitente - Caracterizado pelo ruído que oscila rapidamente, no caso de máquinas quando opera em ciclos⁹;
- Frequência (f) - Refere-se a ciclos de variação de pressão por segundo e é expressa em Hertz (Hz)²⁰;
- Limite de Tolerância (LT) - É a intensidade máxima de ruído em relação a determinado tempo de exposição, que não causará dano à saúde do trabalhador durante a sua vida laboral⁹;
- Limiar Auditivo - Nível mínimo de pressão acústica eficaz necessária para provocar uma sensação auditiva em um ambiente silencioso. O LA varia para cada ouvinte e para cada frequência²¹;
- Dosímetro de Ruído - Medidor integrador de uso pessoal que fornece a dose da exposição ocupacional ao ruído²²;
- Dose Diária de Exposição (DDE) - É um parâmetro utilizado para caracterização da exposição ocupacional ao ruído. Expresso em porcentagem de energia sonora, tendo por referência o valor máximo da energia admitida, definida com base em parâmetros preestabelecidos²²;
- Tempo de Exposição Diário Máximo (TEM) - É o tempo de exposição máximo diária para um determinado nível de ruído em (minutos)⁹;
- TE - É o tempo total em (anos) à um determinado risco²²;
- Zona Auditiva - Região do espaço delimitada por um raio de 150 mm +/- 50 mm, medido a partir da entrada do canal auditivo²²;
- Incremento de Dose q - É o incremento, em decibéis, que, quando adicionado a um determinado nível de ruído, implicará na duplicação da DDE, ou na redução, pela metade, do tempo máximo permitido para a exposição do trabalhador²²; a NR-15 estabelece q em 5 dB;
- Nível de Pressão Sonora - A diferença entre o nível da pressão do local (não perturbada) e os valores máximo ou mínimos que as oscilações de pressão atingem, define a amplitude da pressão sonora que se mede em Pa. A Figura 1 ilustra este fenômeno para uma onda de pressão sonora com uma amplitude unitária²³.

- Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) - Entende-se por perda auditiva por níveis de pressão sonora elevados as alterações dos limiares auditivos, do tipo sensorioneural, decorrente da exposição ocupacional sistemática a níveis de pressão sonora elevados. Tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao risco. A sua história natural mostra, inicialmente, o acometimento dos limiares auditivos em uma ou mais frequências da faixa de 3.000 ou 4.000 ou 6.000 Hz.

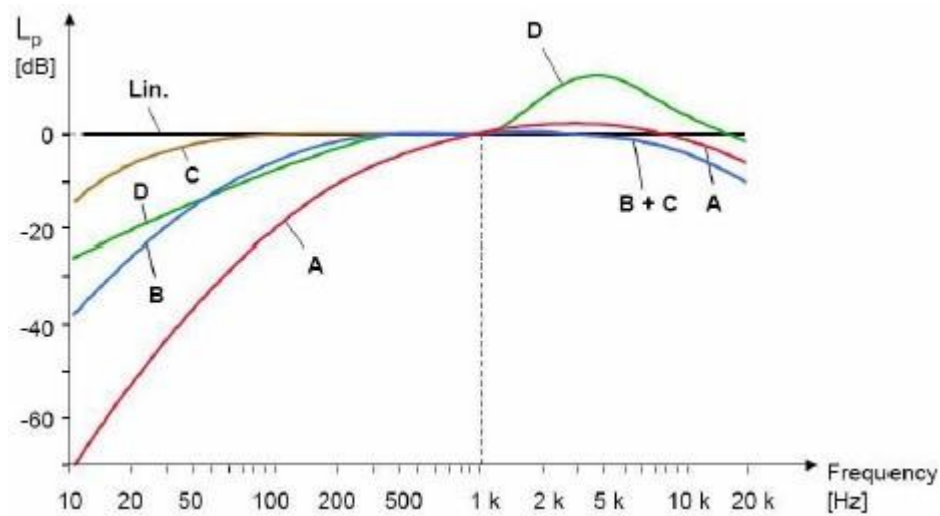
Figura 1 – Propagação de uma onda sonora

Fonte: Fernandes²³

- Espectro - Para se ter uma noção exata da composição do ruído é necessário determinar o nível sonoro para cada frequência. Este tipo de análise chama-se análise espectral, ou análise por frequência (espectro de frequência), e costuma ser representada graficamente num sistema de eixos onde as frequências se situam no eixo das abcissas e os níveis sonoros no eixo das ordenadas²³;
- Filtros ponderados - Devido à estrutura do nosso aparelho auditivo e das características do sistema nervoso relacionadas com a audição, reagimos de modo diverso aos sons de diferentes frequências, não obstante um mesmo nível de pressão sonora. A resposta do ouvido em frequência tem uma variação não linear e por isso foram introduzidos (nos sonômetros) filtros de ponderação com o objetivo de correlacionar os valores medidos com a resposta do ouvido. Estes filtros têm a particularidade de atenuar o sinal sonoro de acordo com curvas de ponderação que seguem aproximadamente as curvas isofônicas. Nas normas internacionais estão definidas 4 curvas: A, B, C e D, apresentadas na Figura 2 segundo Fernandes²³.

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego⁹, os níveis de ruído, contínuos ou intermi-

Figura 2 – Curvas de ponderação



Fonte: Fernandes²³

tentes, devem ser medidos em dB, segundo a relação adimensional definida pela Equação 2.1.

$$N_{ps} = 20 \cdot \log \frac{P_a}{P_o}, \quad (2.1)$$

onde N_{ps} é o nível de pressão sonora (dB), P_o é a pressão sonora de referência, que é dada, por convenção, como $20 \mu\text{Pa}$, e P_a é a Pressão sonora encontrada no ambiente em P_a .

Como o ouvido humano pode detectar um grande intervalo de pressão sonora, que vai de $20 \mu\text{Pa}$ até 200Pa , visando uma visualização e expressão adequada dos dados medidos, utiliza-se uma escala logarítmica sobre a relação de grandezas, que é expressa em dB (decibel).

2.1.2 Um breve histórico

No Brasil, em 1919, o decreto 3724 regulou as obrigações decorrentes dos acidentes no trabalho²⁴. A partir deste período, a doença do trabalho passou a ser objeto de regulação por parte do poder público. Em 1944, o decreto Lei 7036 reformou a lei de acidentes de trabalho²⁵.

A Lei 6514 de 1977 alterou a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT)²⁶, dando origem as Normas regulamentadoras²⁷. Dentre as normas regulamentadoras, a NR-15 trata especificamente com ambientes insalubres⁹. A partir de sua publicação, em 1979, o ruído se tornou legalmente fator de risco de PAIR.

O Decreto nº 611 /92 regulamentou a Lei nº 8213 /91 , passando a considerar o ruído como um agente causador de doença profissional. Porém, este decreto somente regulamentava o auxílio acidente para as perdas auditivas ocorridas nas frequências de 500 a 2000 Hz, comprovadas em audiograma. A Portaria n.º 19 , de 9 de abril de 1998 , atualizou a NR-7, incluindo as diretrizes e os parâmetros mínimos para a avaliação e o acompanhamento da audição, considerando-se as frequências de 3000 , 4000 e/ou 6000 Hz na caracterização da doença.

Em 2001 , a Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (Fundacentro) publicou a NHO01. Esta norma estabelece critérios técnicos de procedimentos para medição dos níveis de ruído.

Em 2006 , a Lei Nº 11 430 estabeleceu a obrigatoriedade para que o Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS) defina o Nexo causal (NC) entre a doença e atividade desenvolvida, caracterizando a incapacidade para o trabalho.

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O ouvido (Figura 3) é um receptor que está associado à condução, modificação, amplificação e análise das ondas sonoras⁴. As ondas sonoras são convertidas em impulsos nervosos transmitidos ao sistema nervoso central. O ouvido ou órgão vestibular é dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno, e possui duas funções: equilíbrio e audição. As partes externa e média estão principalmente relacionadas com a transferência de som para o ouvido interno, que contem o órgão de equilíbrio que são os canais semicirculares, também chamados de labirinto⁴.

O aparelho auditivo possui mecanismos que atenuam as vibrações que chegam até a cóclea, diminuindo as chances de lesão auditiva²⁸. Os efeitos do ruído sobre o sistema auditivo podem gerar sintomas, tais como: Trauma Acústico (TA), a Alteração Temporária do Limiar (ATL) e a Alteração Permanente do Limiar (AP).

Dada a natureza periódica de alguns fenômenos acústicos, muitas vezes dotados de frequências dominantes, define-se a grandeza que quantifica essa periodicidade. Portanto, os fenômenos periódicos são caracterizados pelo número de ocorrências de um ciclo em um determinado intervalo de tempo. Assim, é definida a grandeza frequência, sempre presente nos movimentos periódicos, e, em particular, nos movimentos oscilatórios⁴.

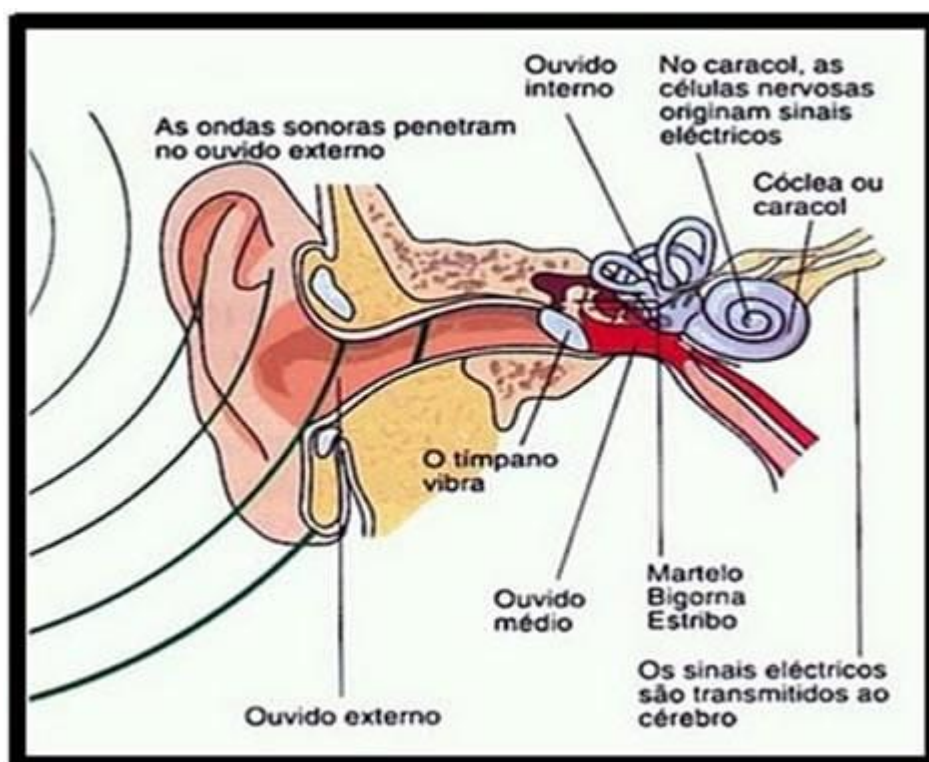
A frequência é dada por:

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.2)$$

onde T é o período, ou o tempo necessário para a ocorrência de um ciclo. Quando o período (T) for expresso em segundos (s), a frequência (f) será expressa em Hz.

AAP pode ser manifesta isoladamente, ou em combinação com os seguintes fatores²⁸:

Figura 3 – Representação do Ouvido Humano



Fonte: Fernandes²³

- Presbiacusia - É a inevitável perda auditiva relacionada com a idade;
- Nosoacusias - São patologias otológicas ou condições médicas que afetam a audição;
- Socioacusia - Perda que não está restrita à perda provocada pelas condições de trabalho, mas que é induzida por um ruído não ocupacional;
- Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) - Perda relacionada ao trabalho, é uma diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição contínua a níveis elevados de pressão sonora²⁸.

O ruído ocupacional é um problema global que afeta um vasto conjunto de setores industriais. A exposição excessiva ao ruído pode originar distúrbios auditivos. Os distúrbios da audição ocorrem como um resultado da exposição diária aos sons com alta intensidade, ou seja, sons com amplitude acima dos limites permitidos²⁰. A exposição ao ruído não é um risco recente. Antes mesmo da revolução industrial, embora em pequeno número, já existiam pessoas expostas a um elevado ruído em seus postos de trabalho²³.

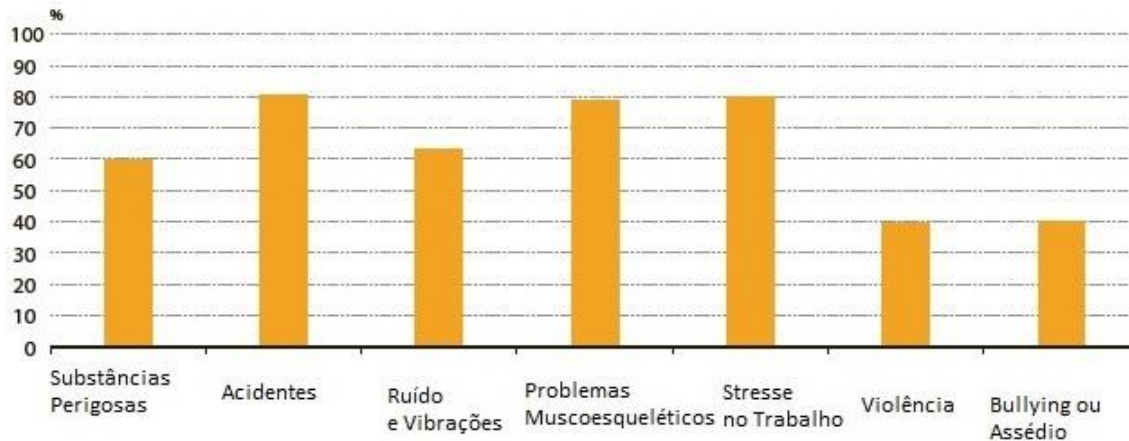
Os ambientes industriais podem oferecer uma série de riscos à saúde, entre eles, o ruído presente em uma grande parte dos processos produtivos. Trata-se de uma exposição passível de ser mensurada e controlada, no entanto, existem limitações relacionadas ao monitoramento dos

ambientes de trabalho como: a falta de histórico de medições de ruído e a ausência de políticas de gestão¹³. De um modo geral, dentre os riscos ocupacionais que podem causar desconforto ambiental, estão aqueles decorrentes das condições precárias de um ambiente de trabalho, ou de um processo operacional em diversas atividades profissionais. Entre estes riscos ambientais está o ruído²⁹.

Na China, considerando-se as atividades exercidas por trabalhadores de várias indústrias, encontram-se taxas de prevalência de PAIR que variam entre 12 % e 49 %³⁰.

Na Europa, em média, 7,3 % dos trabalhadores apresentam problemas de audição que estão relacionados ao trabalho. O histórico desses trabalhadores demonstra que a maioria deles estavam expostos a altos níveis de ruído³¹. Em 2010 foi publicado um demonstrativo estatístico sobre os principais problemas relacionados a segurança e saúde dos trabalhadores em estabelecimentos industriais europeus. Ao listar os 7 problemas mais frequentes denunciados em cada estabelecimento pesquisado, os ruídos e as vibrações aparecem como o quarto problema que mais aparece, com 60,0% das respostas dos estabelecimentos, os acidentes de trabalho aparecem como problema em 80,0 % dos estabelecimentos (Figura 4).

Figura 4 – Problemas percebidos como de maior preocupação nos estabelecimentos da Europa



Fonte: Eurostat³¹

A Norma Regulamentadora 9 (NR-9)³², demonstra que o ruído é considerado como um agente de risco físico, existente nos ambientes de trabalho. Em função da natureza do ruído, de sua intensidade e do tempo de exposição do trabalhador, a exposição contínua ao ruído pode causar danos à saúde desse trabalhador. Ao longo dos anos, uma exposição contínua aos intensos níveis de ruído, acima de 85 dB, pode levar ao desenvolvimento de uma PAIR permanente e irreversível⁸. A permanência de um indivíduo em um ambiente com alta intensidade de ruído, acima de 85 dB, sem que ele tome as medidas adequadas para a sua segurança, tais como o uso do Equipamento de Proteção Individual (EPI), pode causar lesões em suas vias auditivas³³.

Além dos problemas auditivos, o ruído tem interações com outros aspectos na vida laboral dos trabalhadores. Em uma pesquisa realizada entre os trabalhadores de uma indústria de fabricação de roupas, 33,0 % dos trabalhadores responderam que se sentem irritados quando expostos a um elevado nível de ruído, e 50,0 % dos trabalhadores responderam que se sentem estressados quando expostos a um elevado nível de ruído³⁴.

Segundo Karina e Buriti¹⁹, quando ocorre sem métodos preventivos, uma exposição ao ruído elevará, em até duas vezes o risco de ocorrência de um acidente de trabalho. A PAIR dificulta a comunicação e o relacionamento interpessoal, fatores importantes nas realizações das atividades de qualquer ser humano²⁸.

De acordo com Fernandes²³, o aumento da mecanização nas atividades industriais tem agravado o problema da exposição ao ruído. A indústria de fabricação de máquinas e equipamentos é um segmento industrial importante para a produção industrial, pois esse segmento fornece os insumos necessários para a melhoria dos processos que transformam a matéria-prima em produtos acabados³⁵. Entretanto, além da melhoria nos processos de produção proporcionado pela instalação de novas máquinas, essa solução manifesta um aspecto negativo, já que as máquinas emitem ruídos indesejáveis aos trabalhadores. Para Cavalcante, Ferrite e Meira³⁶, a indústria concentra um maior número de processos e de trabalhos que expõem os trabalhadores ao ruído, contudo pouco se sabe sobre a distribuição dessa exposição no Brasil. A indústria de móveis se caracteriza pela reunião de diversos processos de produção. Ela envolve diferentes matérias-primas e uma grande diversidade de produtos finais³⁷. As fábricas de móveis exercem atividades industriais onde os processos produtivos são mediados pelo funcionamento de diversas máquinas. Essas máquinas produzem ruídos indesejáveis, geralmente de forte intensidade, com o potencial para causar danos à audição dos trabalhadores¹³.

Em sua avaliação dos níveis de ruído em marcenarias do Distrito Federal, considerando-se todas as máquinas avaliadas, exceto a lixadeira de cinta e a furadeira horizontal, Venturoli et al.³⁸ observaram que os equipamentos apresentavam níveis de ruído acima do permitido pela NR-15³⁹. Dentre os equipamentos utilizados para a produção de móveis, as plainas são os equipamentos mais utilizados. Em função de suas características construtivas, elas produzem ruídos indesejáveis aos trabalhadores⁴⁰.

Segundo Villoria et al.⁴¹, os níveis de ruídos são classificados como silencioso (0 a 39 dB), moderado (40 a 79 dB), ruidoso (80 a 99 dB) e muito ruidoso (100 e 129 dB). Segundo Quintilio, Alcarás e Martins⁴², a depender das características acústicas do ambiente a qual o indivíduo está exposto ao ruído, pode provocar diferentes respostas nos trabalhadores. O efeito dessa exposição pode ser de ordem auditiva (zumbido, PAIR, etc.), ou extra-auditiva (alterações na pressão arterial, estresse, distúrbios gástricos, distúrbios da visão, distúrbios da atenção, distúrbios da memória, distúrbios do sono e distúrbios do humor).

Apesar das regulamentações legais sobre o ruído ambiental na Europa, verifica-se que o número de casos de PAIR ainda é alto devido ao ruído das máquinas⁴³. Dessa forma, observa-se

a necessidade de implementação de uma política, na fase de projeto, para a redução dos níveis de ruído na fonte, impulsionando-se o mercado para a produção de máquinas menos ruidosas. Segundo Kim et al.⁴⁴, as medições de ruído nos equipamentos de serviços de terraplenagem foram utilizadas como parâmetros para a proposta de mudanças necessárias durante a fase de projeto de novos equipamentos.

Para Oliva et al.⁴⁵, existe a probabilidade do trabalhador desenvolver a PAIR em função do aumento do tempo de sua exposição ao ruído. A NR-15, em seu anexo 1, define, para cada nível de ruído em dB, umLT, ou tempo máximo de exposição em horas (Tabela 1).

Tabela 1 – Limites de Tolerância para Ruído Contínuo Intermitente

ANEXO - 01 NR-15	
NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 Horas
86	7 Horas
87	6 Horas
88	5 Horas
89	4 Horas e 30 minutos
90	4 Horas
91	3 Horas e 30 minutos
92	3 Horas
93	2 Horas e 40 minutos
94	2 Horas e 15 minutos
95	2 Horas
96	1 Hora e 45 minutos
98	1 Hora e 15 minutos
100	1 Hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego⁹

A exposição contínua ao ruído pode ter como consequência a PAIR, podendo acometer aos profissionais com uma exposição elevada ao ruído. A PAIR é a diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição continuada a níveis elevados de ruído¹⁷.

O diagnóstico da PAIR se dá através de exames audiológicos, onde os resultados podem sugerir a existência de uma associação entre uma mudança significativa do LA dos trabalhadores, e os anos de sua exposição ao ruído⁴⁵. A PAIR é identificada através de diagnósticos audiométricos, considerando-se o histórico de exposição do trabalhador⁴⁶.

A PAIR é uma doença de muita prevalência em trabalhadores da indústria. Ela afeta a qualidade de vida, as relações sociais e a habilidade de comunicação de um indivíduo. No entanto, é uma doença que pode ser prevenida. Uma das etapas necessárias para a implantação dos métodos de prevenção é a investigação das condições de exposição e prevalência da PAIR⁴⁷. Em um indivíduo, a primeira evidência da PAIR é o acometimento do LA em uma, ou mais, das frequências de uma faixa que varia de 3000 a 6000 Hz. Em outras frequências, superiores ou inferiores aos limites dessa faixa, poderá levar mais tempo para que a sensibilidade do indivíduo seja afetada.

Junto com a PAIR, outros problemas auditivos podem aparecer. Um deles é o zumbido, segundo Weber e Périco⁴⁸, o zumbido é muito presente em trabalhadores expostos ao ruído. O zumbido é definido como a percepção consciente de um som, mesmo com a ausência de uma fonte sonora externa. Para Ismaila e Odusote⁴⁹, a exposição a altos níveis de ruído coincidem com o aumento da pressão arterial.

No estudo de Régis, Crispim e Ferreira⁵⁰, os trabalhadores que estavam em uma faixa etária acima de 45 anos, e com o tempo de serviço superior a 21 anos, apresentaram uma maior incidência de PAIR. Os dados relativos à PAIR, ou a respeito da população exposta ao ruído ainda são raros, embora essas informações sejam altamente relevantes para a realização de uma estimativa do número de trabalhadores vulneráveis⁵¹.

A notificação de acidentes e agravos relacionados ao trabalho se faz importante para nortear políticas e programas voltados à saúde dos trabalhadores⁵². Em conformidade com a portaria 104 de 25 de janeiro de 2011, publicada pelo gabinete ministerial do Ministério da Saúde, apesar da PAIR ser considerada de notificação obrigatória pelos profissionais da rede pública ou privada de saúde, verifica-se que as ocorrências não são adequadamente notificadas⁵².

Segundo Vianna e Amaral²⁸, a prevenção é a principal medida a ser tomada, porquanto a PAIR é uma lesão de caráter irreversível, não existindo tratamento clínico ou cirurgia para a recuperação do LA. Para Gonçalves et al.⁵³, a PAIR pode ser evitada com o controle da exposição ao ruído, até que a fonte sonora seja controlada ou eliminada. A exposição ao ruído ocupacional pode ser minimizada com a utilização de protetores auriculares, regulamentada através de um programa de controle da audição. Somente a distribuição dos protetores auriculares, e a obrigatoriedade de seu uso, não são suficientes para a preservação da audição⁵⁴. É necessário a implantação de um programa que inclua, desde o mapeamento dos riscos, até a capacitação do trabalhador para o uso do EPI.

2.2.1 Ruído e a legislação previdenciária

O artigo 280 da instrução normativa INSS/PRES N° 77, em 21 de Janeiro de 2015, determina que a exposição ocupacional ao ruído, acima de 85 dB, dará ensejo a caracterização de atividade exercida em condições especiais, aplicando-se:

- a) os limites de tolerância definidos no Quadro do Anexo I da NR-15;
- b) as metodologias e os procedimentos definidos na NHO01 da Fundacentro.

Desde 1º de janeiro de 2004, conforme foi estabelecido pelo artigo 266 da Instrução Normativa INSS/DC 99, em 5 de dezembro de 2003, toda empresa deve preencher um formulário denominado Perfil Profissiográfico Previdenciário (PPP). Em conformidade com o anexo XV, isso deve ser feito de forma individualizada para todos os empregados que trabalhem expostos aos agentes nocivos químicos, físicos e biológicos prejudiciais à saúde ou à integridade física, condicionado ao alcance dos níveis de ação de que trata a NR-9.

2.2.2 Método de medição do ruído emitido por máquinas

A NHO01, norma publicada pela Fundacentro²², tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para medição e avaliação da exposição ocupacional ao nível ruído que implique em risco potencial de provocar a surdez ocupacional.

a) Equipamento de medição

O aparelho utilizado para realizar as medições de ruído em máquinas e equipamentos é o medidor integrador portado pelo avaliador ou decibelímetro (Figura 5). Esse medidor é operado diretamente pelo avaliador, e fornece, por meio de integração, a DDE ou o nível médio de ruído²².

No trabalho de Girardi e Sellitto⁵⁵, desenvolvido em uma indústria de moveleira localizada em São Leopoldo na serra Gaúcha, foi utilizado um decibelímetro digital para realizar as medições, realizando-se o reconhecimento do risco de exposição ao ruído.

Em seus estudos sobre o ruído em consultórios odontológicos, Lourenço, Medina e Duarte⁵⁶ utilizaram um decibelímetro para executar a medição do nível de ruído. No estudo de Venturoli et al.³⁸, o ruído das máquinas em marcenarias foi medido com um decibelímetro digital, com o seu sensor posicionado próximo ao ouvido do trabalhador. Em seu estudo sobre ruído em unidades de terapia intensiva, Senis, Macedo e Cunha⁵⁷ também usaram um decibelímetro para medir os níveis sonoros.

Para a determinação de níveis médios de ruído, um decibelímetro deve possuir os seguintes recursos:

- Circuito de ponderação = “A”;
- Circuito de resposta = Lenta (slow);
- Critério de referência = 85 dB, que corresponde a DDE de 100 % para uma exposição de 8 horas;

- Nível limiar de integração = 80 dB;
- Faixa de medição mínima = 80 dB.

Figura 5 – Decibelímetro



Fonte: o autor

b) Procedimentos de utilização do medidor integrador portado pelo avaliador

Esses procedimentos estão em conformidade com a NHO01, e devem ser seguidos na seguinte sequência:

1. Realizar os ajustes preliminares no equipamento e a sua calibração, tendo-se como base as instruções no manual do fabricante;
2. Manter o microfone do medidor dentro da zona auditiva do trabalhador, posicionado de forma a minimizar a interferência na medição (Figura 6);
3. Cada leitura registrada deve ter correspondência com o valor efetivamente lido no medidor no instante da medição, arredondando para o valor mais próximo, dentro de um intervalo de 0,50 dB.

A calibração serve para diminuir ao mínimo possível a base de erro de medição. O equipamento utilizado na calibração do decibelímetro deve atender às especificações da norma s1.40-1984 da American National Standards Institute (ANSI), e deve permitir o adequado acoplamento entre o microfone e o calibrador. O acoplamento pode ser direto ou por meio do uso de um adaptador. A Figura 6 demonstra o posicionamento do decibelímetro na zona auditiva.

Segundo a NHO01, a realização de uma medida de ruído em locais de trabalho deve atender às seguintes recomendações:

Figura 6 – Posicionamento na zona auditiva



Fonte: o autor

- A avaliação de ruído deve ser feita de forma a caracterizar a exposição do trabalhador durante o uso da máquina ou equipamento considerados no estudo. Identificando-se qual o Grupo Homogêneo de Exposição (GHE) de trabalhadores que apresenta igual característica de exposição, não precisando serem avaliados todos os trabalhadores.
- Havendo dúvidas quanto à possibilidade de redução do número de trabalhadores a serem avaliados, a abordagem deve considerar, necessariamente, a totalidade dos expostos em um grupo considerado.
- O conjunto de medições deve ser representativo para as condições reais de exposição ocupacional de um grupo de trabalhadores que seja o objeto do estudo. Desta forma, a avaliação deve cobrir todas as condições operacionais e ambientais habituais que envolvem o trabalhador no exercício de suas funções.
- Os procedimentos de avaliação devem interferir o mínimo possível nas condições ambientais e operacionais que caracterizam a condição de trabalho em estudo. Condições de exposição não rotineiras, decorrentes de operações ou procedimentos de trabalho previsíveis, mas não habituais, tais como manutenções preventivas, devem ser avaliadas e interpretadas isoladamente.
- Deverão ser obtidas informações administrativas, a serem corroboradas por observação de campo, necessárias na caracterização da exposição dos trabalhadores, com base no critério utilizado.

As medições devem ser realizadas com os equipamentos ligados sem carga e ligados com carga. Os dados das medições devem ser lançados em uma tabela (Ex.:Tabela 2). Cada leitura obtida no medidor deve ser arredondada para o valor mais próximo, dentro de um intervalo de 0,50 dB²².

Tabela 2 – Modelo de Planilha base das medições

MOVELARIA			
Máquina/Equipamento	Medição 01 (dB)	Medição 02 (dB)	Medição 03 (dB)
Tupia Manual com carga	100,5	101,0	101,0
Lixadeira de Bancada com carga	90,0	91,0	90,5
Serra de Bancada com carga	103,5	101,0	100,0
Lixadeira Manual com carga	98,0	99,0	99,0
Plaina de Bancada com carga	103,0	103,5	105,0
Tupia Manual sem carga	98,5	96,0	96,0
Lixadeira de Bancada sem carga	84,0	85,0	85,0
Serra de Bancada sem carga	95,0	96,0	96,0
Lixadeira Manual sem carga	99,0	99,0	100,0
Plaina de Bancada sem carga	94,5	93,5	95,0

Fonte: o autor

2.2.3 Audiometrias – princípios e procedimentos básicos para a realização do exame audiométrico

A audiometria tonal liminar, exame preconizado pela NR-7, é um procedimento que utiliza tons puros e estabelece os limites mínimos de percepção sonora de um indivíduo. Estes limites mínimos são obtidos por meio das respostas dadas pelo indivíduo, devendo este indicar a presença ou ausência da sensação auditiva³³. Todos os trabalhadores que exerçam as suas atividades em ambientes cujos níveis de ruído excedam o LT da NR-15²¹ devem ser submetidos à realização de exames audiométricos de referência. O exame deverá ser realizado mesmo que o trabalhador já faça uso do protetor auditivo.

De acordo com a NR-7²¹ O exame audiométrico deve ser executado por um profissional habilitado, ou seja, médico ou fonoaudiólogo, conforme as resoluções dos respectivos conselhos federais profissionais. Até o momento da realização do exame audiométrico, o trabalhador deve permanecer em repouso auditivo por um período mínimo de 14 h. Durante o exame, o profissional deve inspecionar o meato acústico, para investigar a presença de cerume³³.

Entende-se por exames audiológicos de referência e sequenciais o conjunto de procedimentos necessários para a avaliação da audição do trabalhador ao longo do tempo de exposição ao risco²¹. Os exames audiológicos de referência e sequências incluem:

- anamnese clínico-ocupacional;
- exame otológico;
- exame audiométrico;
- outros exames audiológicos complementares solicitados conforme critérios médicos.

O Conselho Federal de Fonoaudiologia ⁵⁸ estabelece os níveis máximo de ruído nos ambientes de realização dos exames audiométricos por via aérea, com fones de ouvido supra-aurais (Tabela 3).

Tabela 3 – ISO 8253-1 2010

FREQUÊNCIA CENTRAIS DE BANDAS DE 1/3 DE OITAVA Hz	NÍVEL MÁXIMO DE PRESSÃO SONORA PERMITIDA NO AMBIENTE-dB		
	125 A 8000Hz	250 A 8000Hz	500 A 8000Hz
31,5	56,0	66,0	78,0
40,0	52,0	62,0	73,0
50,0	47,0	57,0	68,0
63,0	42,0	52,0	64,0
80,0	38,0	48,0	59,0
100,0	33,0	43,0	55,0
125,0	28,0	39,0	51,0
160,0	23,0	30,0	47,0
200,0	20,0	20,0	42,0
250,0	19,0	19,0	37,0
315,0	18,0	18,0	33,0
400,0	18,0	18,0	24,0
500,0	18,0	18,0	18,0
630,0	18,0	18,0	18,0
800,0	20,0	20,0	20,0
1000,0	23,0	23,0	23,0
1250,0	25,0	25,0	25,0
1600,0	27,0	27,0	27,0
2000,0	30,0	30,0	30,0
2500,0	32,0	32,0	32,0
3150,0	34,0	34,0	34,0
4000,0	36,0	36,0	36,0
5000,0	35,0	35,0	35,0
6300,0	34,0	34,0	34,0
8000,0	33,0	33,0	33,0

Fonte: o autor

Para que seja caracterizado que uma doença é relacionada a um trabalho desenvolvido, deve-se existir Nexo causal (NC). Segundo Camisassa⁵⁹ "nexo causal" ocorre quando, através de um controle médico, ficar caracterizado que os danos na saúde dos trabalhadores tem relação com a situação de trabalho a que eles estão expostos.

a) Equipamentos

O exame audiométrico deve ser realizado em cabina audiométrica fechada, sempre pela via aérea nas frequências de 500 , 1000 , 2000 , 3000 , 4000 , 6000 e 8000 Hz²¹.

b) Interpretação dos resultados do exame audiométrico

A interpretação dos resultados do exame audiométrico tem como principal finalidade a prevenção. De acordo com a NR-7²¹, a interpretação dos resultados do exame audiométrico de referência devem seguir as seguintes condições:

- São considerados dentro dos limites aceitáveis, para efeito desta norma técnica de caráter preventivo, os casos cujos audiogramas mostrem LA menores ou iguais a 25,0 dB, em todas as frequências examinadas.
- São considerados sugestivos de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados os casos cujos audiogramas, nas frequências de 3000 e/ou 4000 e/ou 6000 Hz, apresentem LA acima de 25,0 dB, e no caso dos exames periódicos que resultem em níveis mais elevados do que nas outras frequências testadas, estando essas comprometidas ou não, tanto no teste da via aérea, quanto da via óssea, em um ou em ambos os lados, seguindo-se as seguintes recomendações²¹:
 - a diferença entre as médias aritméticas dos LA no grupo de frequências de 3000 e/ou 4000 e/ou 6000 Hz, iguale-se ou ultrapasse 10,0 dB;
 - a perda auditiva em pelo menos uma das frequências de 3000 e/ou 4000 e/ou 6000 Hz que se iguale ou ultrapasse 15,0dB.

c) Levantamento dos dados qualitativos

O levantamento das informações qualitativas referentes à exposição dos trabalhadores compõe uma das etapas da análise da situação auditiva dos trabalhadores. Antes do exame audiométrico, deve-se realizar uma anamnese clínico-ocupacional²¹, entrevistando-se o trabalhador e coletando todos os fatos que se relacionam com a possível doença. No caso da PAIR, sugere-se coletar as seguintes informações antes da audiometria: idade biológica, função, sexo, tempo de trabalho em ambientes ruidosos.

2.2.4 Efeitos na saúde decorrente da exposição ao ruído

Segundo o MPS, a doença profissional é entendida como uma doença produzida ou desencadeada pelo exercício de um trabalho peculiar em uma determinada atividade¹⁶.

A existência de um meio ambiente laboral equilibrado se mostra decisiva para a saúde e o bem-estar de homens e mulheres que vivem do trabalho. Desse modo, a inexistência de um ambiente de trabalho saudável influencia de maneira negativa⁶⁰:

- o equilíbrio de suas vidas familiares,
- o desenvolvimento das relações sociais por eles(as) travadas,
- o êxito e a produtividade nos estabelecimentos em que laboram e,
- em última instância, a sociedade em que se inserem.

Para Júnior e Luiz⁶¹, a modificação da natureza pelo trabalho e a vida em sociedade são ocorrências indissociáveis, essa mudança, contudo, não é livre de riscos. Talvez as primeiras fogueiras do homem primitivo tenham causado queimaduras, e até intoxicação por monóxido de carbono em cavernas sem ventilação. Quando expostas a sobrecargas de ruído as células do ouvido sofrem alterações, tendo como principal consequência a PAIR. A deterioração da audição é função da intensidade, frequência e tempo de exposição ao ruído, variando também de indivíduo para indivíduo⁶². O ruído induz a produção de radicais livres que irão diminuir a circulação sanguínea coclear, quando a exposição laboral é continuada, a hipoacusia (diminuição da audição) é mais notória, uma vez que fica diminuído o tempo de recuperação disponível⁶³. A PAIR representa uma parte substancial das doenças profissionais, ela se associa a um custo elevado, quer econômico, quer social elevando o risco de acidentes tendo como consequência uma piora na qualidade de vida geral. Segundo Lopes et al.⁴⁷, a PAIR pode prejudicar a qualidade de vida afetando as relações sociais, de comunicação e de trabalho. Evidencia-se a importância de ações preventivas e coletivas que visem a conservação da audição e da saúde em geral. Para Vianna e Amaral²⁸, ficou evidenciado que 12 % dos trabalhadores de uma mineradora apresentaram acometimento de PAIR. O INSS publicou em 2014 o anuário estatístico⁶⁴ registrando o adoecimento de 1626 trabalhadores com Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) no MPS. Há provas sobre vários tipos de efeitos para a saúde decorrentes de um nível médio de ruído, tais como problemas da voz, estresse, doenças cardiovasculares e problemas neurológicos. Um nível de ruído inferior ao que causa perda auditiva pode ter outros efeitos na saúde, além dos que afetam a audição. O ruído interfere no sono e no descanso, pode perturbar a comunicação e a inteligibilidade da fala, ou interfere em tarefas mentais que exigem certo grau de atenção e concentração²⁰.

2.2.5 Doenças ocupacionais e suas consequências nas empresas

A fabricação de móveis, em especial os de madeira, pode ser considerada uma das mais tradicionais atividades da indústria de transformação. Esse setor reúne características, tais como: uma elevada utilização de insumos de origem natural, alta demanda de mão de obra, baixa inovação tecnológica e alto grau de informalidade¹. Em 2013, este segmento empregou cerca de 328 mil trabalhadores¹¹.

De acordo com Rodrigues⁶⁵, o absenteísmo é definido como a frequente ausência física do profissional no ambiente de trabalho. O efeito do absenteísmo é negativo, já que a ausência dos trabalhadores diminui a produção, reflete nos indicadores de qualidade de forma negativa, e como consequência repercute diretamente na economia^{66,67}. Segundo Almeida e Barbosa-Branco⁶⁸, a alta prevalência de agravos à saúde dos trabalhadores brasileiros, com relativo índice de absenteísmo, sugere precariedade das medidas de segurança no trabalho. Em 2008, para as empresas brasileiras, o custo médio diário com as despesas previdenciárias decorrentes de doenças e acidentes de trabalho foi da ordem de dois mil reais. Poucos são os dados de absenteísmo no Brasil em relação ao tempo total de afastamento no trabalho. O MPS, em sua página oficial, publica anualmente uma tabela com o acompanhamento mensal dos beneficiários de auxílios-doença acidentários, levando-se em consideração todos os tipos de acidentes e doenças relacionados ao trabalho, porém o tempo de afastamento não é divulgado. Para Rossi⁶⁹, uma outra consequência para as empresas são as ações judiciais decorrentes dos acidentes e doenças do trabalho.

2.2.6 Prevenção e controle

A PAIR é uma doença evitável através de uma hierarquia de controles, sendo estes: controles coletivos, administrativos e individuais. A NR-9 determina como prioridade, a adoção de medidas de proteção coletiva, porém quando estas não forem suficientes ou se encontrarem em fase de estudo, planejamento ou implantação, deverão ser adotadas outras medidas, obedecendo-se à seguinte orientação³²:

- Medidas de caráter administrativo ou de organização do trabalho - Medidas organizacionais com vista à eliminação/redução dos postos de trabalho expostos, e do tempo de exposição, como por exemplo: a rotatividade dos trabalhadores que ocupam postos de trabalho com níveis de ruído elevados, e mudança de horários para realização das atividades ruidosas, colocando-as em horários em que estejam menos trabalhadores presentes²⁰;
- Utilização de equipamento de proteção individual - O protetor auricular funciona como uma barreira ao som que incide na orelha interna, atenuando principalmente as frequências altas⁵³.

A Norma Regulamentadora 6 (NR-6) estabelece como EPI adequado para proteção auditiva, aquele de fabricação nacional ou importado, com a indicação do Certificado de Aprovação (CA), expedido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), sendo permitido os seguintes tipos:

- Protetor auditivo circum-auricular para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR-15⁷⁰;
- Protetor auditivo de inserção para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR-15⁷⁰;
- Protetor auditivo semi-auricular para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR-15⁷⁰;

De acordo com a NR-9, deverão ser adotadas as medidas necessárias para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais, sempre que forem verificadas uma ou mais das seguintes situações³²:

- na identificação, na fase de antecipação, de risco potencial à saúde;
- na constatação, na fase de reconhecimento, de risco potencial à saúde;
- quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores limites previstos na NR-15;
- quando, através do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), ficar caracterizado o NC.

Para Oliveira et al.⁴⁶, dentre as etapas de controle da exposição auditiva, destaca-se o monitoramento audiométrico, cuja meta é a realização de exames audiométricos, não apenas para avaliar o adoecimento, mas também para intervenções preventivas através de um PCA. Com o objetivo de diminuir o absentismo, devem ser adotadas medidas preventivas que reduzam o Nível de Pressão Sonora (NPS) para os limites permitidos⁴. Para minimizar a exposição dos trabalhadores ao ruído e proteger a saúde, torna-se necessário implementar um conjunto de ações, incluindo a inspeção das condições de conservação e manutenção das máquinas e equipamentos⁷¹. A NR-7 estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para a avaliação e o acompanhamento da audição do trabalhador. Uma importante diretriz é a realização de exames audiológicos de referência e sequenciais, fornecendo-se subsídios para a adoção de programas que visem a prevenção da PAIR, e a conservação da saúde auditiva²¹. A implementação do PCA e suas ações visam minimizar os riscos à saúde do trabalhador, com medidas coordenadas e interligadas no sentido de evitar o desencadeamento e/ou agravamento de PAIR. A eficácia do PCA depende de um conjunto de medidas, a saber: o monitoramento da exposição ao ruído, controles de engenharia e administrativos, monitoramento audiométrico, indicação de EPI adequado, treinamento dos colaboradores⁴⁶.

2.2.7 Medicina e engenharia do trabalho

A NR-7, estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação do PCMSO, por parte das empresas que admitam trabalhadores como empregados. O objetivo do PCMSO é de promoção e preservação da saúde, cabendo ao empregador indicar um médico coordenador responsável por sua execução. Entre as atribuições do médico, estão:

- realizar os exames médicos necessários ou encarregar os mesmos a um profissional médico familiarizado: com os princípios da patologia ocupacional, suas causas e o ambiente, com as condições de trabalho e com os riscos a que está ou será exposto cada trabalhador da empresa²¹;
- indicar os exames complementares necessários²¹ ;
- determinar a periodicidade de realização dos exames, a partir do mínimo recomendável pela NR-7²¹.

De acordo com Pustiglione⁷², a medicina do trabalho é um dos braços da saúde pública e da medicina preventiva, e tem papel importante nas ações de vigilância, prevenção e controle das doenças ocupacionais. Para atingir seus objetivos, o médico do trabalho deve elaborar e implementar um programa que vise a coletividade sobre o individual. No campo da medicina, à medida que os conhecimentos avançam, fica mais clara a complexidade do processo de adoecimento, e as condições que contribuem para que a doença ocorra⁷³.

O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) é uma obrigatoriedade para as empresas, desde a sua elaboração até a sua implementação. Ele visa a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores. A antecipação, o reconhecimento, a avaliação e o consequente controle dos riscos ambientais são imprescindíveis para a preservação da saúde³². Cabe ao serviço de engenharia, a elaboração, implementação, o acompanhamento e a avaliação do PPRA. Segundo a Resolução 325, de 1987 do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), cabe ao engenheiro de segurança do trabalho propor políticas e programas de segurança do trabalho, zelando pela sua observância. A Portaria 3275 de 1989, define como uma das atribuições do técnico em segurança a execução dos programas de prevenção de acidentes e doenças do trabalho. Segundo Pustiglione⁷⁴, os sistemas de gestão em segurança devem ser instrumentalizados por objetivos, indicadores, metas e planos de ação que permitam a avaliação do atendimento aos requisitos legais. Cabe ao Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) fazer a gestão desses indicadores, buscando a melhoria contínua de seus processos. A NR-4 obriga as empresas a manterem o SESMT, dependendo do número de funcionários e do risco da atividade. O SESMT tem a finalidade de promover a saúde e proteger a integridade do trabalhador no local de trabalho⁷⁵.

No âmbito da engenharia de segurança e da medicina do trabalho, o conjunto de Normas regulamentadoras (NRs) integrantes da Portaria 3214 de 1978 são as premissas legais para a

busca de ambientes salubres para os trabalhadores brasileiros. De acordo com Alexandrino, Silva e Daniela⁷⁶, investigar a eficácia das NRs é de fundamental importância na discussão dos paradigmas normativos, e contribui para o desenvolvimento das políticas públicas de proteção à saúde dos trabalhadores.

2.2.8 Treinamento e capacitação

A NR-9 estabelece a obrigatoriedade do empregador em orientar aos trabalhadores, de maneira apropriada, sobre os riscos ambientais que possam se originar nos locais de trabalho, e sobre os meios disponíveis para preveni-los³². O treinamento é a execução de um projeto sistemático, que deve ser planejado e conduzido pela organização, e realizado dentro de um período específico de tempo. O objetivo da organização é aumentar a efetividade de determinado setor, ou grupo de trabalhadores, de modo que isso reflita em uma melhora no desempenho desses trabalhadores durante a realização de determinadas tarefas⁷⁷. Segundo Ismael et al.⁷⁸, uma grande parte dos acidentes de trabalho está associada a uma utilização incorreta dos EPIs, além da falta de informação e treinamento.

Após um estudo qualitativo sobre a percepção dos trabalhadores em relação à proteção auditiva, Bramatti, Morata e Marques⁷⁹, concluíram que o treinamento e a capacitação em relação ao uso de protetor auricular ocasionou mudanças significativas no comportamento dos trabalhadores em relação à proteção auditiva. A capacitação dos trabalhadores para identificação dos riscos e sobre a utilização adequada de EPIs propicia o desenvolvimento de compromisso e responsabilidade dos trabalhadores em relação a segurança⁸⁰. No estudo de Sonego, Filha e Moraes⁸¹, após orientação e capacitação adequada aos trabalhadores sobre o uso do protetor auricular, ficou evidenciado uma maior frequência de uso dos protetores por parte dos trabalhadores. A falta de treinamento, e o desconhecimento sobre os efeitos do ruído no organismo, é uma das causas dos problemas auditivos⁸².

2.3 ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo-se em vista a revisão bibliográfica realizada, são identificados os principais agentes causadores da PAIR, e as legislações previdenciária no Brasil que regulamentam, em ambientes ruidosos, a segurança do trabalho. Nesse capítulo, descreve-se e se analisa as condições de exposição ao ruído, a necessidade de coleta de dados confiáveis para avaliação do adoecimento auditivo, e dos níveis de exposição ao ruído. Demonstra-se os métodos normatizados para a realização das medições dos níveis de ruído provenientes das máquinas, e como proceder para a realização de audiometrias. Apresenta-se alguns métodos de prevenção utilizados, e as consequências na saúde dos trabalhadores, e nas empresas. Conclui-se que a obtenção de dados sobre a exposição à PAIR, bem como a proposição de mecanismos para a prevenção, poderão melhorar os indicadores que se referem ao adoecimento auditivo, melhorando-se a qualidade de

vida no trabalho. Visando um melhor conhecimento da evolução em um processo de adoecimento auditivo, propõe-se um modelo que estime a condição da PAIR em um trabalhador, tendo-se em vista a sua condição e tempo de exposição ao ruído. Portanto, esse modelo poderá ser usado como uma medida preventiva para alerta a possibilidade de desenvolvimento dessa doença irreversível.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 INTRODUÇÃO

As movelarias do município de Palmeira dos Índios (Figura 7) são caracterizadas, em sua maioria, como microempresas, onde há predominância de uma divisão familiar das atividades administrativas e poucos funcionários contratados. Para Junior, Almeida e Morrone⁴⁰, as movelarias se caracterizam por possuir mão de obra não especializada, sem uma divisão adequada das tarefas na produção, e com um baixo nível no controle da qualidade.

Figura 7 – Vista Interna de Uma das Movelarias



Fonte: o autor

Os trabalhadores de movelarias estão expostos aos vários riscos que podem causar danos para a saúde e a integridade física⁸³. Nas atividades de fabricação de móveis, o agente físico “ruído” é um dos riscos mais presentes. Isto ocorre devido ao uso constante de diversas máquinas e equipamentos⁵⁵. Segundo Marson³⁵, as máquinas e equipamentos têm importante participação na indústria, pois dão apoio à expansão dos diversos setores industriais, inclusive para as fábricas de móveis. As máquinas mais representativas nas movelarias, objeto desse estudo, são máquinas elétricas rotativas ou girantes. Por suas características construtivas, essas máquinas emitem altos níveis de ruídos. As principais máquinas utilizadas nas movelarias são: a lixadeira de bancada, a lixadeira manual, a plaina de bancada, a serra de bancada e a tupia manual. As principais funções de cada uma dessas máquinas pode ser vista na Tabela 4.

Em decorrência do uso das máquinas rotativas, o ruído é um agente físico muito presente nas fábricas de móveis. As ondas sonoras provenientes dessas máquinas alteram a pressão acústica que incide sobre os ouvidos dos trabalhadores⁸⁴. Para Meira et al.¹³, os processos

Tabela 4 – Descrição técnica das máquinas avaliadas

Máquina e Equipamento	Descrição
Serra Circular de Bancada	Utilizada para serrar madeira ou derivados em corte reto, por meio de uma serra circular dentada acoplada a uma mesa de corpo fixo.
Tupia Manual	Utilizada para fazer molduras, rebaixamentos, ranhuras, perfis e canais. Composta de uma base de ferro na qual se apoia um tampo e em cujo centro se encontra um eixo onde se prendem as ferramentas de corte, que giram na alta velocidade.
Plana	Visa dimensionar a espessura das peças, bem como na operação de desbaste, aplainar e nivelar as superfícies da peça tornando-as uniformes. É constituída por uma base de ferro fundido e possui, na parte superior, uma capa de proteção cobrindo o eixo, o qual é constituído por navalhas e dois rolos de alimentação que funcionam automaticamente.
Lixadeira de Bancada	Acabamento de superfícies planas ou curvas de chapas de madeira, elimina imperfeições e asperezas para que a peça possa receber o acabamento final. A lixadeira de bancada é composta de duas colunas ligadas por uma cinta de lixa, entre as quais existe uma mesa fixa onde é apoiada a peça de madeira.
Lixadeira Manual	Acabamento de superfícies de peças montadas planas ou curvas. Elimina imperfeições e asperezas para que a peça possa receber o acabamento final.

Fonte: Venturoli et al. ³⁸

produtivos que utilizam máquinas e equipamentos geralmente produzem ruídos indesejáveis, que podem causar danos à audição dos trabalhadores. Nas fábricas de móveis, os trabalhadores realizam suas atividades expostos ao ruído de máquinas e equipamentos que podem causar danos físicos e psicológicos⁸⁴. O fluxo do processo de produção de móveis (Figura 8) envolve etapas de: cortes, furação e montagem.

Em níveis acima do permitido em um ambiente de trabalho, além de causar doenças auditivas, o ruído pode causar distrações durante a execução das atividades. As distrações podem levar aos imprevistos ou aos acidentes⁸⁵. O ruído de máquinas e equipamentos é considerado, na Norma Regulamentadora 12 (NR-12)⁸⁶, como um risco adicional. A NR-12 obriga aos empregadores a adotarem medidas de controle para este risco. A prioridade é a eliminação ou redução do ruído, ou a redução do tempo de exposição dos trabalhadores. Santos e Almeida ⁶³ evidenciam a associação do ruído aos outros fatores de conforto ambiental, tais como a iluminação, a postura inadequada e poeiras. Todos esses fatores compõem os diversos riscos existentes nas atividades

Figura 8 – Fluxograma de Fabricação de Móveis



Fonte: o autor

do moveleiro.

Segundo Duarte⁸⁷, o “acidente” é um evento indesejável, fortuito, que causa danos efetivos à integridade física e/ou mental das pessoas. De acordo com o MPS, a doença profissional ou do trabalho é caracterizada como acidente de trabalho¹⁶.

A exposição contínua aos níveis de ruído intensos pode levar, ao longo dos anos, a uma PAIR permanente e irreversível. A exposição do ruído pode causar zumbido, tontura, distúrbios gástricos, alterações na pressão arterial, estresse, distúrbios da visão, da atenção, da memória, do sono e do humor⁸. Para Karina e Buriti¹⁹, a PAIR é o agravo mais frequente à saúde do trabalhador. A PAIR é considerada uma doença complexa, que resulta de interação de fatores genéticos e ambientais⁸⁸. De acordo com o Ministério da Saúde (MS), as doenças otorrinolaringológicas relacionadas ao trabalho são causadas por agentes ou mecanismos irritativos, alérgicos ou tóxicos no ouvido interno⁸⁹.

O máximo nível de exposição ao ruído, contínuo ou intermitente, admitido para uma

jornada diária de 8 horas é de 85 dB (Tabela 1). Esse parâmetro é definido pela NR-15, que define que a exposição acima do LT é caracterizada como insalubridade⁹. São consideradas atividades insalubres aquelas que, por sua natureza ou condições de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, tais como um nível de ruído acima doLT²⁶.

O conhecimento dos níveis de ruído gerados por máquinas e equipamentos, em especial quando em contato com as superfícies de corte dos materiais, contribuem nas ações de controle do ruído em atividades ocupacionais². Existe a necessidade de dados sobre PAIR no Brasil, principalmente pela dificuldade com relação às estatísticas oficiais do MPS, que não separa por tipo de lesão auricular⁹⁰. De acordo comJéssica et al.³³, o ambiente com ruído em excesso, sem medidas de segurança adequadas, tais como o uso dosEPIspelos trabalhadores expostos, pode gerar uma lesão das vias auditivas. A determinação quantitativa do nível de ruído é caracterizada como um fator de grande importância para o controle do ambiente na indústria moveleira, inclusive para a seleção correta dos protetores auriculares⁵⁵. ParaKim et al.⁴⁴, a análise do ruído gerado por equipamentos tem uma grande importância na tomada de decisão, influenciando no projeto de novos equipamentos.

De acordo com a severidade de exposição dos trabalhadores ao ruído, é imprescindível a realização de estudos para se reduzir os efeitos nocivos sobre os trabalhadores⁹¹. De acordo com Fleming e Garcia⁹², a análise dos riscos em um ambiente de trabalho deve ser feita através de uma Análise Preliminar de Riscos (APR). Na APR, o mapeamento do ruído serve de base para o Programa de Conservação Auditiva (PCA). De acordo comLopes et al.⁴⁷, em um estudo realizado em diversas indústrias, observou-se que 24,75 % dos trabalhadores examinados apresentaram PAIR. Outro problema auditivo muito comum em trabalhadores expostos ao ruído é o zumbido. No estudo deBoger, Souza e Barreto⁹³, foi registrado que 53,7 % dos trabalhadores estavam acometidos dessa doença. O desinteresse dos trabalhadores em utilizar um EPI nos induz a uma reflexão sobre a forma com são divulgadas as informações, ou de como os trabalhadores são orientados sobre os riscos das atividades, e sobre os métodos de utilização dosEPIs⁹⁴.

SegundoEvangelista, Costa e Zanta⁹⁵, existem três tipos de medidas que podem ser aplicadas para se reduzir ou eliminar os altos níveis de ruído:

- na fonte – para eliminar ou reduzir a emissão;
- na propagação entre a fonte e o receptor – para isolar a fonte e/ou a pessoa;
- no nível individual – na redução do tempo de exposição ou no uso deEPIs.

A investigação e estabelecimento dos fatores de risco presentes em um local de trabalho podem auxiliar na compreensão dos seus possíveis efeitos para a saúde, e devem observar os seguintes passos⁸⁹:

- ouvir os relatos dos trabalhadores, que podem informar sobre variações nas condições de trabalho, nem sempre percebidas por meio da leitura das medições ou de inspeções do local de trabalho;

- inspecionar o local de trabalho, se possível em companhia de alguém que conheça bem o processo de trabalho, e assegure o acesso às pessoas que possam fornecer todas as informações pertinentes;
- estudar as fontes de emissão, e avaliar os NPSs presentes nos ambientes de trabalho.

3.2 MEDIÇÕES DO RUÍDO NAS MÁQUINAS

Existe no Brasil uma escassez de dados sobre a exposição ao ruído e a proteção auditiva¹³. A proposição de estudos ampliam o conhecimento sobre a exposição dos trabalhadores em atividades ruidosas e as suas consequências, sendo de extrema importância para a realização de intervenções preventivas.

Tendo-se em vista a exposição ao ruído, a partir do conhecimento da problemática enfrentada pelo setor moveleiro, foi realizada uma reunião com a direção do APL, onde foi apresentado o objetivo deste estudo e os resultados esperados. Foram visitadas 13 movelarias, sendo que 10 delas aceitaram participar do estudo. Portanto, o *setup* experimental foi composto por microempresas de movelaria localizadas na zona urbana do município de Palmeira dos Índios – Alagoas. Para a realização das medições, foram avaliadas as condições de trabalho de 26 trabalhadores, subdivididos em profissionais e ajudantes. Os *layouts* dos ambientes operacionais das movelarias são similares, predominando-se as paredes em alvenaria, o piso em concreto ou cimentado, a cobertura em telha cerâmica, e a ventilação natural. A maioria das máquinas utilizadas nessas movelarias são rotativas, sendo as principais: a plaina, a serra circular de bancada e a lixadeira de bancada. Os equipamentos, por sua vez, são do tipo manual: tupia, lixadeira e furadeira. Nas medições, foram excluídas as furadeiras manuais, já que, nas movelarias estudadas, havia uma grande variação no tipo e modelo desses equipamentos.

As medições para a coleta de dados foram realizadas sob as seguintes condições:

- Os funcionários realizavam normalmente as suas atividades, sem nenhuma interferência do método de medição;
- As medições foram realizadas durante o dia, e condicionadas a uma autorização de cada moveleiro (responsável pela empresa);
- Após cada medição, foram realizadas as entrevistas com os trabalhadores conforme a seção 3.4.

Em cada movelaria do *setup* experimental, durante uma jornada de trabalho, foram realizadas 3 medições, tendo-se apenas uma das máquinas em operação e **sem carga** (Tabela 5); e 3 medições, tendo-se apenas uma das máquina em operação e **com carga** (Tabela 6). No total, foram realizadas 144 medições em cada situação (com e sem carga), totalizando-se 288 medições. As medições foram realizadas em dia normal de trabalho, com a execução dos serviços habituais. O equipamento utilizado para executar as medidas do NPS, ou do nível de ruído, foi

o Termo Hígro Decibélimetro 400, instrumento fabricado pela Instrutheme (Figura 9). Esse instrumento opera em um circuito de compensação “A”, e com o circuito de resposta lenta (SLOW). Esses foram os ajustes utilizados na realização de cada medição. O calibrador utilizado foi o HCA-895-HOMIS (Figuras 9 e 10). A calibração foi realizada antes de cada medição.

Tabela 5 – Medição do nível de ruído (dB) sem carga

Movelaria	Tupia	Lix. Manual	Lix. Bancada	Serra Bancada	Plaina Bancada
1	98,5	99,0	84,0	95,0	94,5
	96,0	99,0	85,0	96,0	93,5
	96,0	100,0	85,0	96,0	95,0
2	97,5	97,0	84,0	98,5	96,5
	98,5	97,5	86,0	97,0	95,5
	98,0	97,0	84,5	99,0	95,0
3	96,0	98,0	83,0	99,0	96,5
	98,0	98,5	85,0	98,0	96,0
	98,5	98,0	86,5	98,0	95,0
4	98,0	97,0	85,0	98,0	94,5
	97,5	97,0	84,5	98,0	94,5
	97,5	98,0	84,0	97,5	95,0
5		97,0	85,0	98,0	
		97,5	85,5	99,5	
		96,5	85,5	98,5	
6	97,0	100,0	84,5	96,0	94,5
	96,0	99,0	85,0	95,5	94,5
	95,0	99,0	85,5	96,0	95,0
7	96,0	95,0	83,5	97,5	95,5
	98,0	95,0	84,0	97,0	95,5
	98,5	96,0	84,5	98,0	95,0
8	97,0	98,5	85,0	98,5	96,5
	97,5	97,5	85,5	98,5	96,0
	97,0	98,0	84,0	99,0	95,5
9	98,0	97,0	83,5	97,0	94,5
	98,5	98,0	85,0	97,0	94,5
	97,0	97,0	84,0	97,5	94,0
10	97,5	98,0	84,0	99,0	95,0
	97,5	98,0	85,0	98,0	95,5
	99,0	98,5	84,5	99,5	95,0

Fonte: o autor

A cada medida realizada, o equipamento de medição foi posicionado entre a máquina e o operador. De acordo com a NHO01²², as medições devem ser realizadas no momento do uso da máquina, com o microfone posicionado na zona auditiva do trabalhador, de forma a fornecer

Tabela 6 – Medição do nível de ruído (dB) com carga

Movelaria	Tupia	Lix. Manual	Lix. Bancada	Serra Bancada	Plaina Bancada
1	100,5	98,0	90,0	103,5	103,0
	101,0	99,0	91,0	101,0	103,5
	101,0	99,0	90,5	100,0	105,0
2	100,0	98,0	92,0	102,0	101,0
	101,0	97,0	93,0	103,0	101,0
	100,5	98,0	94,0	101,0	101,5
3	99,5	99,0	94,0	102,0	100,5
	100,5	98,0	98,0	101,0	100,0
	100,0	98,5	96,0	100,0	101,0
4	99,5	99,0	96,0	102,0	100,0
	100,0	98,0	97,0	101,0	99,5
	99,0	99,0	95,0	100,0	101,0
5		97,0	95,0	101,0	
		98,0	96,0	102,0	
		99,0	96,5	100,0	
6	99,5	96,0	94,0	100,0	99,0
	100,0	99,5	93,5	101,0	101,0
	100,0	99,0	92,0	100,5	102,0
7	101,0	99,0	94,0	101,5	100,0
	100,5	99,0	93,0	103,0	102,0
	100,0	99,5	93,0	102,0	100,0
8	100,0	98,0	95,0	103,0	100,0
	99,0	98,0	97,0	102,0	100,0
	99,5	98,5	96,0	103,5	101,0
9	100,5	97,0	99,0	101,0	101,0
	100,5	98,0	99,5	101,0	100,5
	100,0	97,5	97,5	102,0	101,0
10	99,5	98,0	96,5	102,0	101,5
	100,0	99,0	96,0	102,0	100,5
	100,0	98,5	97,0	101,0	101,0

Fonte: o autor

os dados representativos da exposição ocupacional diária ao ruído, ao qual o trabalhador está submetido durante o exercício de suas funções (Figura 11). Portanto, as medições dos níveis de ruído foram realizadas conforme as recomendações da NHO01²², em cada Grupo Homogêneo de Exposição (GHE). O GHE corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam uma exposição semelhante. Após as medições do ruído nas movelarias, os dados encontrados foram lançados nas Tabelas 5e6, onde se lê as medições nos equipamentos sem carga e com carga, respectivamente, em cada movelaria.

Figura 9 – Calibrador e Decibelímetro



Fonte: o autor

Figura 10 – Calibração do decibelímetro



Fonte: o autor

Ainda em conformidade com a NHO01 ²², os valores encontrados foram arredondados para o valor inteiro mais próximo, dentro de um intervalo de 0,5 dB.

Figura 11 – Medição do nível de ruído durante uso da lixadeira manual



Fonte: o autor

3.3 ANÁLISE DAS MEDIÇÕES DE RUÍDO EM MÁQUINAS

Segundo Diehl, Souza e Domingos ⁹⁶, a estatística descritiva “compreende o manejo dos dados para resumi-los ou descrevê-los, sem ir além, isto é, sem procurar inferir qualquer coisa que ultrapasse os próprios dados”. Para análise dos dados, serão utilizadas ferramentas estatísticas, tais como as medidas de tendência central (média aritmética, mediana e análise de quartis) e as medidas de variabilidade (desvio padrão e o coeficiente de variação).

Em estatística, considerando-se uma série de números, um *outlier* é definido como aquele número que apresente uma grande variação ou inconsistência em relação aos demais valores da série. Portanto, são os elementos contidos em uma determinada série de números, que apresentam um valor muito maior ou muito menor que os demais números da série ⁹⁷. Para Nascimento et al. ⁹⁸, dependendo da natureza dos *outliers*, esses podem influenciar ou não no resultado de uma análise dos dados provenientes de uma medição. Dessa forma, a importância da detecção dos *outliers* reside em uma melhor compreensão de uma série em análise, ou seja, a detecção de um *outlier* pode ser uma evidência de algum fator externo afetando ao resultado de uma análise realizada sobre uma série.

Para um teste de *outlier*, as hipóteses estão postas a seguir:

Hipótese = $\begin{cases} \square \\ \square \\ \square \end{cases}$

- H_0 Não há *outlier* no conjunto de dados.;
- H_1 Existe, pelo menos, um único *outlier* no conjunto de dados..

O Teste de Grubbs é utilizado para se detectar um único *outlier* em um conjunto de dados univariado⁹⁷. O Teste de Grubbs é definido pela Equação 3.1:

$$G = \frac{|x_i - \bar{x}|}{s}, \quad (3.1)$$

onde \bar{x} é a média da amostra, x_i é o i -ésimo elemento analisado e contido no conjunto de dados, s desvio padrão (Equação 3.6) e G é o valor calculado de Grubbs.

A Equação 3.1 tem como resultado o desvio absoluto da média amostral, em unidades do desvio padrão da amostra. Esse é o valor G calculado. Ele deve ser comparado com o valor G tabelado (Tabela 7), realizando-se o teste de Grubbs. Quando o valor de Grubbs calculado (Equação 3.1) é maior do que o valor crítico de escolha estatística significativa (Tabela 7), então x_i é aceito como um *outlier*⁹⁷. O valor de G calculado deve ser comparado com um valor G tabelado, considerando-se a escolha de um nível de significância. Portanto, um valor aberrante ou *outlier* é detectado se $G_{\text{calculado}} > G_{\text{tabelado}}$ ⁹⁹.

O p -valor é uma probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula. As probabilidades inferiores fornecem evidências mais fortes contra a hipótese nula. Portanto, em seus dados, o p -valor é uma medida da força da evidência contra H_0 . Em geral, quanto menor for o p -valor, a evidência da amostra é mais forte para rejeitar H_0 . O p -valor tem como base a estatística Z (Equação 3.3), onde $p = 1 - P$:

$$P\left(-Z \frac{\alpha}{2} \leq Z \leq Z \frac{\alpha}{2}\right) = 1 - \alpha \quad (3.2)$$

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{n^{0,5}}}, \quad (3.3)$$

onde μ é a média da distribuição onde α é o nível de significância

O nível de significância é comparado com o p -valor para decidirmos se devemos rejeitar ou deixar de rejeitar a hipótese nula. Se o p -valor for menor do que o nível de significância, a interpretação comum é que os resultados são estatisticamente significativos, portanto se rejeita H_0 . Geralmente, obtêm-se um bom resultado com um nível de significância em 0,05, isso é demonstrado nos estudos de Oliveira¹⁰⁰ e Grubbs¹⁰¹.

Expresso pela Equação 3.4, o coeficiente de variação (\bar{v}) tem se mostrado bastante útil para especificar, com certa eficiência, a exatidão dos resultados experimentais. Ele permite que façamos comparações entre variáveis de naturezas distintas, e fornece uma ideia da precisão dos

Tabela 7 – Valor de Grubbs

n	Valor Crítico - 95% de confiança
3	1,155
4	1,481
5	1,715
6	1,887
7	2,020
8	2,126
9	2,215
10	2,290
15	2,549
20	2,709
24	2,802
27	2,859
30	2,908
40	3,036

Fonte:Oliveira⁹⁹ eOliveira¹⁰⁰

dados. Considera-se que quanto menor for o \bar{v} , mais homogêneos serão os dados¹⁰². As análises dos coeficientes de variação são realizadas nas seguintes condições:

- Baixos: coeficientes de variação inferiores a 10 %, dados muito homogêneos;
- Médios: coeficientes de variação entre 10 % e 20 %, dados homogêneos;
- Altos: coeficientes de variação entre 20 % e 30 %, dados pouco homogêneos;
- Muito Altos: coeficientes de variação acima de 30 %, dados não homogêneos.

$$\bar{v} = \frac{100 \cdot s}{\bar{x}} (\%), \quad (3.4)$$

onde \bar{v} é o coeficiente de variação, \bar{x} é a média aritmética (Equação 3.5), s é o desvio padrão (Equação 3.6).

Os resultados das medições (Tabelas 5e6) foram lançados no *software* Minitab[®], onde foram gerados dados descritivos obtidos com os equipamentos ligados sem carga e ligados com carga. Para cada conjunto de dados, foram determinados: a média aritmética (Equação 3.5), o desvio padrão (Equação 3.6), o coeficiente de variação (Equação 3.4), o primeiro (Equação 3.7) e terceiro quartil (Equação 3.9), o mínimo e o máximo, e mediana.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.5)$$

onde \bar{x} é a média aritmética, n o número de elementos da série, x_i é o i -ésimo elemento da série com $i = 1, 2, \dots, n$.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3.6)$$

onde s é o desvio padrão, n o número de elementos da série, \bar{x} representa a média aritmética (Equação 3.5), x_i é o i -ésimo elemento da série com $i = 1, 2, \dots, n$.

$$Q1 = \frac{[p_{sup} - 0,25] \cdot x_{inf} + [0,25 - p_{inf}] \cdot x_{sup}}{p_{sup} - p_{inf}}, \quad (3.7)$$

onde p é o percentil, $Q1$ é o primeiro quartil, p_{sup} é o percentil acima de 0,25, p_{inf} é o percentil abaixo de 0,25, x_{sup} são os valores associados ao percentil acima, x_{inf} são os valores associados ao percentil abaixo.

Partindo de uma amostra de tamanho n , colocar os valores em ordem crescente e identificar a ordem i ($1, 2, 3, \dots, n$) e o percentil,

$$p(i) = \frac{i - 0,5}{n}, \quad (3.8)$$

associado a cada valor, depois identificar os valores associados aos percentis imediatamente acima e abaixo de 0,25; esses valores são chamados respectivamente de x_{inf} , associado ao percentil p_{inf} , e x_{sup} associado ao percentil p_{sup} .

$$Q3 = \frac{[p_{sup} - 0,75] \cdot x_{inf} + [0,75 - p_{inf}] \cdot x_{sup}}{p_{sup} - p_{inf}}, \quad (3.9)$$

onde $Q3$ é o terceiro quartil, p_{sup} é o percentil acima de 0,75, p_{inf} é o percentil abaixo de 0,75, x_{sup} são os valores associados ao percentil acima, x_{inf} são os valores associados ao percentil abaixo.

Na verificação da existência de *outliers*, utilizando-se o teste de Grubbs sobre as medições dos equipamentos sem carga (Tabela 5), considerando-se os G_s calculados pela Equação 3.1, nós obtivemos valores entre 2,15 e 2,36 (Tabela 8). Para $n = 27$ e $n = 30$, os G_s tabelados são respectivamente de 2,859 e 2,908 (Tabela 7). Conclui-se que os valores encontrados são menores que o tabelado, demonstrando a inexistência de *outlier*, demonstrado pelos gráficos no Apêndice B.

Na análise das hipóteses, usando-se o nível de significância, obtivemos um p -valor variando entre 0,35 e 0,69 (Tabela 8). Esses valores são maiores do que o nível de significância 0,05, conduzindo-nos a aceitar a hipótese nula H_0 , não havendo *outliers* no conjunto de dados.

Segundo a análise do coeficiente de variação \bar{v} , a amostra é considerada válida, já que todos os valores foram abaixo de 10%, demonstrando-se que os dados são muito homogêneos¹⁰².

Tabela 8 – Análise Descritiva dos dados daTabela 5

Máquina	n	Média (Eq.3.5)	Desvio Padrão (Eq.3.6)	Coef. Var. (Eq.3.4)	Mínimo	Q1 (Eq.3.7)	Mediana	Q3 (Eq.3.9)	Máximo	G (Eq.3.1)	p -valor
Tupia Manual	27	97,39	1,01	1,04	95,00	97,00	97,50	98,00	99,00	2,36	0,353
Lix. Manual	30	97,72	1,21	1,24	95,00	97,00	98,00	98,50	100,00	2,25	0,580
Lix. Bancada	30	84,67	0,78	0,92	83,00	84,00	84,75	85,00	86,50	2,35	0,442
Serra Bancada	30	97,66	1,21	1,24	95,00	97,00	98,00	98,50	99,50	2,20	0,672
Plaina Bancada	27	95,11	0,75	0,79	93,50	94,50	95,00	95,50	96,50	2,15	0,693

Fonte: o autor

Tabela 9 – Análise Descritiva dos dados daTabela 6

Máquina	n	Média	Desvio Padrão (Eq.3.6)	Coef. Var. (Eq.3.4)	Mínimo	Q1 (Eq.3.7)	Mediana	Q3 (Eq.3.9)	Máximo	G (Eq.3.1)	p -valor
Tupia Manual	27	100,10	0,58	0,58	99,00	99,60	100,00	100,50	101,20	1,90	1,000
Lix. Manual	30	98,29	0,83	0,84	96,00	98,00	98,30	99,00	99,50	2,77	0,091
Lix. Bancada	30	94,91	2,42	2,55	90,00	93,15	95,00	96,63	99,50	2,03	1,000
Serra Bancada	30	101,50	1,04	1,03	100,00	101,00	101,25	102,00	103,50	1,92	1,000
Plaina Bancada	27	101,20	1,27	1,25	99,00	100,00	101,00	101,50	105,00	3,14	0,012

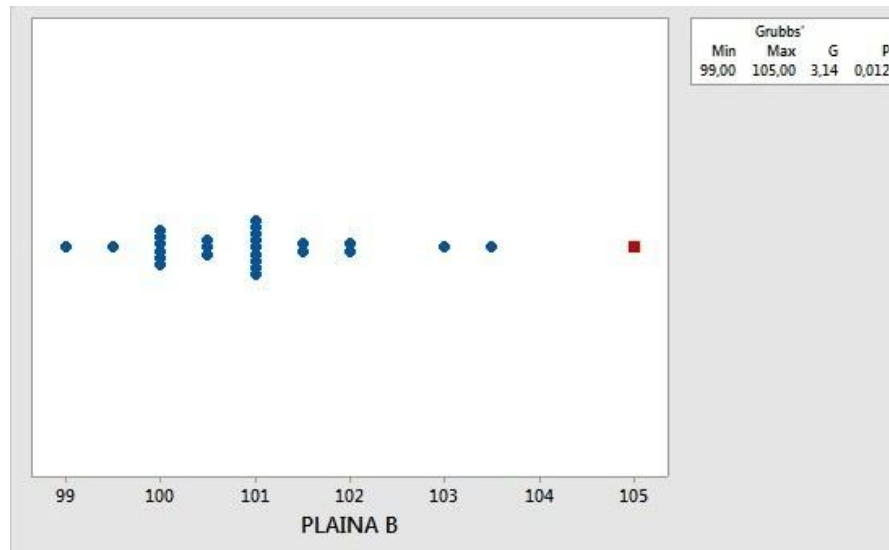
Fonte: o autor

Na verificação da existência de *outlier*, utilizando-se o teste de Grubbs sobre as medições dos equipamentos com carga (Tabela 6), considerando-se os G s calculados pela Equação 3.1, nós obtivemos um valor de 3,14 para a máquina plaina de bancada (Tabela 9). Para $n = 27$, o G tabelado é de 2,859 (Tabela 7). Conclui-se que o valor encontrado é maior que o valor tabelado, demonstrando-se a existência de *outliers*. A Figura 12 demonstra o gráfico de Grubbs, onde o valor 105 dB é indicado como *outlier*. Nas outras 4 máquinas/equipamentos não foram detectados *outliers*.

Na análise das hipóteses, usando-se o nível de significância, obtivemos um p -valor de 0,012 para a máquina plaina de bancada (Tabela 9). Esse valor é menor do que o nível de significância 0,05, conduzindo-nos a rejeitar a hipótese nula H_0 , havendo *outliers* no conjunto de dados.

Após a retirada do *outleir* (105 dB), os dados da Tabela 6 foram reprocessados no *software* Minitab[®], resultando na Tabela 10, onde o valor do G calculado para a plaina de bancada passou a ser de 2,62. Para $n = 27$, esse valor é menor do que o valor crítico 2,859 (Tabela 7). O novo

Figura 12 – Gráfico de Grubbs com outlier - Plaina



Fonte: o autor

p -valor foi de 0,128 , acima do nível de significância de 0,05 , desta forma a hipótese H_0 é aceita. Com a retirada do *outleir* 105 dB, um novo gráfico de Grubbs (Figura 13) demonstra a inexistência de novos *outleirs* no conjunto de dados coletado para a máquina plaina de bancada.

Tabela 10 – Análise descritiva dos dados da Tabela 6 após a retirada do *outleir*

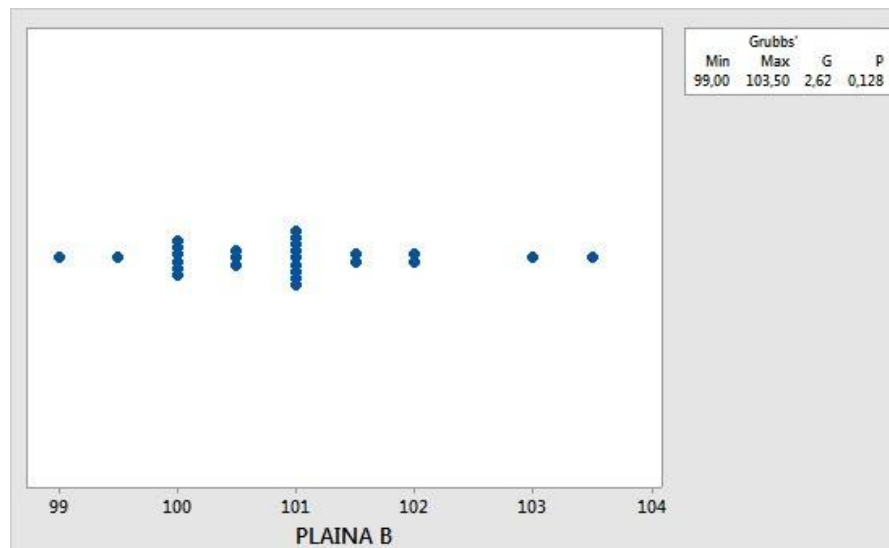
Máquina	n	Média	Desvio Padrão (Eq.3.6)	Coef. Var. (Eq.3.4)	Mínimo	Q1 (Eq.3.7)	Mediana	Q3 (Eq.3.9)	Máximo	G (Eq.3.1)	p -valor
Tupia Manual	27	100,10	0,58	0,58	99,00	99,60	100,00	100,50	101,20	1,90	1,000
Lix. Manual	30	98,29	0,83	0,84	96,00	98,00	98,30	99,00	99,50	2,77	0,091
Lix. Bancada	30	94,91	2,42	2,55	90,00	93,15	95,00	96,63	99,50	2,03	1,000
Serra Bancada	30	101,50	1,04	1,03	100,00	101,00	101,25	102,00	103,50	1,92	1,000
Plaina Bancada	26	100,87	1,01	1,00	99,00	100,00	101,00	101,13	103,50	2,62	0,128

Fonte: o autor

Após a retirada dos *outleirs*, as novas distribuições dos dados são mostradas nas Figuras 14 e 16. Esses gráficos permitem a verificação do comportamento da variável medida (nível de ruído).

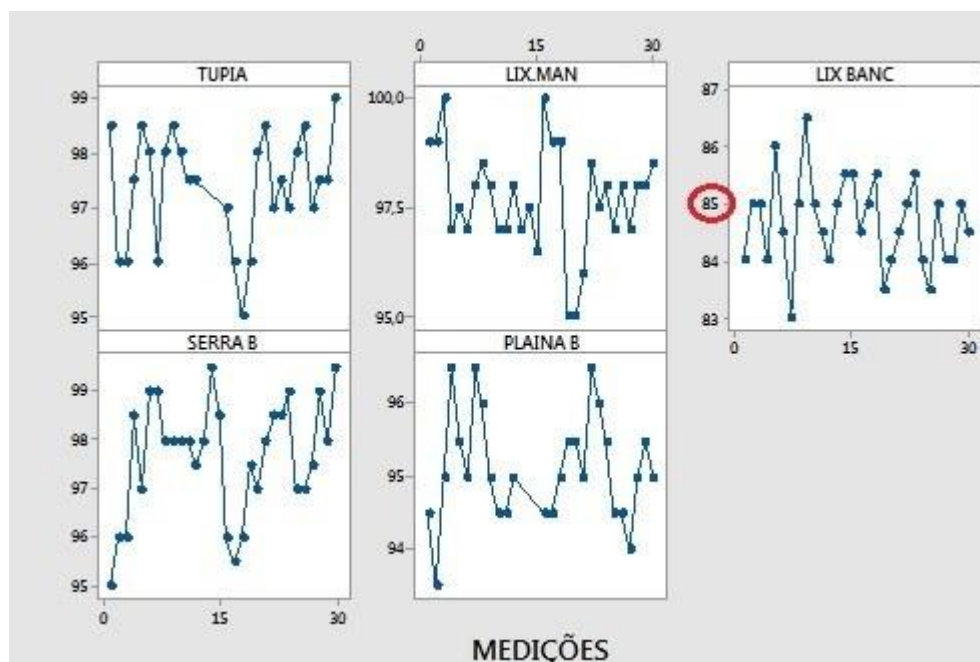
As Figuras 17 e 18 demonstram as medidas do nível de ruído em cada máquina. Essas medidas foram realizadas em 10 movelarias, cujos resultados podem ser visualizados nas Tabelas 5 e 6, considerando-se os equipamentos sem carga e com carga respectivamente.

Figura 13 – Gráfico de Grubbs - Plaina



Fonte: o autor

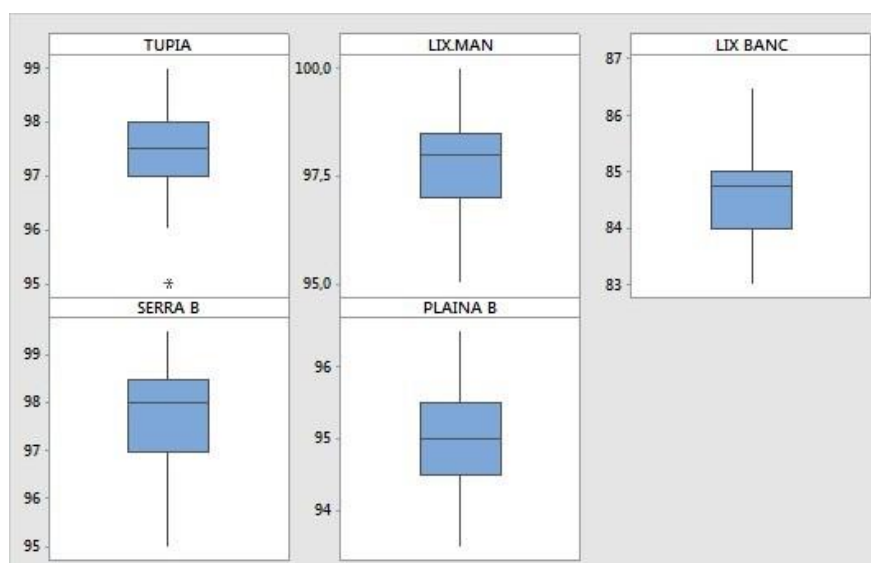
Figura 14 – Distribuição das medições no equipamentos sem carga



Fonte: o autor

Observando-se a distribuição dos resultados das medições realizadas com os equipamentos sem carga (Figura 17), verifica-se que apenas a lixadeira de bancada apresenta os resultados em torno de 85 dB. Segundo a NR-15, 85 dB é o valor considerado como LT. O diagrama Boxplot (Figura 15) demonstra que, para a lixadeira de bancada, 75 % dos resultados estão abaixo de 85 dB. Todos os outros equipamentos e máquinas apresentaram os seus resultados acima de 85 dB. O diagrama Boxplot, ou “diagrama em caixa”, mostra os valores centrais (mediana), a dispersão (primeiro e terceiros quartis) e os valores máximos e mínimos¹⁰³.

Figura 15 – Boxplot - equipamento sem carga



Fonte: o autor

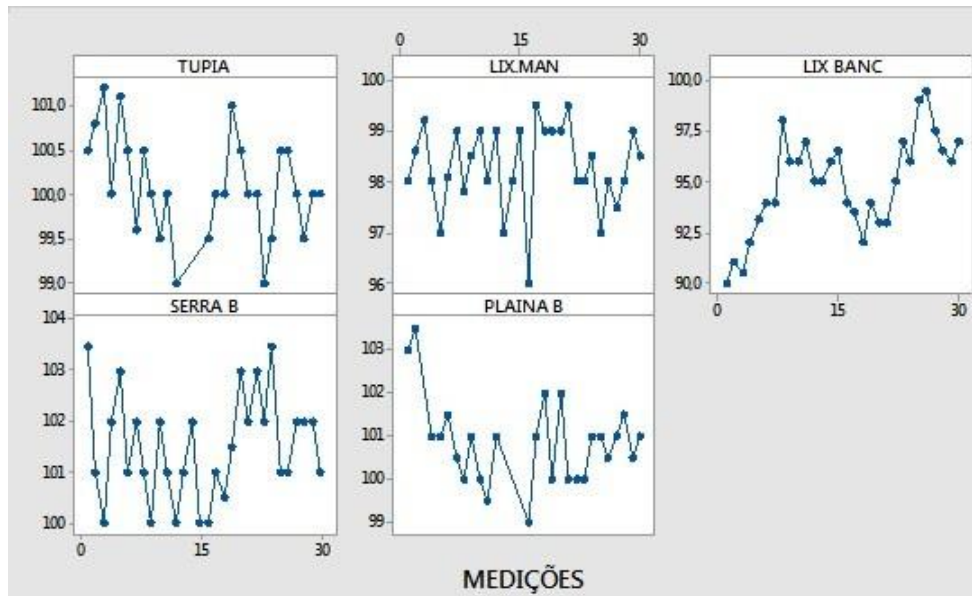
Observando-se a distribuição dos resultados das medições realizadas com os equipamentos sob carga (Figura 18), verifica-se que todos os resultados obtidos estão acima de 85 dB. Portanto, nessa condição, todos os valores obtidos estão acima do LT estabelecido em norma.

De acordo com a NR-9³², o valor a partir do qual devem ser iniciadas ações preventivas é de 80 dB. As ações preventivas tem a função de minimizar a probabilidade de que os agentes ambientais ultrapassem o LT, que é de 85 dB. Quanto maior for o nível de ruído em relação ao LT, maior será o risco de desenvolvimento de PAIR⁴⁵. Verificado que todas (100 %) das medições nos equipamentos sob carga foram superiores ao LT; e que, quando sem carga, apenas uma das cinco máquinas apresentou medidas abaixo do LT, decidiu-se dar continuidade ao estudo com uma análise qualitativa da exposição.

3.4 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE A EXPOSIÇÃO

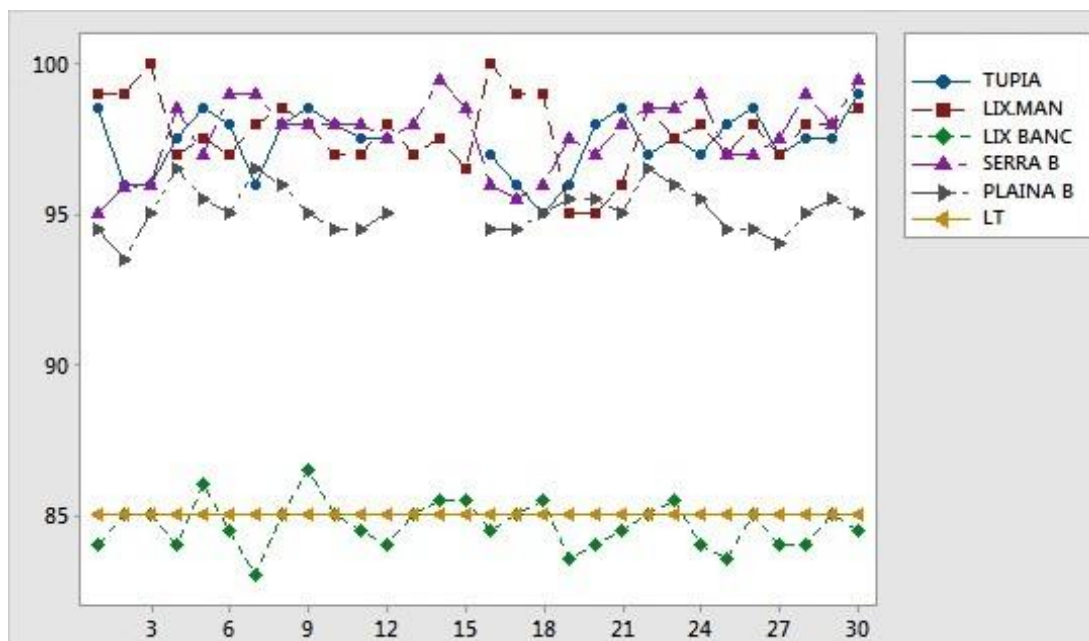
As características proeminentes das movelarias estudadas são que elas empregam mão de obra com baixa escolaridade, e elas são, em sua maioria, microempresas com baixo número de

Figura 16 – Distribuição das medições no equipamentos sob carga



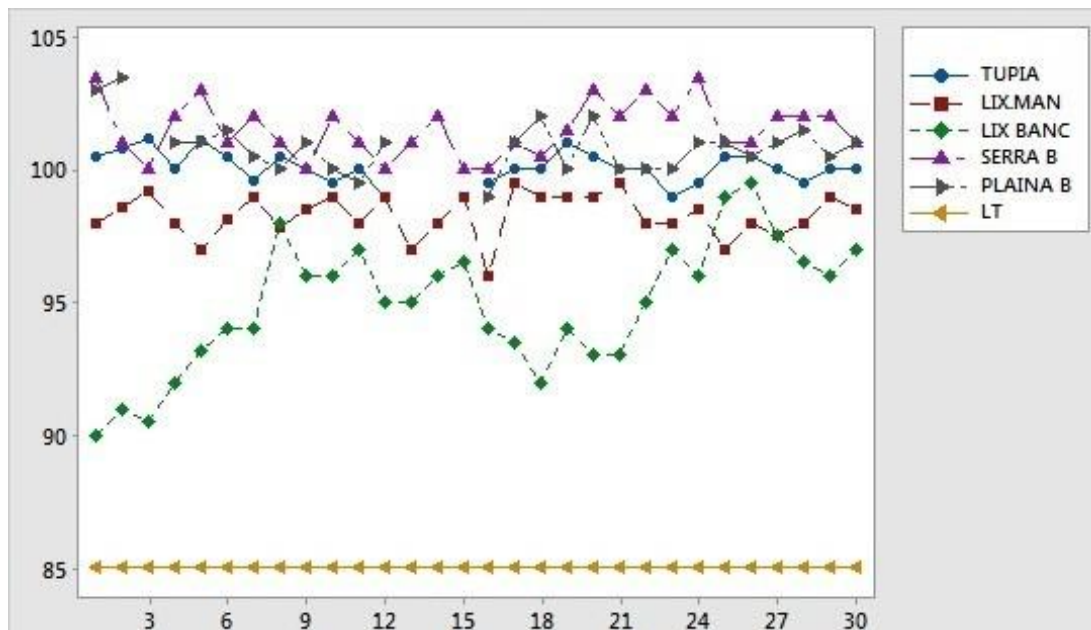
Fonte: o autor

Figura 17 – Comparativo da distribuição das medições sem carga em relação ao LT



Fonte: o autor

Figura 18 – Comparativo da distribuição das medições com carga em relação ao LT



Fonte: o autor

trabalhadores por estabelecimento¹. A partir dessas constatações, tornou-se imprescindível a aplicação de um questionário demonstrado no Apêndice A, visando o conhecimento qualitativo da atividade. Elaborado o questionário, o mesmo foi aplicado pelo pesquisador. O questionário continha as seguintes perguntas:

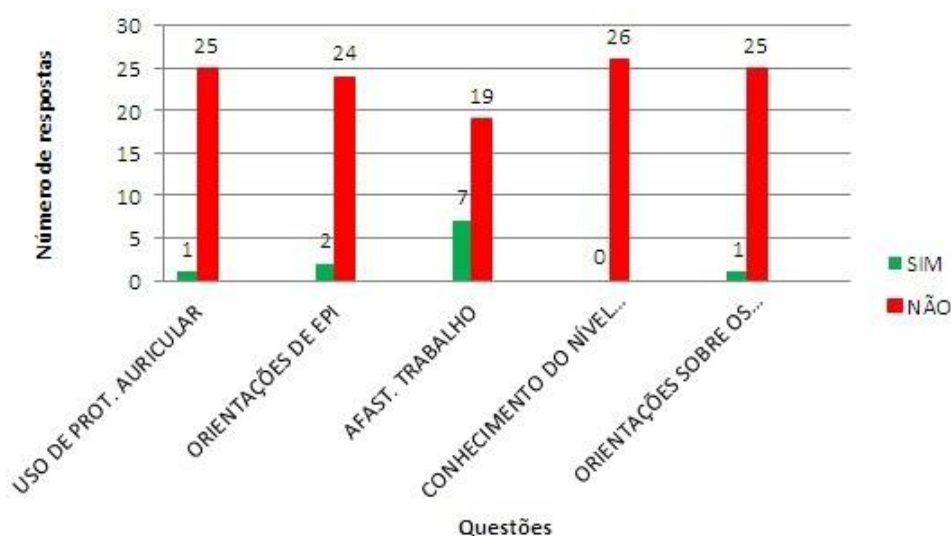
1. Quantos anos tem de exposição nesta atividade?
2. Utiliza protetor auricular?
3. Recebeu orientações quanto ao uso correto, de como guardar e conservar o EPI?
4. Tem conhecimento do nível de ruído ao qual está exposto?
5. Recebeu orientações quanto aos riscos da atividade?
6. Já se afastou do trabalho por problemas auditivos?
7. Sente ou já sentiu algum dos sintomas entre os listados? (zumbido, dor de cabeça, tontura, dificuldade na audição, distúrbio do sono, alteração na pressão arterial).

Foram aplicados 26 questionários individuais aos trabalhadores envolvidos diretamente nas operações com as máquinas. Os sintomas listados nos questionários tiveram como base o estudo de Nunes et al.⁸.

A Figura 19 demonstra o resultado dos questionários aplicados aos 26 trabalhadores. Esse gráfico apenas apresenta as respostas para as questões 2 a 6 do questionário, onde se verifica que apenas 1 trabalhador utilizava o protetor auricular assiduamente (4%), apenas 2

trabalhadores afirmaram ter recebido orientações sobre uso e conservação de EPI (8 %). Todos os 26 trabalhadores não conheciam os níveis de ruído a que estavam expostos (100 %), e apenas 1 trabalhador recebeu orientações sobre os riscos da atividade (4 %). Em relação ao afastamento do trabalho por problemas auditivos, 7 (27%) responderam que já haviam se afastado, em pelo menos 1 dia de serviço, como consequência do alto nível de ruído.

Figura 19 – Resultados dos Questionários



Fonte: o autor

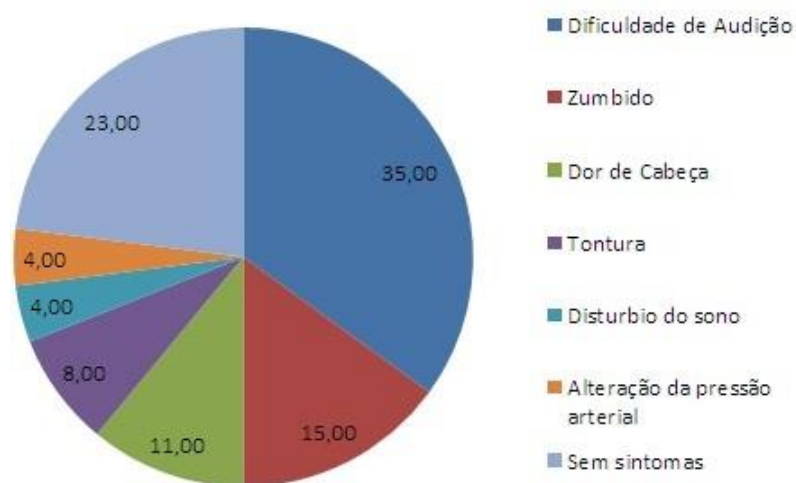
No que tange as respostas referentes aos sintomas auditivos (sétima questão do formulário), 20 (77 %) dos 26 trabalhadores responderam que sentem ou já sentiram alguns dos sintomas listados. A Figura 20, demonstra que, dentre todos os 26 trabalhadores que responderam ao questionário, 35 % deles apresentaram dificuldades na audição, 15 % zumbido, 11 % dor de cabeça, 8 % tontura, 4 % distúrbios do sono, 4 % alteração da pressão arterial e 23 % não sentiam nenhum sintoma auditivo.

Diante da situação encontrada, onde 20 (77%) dos trabalhadores responderam sentir ou já ter sentido algum sintoma auditivo, foi tomada a decisão de proceder a realização de exames audiométricos, verificando-se a existência de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR). Tomou-se como base a Norma Regulamentadora 7 (NR-7), que estabelece a necessidade de realização de exames audiométricos em todos os trabalhadores que exerçam as suas atividades em ambientes cujos níveis de ruído excedam o Limite de Tolerância (LT) estabelecido pela NR-15²¹.

3.5 AUDIOMETRIAS

São considerados sugestivos de PAIR os casos cujos audiogramas, considerando-se as frequências de 3.000 ou 4.000 ou 6.000 Hz, apresentem um LA acima de 25 dB em um ou em

Figura 20 – Respostas sobre sintomas auditivos



Fonte: o autor

ambos os lados²¹. Diversos pesquisadores definem as perdas auditivas relacionadas ao trabalho como sendo perdas causadas por exposição crônica a sons com níveis elevados de pressão sonora em um ambiente de trabalho²⁸. Essas perdas auditivas são do tipo neurossensorial (relativo ao nervo que leva os impulsos do ouvido para o cérebro), e tem como características principais a sua irreversibilidade e o seu desenvolvimento lento, com um agravamento progressivo²⁸.

Do um total de 26 trabalhadores que compõem os Grupos Homogêneos de Exposição (GPEs) nas 10 movelarias, 24 concordaram em realizar o exame de audiometria, não permitindo, porém, a revelação dos seus nomes, assim como dos nomes das microempresas. Após terem o conhecimento de que 100 % das máquinas/equipamentos sob carga emitiam níveis de ruído acima do permitido em legislação (LT), a maioria dos trabalhadores aceitou realizar o exame.

Nenhum dos trabalhadores tinham realizado o exame anteriormente. Sendo assim, não tivemos exames de referência para comparação com o novo exame. Os trabalhadores permaneceram em repouso auditivo por um período mínimo de 14 horas, até o momento da realização do exame audiométrico. Os exames foram realizados em uma clínica de fonoaudiologia, por uma profissional fonoaudióloga. Foi utilizada uma cabine audiométrica - VS vibrasom (Figura 21), com dimensões internas de 845 × 900 × 1850 cm, equipada com audiômetro AVS 50.

A Figura 22 apresenta o modelo do formulário utilizado para o registro da avaliação audiológica resultante de um exame audiométrico. A audiometria tonal liminar, exame preconizado pela NR-7, é um procedimento que utiliza tons puros e estabelece os limites mínimos de percepção sonora de um indivíduo. Estes limites mínimos são obtidos por meio das respostas dadas pelo indivíduo, devendo esse indicar a presença ou ausência de sensação auditiva³³.

A confiabilidade e a validade dos exames audiométricos têm sido investigadas nos Programa de Conservação Auditiva (PCA), em trabalhadores expostos ao ruído potencialmente nocivo, que usam ou não protetores auditivos. É de fundamental importância a obtenção de limites audiométricos confiáveis em um exame admissional²⁸. Nas audiometrias realizadas, foram utilizados fones auriculares para provocar o estímulo sonoro, dentro de uma cabine audiométrica, impedindo-se que sons externos influenciem no resultado do exame. Para gerar os sons desejados (intensidade e frequência), utiliza-se um aparelho denominado audiômetro.

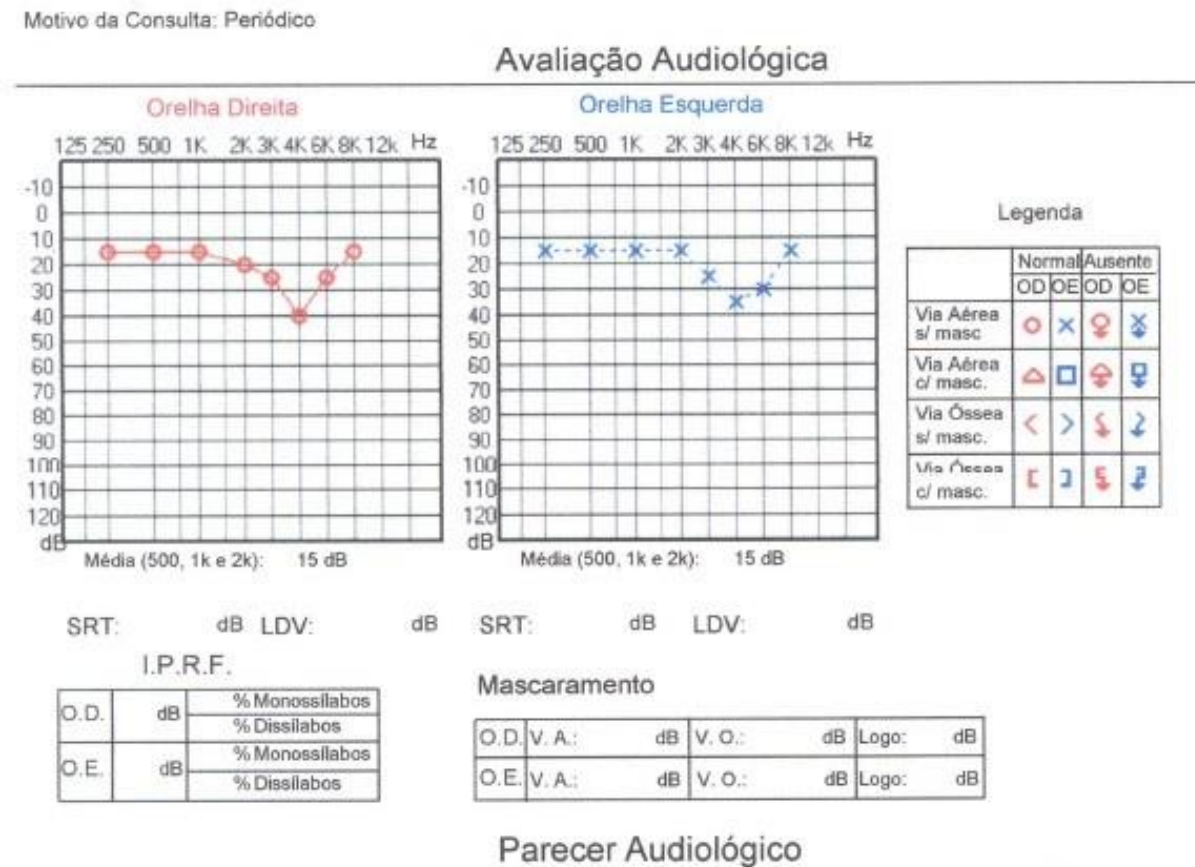
Figura 21 – Cabine Audiométrica



Fonte: o autor

A partir dos resultados apresentados nos laudos, construiu-se a Tabela 11, que registra os valores dos LAs, tanto para a Orelha direita (OD), como para a Orelha esquerda (OE) de cada trabalhador. Os resultados são apresentados para as frequências 3.000 ou 4.000 ou 6.000 Hz, bem como o respectivo Tempo Total de Exposição na Função (TE) e aIBdo trabalhador.

Figura 22 – Laudo de avaliação audiológica



Fonte: o autor

Antes da realização de cada exame audiométrico, foram registradas as seguintes informações de cada um dos 24 trabalhadores examinados:

- Idade biológica;
- Sexo;
- Função;
- TE;

Todos os trabalhadores examinados são do sexo masculino, com a seguinte distribuição de IB:

- 8 % dos trabalhadores tem idade igual ou inferior a 20anos;
- 50% dos trabalhadores tem idade de 21 a 40 anos;
- 42 % dos trabalhadores tem idade igual ou superior 41anos.

Considerando-se o Tempo Total de Exposição na Função (TE), obtivemos a seguinte distribuição:

- 25 % dos trabalhadores exercem a função a menos de 11anos;
- 21 % dos trabalhadores exercem a função de 11 a 20 anos;
- 54 % dos trabalhadores exercem a função a mais de 20anos.

Tabela 11 – Resultados dos Limiars Auditivos em dB

Trabalhador	TE (anos)	Idade (anos)	Orelha Direita			Orelha Esquerda		
			Frequência					
	TE(Anos)	Idade (Anos)	3kHz	4kHz	6kHz	3kHz	4kHz	6kHz
1	1	19	15	15	25	10	10	15
2	7	33	15	15	20	10	5	10
3	23	40	25	35	30	25	40	40
4	25	38	25	40	25	25	35	30
5	26	40	15	40	20	20	35	10
6	27	46	30	45	55	45	35	40
7	24	49	15	20	25	30	20	40
8	26	43	45	50	50	55	50	55
9	25	44	20	15	45	20	25	20
10	3	21	20	20	25	10	20	20
11	30	43	40	55	30	55	55	55
12	29	45	45	50	40	60	45	50
13	2	20	15	15	10	15	20	15
14	7	27	20	25	20	15	25	20
15	27	43	40	50	45	30	35	40
16	35	58	50	65	40	35	40	45
17	29	45	40	50	35	35	45	30
18	30	46	35	45	40	35	35	40
19	19	36	35	40	35	30	35	30
20	8	25	25	25	20	20	25	15
21	12	30	25	30	30	35	30	35
22	15	35	30	35	35	35	40	35
23	11	25	25	30	25	25	25	30
24	20	40	35	40	35	40	45	40

Fonte: o autor

3.6 ANÁLISES DAS AUDIOMETRIAS

Tendo-se em vista que o Tempo Total de Exposição na Função (TE) e a IB podem estar correlacionadas com o Limiar Auditivo (LA) nas frequências de 3.000 ou 4.000 ou 6.000 Hz, foi realizada uma análise de correlação entre essas variáveis.

O grau de relacionamento entre duas variáveis pode ser mensurado por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson, e este varia entre -1 (correlação linear negativa perfeita) e 1 (correlação linear positiva perfeita)¹⁰⁴. Portanto, a correlação de Pearson é uma medida da associação linear entre variáveis quantitativas. Como foi dito, o coeficiente de correlação de Pearson varia entre -1 e 1 . O sinal indica a direção da correlação (negativa ou positiva), enquanto que o valor indica a sua magnitude. Quanto mais próximo de 1 , mais forte é o nível de associação linear entre as variáveis¹⁰⁵. Esse coeficiente pode ser calculado pela Equação 3.10.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (3.10)$$

onde \bar{x} e \bar{y} são as médias aritmética das variáveis, n o número de elementos, x_i representa os dados amostrais, ρ representa a correlação linear..

A definição do coeficiente de correlação é feito através do teste de significância individual.

$$\text{Hipótese} = \begin{cases} \square H_0 & \beta_j = 0; \\ \square H & \beta_j \neq 0 \end{cases}$$

Para a análise de significância dos coeficientes, foi utilizado o p -valor. Na análise com o p -valor, para que se afirme que o coeficiente $\hat{\beta}_j$ seja significativo para o modelo, o p -valor deve ser inferior a $0,05$. O ρ é a correlação linear de Pearson (Equação 3.10). Os resultados para a correlação linear de Pearson, obtidos no *software* Minitab[®] a partir dos dados das variáveis LA, IBeTE (Tabela 11), estão apresentados na Tabela 12.

Segundo Correa¹⁰⁶, a correlação entre variáveis é fraca e fica difícil estabelecer uma relação entre elas quando o valor de ρ esta entre 0 e $0,30$. Quando o valor de ρ esta entre $0,30$ e $0,60$ a correlação é fraca; porém, nós já poderíamos considerar a existência de uma certa correlação entre as variáveis; já com os valores de ρ entre $0,60$ e 1 , a correlação é de média a forte, a relação entre as variáveis é significativa.

Na análise dos dados (Tabela 12), verifica-se uma média correlação entre o TE e o LA, tanto na orelha esquerda quanto na orelha direita, sendo mais representativa na frequência de 4000 Hz, com ρ de $0,663$ na orelha direita. Entre a IB e o LA existe uma correlação média, sendo que a frequência de 4000 Hz é a mais representativa na orelha direita com ρ de $0,606$. O p -valor foi inferior a $0,05$ quando consideradas todas as variáveis.

Levando em consideração o que preconiza a NR-7, na construção da Tabela 11, foram selecionados os maiores valores de LA em cada audiometria, considerando-se a orelha e a

Tabela 12 – Correlação de Pearson

Frequência	Orelha	Correlação com o LA			
		TE (anos)		Idade (anos)	
		Pearson	p-valor	Pearson	p-valor
3(kHz)	Direita	0,545	0,006	0,505	0,012
	Esquerda	0,537	0,007	0,484	0,017
4(kHz)	Direita	0,663	0,002	0,606	0,002
	Esquerda	0,569	0,004	0,529	0,008
6(kHz)	Direita	0,597	0,002	0,604	0,002
	Esquerda	0,512	0,010	0,485	0,016

Fonte: o autor

frequência, bem como os dados qualitativos de TE e da IB do trabalhador. Estes dados serão analisados através de uma Análise de regressão linear (ARL) no Capítulo 4.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo é apresentado uma visão geral do *setup* experimental, a descrição das máquinas analisadas e um referencial teórico sobre o tema, estatística descritiva e correlação linear. A metodologia adotada para as medições, bem como o tratamento dos resultados dos níveis de ruído nas máquinas sem carga e com carga, atenderam a NR-15. No caso das medições sem carga, apenas 1 máquina, a lixadeira de bancada, apresentou, em 75% das medições, valores abaixo do LT (Figura 15). Nas medições com carga (Tabela 6), 100% das medições variam entre 96 dB e 103,5 dB, estando acima do LT.

Esse capítulo também apresenta os dados sobre a Idade Biológica (IB) e o Tempo Total de Exposição na Função (TE) dos trabalhadores, os procedimentos para a realização dos exames de audiometrias, bem como os resultados dos Limiar Auditivo (LA) em frequências recomendadas pela NR-7. A análise de correlação linear entre as variáveis demonstrou a existência de uma média correlação entre a IB e o LA, e uma forte correlação entre o TE e o LA, principalmente na frequência de 4000 Hz. Conclui-se que, segundo os resultados dos LA, a exposição indevida ao ruído acometeu a 75% dos trabalhadores a uma situação de sugestão de PAIR.

O ambiente de trabalho é o local no qual o trabalhador passa grande parte da sua vida; cerca de um terço do dia. A busca por qualidade de vida dentro das organizações se torna cada vez mais constante, pois existe o entendimento de que não é possível ter um trabalho satisfatório e produtivo sem contar com um ambiente de trabalho saudável⁸⁵. Carolina et al. ¹⁰⁷.

Para auxiliar em ações de prevenção a PAIR nos ambientes de trabalho das movelarias, a partir dos resultados encontrados, será elaborada uma análise estatística de Regressão Linear Múltipla (RLM), com o objetivo de construir um modelo de predição, que pode ser utilizado para melhorar a qualidade de vida no trabalho.

4 MODELO DE PREDIÇÃO DE PERDA AUDITIVA

4.1 INTRODUÇÃO

O adoecimento através da exposição indevida ao ruído tem como consequências além da PAIR, outros problemas de saúde como: doenças de ordem psicológica, incômodo, estresse, distúrbios na comunicação e no desempenho de tarefas mentais¹⁰⁸. Com base nas médias de limiares auditivos medidos em trabalhadores nos Estados Unidos, a Occupational Safety and Health Administration (OSHA) estimou que 17 % dos trabalhadores no setor industrial apresentam, no mínimo, algum dano auditivo leve⁸⁹.

Segundo Queiroz¹⁰⁹, os modelos matemáticos com o uso da RLM são aplicáveis quando existe frequente interesse com relação à natureza e significância das relações entre as variáveis independentes e a variável dependente. O fato de muitas funções de regressões diferentes proporcionarem bons ajustes para um mesmo conjunto de dados é porque os coeficientes de regressão atendem à várias amostras em que as variáveis independentes são altamente correlacionadas. A modelagem é uma importante ferramenta matemática utilizada na previsão de resultados em diferentes problemas na engenharia, na física, química e em outras áreas que utilizam desse artifício para prever o comportamento de determinadas variáveis, gerando um modelo empírico ou não¹¹⁰.

4.2 APLICAÇÕES

Os primeiros relatos relativo a aplicação da ARL, foi no trabalho desenvolvido por Francis Galton (1885)¹¹¹, onde destacou-se por propor a utilização de ferramentas estatísticas (regressão e correlação) para o estudo da hereditariedade e pela aplicação de métodos estatísticos ao estudo da evolução.

Modelos multivariados de pesquisa envolvem análise do relacionamento entre múltiplas variáveis explicativas e, em alguns casos, múltiplas variáveis dependentes. Grande parte das pesquisas delineadas para examinar o efeito exercido por duas ou mais variáveis independentes sobre uma variável dependente utiliza a análise de Regressão Múltipla¹¹².

Soares¹¹³ afirma que a regressão é uma das ferramentas matemáticas mais utilizadas para a análise de dados, sendo aplicada em diversas áreas de conhecimento.

Muitos problemas de engenharia e ciência envolvem a exploração das relações entre duas ou mais variáveis, onde a ARL é uma técnica estatística que é muito útil para esses tipos de problemas. A técnica de ARL torna possível encontrar uma relação entre as variáveis de entrada e de saída através de relações empíricas, isto é possível com o uso de informações de dados obtidos através de medições ou coletas¹¹⁴.

O modelo de regressão que envolve mais de um regressor (variável independente) é

chamado um modelo de RLM. Através deste modelo é possível observar os efeitos das variáveis regressoras sobre as respostas¹¹⁵. De acordo com Gomes, Esquerre e Magalhães¹¹⁶, regressão linear é um dos métodos mais simples de modelagem. No entanto, para que seja garantido seu resultado, um dos pré-requisitos é a normalidade dos dados utilizados. Se esses dados não forem normais, a regressão pode ser utilizada, mas não é possível realizar inferências sobre os resultados encontrados.

4.3 FERRAMENTA COMPUTACIONAL

Para o desenvolvimento dos modelos matemáticos propostos neste trabalho, utilizou-se do *software* Minitab[®].

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A sequência da análise estatística é apresentada a seguir:

4.4.1 Pré-processamento dos dados

Entre os dados obtidos nos exames de audiometria Tabela 11, foram extraídos os valores de LA, independente da frequência e independente da orelha, o TE e IB do trabalhador, sendo construída (Tabela 13) que atende aos quesitos da NR-7.

São considerados sugestivos de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados os casos cujos audiogramas, nas frequências de 3.000 ou 4.000 ou 6.000 Hz, apresentem LA acima de 25,0 dB em um ou em ambos os lados²¹.

Como serão utilizadas duas variáveis independentes, será adotada uma estrutura de RLM, na qual será desenvolvido um modelo empírico para estimativa do LA em função das variáveis TE e IB.

4.4.2 Pressupostos para Regressão

Existem alguns pressupostos que devem ser observados ao se proceder uma RLM, de acordo com vários autores Samohyl¹¹⁷, bem como de Seber e Wild¹¹⁸.

a) Linearidade

Um dos pressupostos da ARL para obtenção dos resultados, é que exista a linearidade do modelo de regressão. A linearidade se refere à forma pela qual os parâmetros e o distúrbio entra na equação e não necessariamente à relação entre as variáveis envolvidas¹¹⁹. O modelo linear descreve corretamente a relação funcional entre X e Y, se esse

Tabela 13 – Limiares Auditivos em relação a idade biológica e Tempo de Exposição

Trabalhador	Variáveis de entrada		Variável de saída
	TE(Anos)	Idade (Anos)	Limiar Auditivo (dB)
1	1	19	25
2	7	33	20
3	23	40	40
4	25	38	40
5	26	40	40
6	27	46	55
7	24	49	40
8	26	43	55
9	25	44	45
10	3	21	25
11	30	43	50
12	29	45	60
13	2	20	20
14	7	27	25
15	27	43	50
16	35	58	65
17	29	45	50
18	30	46	45
19	19	36	40
20	8	25	25
21	12	30	35
22	15	35	40
23	11	25	30
24	20	40	45

Fonte: O Autor

pressuposto for violado, a estimativa do erro aumentará, já que os valores observados não se aproximarão dos valores preditos.

b) Normalidade dos valores e dos erros

Na estatística, o desenvolvimento de qualquer procedimento básico depende da suposição de que os dados da amostra estejam distribuídos de acordo com uma distribuição específica. Nos modelos de RLM, uma das suposições é de que os resíduos do modelo tenham distribuição normal.

A normalidade pode ser identificada pelo histograma de frequência dos resíduos ou através do gráfico de probabilidade normal dos resíduos.

Neste trabalho, será utilizado uma resposta numérica com o uso do teste estatístico de Anderson-Darling, onde através do gráfico de probabilidade normal dos resíduos é verificado o teste de hipótese para determinar se as observações seguem ou não uma

distribuição normal.

De acordo com Moraes, Ferreira e Balestrassi¹²⁰ no teste de normalidade de Anderson-Darling, considera-se normal a distribuição que apresentar p -valor maior que 0,05, o que significa uma probabilidade maior que 5 % em cometer erro, ao rejeitar a hipótese de normalidade da distribuição em análise.

Para o teste de normalidade, as hipóteses são:

$$\text{Hipótese} = \begin{cases} \square H_0 & \text{Os dados seguem uma distribuição normal.;} \\ \square H_1 & \text{Os dados não seguem uma distribuição normal.} \end{cases}$$

A hipótese nula (de que os dados seguem uma distribuição normal) é rejeitada para um p -valor menor 0,05.

Segundo Juran J.; Gryna¹²¹, caso de não aderência à distribuição normal é possível efetuar transformação matemática da característica original, para uma nova característica que se aproxime de uma distribuição normal. Box e Cox¹²² afirmam que após a transformação adequada das observações, os valores esperados estarão normalmente distribuídos com variância constante.

c) Independência dos erros

Conforme Jordan¹²³, em relação a independência dos erros, deseja-se perceber a existência de autocorrelação entre os dados analisados, ou seja, se uma observação foi influenciada ou influenciou as que a antecederam ou as que a sucederam. Para Samohyl¹¹⁷, no pressuposto da independência dos erros, a covariância deve ser igual a zero, onde, não é permitida autocorrelação entre os erros .

Na análise de resíduos um outro diagnóstico importante é a análise dos *outlier* e observações influentes. Em estatística, considerando-se uma série de números, um *outlier* é definido como aquele número que apresente uma grande variação ou inconsistência em relação aos demais valores da série. Portanto, são os elementos contidos em uma determinada série de números, que apresentam um valor muito maior ou menor que os demais números da série⁹⁷. A verificação da independência dos erros foi feita com o Teste de Grubbs para se detectar um único *outlier* em um conjunto de dados⁹⁷, bem como pelo diagrama de caixa Boxplot.

Para o teste de Grubbs, o valor calculado de Grubbs é comparado com o valor tabelado (Tabela 7). Quando o valor calculado é mais elevado do que o valor crítico de escolha estatística significativa, então o valor calculado pode ser aceito como um *outlier*⁹⁷.

d) Homocedasticidade

Um pressuposto para a análise de regressão é que a variância do erro seja constante. Esta condição é chamada homocedasticidade. Uma das técnicas usadas para a verificação

é a suposição que os resíduos são homocedásticos, ou seja, na análise do gráfico do resíduo versus os valores preditos, os pontos devem ser dispostos aleatoriamente sem nenhum padrão definido¹⁰⁶. A homocedasticidade está relacionada a uma variância constante dos erros, em torno de sua média. A análise visual da dispersão dos dados, não indica a existência de um padrão, o que permite concluir não haver uma violação do pressuposto da homocedasticidade.

e) Multicolinearidade

Multicolinearidade consiste em um problema comum em regressões, em que as variáveis independentes possuem relações lineares exatas ou aproximadamente exatas¹⁰⁹. A multicolinearidade está relacionada a existência de relacionamento entre duas ou mais variáveis independentes. A multicolinearidade é um problema no ajuste do modelo que pode causar impactos na estimativa dos parâmetros. Podemos diagnosticar multicolinearidade por meio dos Fatores de Inflação da Variâncias (VIFs). Os VIFs medem o quanto a variância de um coeficiente de regressão estimado aumenta se seus preditores estiverem correlacionados. Existem muitas sugestões, ou métodos propostos, para detectar a multicolinearidade, um dos mais comumente usados é: Coeficiente de Correlação Simples R . Alguns autores, sugerem que, se qualquer VIF_j que exceder 10, então a multicolinearidade causará efeitos nos coeficientes de regressão.

O VIF_j é dado por

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (4.1)$$

onde o R_j^2 (Equação 4.10) é o coeficiente de determinação da regressão de X_j sobre as outras variáveis explicativas.

f) Correlação entre variáveis de entrada e saída

A correlação de Pearson é uma medida de associação linear entre variáveis quantitativas. O coeficiente de correlação de Pearson varia entre -1 e 1 . O sinal indica a direção da correlação (negativa ou positiva), enquanto que o valor indica a magnitude. Quanto mais perto de 1 , mais forte é o nível de associação linear entre as variáveis¹⁰⁵. O grau de relacionamento entre dois caracteres pode ser mensurado por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson, e este varia entre -1 (correlação linear negativa perfeita) e 1 (correlação linear positiva perfeita)¹⁰⁴.

Neste trabalho pretende-se a correlação entre TE, LA e IB especificamente em trabalhadores de movelarias.

No desenvolvimento de uma ARL é fundamental conhecer o grau de relação entre as variáveis dependentes e independentes. Através do gráfico de dispersão, é possível determinar se existe uma correlação linear entre duas variáveis.

Para obter uma medida do grau de associação da relação linear entre duas variáveis, usamos o coeficiente de correlação que é calculado pela Equação 3.10, e está transcrita a seguir:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

A definição do coeficiente de correlação é feito através do teste de significância individual.

$$\text{Hipótese} = \begin{cases} \square & H_0 \quad \beta_j = 0; \\ \square & H_1 \quad \beta_j \neq 0. \end{cases}$$

Para a análise de significância dos coeficientes, foi utilizado o p -valor.

Na análise com o p -valor, para que se afirme que o coeficiente $\hat{\beta}_j$ seja significativo para o modelo, o p -valor deve ser inferior a 0,05. ρ representa a correlação linear.

g) Construção dos modelos

Modelo de regressão linear múltipla

Montgomery D. C.; Runger¹¹⁴ descrevem a ARL pela Equação 4.2:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + s, \quad (4.2)$$

sendo y a variável dependente, x_j é a variável independente ou variável preditora ($j = 1, 2, \dots, k$); os β_j são os coeficientes de regressão da variável preditora, e s é o erro de predição ($s = y_{\text{observado}} - y_{\text{predito}}$).

Se $k = 1$, teremos uma equação com uma Análise de Regressão Linear Simples, que é definida como:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + s, \quad (4.3)$$

A Análise de Regressão Linear Simples, tem como objetivo prever o valor de uma variável dependente através de um valor conhecido de uma variável independente.

A RLM permite usar varias variáveis independentes (k variáveis independentes) simultaneamente para definir a variável dependente (y).

Considerando que podemos ter n variáveis dependentes identificadas por y_i ($i = 1, 2, \dots, p$) podemos escrever:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + s_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} + s_i, \quad (4.4)$$

onde:

$$s_i = y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij}. \quad (4.5)$$

Montgomery D. C.; Runger¹¹⁴ definem que, a estimativa dos coeficientes de um modelo de regressão simples ou múltipla (β_j), deve ser realizada se utilizando o critério dos mínimos quadrados. AEquação 4.6expressa a função que deve ser minimizada, variando-se β_j ($j = 1, 2, \dots, k$).

$$L = \sum_{i=1}^p s_i^2 = \sum_{i=1}^p \left[y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} \right]^2. \quad (4.6)$$

Para encontrar o mínimo da função objetivo, derivamos função L (Equação 4.6) parcialmente em relação aos coeficientes β_j com ($j = 1, 2, \dots, k$), fazendo com que o somatório das derivadas parciais seja igual a zero (0).

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_0} = -2 \sum_{i=1}^p \left[y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} \right] = 0 \quad (4.7)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \beta_j} = -2 \sum_{i=1}^p \left[y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} \right] x_{ij} = 0 \quad j = 1, 2, \dots, k; \quad (4.8)$$

Desenvolvendo aEquação 4.7e aEquação 4.8, nós obteremos um sistema sobre-determinado de equações lineares (Equação 4.9), que pode ser resolvido pelos mínimos quadrados.

$$\begin{aligned}
 & \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^p x_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^p x_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^p x_{ik} = \sum_{i=1}^p y_i \\
 & \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^p x_{i1} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^p x_{i1}^2 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^p x_{i1}x_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^p x_{i1}x_{ik} = \sum_{i=1}^p x_{i1}y_i \quad (4.9) \\
 & \vdots \\
 & \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^p x_{ik} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^p x_{ik}x_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^p x_{ik}x_{i2} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^p x_{ik}^2 = \sum_{i=1}^p x_{ik}y_i
 \end{aligned}$$

Resolvendo o sistema de equações lineares (Equação 4.9) pelos mínimos quadrados, nós teremos as estimativas dos parâmetros do modelo em questão ($\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$).

h) Teste de hipótese para a Regressão Linear Múltipla

De acordo com Montgomery D. C.; Runger¹¹⁴ em problemas de RLM certos testes de hipóteses são úteis para adequação dos modelos desenvolvidos. Esquerre¹¹⁵ afirma que estes testes requerem que os termos de erro e_i do modelo de regressão sejam distribuídos normalmente e independentes com média zero e variância σ^2 .

O teste de significância indica se a equação de regressão é significativa, ou seja, se a relação funcional estabelecida entre a variável dependente e os efeitos combinados das variáveis independentes são relevantes. Determinando se existe uma relação linear entre as variáveis dependentes e as variáveis independentes.

As hipóteses para o teste de significância da regressão são:

$$\begin{aligned}
 \text{Hipótese} = & \begin{cases} H_0 & \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0; \\ H_1 & \beta_j \neq 0 \text{ Para no mínimo um } j. \end{cases}
 \end{aligned}$$

A rejeição de H_0 implica em termos que ao menos uma variável explicativa x_1, x_2, \dots, x_p contribui significativamente para o modelo.

i) Coeficiente de determinação múltipla

O coeficiente de determinação múltipla, também chamado de método do R^2 , é uma medida estatística de ajuste de um modelo. De acordo com Cardoso¹²⁴, o método R^2 pode ser interpretado como uma medida da explicação da variabilidade de (y) obtida pela utilização das variáveis independentes (x_1, x_2, \dots, x_p) no modelo de regressão.

Objetivando avaliar a representatividade do modelo desenvolvido, utilizou-se coeficiente de determinação R^2 que segundo Cardoso¹²⁴ afirma que quanto mais próximo de 1 ou 100 % melhor será o ajuste.

A Equação 4.10 determina o coeficiente R^2 , ou o coeficiente de determinação múltipla Montgomery D. C.; Runger¹¹⁴.

$$R^2 = \frac{SQ_E}{SQ_T} = 1 - \frac{SQ_R}{SQ_T}. \quad (4.10)$$

onde SQ_R é a soma dos quadrados do modelo, SQ_E a soma dos quadrados dos resíduos (erros) e SQ_T soma dos quadrados total.

É importante notar que os altos valores de R^2 , não necessariamente, implicam que o modelo de regressão está bem ajustado. Alguns valores de R^2 podem induzir à equívocos. Segundo Montgomery D. C.; Runger¹¹⁴, o modelo pode ser artificialmente inflado pela adição de variáveis independentes sem nenhuma correlação. Estas variáveis acrescentadas poderão elevar o valor do R^2 . Por este motivo, o R^2 serve para medir a qualidade do ajuste, mas não é o mais apropriado para comparar modelos.

j) Coeficiente de determinação ajustado

Outro parâmetro utilizado na avaliação da qualidade do ajuste é o coeficiente de determinação múltipla ajustado, também chamado de método do R^2_{aj} .

De acordo com Esquerre¹¹⁵, o R^2_{aj} reflete melhor a proporção de variabilidade explicada pelo modelo de regressão, já que ele leva em conta o número de variáveis regressoras.

O R^2_{aj} é expresso pela Equação 4.11

$$R^2_{aj} = 1 - \frac{\frac{SQ_E}{p-k}}{\frac{SQ_T}{p-1}}. \quad (4.11)$$

onde p é o número de amostras e k é o número de variáveis independentes.

Esquerre¹¹⁵ cita que este parâmetro é mais utilizado para medir o quanto um valor predito se assemelha ao medido, tendo em vista que, não há uma interferência do número de variáveis.

k) Critérios de Seleção de Variáveis

O método de *backward* é iniciado com todas as variáveis, e estas são retiradas satisfazendo o critério de correlação linear.

Alves¹²⁵ define o procedimento de exclusão das variáveis da seguinte forma:

- seja x_k a variável retirada do modelo no qual é calculado o coeficiente de correlação com as variáveis que ficaram no modelo;

- se o coeficiente de correlação calculado com a retirada de x_k for maior do que o anterior, então fica fora do modelo, caso contrário x_k volta ao modelo;
- o processo é repetido até que todas as variáveis sejam testadas.

4.5 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS

No caso dos resultados referente a (Tabela 13), foi levado em consideração o que preconiza a NR-7, onde para cada audiometria, foi selecionado o maior valor de LA independente da orelha e da frequência, assim como os dados qualitativos de TE e da IB do trabalhador.

Verifica-se inicialmente pelo diagrama de caixa Boxplot (Figura 23) que 25 % dos LAs estão abaixo de 25 dB e 75 % dos LAs estão acima de 25 dB, demonstrado pelo primeiro quartil Q_1 .

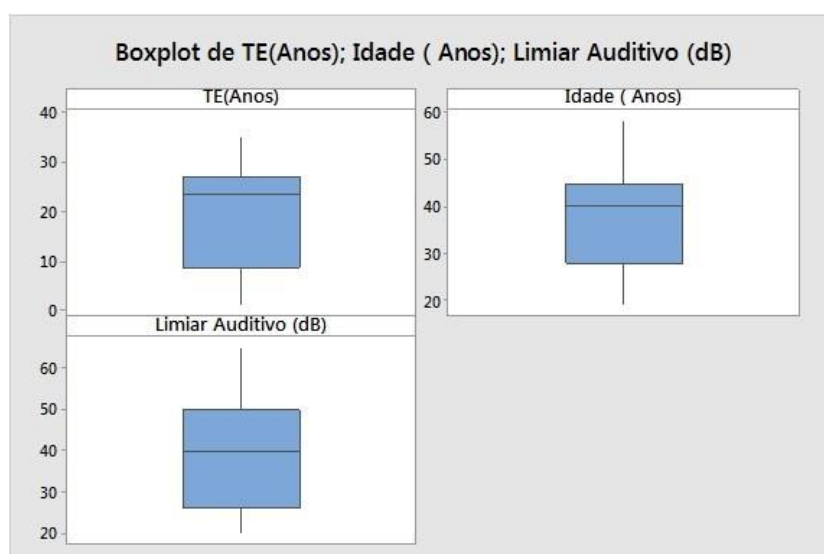
Tabela 14 – Descritiva das Variáveis

Variável	N	Média	Desvio Padrão	Coef. Var.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	G	p
TE(anos)	24	19,21	10,31	53,67	1,00	8,75	23,50	27,00	35,00	1,77	1,00
Idade (anos)	24	37,13	10,19	27,44	19,00	27,75	40,00	44,75	58,00	2,05	0,79
LA(dB)	24	40,21	12,64	31,43	20,00	26,25	40,00	50,00	65,00	1,96	1,00

Fonte: O Autor

Entre os dados da anamnese, foi verificado (Tabela 14) que as médias encontradas de TE e de IB foram respectivamente 19,21 anos e 37,13 anos. No caso dos dados quantitativos, o LA obteve média de 40,21 dB.

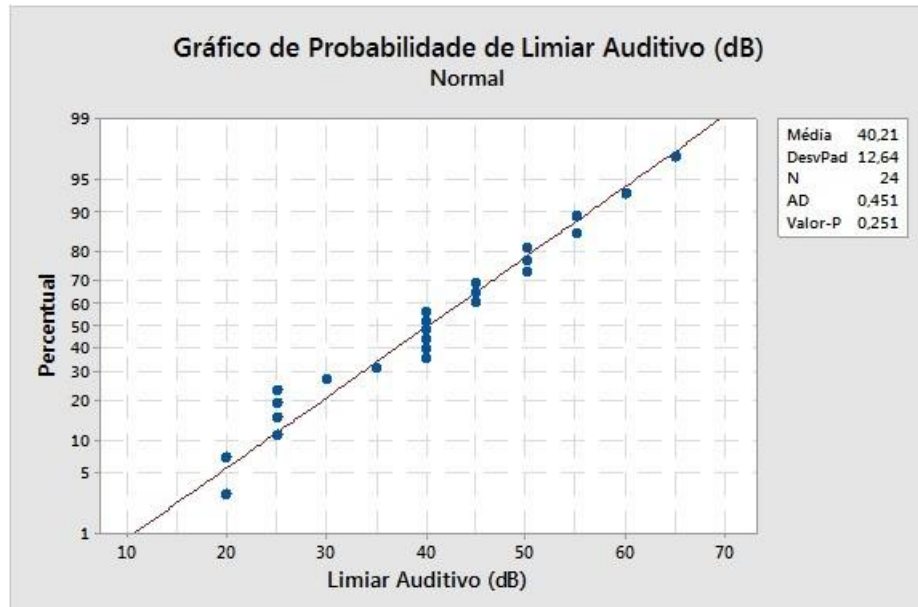
Figura 23 – Gráfico boxplot referente a Tabela 13



Fonte: O Autor

a) Normalidade dos dados

Figura 24 – Gráfico de probabilidade - Normalidade



Fonte: O Autor

A normalidade pode ser avaliada pelo gráfico de probabilidade normal (Figura 24), onde o p -valor da variável dependente LA resultou em 0,251, acima de 0,05, dessa forma a hipótese nula é aceita caracterizando uma distribuição normal.

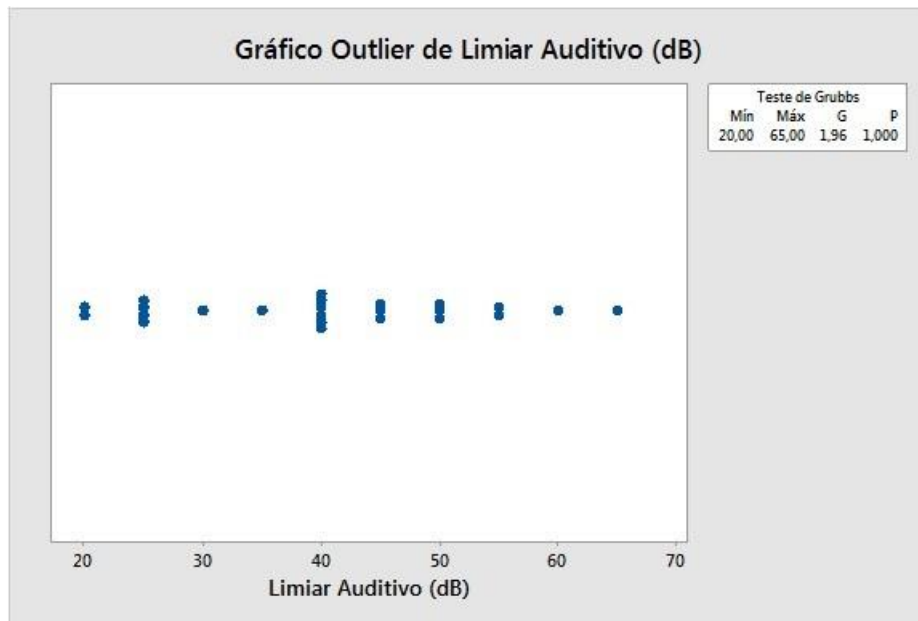
b) Teste de Grubbs outliers

Segundo a (Tabela 7), para 24 amostras o valor G tabelado é de 2,802 A (Tabela 14) demonstra os resultados do teste de Grubbs referente aos dados da (Tabela 13), onde os valores de G calculados foram: para TE 1,77, para IB 2,05 e para LA 1,96, demonstrando que os valores calculados estão abaixo do valor tabelado, indicando a não existência de *outliers*.

Na análise das hipóteses, p -valor obteve resultados entre 1,00 e 0,791, maior que o nível de significância 0,05, onde é aceita a hipótese nula H_0 , inexistindo *outliers* para estas variáveis.

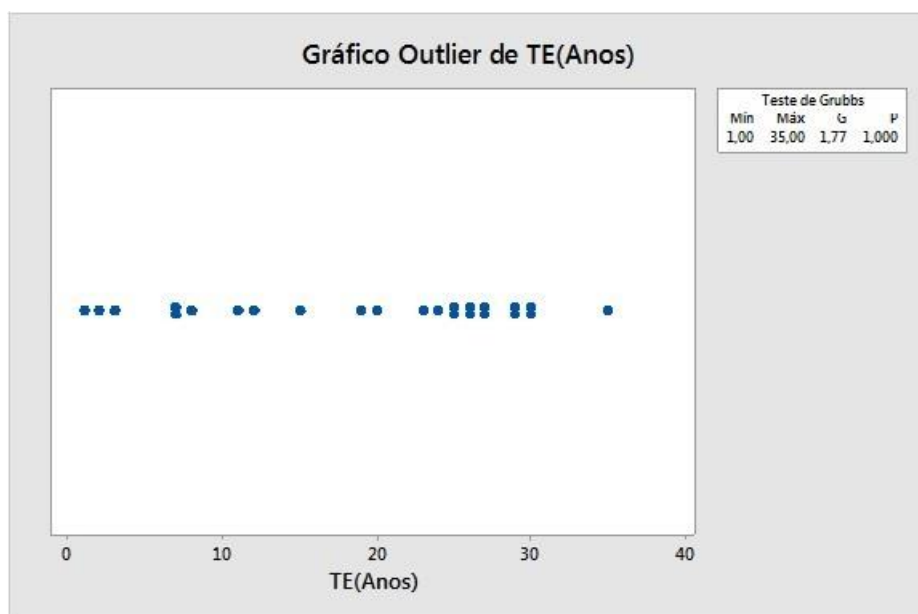
Na Figura 25, Figura 26 e Figura 27, são demonstrados os gráficos de Grubbs de LA, TE e IB, indicando a não existência de *outliers*. Na análise de Boxplot, verifica-se na Figura 23a inexistência de *outliers*.

Figura 25 – Gráfico de Grubbs - LA



Fonte: O Autor

Figura 26 – Gráfico de Grubbs - TE

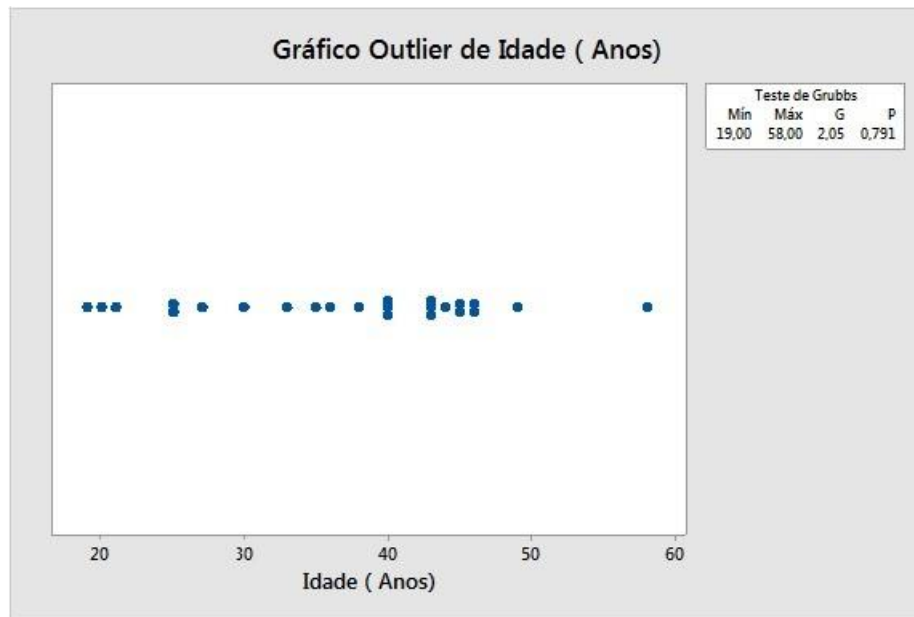


Fonte: O Autor

c) Correlação de Pearson

A correlação de Pearson entre variáveis de entrada e de saída referente aos dados da (Tabela 13), é demonstrada na (Tabela 15), onde foi verificada uma forte correlação

Figura 27 – Gráfico de Grubbs - IDADE



Fonte: O Autor

entre a variável de saída e as de entrada, sendo 0,929 entre a variável de entrada TE e a de saída LA, e 0,877 entre a variável de entrada IB e a de saída LA. Outro dado importante foi o p -valor de cada variável ser menor que 0,05, portanto estas variáveis serão consideradas no modelo deRLM.

Tabela 15 – Correlação de Pearson

Variável de saída	Correlação	Variáveis de entrada	
		TE (anos)	Idade (anos)
LA (anos)	Pearson	0,919	0,885
	p-valor	0,000	0,000

Fonte: O Autor

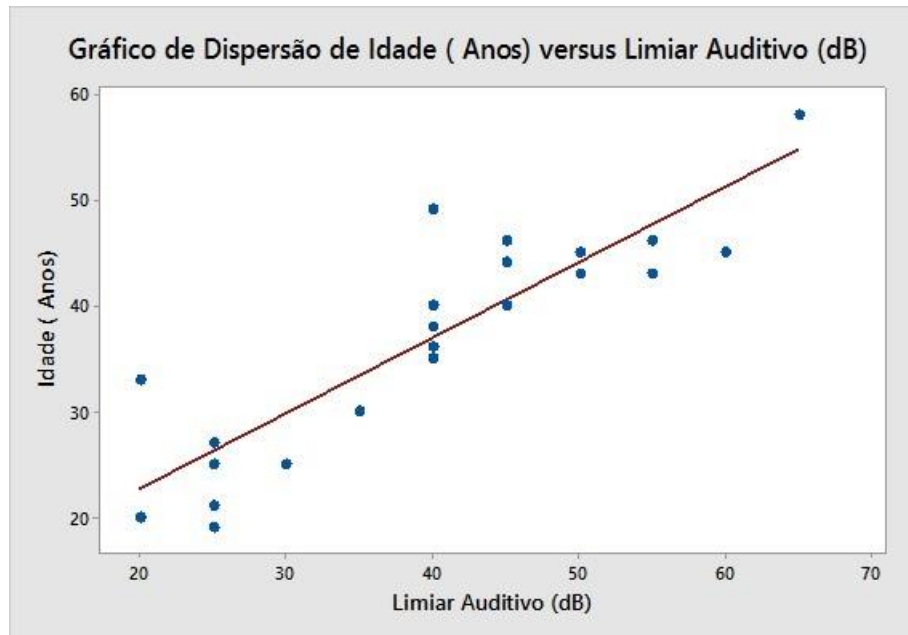
A Figura 28 e a Figura 29 demonstram os gráficos de correlação entre o LA e a IB, bem como LA e o TE. Verifica-se a disposição dos pontos que seguem uma tendência linear, caracterizando dependência entre a variável dependente e as variáveis independentes.

d) Análise dos Resíduos do Modelo

A Figura 31 demonstra os gráficos de resíduos do modelo: probabilidade normal, histograma, de ajustes e de ordem.

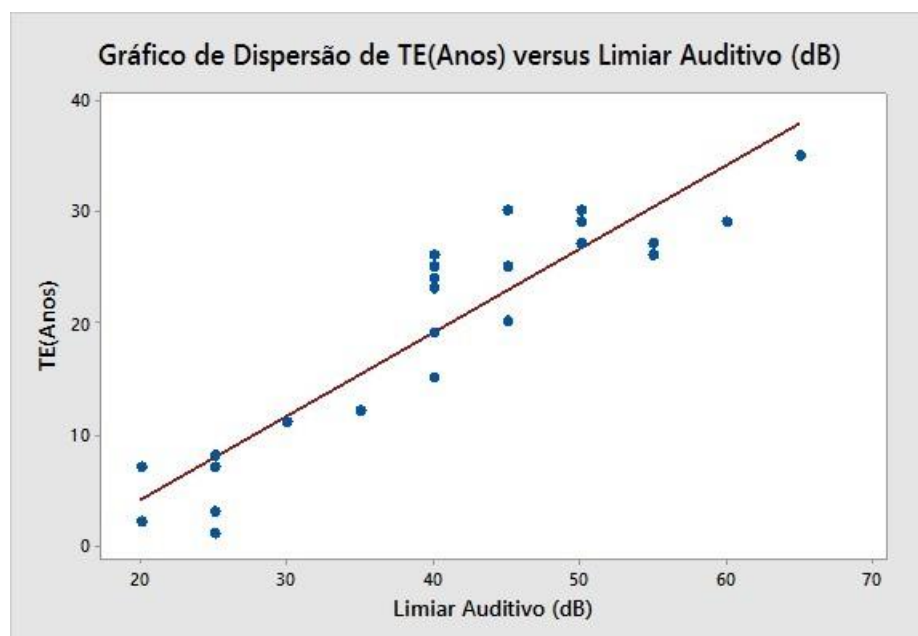
A suposição de normalidade dos resíduos do modelo foi cumprida, na qual o p -valor foi de 0,509 superior a 0,05 (Figura 30).

Figura 28 – Gráfico de Correlação LA x idade



Fonte: O Autor

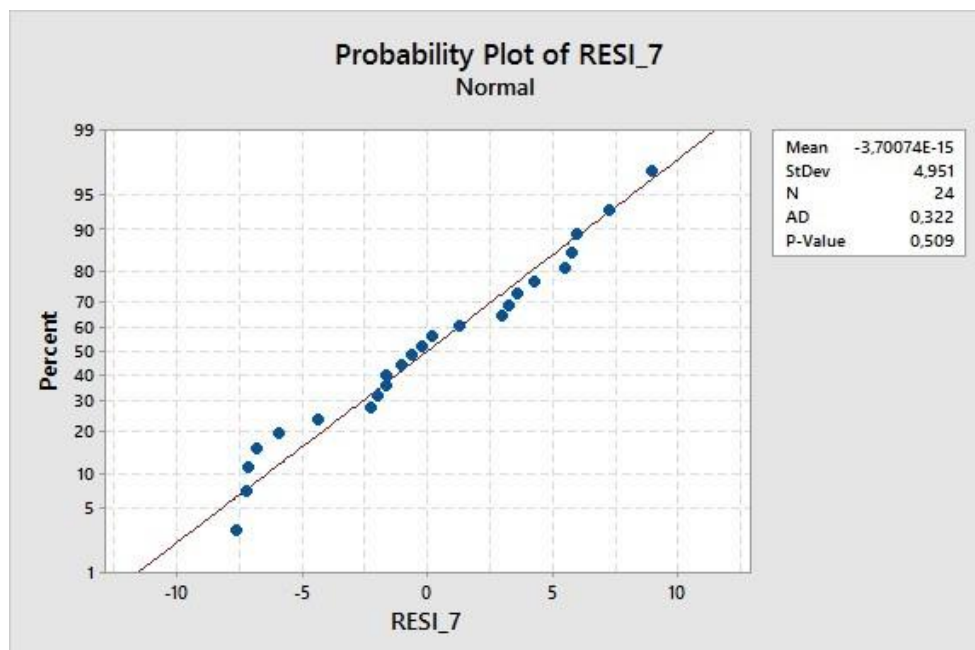
Figura 29 – Gráfico de Correlação LA x TE



Fonte: O Autor

O gráfico de resíduos versus ordem de observação (Figura 31) sugere um padrão aleatório de distribuição de resíduos, sem oscilação excessiva demonstrando indepen-

Figura 30 – Gráfico de Normalidade dos resíduos



Fonte: O Autor

dência entre os resíduos. O gráfico de resíduos (Figura 31) versus ajustes pressupõe de que os resíduos são aleatoriamente distribuídos e têm variância constante, onde os pontos estão dispostos aleatoriamente em ambos os lados de 0, demonstrando que a homocedasticidade foi cumprida.

Os valores do VIF_j (Tabela 16) das variáveis independentes ficaram abaixo de 10, indicando que a condição de multicolinearidade foi cumprida. Em relação a análise de p -valor, na (Tabela 16) verifica-se que TE tem p -valor menor que 0,05, demonstrando que a variável tem uma adição mais significativa ao modelo do que a IB que obteve p -valor muito acima 0,05.

Tabela 16 – Fator de inflação da variância

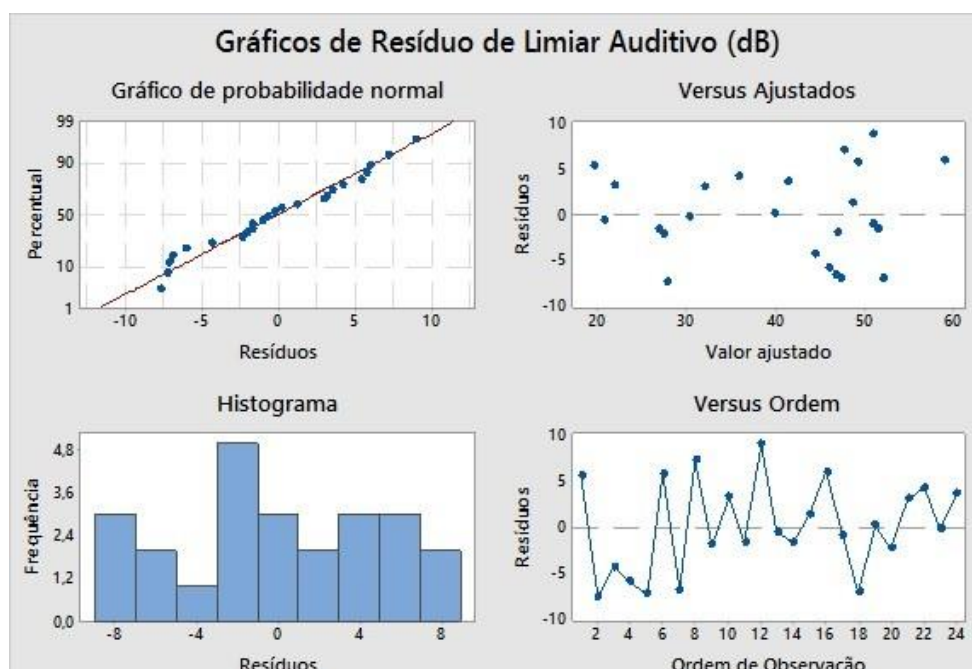
Variável Predictoras	Coefficiente	VIF	p-valor
TE (anos)	0,328	9,78	0,007
Idade (anos)	0,332	9,78	0,620

Fonte: O Autor

e) ModeloRLM

Neste modelo foi aplicado a restrição dos modos de falhas não significantes utilizando a correlação entre as variáveis de saída e entrada. Na (Tabela 16), foi verificado o p -valor da IB de 0,620 superior a 0,05.

Figura 31 – Gráfico de resíduos do modelo



Fonte: O Autor

Tabela 17 – Análise dos coeficientes deRLM

Modelo	R^2	R^2_{aj}	p-valor
LA	84,65	83,19	0,000

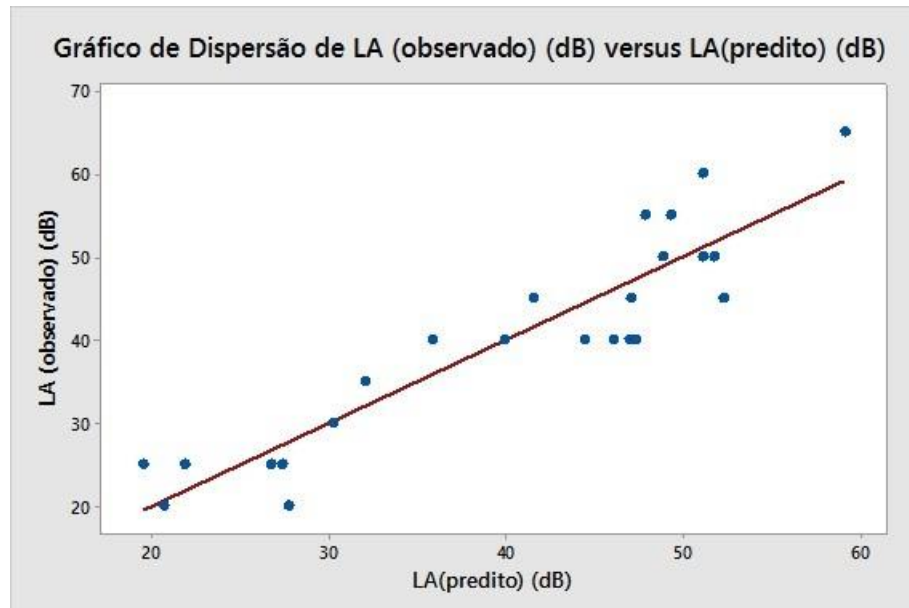
Fonte: O Autor

Verifica-se na (Tabela 17) que o coeficiente de determinação múltipla R^2 , apresentou um valor de 84,65 %, isto implica que 84,65 % das variações no LA pode ser explicado através das variáveis independentes que constam no modelo. A mesma análise pode ser feita para a avaliação do R^2_{aj} apresentou um valor de 83,19 %.

É verificado que os valores do VIF_j (Tabela 16) estão abaixo de abaixo de 10, demonstrando a não correlação entre as variáveis independentes.

Na Figura 32 é mostrado uma comparação dos valores preditos do LA respectivamente, pelos valores observados com as variáveis de entrada IB e TE. Os valores preditos estão dispostos em linha diagonal, indicando uma linearidade satisfatória, ou seja, as previsões dos LAs, estão se aproximando dos valores reais observados nas audiometrias.

Figura 32 – Valores preditos x valores observados



Fonte: O Autor

f) Equações obtidas na regressão

Levando em consideração as duas variáveis de entrada TE e IB, obtivemos o seguinte modelo para predição do LA:

$$L_A = 15,37 + 0,970 \cdot T_E + 0,167 \cdot I_B, \quad (4.12)$$

onde T_E é o tempo de exposição ao ruído na função de moveleiro, I_B é a idade biológica do trabalhador e L_A é o Limiar auditivo que indica a sugestão de PAIR, quando acima de 25 dB.

O modelo apresentado demonstra que as variáveis TE e IB são significativas para a predição da PAIR, sendo a variável TE mais significativa. Verifica-se que linearmente há um aumento de LA com o aumento do TE. A variável IB fornece resultados divergentes para amostras com o mesmo TE porém com IB diferentes, demonstrado que quanto maior a IB, maior a tendência de aumento do LA.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo foi desenvolvido um modelo de RLM para a predição do Limiar Auditivo (LA), tendo como variáveis independentes, o TE e a IB. No modelo desenvolvido neste capítulo, foram utilizadas diversas técnicas estatísticas objetivando obter a predição dos LA em trabalhadores de movelarias. O modelo final atendeu todos os pressupostos da RLM, onde foi

aplicada a técnica de seleção de variáveis através *debackward*, onde as variáveis independentes analisadas IB e TE demonstraram um comportamento significativo no modelo. A partir das análises estatísticas desenvolvidas neste capítulo, pode-se afirmar que este modelo de RLM, pode ser usado por organismos setoriais, empresariais ou pelo setor público, como uma ferramenta de prevenção de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) nos trabalhadores de movelarias. Aplicar a predição em Programa de Conservação Auditiva (PCA), poderá melhorar a qualidade de vida no trabalho dos moveleiros, bem como a diminuição do adoecimento auditivo e do absenteísmo, bem como a consequente melhoria da produtividade.

5 CONCLUSÃO.

5.1 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi verificado que as máquinas utilizadas nas movelarias apresentaram níveis de ruído acima do permitido pela legislação, onde quando estão operando com carga 100% das medições estão acima do Limite de Tolerância (LT) estabelecido pela Norma Regulamentadora 15 (NR-15). Apenas 4% dos trabalhadores utilizavam protetor auricular. Uma das consequências desta exposição indevida é a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR), uma das principais doenças do trabalho no Brasil e no mundo. A média de Limiar Auditivo (LA) encontrado foi de 39,58 dB, quando 25,00 dB é o limite para não caracterização de PAIR.

O modelo de predição proposto, poderá ser aplicado pelos fabricantes de móveis, por organismos setoriais ou governamentais através de um Programa de Conservação Auditiva (PCA), com a intenção de orientar os moveleiros quanto a sugestão de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) e suas consequências na saúde. Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de um modelo para predição de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) em trabalhadores de movelarias, utilizando Regressão Linear Múltipla (RLM). O modelo poderá ser utilizado na tomada de decisão para realização de audiometrias de referência e sequenciais, bem como outros exames auditivos para verificar a real situação do adoecimento auditivo dos moveleiros.

Como consequência da aplicação deste modelo como metodologia de prevenção de PAIR, haverá a possibilidade da diminuição do absenteísmo, da melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores, bem como a melhoria da produtividade.

O modelo proposta foi devidamente analisado estatisticamente, onde ficou demonstrado a proximidade entre valores preditos e valores reais observados. Comprovando a hipótese de predição de PAIR e que o modelo proposto é adequado para a situação.

A análise demonstrou que as variáveis independente Idade Biológica (IB) e Tempo Total de Exposição na Função (TE) apresentaram significância no modelo atendendo a todos os pressupostos de RLM de Normalidade, Linearidade, Multicolinearidade, Homocedasticidade, fator de inflação da variância, Correlação de Pearson.

5.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Por fim entende-se que o trabalho deva continuar para avançar na aplicabilidade deste modelo em movelarias e fábricas de móveis em geral que utilizam máquinas e equipamentos ruidosos em seus processos;

Propor estudos que desenvolvam técnicas de acompanhamento após aplicação do modelo proposto;

Desenvolver um *software* com possibilidade de prever aPAIR com o modelo proposto;

Implantar mecanismos de acompanhamento da aplicação do modelo como método de prevenção daPAIR.

REFERÊNCIAS

- 1 GALINARI, R.; JUNIOR, J. R. T.; MORGADO, R. R. A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. **BNDES Setorial**, v. 37, p. 227–272, 2012.19, 41,63
- 2 BARBOSA, A. A. R.; BERTOLI, S. R. Máquinas Elétricas Portáteis Na Construção Civil : Estudo Do Ruído Gerado Por Serras-Mármore. n. 1, p. 3977–3985, 2012.19,49
- 3 FONSECA, V.R. et al. Prevention of the Evolution of Workers' Hearing Loss from Noise-Induced Hearing Loss in Noisy Environments through a Hearing Conservation Program. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v. 20, n. 1, p. 43–47, 2014. ISSN 18094864. 19
- 4 SAMORINHA, C. R. **Ruído Ocupacional Na Indústria**. Coimbra: Dissertação de Candidatura ao Grau de Mestre em Saúde Ocupacional à Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, 2012.19,28,42
- 5 ROBINSON, T. et al. Prevalence of noise-induced hearing loss among woodworkers in Nepal: A pilot study. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 21, n. 1, p. 14–22, 2015. ISSN 10773525.20
- 6 SANTOS, J. G. M. d. **Plano de Desenvolvimento Preliminar – PDP**. 2004.20
- 7 RIUL, M.; LEITE, E. Diagnóstico e Diretrizes para a Gestão de Resíduos no APL de Móveis de João Pessoa-PB Diagnostic and Guidelines for waste Management in the Furniture local Production system of. **UNOPAR Cient. Exatas Tecnol**, v. 11, p. 15–24, 2012.20
- 8 NUNES, C. P. et al. Sintomas auditivos e não auditivos em trabalhadores expostos ao ruído. **Rev. baiana saúde pública**, v. 35, n. 3, p. 548–555, 2011. Disponível em: <<http://files.bvs.br/upload/S/0100-0233/2011/v35n3/a2635.pdf>>.20,30,48,63
- 9 Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora n. 15 – NR 15: Atividades e Operações Insalubres**. 2014. 82 p. Disponível em:<<http://acesso.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm>>.20,24,25,26,27,32,49
- 10 Ministério do Trabalho e Emprego. LEI Nº 6.514(Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências). 1977.20
- 11 DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. Indústria de móveis. p. 96, 2016.21,41
- 12 PROTEÇÃO, R. Estatística de Acidentes de Trabalho. In: **anúário brasileiro de proteção**. SÃO PAULO: PROTEÇÃO PUBLICAÇÕES E EVENTOS, 2015. p. 24.21
- 13 MEIRA, T. C. et al. Exposição ao ruído ocupacional: reflexões a partir do campo da Saúde do Trabalhador. v. 7, p. 26–45, 2012.21,24,30,31,46,50
- 14 FRANCISCO, W. d. C. **Tipo de indústria**.24
- 15 SILVA, M. C. D. et al. Níveis de ruído na lavanderia de um hospital público. **Revista CEFAC**, v. 13, n. 1, p. 472–478, 2011.24

- 16 Brasil. **Lei Nº 8.213(Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá Providências)**. 1991.24,40,48
- 17 OLIVEIRA, R. C. et al. Occupational exposure to noise by ambulance crew. n. 1, p. 847–853, 2015.24,32
- 18BASTOS, R. d. S. et al. Avaliação Ergonômica Do Nível. 2010.24
- 19 KARINA, A.; BURITI, L. Ocorrência de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído em Carpinteiros. **Rev. CEFAC**, v. 14, n. 3, p. 413–422, 2012.24,31,48
- 20 António Manuel da Silva Beça; Orientador:. **Segurança E Higiene**. Porto: Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto RUÍDO, 2013.25,29,40,41
- 21 Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora n.7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. n. 7, p. 1–16, 2011.25,37,39,42,43,64,65,73
- 22 Ministério do Trabalho e Emprego. **NHO01-Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**. 2001. 12–40 p.25,34,37,51,52,54
- 23 FERNANDES, A. **Ruído Ocupacional - Avaliação de Ruído - Estaleiro Central da SEHT, SA**. 2013. 1–108 p.25,26,27,29,31
- 24 Brasil. **Decreto Nº 3.724(Regula as obrigações resultantes dos acidentes no trabalho)**. 1919.27
- 25Brasil. Decreto-Lei n ° 7.036, de 10 de Novembro de 1944. 1944.27
- 26Brasil. Decreto-Lei N ° 5.452 (Consolidação Das Leis do Trabalho). 1943.27,49
- 27Brasil. Portaria n. ° 3.214 (Aprova as Normas Regulamentadoras). 1978.27
- 28 VIANNA, B.; AMARAL, D. O. **Incidência de perda auditiva induzida por ruído ocupacional entre trabalhadores de uma mineradora e pelotizadora de minério de ferro**. Tese (Doutorado), 2014.28,29,31,33,40,65,66
- 29 VASCONCELOS, F. M. d. et al. Riscos no ambiente de trabalho no setor de panificação: um estudo de caso em duas indústrias de biscoitos. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 3, p. 565–589, 2015. ISSN 1806-9649. Disponível em:<<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84947233248&partnerID=tZOtx3y1>>.30
- 30 YONGBING, S.; MARTIN, W. H. Noise Induced Hearing Loss in China: A Potentially Costly Public Health Lssue. **Journal of Otology**, Elsevier Masson SAS, v. 8, n. 1, p. 51–56, 2013. ISSN 16722930. Disponível em:<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1672293013500079>>.30
- 31 Eurostat. **Health and safety at work in Europe (1999–2007)**. 2010. 96 p. Disponível em:<<http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5718905/KS-31-09-290-EN.PDF/88eef9f7-c229-40de-b1cd-43126bc4a946>>.30
- 32 Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora n. 9 - Programa De Prevenção De Riscos Ambientais. **Portaria MTE n.º 1.471, de 24 de setembro de 2014**, n. 9, p. 1–7, 2014. ISSN 1098-6596. Disponível em:<<http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-09atualizada2014III.pdf>>.30,41,42,43,44,61

- 33 Jéssica et al. Caracterização do Perfil Audiológico em Trabalhadores Expostos a Ruídos Ocupacionais. p. 273–287, 2015.30,37,49,65
- 34 BARCELOS, D. D.; OCUPACIONAIS, R. Análise Do Risco Ruído Em Indústria. v. 16, n. 1, p. 39–49, 2014.31
- 35 MARSON, m. d. A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil : Dedini e Romi , entre 1920 e 1960. v. 24, n. 3, p. 685–710, 2014.31,46
- 36 CAVALCANTE, F.; FERRITE, S.; MEIRA, T. C. Exposição ao Ruído na Industria. **Rev CEFAC**, v. 15, n. 1, p. 1364–70, 2013.31
- 37 GORINI, A. P. F. **Panorama do Setor Moveleiro no Brasil, Com Ênfase na Competitividade Externa a Partir do Desenvolvimento da Cadeia Industrial de Produtos Sólidos de Madeira**. 1998. 3–57 p.31
- 38 VENTUROLI, F. et al. Avaliação do nível de ruído em marcenarias no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 547–551, 2003. ISSN 1807-1929. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662003000300023&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.31,34,47
- 39 FELIPE, A. et al. Avaliação dos níveis de ruído emitidos por equipamentos eletrorrurais utilizados na produção de ração e processamento de forragem Assessment of noise levels emitted by electro rural equipment used in the production of feed and fodder processing. p. 1–6.31
- 40 JUNIOR, E. d. O.; ALMEIDA, F. S. e. S. d.; MORRRONE, L. C. Avaliação de Riscos de uma Empresa de Embalagens de Madeira. p. 41–55, 2014.31,46
- 41 VILLORIA, E. M. et al. Avaliação dos níveis de pressão sonora emitidos pelo aparelho de ressonância magnética. **Revista CEFAC**, Lisboa, v. 18, n. 1, p. 27–32, 2 2016. ISSN 1516-1846. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462016000100027&lng=pt&nrm=iso&tlng=enhttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462016000100027&lng=pt&tlng=pt>.31
- 42 QUINTILIO, M. S. V.; ALCARÁS, P. Arruda de S.; MARTINS, L. da S. Avaliação Do Ruído Ocupacional Em Um Restaurante Num Município Do Mato Grosso Do Sul. **Colloquium Exactarum**, v. 04, n. 01, p. 27–32, 2012. ISSN 21788332. Disponível em:<<http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ce/article/viewFile/732/937>>.31
- 43 Jacques, Jean. Noise and Standardization, Focusing on Machinery and Workplace Domains. **Joint Baltic-Nordic Acosutics Meeting**, n. June, p. 8–10, 2004.31
- 44 KIM, S.-h. et al. and structure-borne noise predictions . *†*. 26, n. 4, p. 1003–1009, 2012. 32,49
- 45 OLIVA, F. C. et al. Mudança significativa do limiar auditivo em trabalhadores expostos a diferentes níveis de ruído. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 16, n. 1, p. 260–265, 2011. ISSN 1982-0232.32,61
- 46 OLIVEIRA, W. T. G. H. d. et al. Audição de Trabalhadores Antes e Após o Programa de Conservação Auditiva. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 16, p. 517–524, 2012. ISSN 14152177. Disponível em:<<http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/rbcs/article/view/12411/9120>>.32,42

- 47 LOPES, A. C. et al. Condições de Saúde Auditiva no Trabalho : Investigação dos Efeitos Auditivos em Trabalhadores Expostos ao Ruído Ocupacional Conditions of Auditory Health at Work : Inquiry of The Auditory Effect in Workers Exposed to the Occupational Noise. p. 49–54, 2009.33,40,49
- 48 WEBER, S. R.; PÉRICO, E. Zumbido no trabalhador exposto ao ruído. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 16, n. 4, p. 459–465, 2011.33
- 49 ISMAILA, S. O.; ODUSOTE, A. Noise exposure as a factor in the increase of blood pressure of workers in a sack manufacturing industry. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, Elsevier Ltd, v. 3, n. 2, p. 116–121, 2014. ISSN 23148535. Disponível em:<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S231485351400033X>>.33
- 50 RÉGIS, A. C. F. d. C.; CRISPIM, K. G. M.; FERREIRA, A. P. Incidência e prevalência de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores de uma indústria metalúrgica, Manaus - AM, Brasil. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 5, p. 1456–1462, 2014. ISSN 1982-0216. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462014000501456&lng=en&nrm=iso&tlng=en>.33
- 51 OLIVEIRA, C. H. et al. Perda auditiva induzida pelo ruído em servidores de uma universidade estadual pública. **Cogitare Enfermagem**, v. 20, n. 1, p. 96–102, 2015. ISSN 2176-9133. Disponível em:<<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/cogitare/article/view/37439>>.33
- 52 PEDROSO, H. C.; GONÇALVES, C. G. d. O. Percepção e conhecimento dos profissionais da saúde da atenção primária sobre notificação da perda auditiva induzida pelo ruído em Curitiba - Paraná. **CoDAS**, v. 28, n. 5, p. 575–582, 2016. ISSN 2317-1782. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-17822016000500575&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>.33
- 53 GONCALVES, C. G. d. O. et al. A percepção sobre protetores auriculares por trabalhadores participantes de programas de preservação auditiva: estudo preliminar. **CoDAS**, v. 27, n. 4, p. 309–318, 2015. ISSN 2317-1782 (Electronic).33,41
- 54 GONÇALVES, C. G. D. O. et al. Avaliação da colocação de protetores auriculares em grupos com e sem treinamento. **Revista CEFAC**, v. 11, n. 2, p. 345–352, 2009. ISSN 1516-1846.33
- 55 GIRARDI, G.; SELLITTO, M. A. Medição e reconhecimento do risco físico ruído em uma empresa da indústria moveleira da serra gaúcha. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 7, n. 1, p. 12–23, 2011. ISSN 18087310.34,46,49
- 56 LOURENÇO, E. A.; MEDINA, J.; DUARTE, S. B. Ruído em Consultórios Odontológicos pode Produzir Perda Auditiva ? Can Noise in Dental Clinic Produce Hearing Loss ? p. 84–88, 2011.34
- 57 SENIS, I.; MACEDO, C.; CUNHA, D. Avaliação do ruído em Unidades de Terapia Intensiva Noise Assessment in Intensive Care Units. v. 75, n. 6, p. 2008–2010, 2009.34
- 58 Conselho Federal de Fonoaudiologia. Padronização Internacional em Audiometria. 2015.38

- 59 CAMISASSA, M. Q. **Segurança e saúde no trabalho: NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas**. São Paulo:: [s.n.], 2015. ISBN 9788530959333.39
- 60 ROCHA, S. H.; ELDA, C.; BUSSINGUER, D. A. A invisibilidade das doenças mentais ocupacionais no mundo contemporâneo do trabalho. p. 1104–1122, 2016.40
- 61 JÚNIOR, A.; LUIZ, H. MODALIDADES DE DOENÇAS OCUPACIONAIS DECORRENTES DAS NOVAS FORMAS DE PRODUÇÃO : ASPECTOS SOCIAIS E JURÍDICOS. p. 57–76, 2008.40
- 62 MAY, J. J. Occupational hearing loss. **Journal of occupational medicine. : official publication of the Industrial Medical Association**, v. 47, n. 11, p. 681–682, 1973. ISSN 0096-1736 (Print).40
- 63 SANTOS, M.; ALMEIDA, A. Principais riscos e fatores de risco ocupacionais dos marceneiros e carpinteiros, bem como doenças profissionais associadas e medidas de proteção recomendadas. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional**, 2015.40,47
- 64 Ministério da fazenda. Secretaria de Previdência. Instituto Nacional do Seguro Social.; PREVIDÊNCIA, E. d. T. e. I. d. Anuário Estatístico da Previdência Social 2015. p. 918, 2016. Disponível em:<<http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2015/08/AEPS-2015-FINAL.pdf>>.40
- 65 RODRIGUES, L. F. Absenteísmo entre os trabalhadores de saúde : Um ensaio a luz da Medicina do Trabalho. p. 10–21, 2016.41
- 66 CECCATO, A. D. F. et al. Absenteeism due to occupational diseases among sugarcane workers Absenteísmo por doença ocupacional de trabalhadores rurais no setor canavieiro. **Cadernos de Saude Publica**, v. 30, n. 10, p. 2169–2176, 2014. ISSN 0102-311X. Disponível em:<<GotoISI>://CABI:20143422230>.41
- 67 PENATTI, I.; ZAGO, J. S.; QUELHAS, O. Absenteísmo : As conseqüências na gestão de pessoas. **Simpósio de Excelência em Gestao e Tecnologia**, p. 11, 2006.41
- 68 ALMEIDA, P. C. A.; BARBOSA-BRANCO, A. Acidentes de trabalho no Brasil: prevalência, duração e despesa previdenciária dos auxílios-doença. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 36, n. 124, p. 195–207, 2011. ISSN 0303-7657.41
- 69 ROSSI, G. d. S. DOENÇA PROFISSIONAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS TÉCNICAS E LEGAIS. v. 1, p. 1–7.41
- 70 Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora n.6 - Equipamento de Proteção Individual (EPI). **Portaria MTE n.º 505, de 16 de abril de 2015**, n. 6, p. 1–7, 2015. ISSN 1098-6596.42
- 71 ESPACIOS, H. R. et al. Análise da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de uma empresa florestal. 2017.42
- 72 PUSTIGLIONE, M. Occupational medicine and emerging, reemerging and neglected diseases: the conduct in the case of dengue, Chikungunya and Zika virus/ Medicina do trabalho e doenças emergentes, reemergentes e negligenciadas: a conduta no caso das febres da dengue, do Chik. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho VO - 14**, v. 14, n. 1, p. 1, 2016. ISSN 1679-4435. Disponível em:<<http://widgets.ebscohost.com/prod/customerspecific/ns000290/>>

authentication/index.php?url=http%3A%2F%2Fsearch.ebscohost.com%2Flogin.aspx%3Fdirect%3Dtrue%26AuthType%3Dip%2Ccookie%2Cshib%2Cuid%26db%3Dedsgao%26AN%3Dedsgcl.455186311%26lang%3Dpt-br%26site%3Deds>.43

73 VIZZACCARO-AMARAL, A. L.; MOTA, D. P.; ALVES, G. **Trabalho e Saúde: a precarização do trabalho e a saúde do trabalhador no século XXI**. [S.l.: s.n.], 2011. 232 p. ISBN 978-85-361.43

74 PUSTIGLIONE, M. A importância dos Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho nas certificações de qualidade de empresas e serviços. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 13, n. 2, p. 135–138, 2015. ISSN 16794435. 43

75 Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n.4 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho**. 2014.43

76 ALEXANDRINO, S.; SILVA, L. F.; DANIELA, L. Epidemiologia do ruído e aspectos legais. v. 5, n. 2003, p. 177–185.44

77 MAIA, A. M. d. C.; CARVALHO-FREITAS, M. N. d. O Trabalhador Com Deficiência Na Organização: Um Estudo Sobre O Treinamento E Desenvolvimento E a Adequação Das Condições De Trabalho. **REAd - Porto Alegre**, v. 82 n° 3, p. 689–718, 2015. ISSN 1098-6596. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/1413-2311.0722014.54834>>.44

78 ISMAEL, L. L. et al. Saúde, meio ambiente e segurança do trabalho associado ao uso de agrotóxicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 28, 2015. ISSN 1981-8203.44

79 BRAMATTI, L.; MORATA, T. C.; MARQUES, J. M. Ações educativas com enfoque positivo em programa de conservação auditiva e sua avaliação. **Revista CEFAC**, v. 10, n. 2, p. 398–408, 2008. ISSN 1516-1846.44

80 MARTINS, C. L. et al. Equipamentos de proteção individual na perspectiva de trabalhadores que sofreram queimaduras no trabalho. **Revista de Enfermagem da UFSM**, v. 3, n. 0, p. 668–678, 2014. ISSN 2179-7692. Disponível em:<<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reufsm/article/view/11060>>.44

81 SONEGO, M. T.; FILHA, V. A. V. d. S.; MORAES, A. B. d. Equipamento de proteção individual auricular: avaliação da efetividade em trabalhadores expostos a ruído. **Revista CEFAC**, v. 18, n. 3, p. 667–676, 2016. ISSN 1982-0216. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462016000300667&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. 44

82 RIBEIRO MARIA FERNANDA SANTOS FIGUEIREDO, L. A. R. R.-B. G. M. UMA REVISÃO INTEGRATIVA The importance of auditory health training : an integrative review. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 4, p. 1318–1325, 2011.44

83 TEIXEIRA, R. L. **Fatores do ambiente de trabalho durante o corte de painéis de fibras de média densidade (MDF) em indústrias moveleiras**. Tese (Doutorado), 2013. Disponível em:<<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/1145>>.46

84 FILIPE, A. P. et al. Avaliação de ruído em fábricas de móveis. **Cerne**, v. 20, n. 4, p. 551–556, 2014. ISSN 01047760.46,47


- 85 CLEIN, C.; TONELLO, R.; PESSA, S. L. R. Influência do ambiente de trabalho na saúde física e emocional do trabalhador : estudo ergonômico em uma fábrica de máquinas industriais The influence of working environment in physical health and emotional labor : an ergonomic study in an industrial mach. **Revista ADMpg**, v. 7, p. 53–59, 2014.47,70
- 86 Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. 2015. 1–87 p.47
- 87 DUARTE, M. **Riscos Industriais - etapas para a investigação e a prevenção de acidentes**. RIO DE JANEIRO: FUNENSEG- PETROBRÁS-BR, 2002. 1 p. ISBN 85-7052-384-x.48
- 88 SLIWINSKA-KOWALSKA;MARIOLA, A. D. **Noise-Induced Hearing Loss**. Lodz, Poland: 19-Dec-2012, 2012. 274–280 p. Disponível em:<<http://www.cdc.gov/healthyschools/noise/index.htm>>.48
- 89 DIAS, E. C. **Doenças relacionadas ao trabalho**. 114. ed. Brasília: [s.n.], 2001. v. 67. 580 p. ISSN 00992240. ISBN 8533403534. Disponível em:<<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Doen?as+relacionadas+ao+trabalho#8>>.48,49,72
- 90 FELICIO, J. **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído em atividades que utilizam fones de ouvido (headsets e headphones)**. São Paulo:: Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia, 2008.49
- 91 EUGÊNIO, T. M. C. et al. Efeitos do nível de ruído emitido por uma máquina serra mármore sobre seus operadores. 2014.49
- 92 FLEMING, P. V.; GARCIA, C. de B. Avaliação de riscos industriais e ambientais com a análise preliminar de perigos (APP) e lógica FUZZY. **Associação Brasileira de Engenharia de Produção**, p. 20, 2009. Disponível em:<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1999_a0521.pdf>.49
- 93 BOGER, M. E.; SOUZA, M. A. d.; BARRETO, C. Zumbido E Perda Auditiva Induzida Por Ruído Em Trabalhadores Expostos Ao Ruído Ocupacional. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, v. 06, n. 2, p. 1321–1333, 2015.49
- 94 PÉREZ, B. A. G.; OLIVEIRA, E. V.; LAGO, M. S. Percepção dos Trabalhadores de Soldagem em Relação à Exposição aos Riscos de Acidentes no Local de Trabalho. **Revista Enfermagem Contemporânea**, v. 4, n. 1, 2015. ISSN 2317-3378. Disponível em: <<http://www5.bahiana.edu.br/index.php/enfermagem/article/view/472>>.49
- 95 EVANGELISTA, P. P. d. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, n. 71, p. 23–40, 2010.49
- 96 DIEHL, C. A.; SOUZA, M. A. D.; DOMINGOS, L. E. C. O Uso da Estatística Descritiva na Pesquisa em Custos: Análise do XIV Congresso Brasileiro de Custos. **ConTexto**, v. 7, p. 1–24, 2007. ISSN 2175-8751.54
- 97 OLIVEIRA, C. D. Detecção de Fraudes, Anomalias e Erros em Análise de Dados Contábeis: Um Estudo com Base em Outliers. p. 102–127, 2014.54,55,75


- 98 NASCIMENTO, R. M. et al. Algoritmo de Detecção e Correção de Outliers para Previsão de Carga. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos -SBSE**, p. 1–6, 2012.54
- 99 OLIVEIRA, E. C. D. Comparação das diferentes técnicas para a exclusão de “outliers”. **Metrologia**, v. 21, p. 3211–9223, 2008.55,56
- 100 OLIVEIRA, F. M. D. Controle da Qualidade Analítica. n. Dic, p. 1–24, 2006.55,56
- 101 GRUBBS, F. E. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. **Technometrics**, v. 11, n. 1, p. 1–21, 1969. ISSN 0040-1706.55
- 102 GARCIA, C. H. Tabelas Para Classificação Do Coeficiente De Variação. **Piracicaba - IPEF**, n. 1985, p. 10, 1989.56,57
- 103 ANTONIO, M. A. et al. Growth analysis of 566 children from the fourteen day care centers of Paulínia (São Paulo, Brazil), with ages ranging from 3 months to 3 years. **Jornal de Pediatria**, v. 72, n. 4, p. 245–250, 1996. ISSN 0021-7557 (Print).61
- 104 FILHO, A. C. et al. Linear relations among characters of forage turnips and of white lupine | Relações lineares entre caracteres de nabo forrageiro e de tremço branco. **Ciencia Rural**, v. 44, n. 1, 2014. ISSN 01038478 16784596.69,76
- 105 FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. D. S. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115–146, 2009. ISSN 0104-7094. 69,76
- 106 CORREA, S. **Probabilidade e estatística**. [s.n.], 2003. 116 p. ISBN 9788576485001. Disponível em:<http://estpoli.pbworks.com/f/livro_probabilidade_estatistica_2a_ed.pdf>.69, 76
- 107 CAROLINA, A. et al. Prevalência de perda auditiva induzida pelo ruído nas audiometrias realizadas em trabalhadores de uma indústria de cerâmica do sul catarinense entre o período de julho de 2009 a setembro de 2010 Prevalence of noise-induced hearing loss in audiometric test. v. 40, p. 36–41, 2011.70
- 108 SILVA, J. L. L. et al. O Estresse Provocado Pelo Ruído Como Risco Ocupacional Entre Trabalhadores em Vulnerabilidade. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013. ISSN 1098-6596.72
- 109 QUEIROZ, J. G. P. e. L. A. d. S. M. M. D. R. V. Waldenei Travassos de. MODELO DE PREDIÇÃO PARA O VOLUME TOTAL DE QUARUBA (Vochysia VOLUME VIA FACTOR ANALYSIS AND REGRESSION. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 307–317, 2011.72,76
- 110 JR, E. F. C. C.; CANSIAN, A. B. M.; COSTA, A. O. S. Modelagem empírica de funções multivariáveis por redes neurais artificiais. p. 1–5, 2015.72
- 111 POLIZELLO, A. O desenvolvimento das ideias de herança de Francis Galton : 1865-1897. **Filosofia**, n. 1889, p. 1–17, 1897.72
- 112 ABBAD, G.; TORRES, C. V. Regressão múltipla stepwise e hierárquica em Psicologia Organizacional: aplicações, problemas e soluções. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 7, n. spe, p. 19–29, 2002. ISSN 1413-294X.72

- 113 SOARES, J. D. R. Modelagem matemática na previsão de colheita de bananeira: regressão linear múltipla x redes neurais artificiais. p. 115, 2010.72
- 114 MONTGOMERY D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2008.72,77,78,79,80
- 115 ESQUERRE, K. P. S. O. R. **Aplicação de Técnicas Estatísticas Multivariadas e de Redes Neurais na Modelagem de um Sistema de Tratamento de Efluentes Industriais**. Tese (Doutorado), 2003.73,79,80
- 116 GOMES, L. L.; ESQUERRE, K. P. O.; MAGALHÃES, R. d. S. Avaliação do Desempenho de Modelos Para Predição de Coagulante e PH Control in Water Treatment. **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 16, n. 1518-1243, p. 1181–189, 2014.73
- 117 SAMOHYL, R. W. **Controle estatístico de qualidade**. [S.l.: s.n.], 2009. ISBN 0000200226576.73,75
- 118 SEBER, G.; WILD, C. **Statistical inference**. [s.n.], 2005. 191–269 p. ISSN 0307-4463. ISBN 0-534-24312-6. Disponível em:<<http://www.amazon.com/dp/0534243126>>.73
- 119 BAPTISTELLA, M. O Uso De Redes Neurais E Regressão Linear Múltipla Na Engenharia De Avaliações : Determinação Dos Valores. 2005.73
- 120 MORAES, C. F. d.; FERREIRA, J. R.; BALESTRASSI, P.P. Análise crítica da aplicação de métodos estatísticos em processos definidos por dados que não apresentam distribuição normal. **Simpósio de Engenharia de Produção, XII**, p. 7–18, 2006. ISSN 1984-2430.75
- 121 JURAN J.; GRZYNA, F. **Controle da Handbook. Métodos Estatísticos Clássicos aplicados à Qualidade**. [S.l.: s.n.], 1992.75
- 122 BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, v. 26, n. 2, p. 211–252, 1964. ISSN 0035-9246. Disponível em:<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=6A16AA927EC157308AA383797591D5DF?doi=10.1.1.321.3819&rep=rep1&type=pdf%5Cnhttp://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.321.3819>>.75
- 123 JORDAN, J. R. Ensaio De Resistência Na Indústria De Celulose E Papel. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2009.75
- 124 CARDOSO, G. F. B. M. G. Modelamento da Temperabilidade Jominy por Regressão Linear Multipla para Aços ao Boro. p. 137, 2011.79
- 125 ALVES, M. F. “ Previsão de Demanda de Cargas Elétricas por Seleção de Variáveis Stepwise e Redes Neurais Artificiais ”. 2013.80


APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO

Figura 33 – Questionário





**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL**



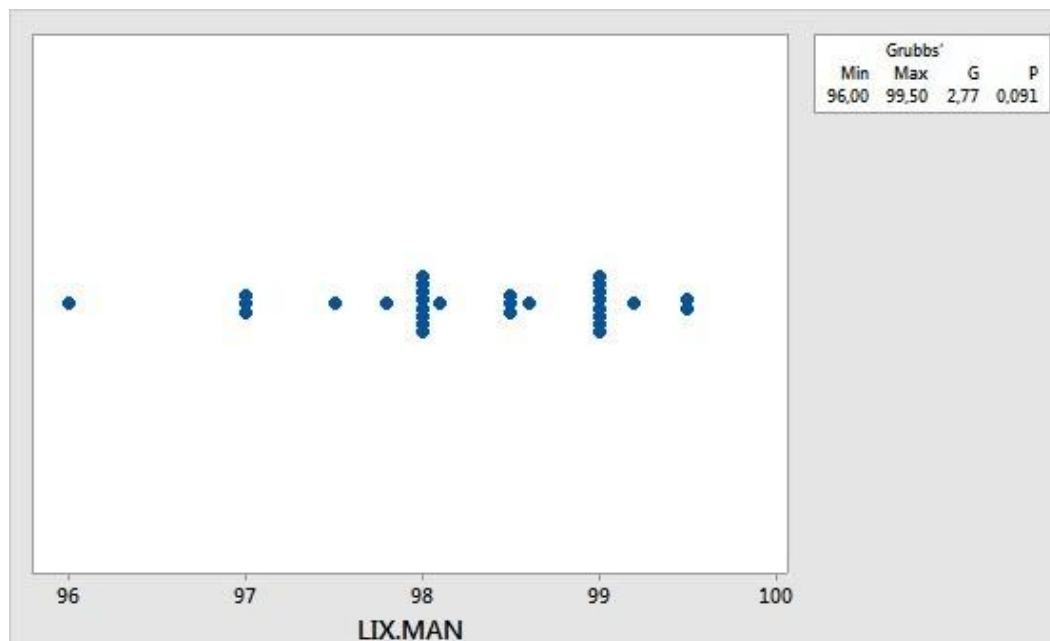
Questionário para trabalhadores de movelarias

1. A quantos anos tem de exposição nesta atividade?
 - _____ anos
2. Utiliza protetor auricular?
 - Sim
 - Não
3. Recebeu orientações quanto ao uso correto e como guardar e conservar o E.P.I.?
 - Sim
 - Não
4. Tem conhecimento do nível de ruído a qual está exposto?
 - Sim
 - Não
5. Sente algum sintoma descrito abaixo no aparelho auditivo?
 - Zumbido
 - Dor de cabeça
 - Tontura
 - Dificuldade de audição
 - Distúrbios do sono
 - Alteração na pressão arterial
6. Recebeu orientações quanto aos riscos da atividade?
 - Sim
 - Não
7. Já se afastou do trabalho por problemas auditivos?
 - Sim
 - Não

Fonte: O Autor

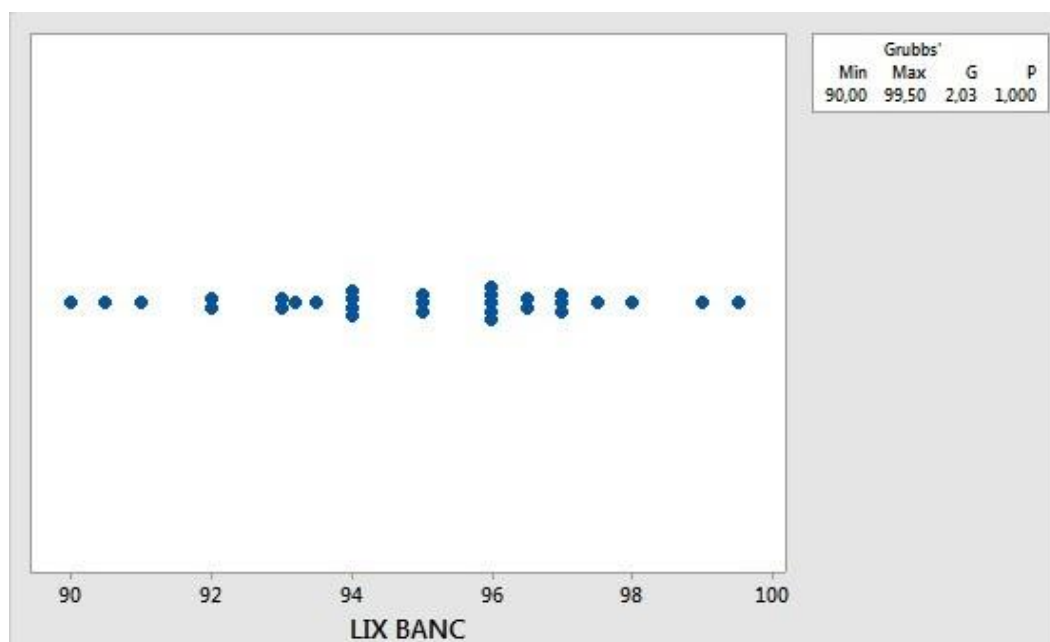
APÊNDICE B – GRÁFICOS DE OUTLIERS

Figura 34 – Gráfico de Grubbs - Lix Manual com carga



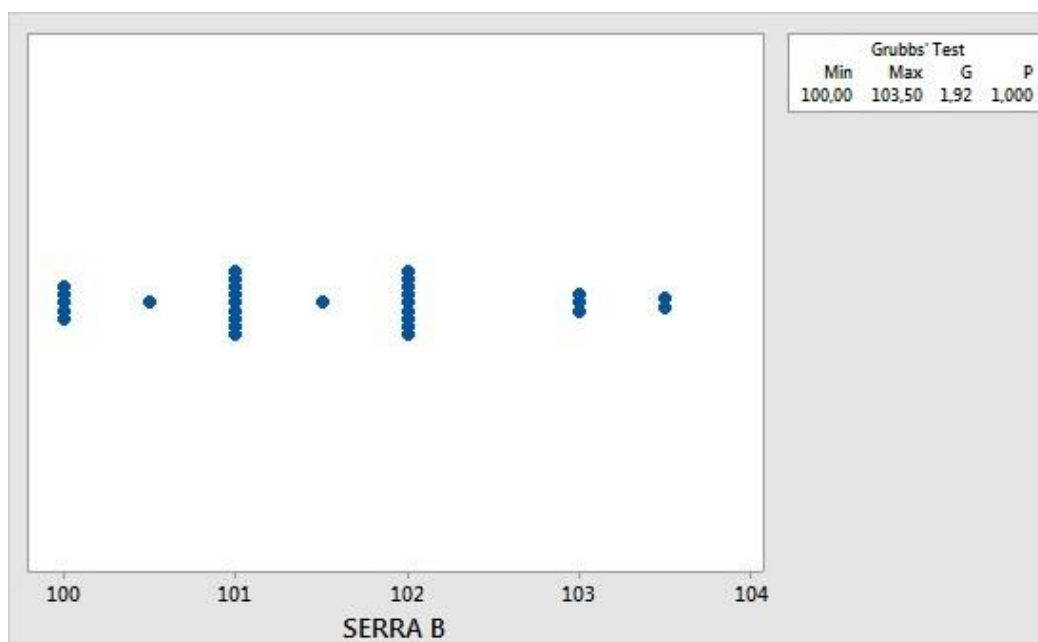
Fonte: O Autor

Figura 35 – Gráfico de Grubbs - Lix de bancada com carga



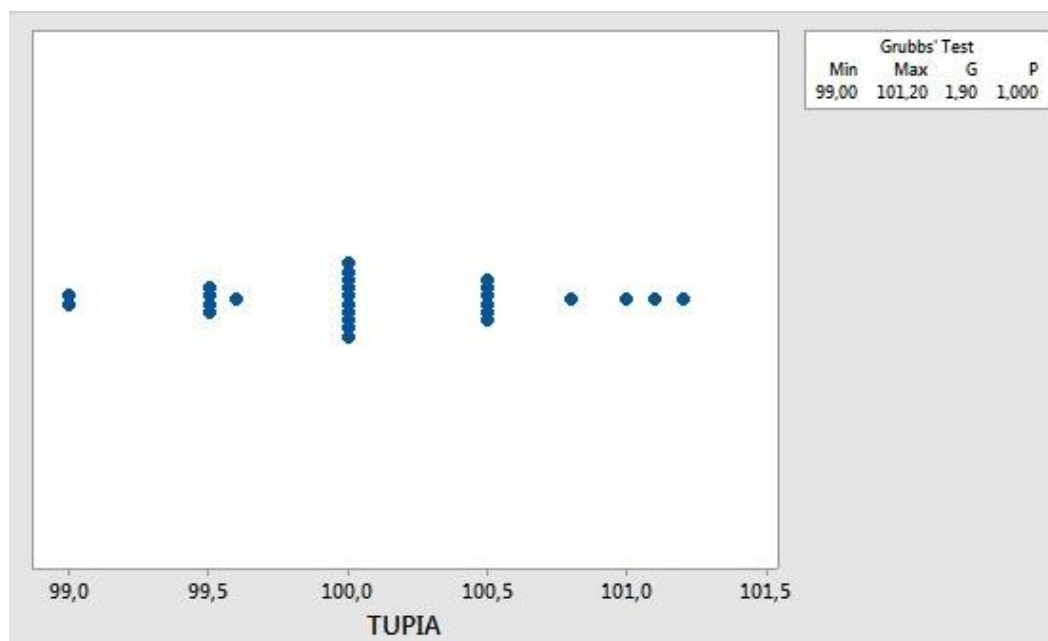
Fonte: O Autor

Figura 36 – Gráfico de Grubbs - Serra de bancada com carga



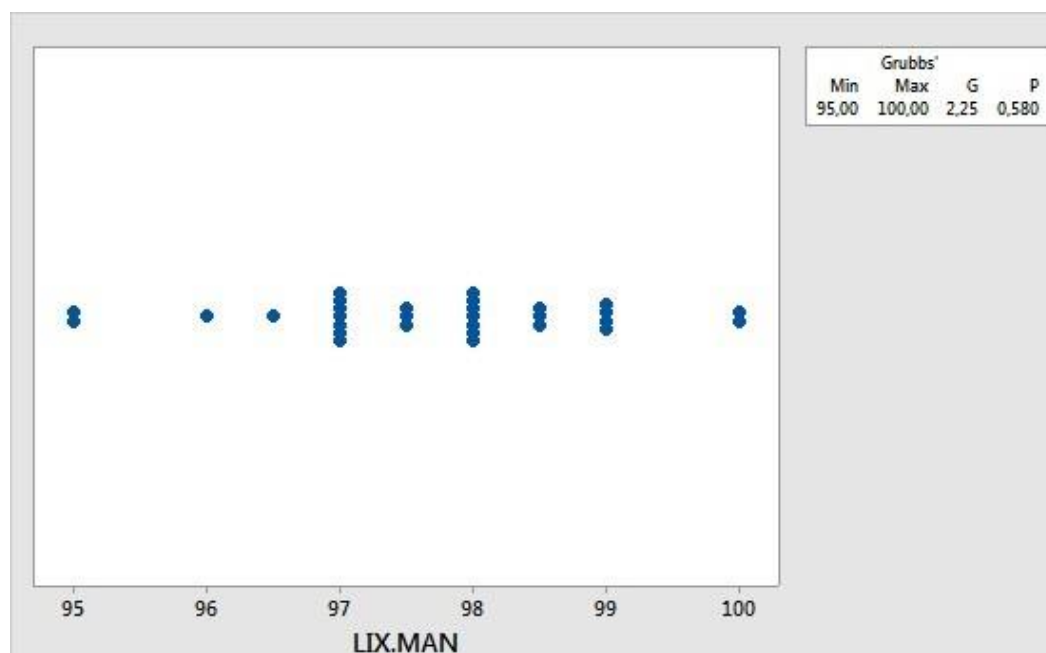
Fonte: O Autor

Figura 37 – Gráfico de Grubbs - Tupia com carga



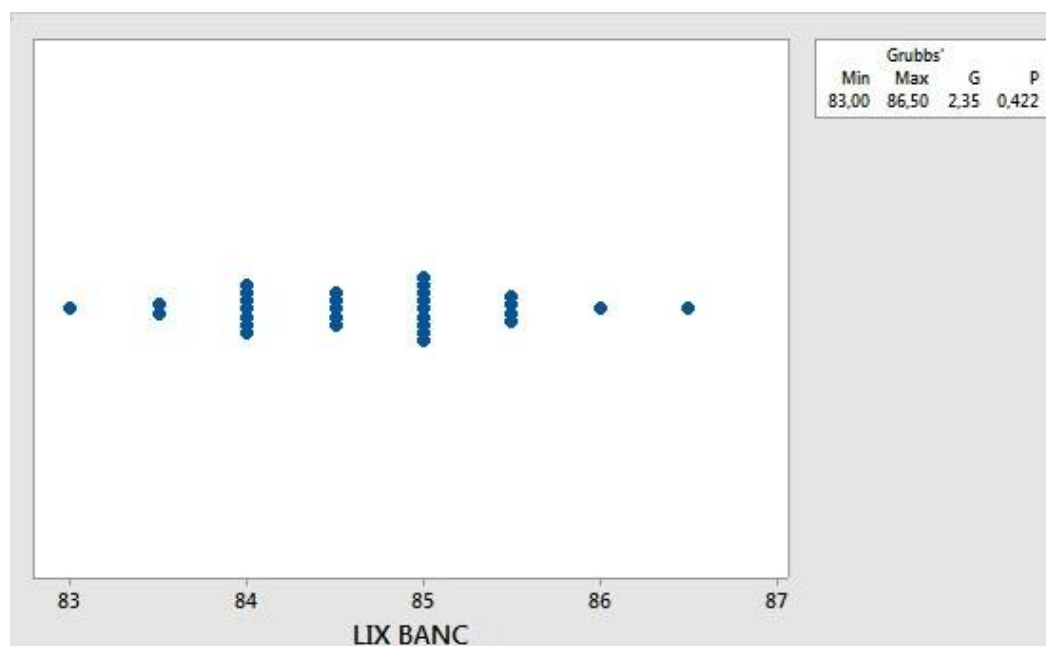
Fonte: O Autor

Figura 38 – Gráfico de Grubbs - Lix Manual sem carga



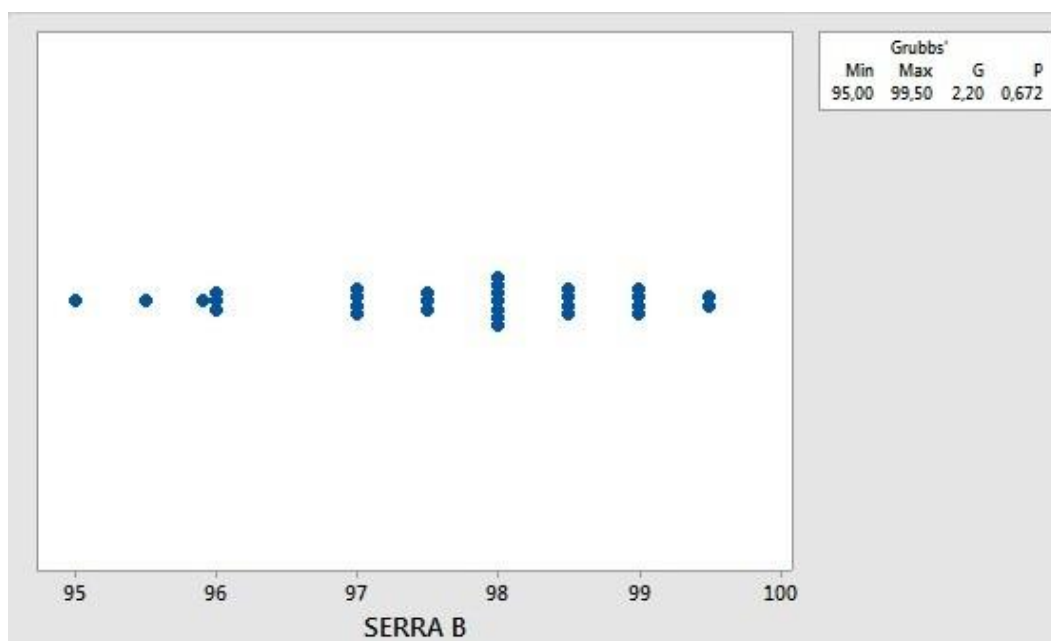
Fonte: O Autor

Figura 39 – Gráfico de Grubbs - Lix de bancada sem carga



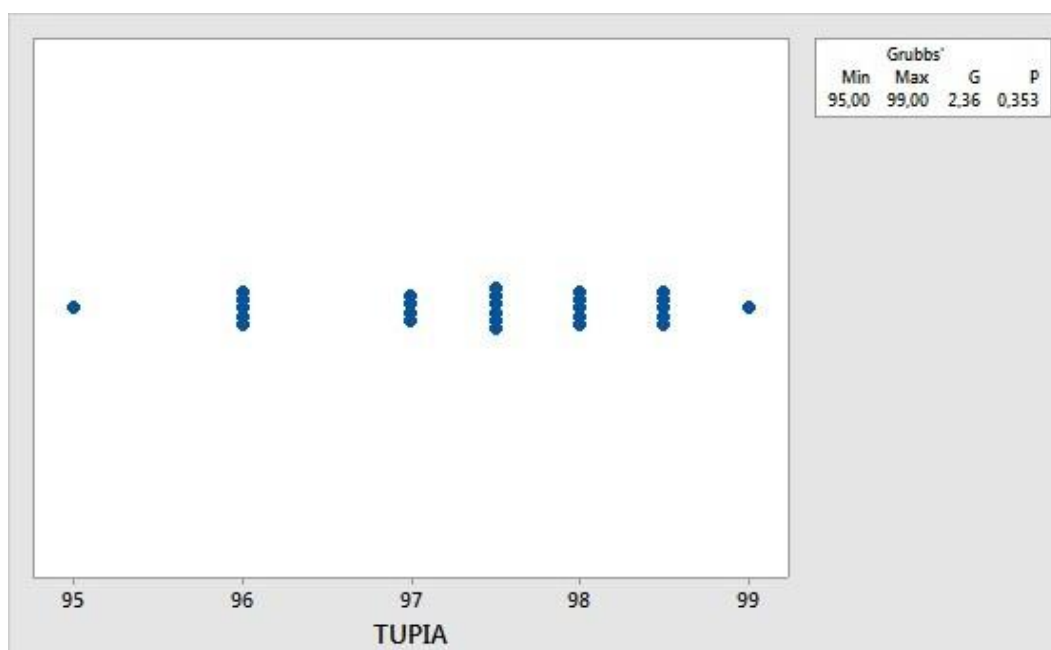
Fonte: O Autor

Figura 40 – Gráfico de Grubbs - Serra de bancada com carga



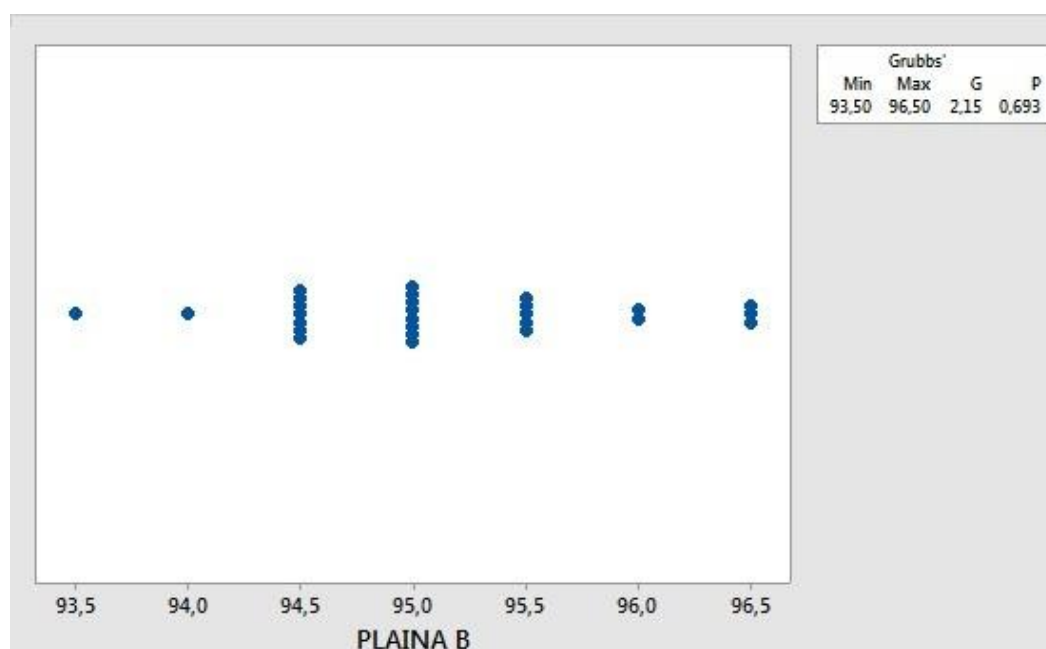
Fonte: O Autor

Figura 41 – Gráfico de Grubbs - Tupia sem carga



Fonte: O Autor

Figura 42 – Gráfico de Grubbs - Plaina de bancada sem carga



Fonte: O Autor

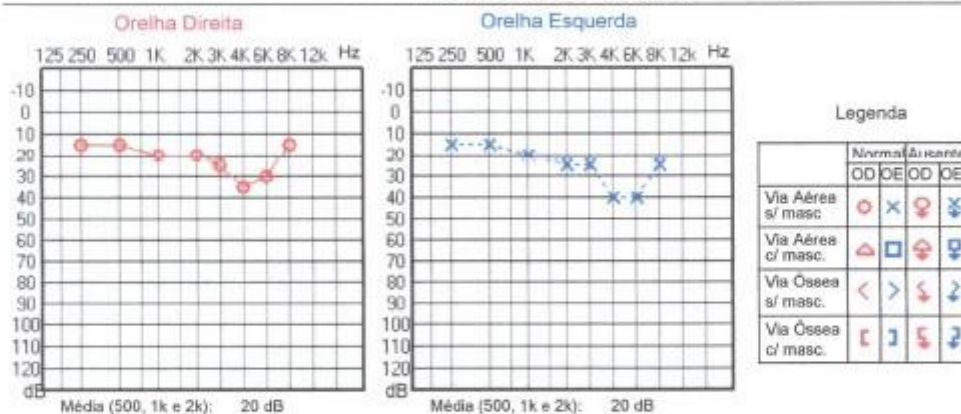
ANEXO A – AUDIOMETRIAS AUTORIZADAS

Figura 43 – Audiometrias

Data do Exame: 27/08/2015
 Marca/Modelo do Audiômetro: Vibrasom - AVS 500
 Última calibração: 14/01/2015
 Cliente: XXXXXXXXXX
 Repouso Acústico: 14 hora(s)
 Sexo: Masculino Data de Nascimento: 07/05/1975 Idade: 40 anos e 3 meses
 Fonoaudiólogo(a): PATRÍCIA TENÓRIO MONTEIRO CRFa: 7851
 Empresa: .APL IMÓVEIS DO AGRETE
 Função: MARCINEIRO

Motivo da Consulta: Demissional

Avaliação Audiológica



SRT: dB LDV: dB SRT: dB LDV: dB

I.P.R.F.

O.D.	dB	% Monossílabos
		% Dissílabos
O.E.	dB	% Monossílabos
		% Dissílabos

Mascaramento

O.D.	V. A.:	dB	V. O.:	dB	Logo:	dB
O.E.	V. A.:	dB	V. O.:	dB	Logo:	dB

Parecer Audiológico

Portaria 19:

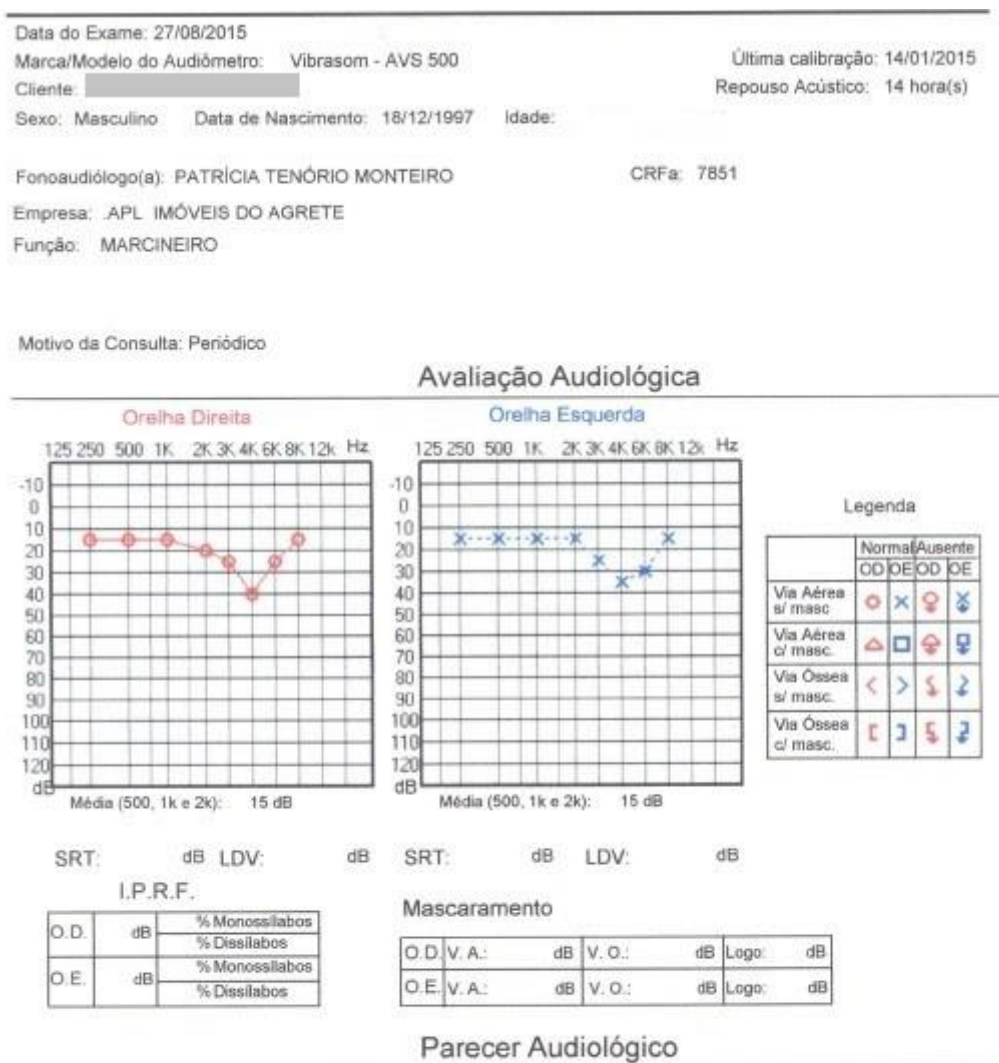
Exame Referencial Data: 27/08/2015

O. D.: Sugestivo de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados

O. E.: Sugestivo de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados

Fonte: Fonoaudióloga Patrícia T. Monteiro

Figura 44 – Audiometrias



Parecer Audiológico

Portaria 19:
 Exame Referencial Data: 27/08/2015
○ D. Sugestivo de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados
○ E. Sugestivo de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados

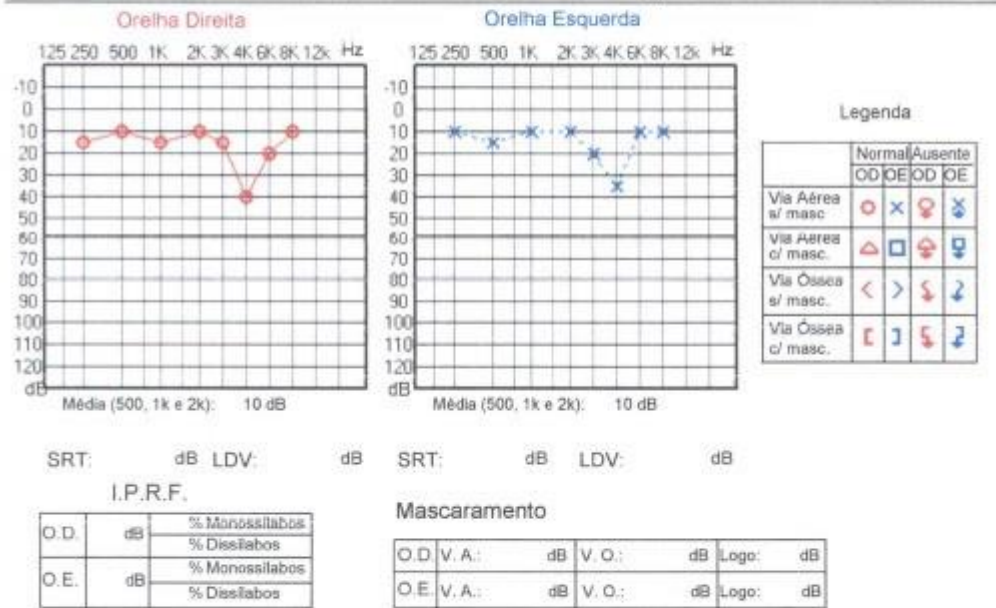
Fonte: Fonoaudióloga Patrícia T. Monteiro

Figura 45 – Audiometrias

Data do Exame: 03/09/2015
 Marca/Modelo do Audiômetro: Vibrasom - AVS 500
 Última calibração: 14/01/2015
 Cliente: XXXXXXXXXX
 Repouso Acústico: 14 hora(s)
 Sexo: Masculino Data de Nascimento: 01/08/1975 Idade: 40 anos e 1 mês
 Fonoaudiólogo(a): PATRÍCIA TENÓRIO MONTEIRO CRFa: 7851
 Empresa: APL IMÓVEIS DO AGRETE
 Função: Carpinteiro

Motivo da Consulta: Periódico

Avaliação Audiológica



Legenda

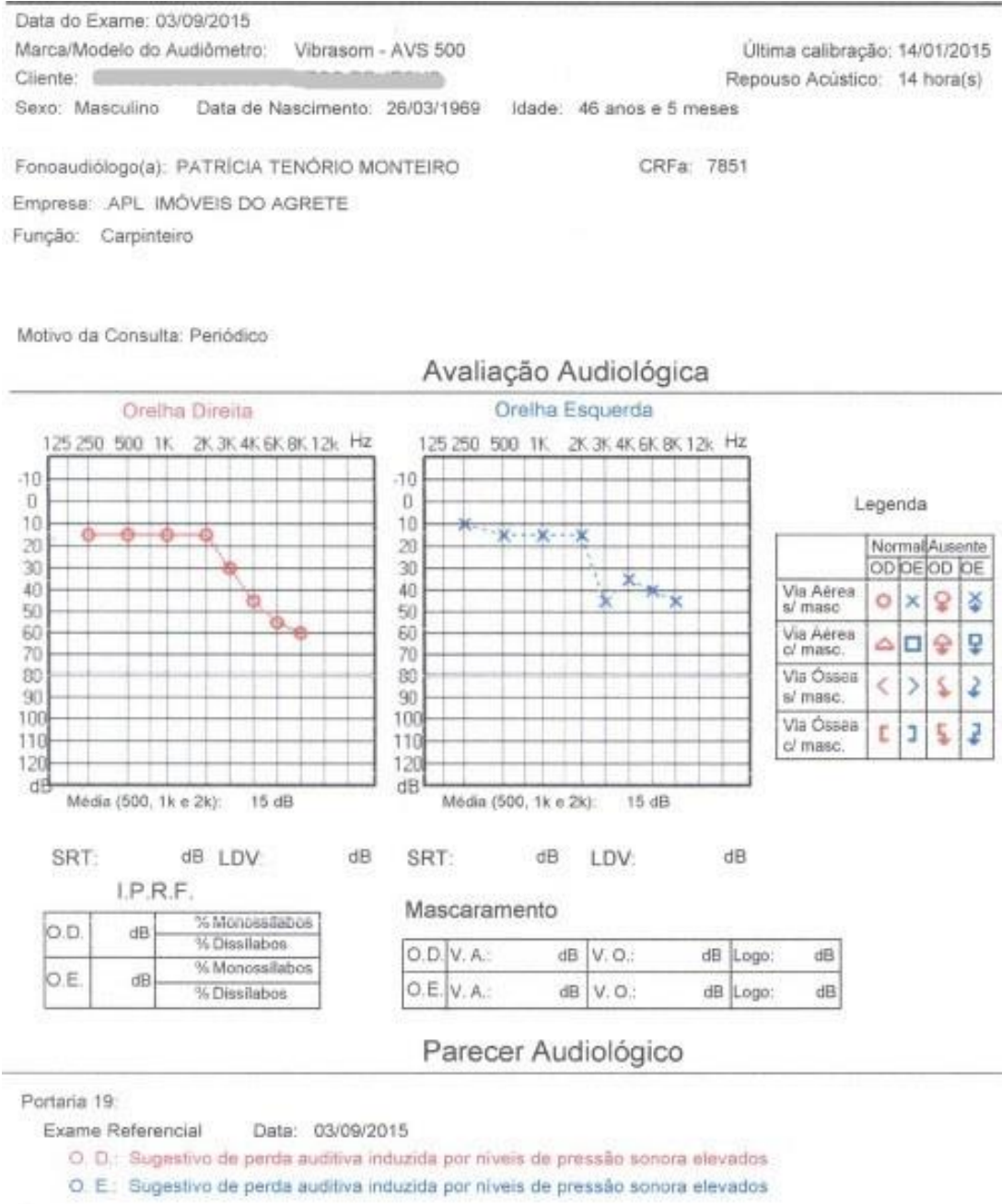
	Normal		Ausente	
	OD	OE	OD	OE
Via Aérea s/ masc.	○	×	♀	♂
Via Aérea c/ masc.	△	□	♂	♀
Via Ossea s/ masc.	<	>	♂	♀
Via Ossea c/ masc.	┌	┐	♂	♀

Parecer Audiológico

Portaria 19:
 Exame Referencial Data: 03/09/2015
 O. D.: Sugestivo de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados
 O. E.: Sugestivo de perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados

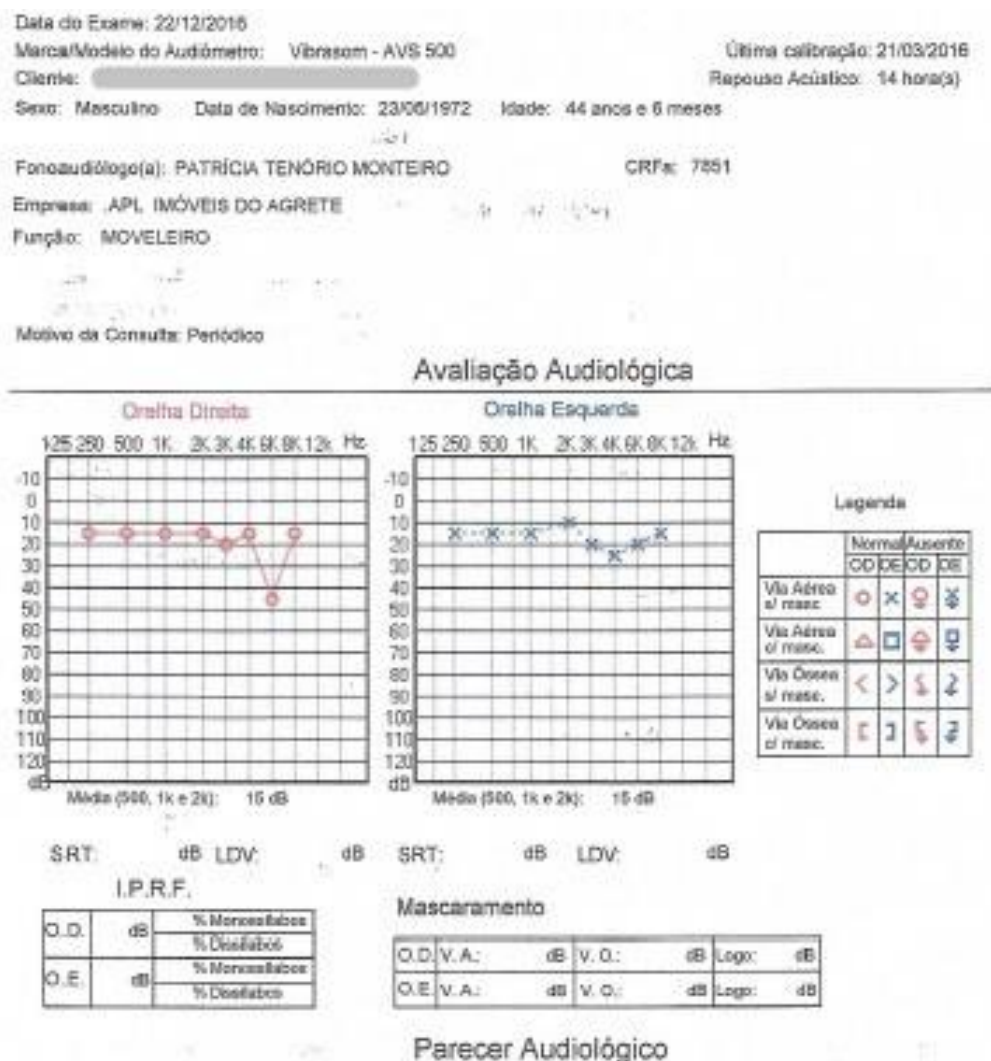
Fonte: Fonoaudióloga Patrícia T. Monteiro

Figura 46 – Audiometrias



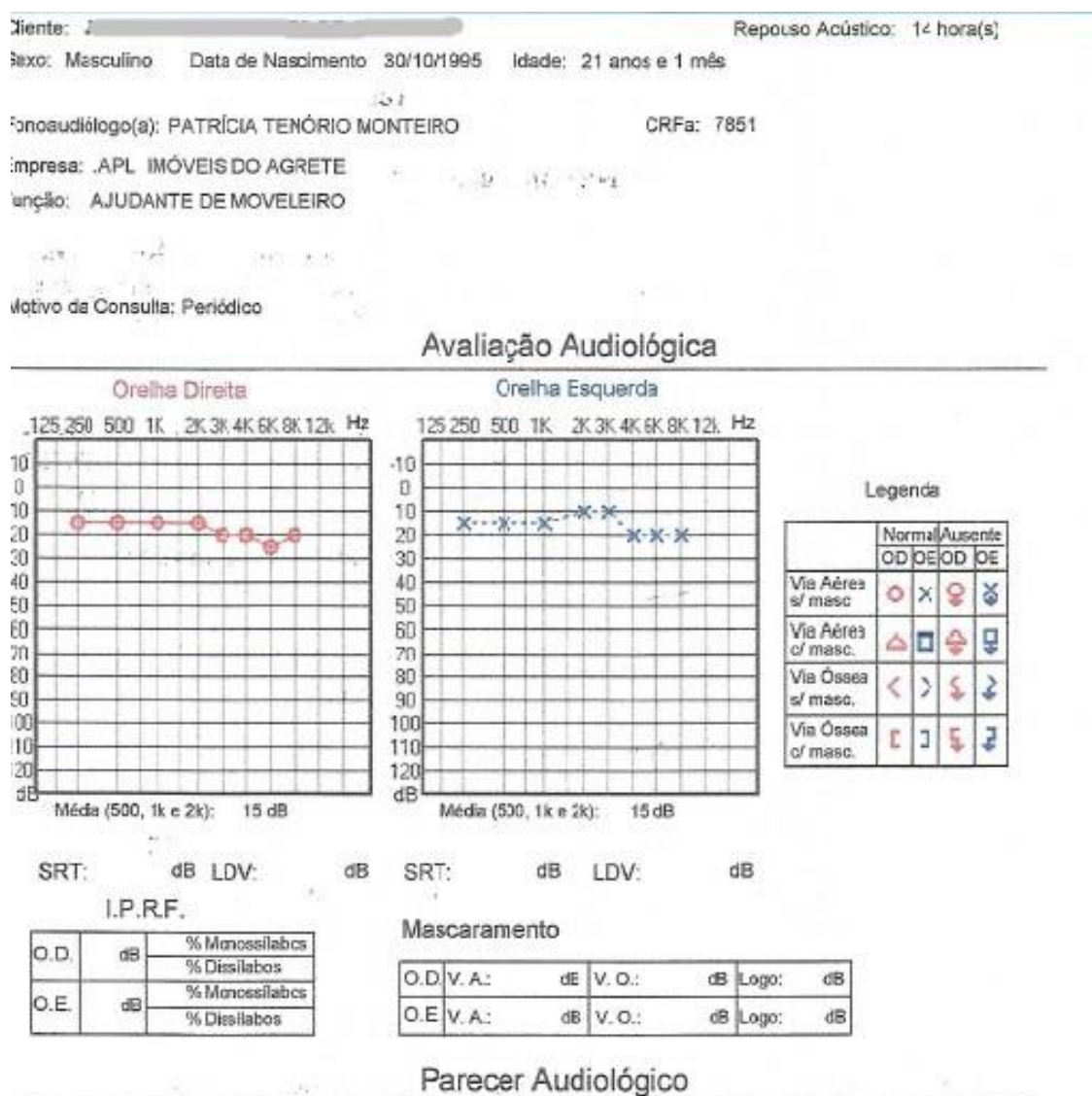
Fonte: Fonoaudióloga Patrícia T. Monteiro

Figura 47 – Audiometrias



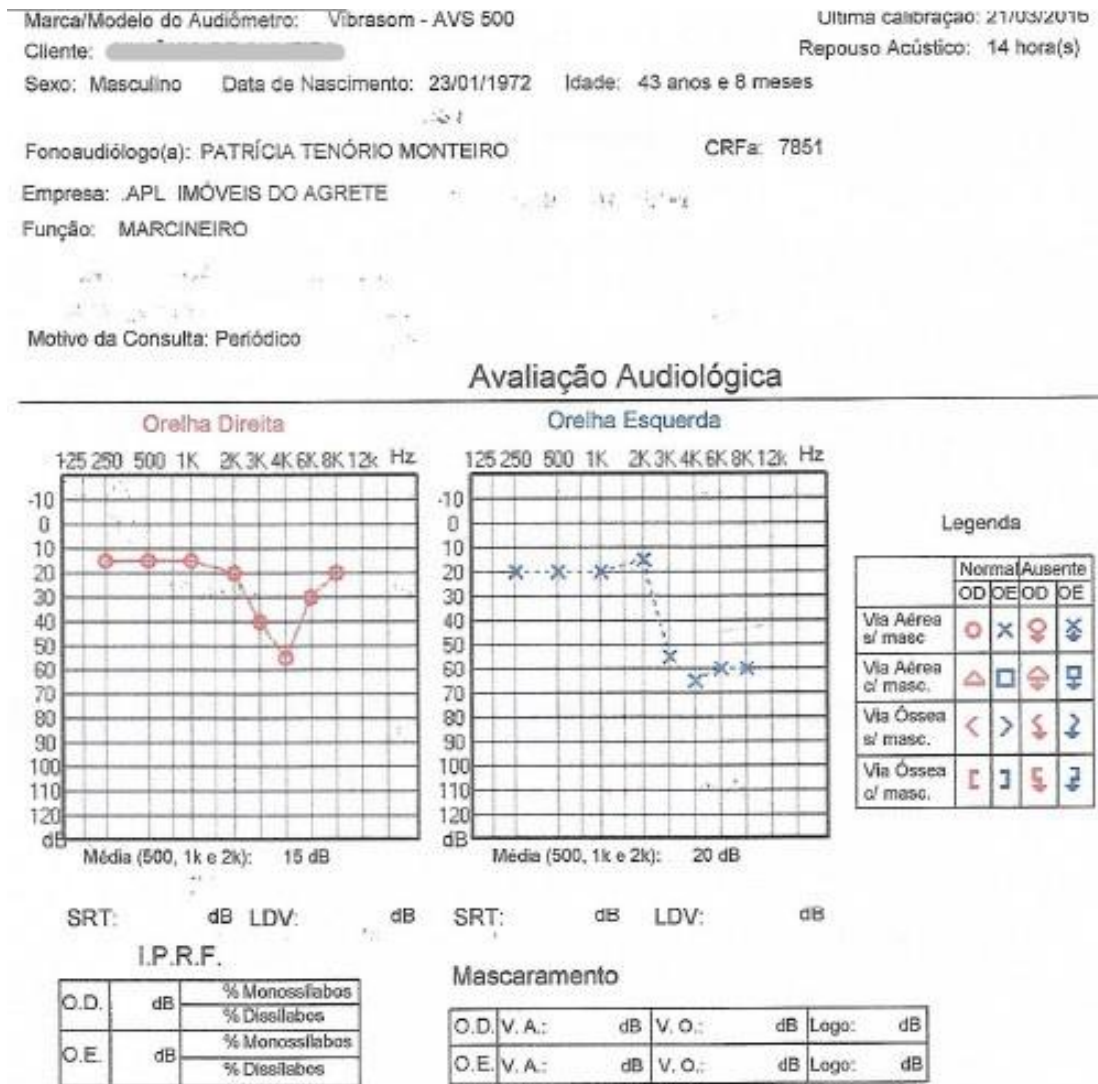
Fonte: Fonoaudióloga Patrícia T. Monteiro

Figura 48 – Audiometrias



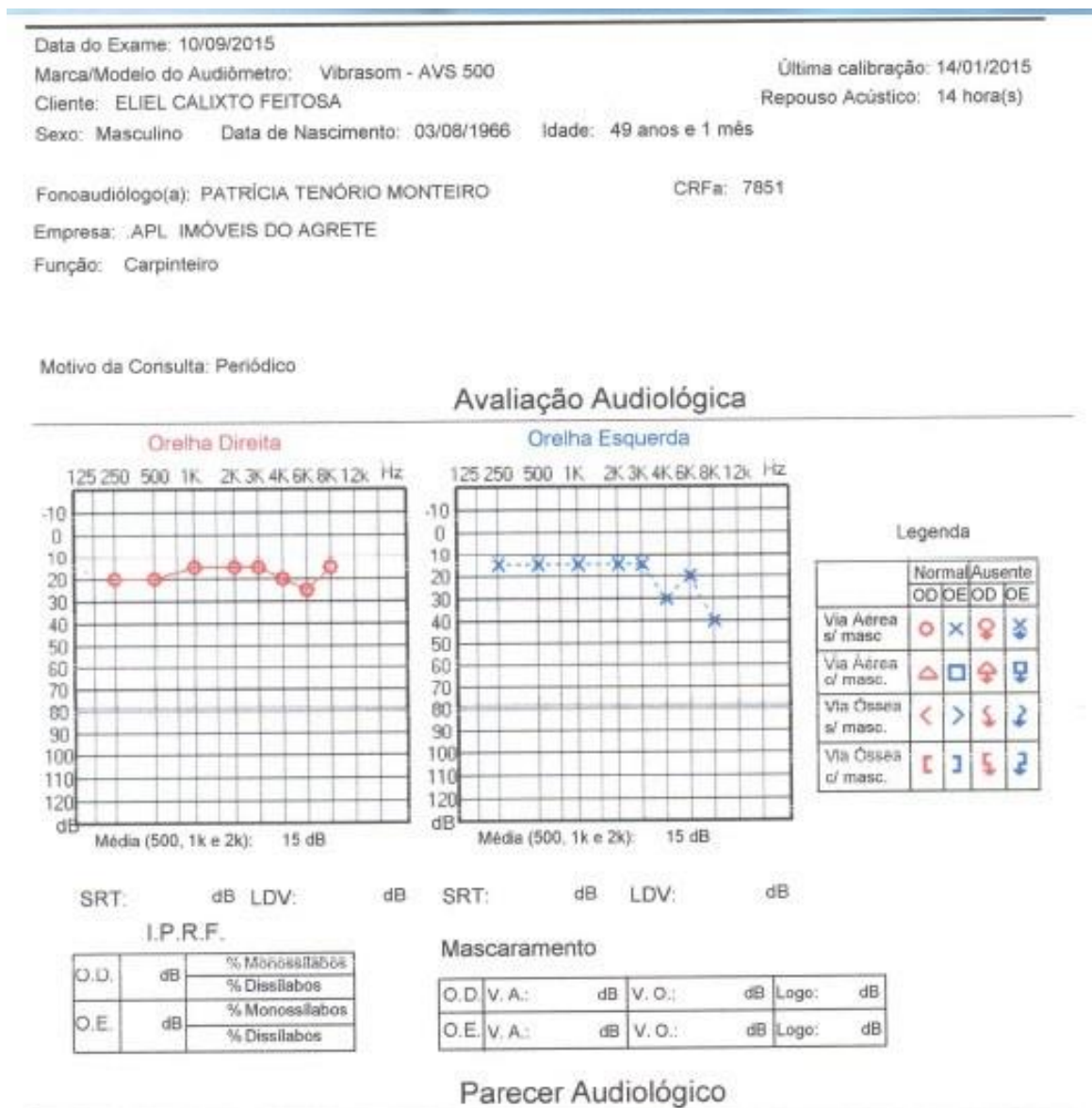
Fonte: Fonoaudióloga Patrícia T. Monteiro

Figura 49 – Audiometrias



Fonte: Fonoaudióloga Patrícia T. Monteiro

Figura 50 – Audiometrias



Fonte: Fonoaudióloga Patrícia T. Monteiro

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

