



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**

**INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO**  
**E/OU RUÍDO NA AUDIÇÃO DE INDIVÍDUOS**  
**SENTADOS**

**JULIANA GONÇALVES DORNELA**

**Belo Horizonte, 25 de Fevereiro de 2011**

Juliana Gonçalves Dornela

**INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO  
E/OU RUÍDO NA AUDIÇÃO DE INDIVÍDUOS  
SENTADOS**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como registro parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Maria Lúcia Machado Duarte. PhD

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2011



**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**

**Universidade Federal de Minas Gerais**

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – 31.270-901 – Belo Horizonte – MG

Tel.: +55 31 3409-5145 – Fax.: +55 31 3443-3783

[www.demec.ufmg.br](http://www.demec.ufmg.br) - E-mail: [cpgmec@demec.ufmg.br](mailto:cpgmec@demec.ufmg.br)

# **INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO E/OU RUÍDO NA AUDIÇÃO DE INDIVÍDUOS SENTADOS**

**JULIANA GONÇALVES DORNELA**

Dissertação defendida e aprovada em 25 de fevereiro de 2011, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de “**Mestre em Engenharia Mecânica**”, na área de concentração de “**Bioengenharia**”.

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Lúcia Machado Duarte**

Orientadora – Ph.D., Depto. de Engenharia Mecânica, UFMG

---

**Prof. Dr. Lázaro Donadon**

Examinador – Ph.D., Depto. de Engenharia Mecânica, UFMG

---

**Prof. Dr. Eduardo Bauzer Medeiros**

Examinador – Ph.D., Depto. de Engenharia Mecânica, UFMG

---

**Profa. Dra. Luciana Macedo**

Examinadora M.Sc. – Departamento de Fonoaudiologia , UFMG

---

**Profa. Dra. Sirley Alves da Silva Carvalho**

Examinadora Dra. – Departamento de Fonoaudiologia , UFMG

## AGRADECIMENTOS

À Maria Lúcia pelos ensinamentos.

Ao Dr. Marco Aurélio pelas orientações rápidas, porém de extrema importância.

Ao Professor Lázaro pelo apoio e orientações, principalmente no momento dos testes.

A toda equipe do Hospital das Clínicas setor de Audiologia e Otorrinolaringologia pelo acolhimento e compreensão.

Aos colegas que trabalharam ou ainda trabalham no GRAVI<sub>SH</sub>: Rafael, Camila, Bárbara, em especial aos colegas Magno e Larissa, que ajudaram e estiveram firmes em todos os momentos de testes e análises e contribuíram grandemente para que eu concluísse essa etapa.

Aos voluntários que foram todos fundamentais e imprescindíveis para se chegar às conclusões deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE GRÁFICOS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações Iniciais e Relevância Do Trabalho.....	1
1.2 Justificativa Do trabalho.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Estrutura do Trabalho.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Mudança Temporária de Limiar Auditivo - MTL.....	5
2.2 Vibrações de Corpo Inteiro – VCI.....	7
2.2.1 <u>Efeitos extra-auditivos da VCI na Saúde</u> .....	9
2.2.2 <u>Efeitos da VCI na audição</u> .....	11
2.3 Níveis de Pressão Sonora Elevados – NPSE.....	15
2.3.1 <u>Efeitos extra-auditivos do NPSE na saúde</u> .....	15
2.3.2 <u>Efeitos do NPSE na audição</u> .....	17
2.4 Efeitos do NPSE e VCI combinados.....	21
2.4.1 <u>Efeitos extra-auditivos do NPSE e VCI</u> .....	22
2.4.2 <u>Efeitos auditivos da combinação de NPSE e VCI</u> .....	23
2.5 Audição interaural e entre gêneros.....	28
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 Introdução.....	31
3.2 Seleção dos voluntários.....	31
3.3 Exames auditivos.....	32
3.3.1 <u>Meatoscopia</u> .....	32
3.3.2 <u>Audiometria Tonal</u> .....	33
3.3.3 <u>Emissões Otoacústicas por Produto de Distorção (EOAPD)</u> .....	34

3.4	Avaliação das queixas auditivas e extra-auditivas.....	38
3.5	Exposições a vibração de corpo inteiro (VCI).....	38
3.5.1	<u>Descrição dos equipamentos e dos testes de VCI</u> .....	40
3.6	Exposições a NPSE (ruído).....	42
3.7	Exposições a NPSE e VCI simultaneamente.....	44
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	45
4.1	Justificativa para o tamanho da amostra .....	45
4.2	Testes estatísticos.....	45
4.3	Análises Estatísticas.....	48
4.3.1	Entre Gênero Feminino e Masculino.....	48
4.3.2	Interaural.....	49
4.3.3	Após as exposições à VCI isolada.....	52
4.3.4	Após as exposições ao NPSE isolado.....	56
4.3.5	Após exposição à combinação de VCI e NPSE.....	61
4.3.6	Após exposição à combinação de VCI e NPSE em relação ao obtido após exposição ao NPSE isolado. ....	66
4.3.7	Boxplot dos resultados dos exames auditivos realizados pré e pós exposições.....	69
4.4	Análise das queixas auditivas e extra-auditivas.....	83
4.4.1	Queixas após exposições à VCI isolada .....	83
4.4.2	Queixas após exposição à NPSE isolado.....	86
4.4.3	Queixas após exposição à NPSE e VCI Combinados.....	87
5	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	91
5.1	Conclusões .....	91
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	93
6	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	95
	<b>ANEXO A – CARTA DE AUTORIZAÇÃO DO COEP</b> .....	109
	<b>ANEXO B – ANAMNESE</b> .....	110
	<b>ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)</b> .....	113
	Objetivos e justificativa .....	113
	Informações Gerais .....	113
	Coleta de dados – Procedimento Experimental .....	113
	<b>ANEXO D - INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO AUDIÔMETRO</b> .....	116

ANEXO E - MODELO DE AUDIOGRAMA .....	117
ANEXO F - INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO APARELHO DE EOAS.....	118
ANEXO G – QUESTIONÁRIO QUEIXAS AUDITIVAS E EXTRA- AUDITIVAS.....	119
ANEXO H - INFORMAÇÕES TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS EXPOSIÇÕES A VCI.....	120
H.1 Acelerômetro triaxial .....	120
H.2 Acelerômetro Piezelétrico – Mono-axial.....	120
H.3 Amplificador de Sinais .....	120
H.4 Excitador.....	122
H.5 Analisador de Sinais .....	122
H.6 Condicionador de Sinais .....	123
H.7 Placa de Aquisição de sinais.....	123
ANEXO I – INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO PROTETOR AUDITIVO.....	124

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 - Audiômetro AC33 utilizado na audiometria e teste de NPSE.....	33
FIGURA 3.2 – Fone de ouvido TDH39 utilizado nos exames de audiometria e testes com NPSE.....	34
FIGURA 3.3 – Representação da orelha e suas subdivisões .....	35
FIGURA 3.4 – Representação da cóclea, parte da orelha interna, com foco nas células ciliadas externas responsáveis pelas emissões otoacústicas (EOA's) .....	35
FIGURA 3.5 – Aparelho de EOAPD utilizado na pesquisa .....	37
FIGURA 3.6 – Grafico Dp-gram – Equipamento AUDX.....	37
FIGURA 3.7 – Desenho esquemático do sistema vibratório.....	41
FIGURA 3.8 – Foto da montagem.....	41

## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 - Exposição permissível em função do nível de ruído .....	43
TABELA 4.1 - Análise estatística dos limiares auditivos de referência para o exame de audiometria, comparação entre gênero. ....	49
TABELA 4.2 - Análise estatística das amplitudes de referência para o exame de EOA, comparação entre gênero .....	49
TABELA 4.3 - Análise estatística dos limiares auditivos de referência para o exame de audiometria, comparação entre orelhas direita (OD) e esquerda (OE).....	50
TABELA 4.4 - Análise estatística dos amplitudes de referência para o exame de EOA, comparação entre orelhas direita (OD) e esquerda (OE).....	51
TABELA 4.5 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria após 1ª exposição à VCI isolada em relação aos valores de referência .....	53
TABELA 4.6 - Análise estatística comparando os resultados da EOA após 1ª exposição à VCI isolada em relação aos valores de referência .....	53
TABELA 4.7 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria após 2ª exposição à VCI isolada em relação aos valores de referência .....	54
TABELA 4.8 - Análise estatística comparando os resultados da EOA após 2ª exposição a VCI isolada em relação aos valores de referência .....	54
TABELA 4.9 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria após 1ª exposição ao NPSE isolado em relação aos valores de referência .....	56
TABELA 4.10 - Análise estatística comparando os resultados da EOA após 1ª exposição ao NPSE isolado em relação aos valores de referência .....	57
TABELA 4.11 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria após 2ª exposição ao NPSE isolado em relação aos valores de referência .....	57
TABELA 4.12 - Análise estatística comparando os resultados da EOA após 2ª exposição ao NPSE isolado em relação aos valores de referência .....	58
TABELA 4.13 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 1ª e 2ª exposição ao NPSE isolado .....	60
TABELA 4.14 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 1ª e 2ª exposição ao NPSE isolado .....	61
TABELA 4.15 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 1ª exposição combinada NPSE + VCI e o valor de referência .....	62

TABELA 4.16 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 1ª exposição combinada NPSE + VCI e o valor de referência .....	63
TABELA 4.17 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 2ª exposição combinada NPSE + VCI e o valor de referência .....	63
TABELA 4.18 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 2ª exposição combinada NPSE + VCI e o valor de referência .....	64
TABELA 4.19 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 1ª e 2ª exposição combinada NPSE + VCI.....	65
TABELA 4.20 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 1ª e 2ª exposição combinada NPSE + VCI.....	65
TABELA 4.21 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 1ª exposição combinada NPSE + VCI e 1ª exposição ao NPSE .....	66
TABELA 4.22 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 1ª exposição combinada NPSE + VCI e 1ª exposição ao NPSE.....	67
TABELA 4.23 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 2ª exposição combinada NPSE + VCI e 2ª exposição ao NPSE .....	68
TABELA 4.24 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 2ª exposição combinada NPSE + VCI e 2ª exposição ao NPSE.....	68
TABELA 4.25 – Variabilidade dos dados após cada exposição para audiometria em 250 Hz.....	71
TABELA 4.26 - Variabilidade dos dados após cada exposição para audiometria em 500 Hz.....	72
TABELA 4.27- Variabilidade dos dados após cada exposição para audiometria em 750 Hz.....	73
TABELA 4.28 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAP em 750 Hz.....	73
TABELA 4.29 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 1000 Hz.....	74
TABELA 4.30 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 984 Hz.....	75
TABELA 4.31- Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 1500 Hz.....	75
TABELA 4.32- Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 2000 Hz.....	76

TABELA 4.33- Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 2016 Hz.....	77
TABELA 4.34 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 3000 Hz.....	78
TABELA 4.35 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 3000 Hz.....	78
TABELA 4.36 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 4000 Hz.....	79
TABELA 4.37 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 3984 Hz.....	80
TABELA 4.38 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 6000 Hz.....	81
TABELA 4.39 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 6000 Hz.....	81
TABELA 4.40 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 8000 Hz.....	82
TABELA 4.41- Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 7969 Hz.....	83
TABELA 4.42 – Relação das queixas auditivas e extra-auditivas após as exposições à VCI isolada .....	84
TABELA 4.43 – Relação das queixas auditivas e extra-auditivas após as exposições ao NSPE isolado .....	86
TABELA 4.44 – Relação das queixas auditivas e extra-auditivas após as exposições combinada NSPE + VCI.....	88
TABELA 4.45 – Relação das queixas extra-auditivas após as exposições à VCI e à NSPE + VCI .....	89
TABELA 4.46 – Relação das queixas auditivas e extra-auditivas após as exposições à NPSE e à NSPE + VCI .....	90
Tabela E.1 – Acelerômetro triaxial.....	120
Tabela E.2 – Acelerômetro piezométrico .....	120
Tabela E.3 – Especificações do amplificador.....	121
Tabela E.4 – Especificações técnicas do excitador.....	122

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 4.1 – Modelo de gráfico Boxplot .....	70
GRÁFICO 4.2 – Resultados da audiometria na freqüência de 250 Hz .....	71
GRÁFICO 4.3 – Resultados da audiometria na freqüência de 500 Hz .....	71
GRÁFICO 4.4 – Resultados da audiometria na freqüência de 750 Hz .....	72
GRÁFICO 4.5 – Resultados da EOAPD na freqüência de 750 Hz .....	73
GRÁFICO 4.6 – Resultados da audiometria na freqüência de 1000 Hz .....	74
GRÁFICO 4.7 – Resultados da EOAPD na freqüência de 984 Hz .....	75
GRÁFICO 4.8 – Resultados da EOAPD na freqüência de 1500 Hz .....	75
GRÁFICO 4.9 – Resultados da audiometria na freqüência de 2000 Hz .....	76
GRÁFICO 4.10 – Resultados da EOAPD na freqüência 2016 Hz .....	77
GRÁFICO 4.11 – Resultados da audiometria na freqüência de 3000 Hz .....	77
GRÁFICO 4.12 – Resultados da EOAPD na freqüência de 3000 Hz .....	78
GRÁFICO 4.13 – Resultados da audiometria na freqüência de 4000 Hz .....	79
GRÁFICO 4.14 – Resultados da EOAPD na freqüência de 3984 Hz .....	80
GRÁFICO 4.15 – Resultados da audiometria na freqüência de 6000 Hz .....	81
GRÁFICO 4.16 – Resultados da EOAPD na freqüência de 6000 Hz .....	81
GRÁFICO 4.17 – Resultados da audiometria na freqüência de 8000 Hz .....	82
GRÁFICO 4.18 – Resultados da EOAPD na freqüência de 7969 Hz .....	83
GRÁFICO 4.19 – Sintomas presentes significativamente após 1ª e 2ª exposição à VCI.....	85
GRÁFICO 4.20 – Sintomas presentes significativamente após 1ª e 2ª exposição à NPSE.....	87
GRÁFICO 4.21 – Sintomas presentes significativamente após exposição à 1ª e 2ª NPSE+VCI .....	88

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCE	Células ciliadas externas
COEP	Comitê de Ética em Pesquisa
dB	Decibel
dB NA	Decibel Nível de Audição
dB NPS	Decibel Nível de Pressão Sonora
EAV	Valor de Exposição para Ação ( <i>Exposure Action Value</i> )
ELV	Valor de Exposição Limite ( <i>Exposure Limit Value</i> )
EOAPD	Emissões Otoacústicas por Produto de Distorção
Hz	Hertz
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
kHz	Kilohertz
MAE	Meato acústico externo
MTL	Mudança Temporária de Limiar
NPS	Nível de Pressão Sonora
NPSE	Nível de Pressão Sonora Elevado
NR	Norma Regulamentadora
PAIR	Perda auditiva Induzida por Ruído
rms	Raíz Média Quadrática ( <i>root mean square</i> )
VCI	Vibração de Corpo Inteiro
VDV	Valor Dose de Vibração ( <i>Vibration Dose Value</i> )
VMB	Vibração de Mãos e Braços

## RESUMO

Os riscos físicos, ruído e vibrações de corpo inteiro (VCI), são freqüentemente encontrados em ambientes ocupacionais. Entretanto, os efeitos da VCI isolada e da combinação (VCI e ruído) na audição humana são pouco estudados ou claros. Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho foi verificar os efeitos da VCI e ruído, isolados e combinados, na audição humana. Adicionalmente, como objetivos secundários, foram investigados também sintomas auditivos e extra-auditivos presentes após estas exposições, se há diferenças entre a audição de homens e mulheres e entre orelha direita e esquerda. Dezenove voluntários (10 homens e 9 mulheres), adultos jovens saudáveis foram submetidos a todas as seguintes situações de testes: 1) apenas ruído (duas exposições de 18 minutos cada, à Níveis de Pressão Sonora Elevados (NPSE) (ruído branco a 96 dB(A)); 2) apenas vibração (duas exposições de 18 minutos cada, à VCI (eixo z, 5 Hz a 2,12 m/s<sup>2</sup> rms)) e 3) vibração + ruído (duas exposições de 18 minutos cada à NPSE e VCI simultaneamente, com as mesmas características anteriormente descritas). Houve um intervalo de 10-12 minutos entre a 1ª e 2ª exposição a cada estímulo. A audição dos voluntários foi avaliada através dos exames de audiometria e Emissões Otoacústicas por Produto de Distorção (EOAPD). O resultado dos exames realizados antes dos testes foi utilizado como valor de referência. A comparação dos exames realizados pré e pós-exposição visou verificar a ocorrência de alterações temporárias da audição. Os resultados foram analisados estatisticamente através dos testes *T de Student*, Wilcoxon e Mann-Whitney, dependendo do objetivo a ser verificado. Os resultados indicaram que a VCI isolada não ocasionou alteração auditiva temporária significativa, enquanto tanto o ruído isolado, quanto a combinação (NPSE + VCI) provocaram tais alterações, principalmente nas freqüências agudas entre 2000 Hz - 8000 Hz. A combinação não foi significativamente pior que a exposição à NPSE isolado, ou seja, não foi observado efeito sinérgico da combinação (NPSE+VCI). Após as exposições à VCI não foram observados sintomas auditivos, apenas extra-auditivos, como cansaço, dor na coluna e desatenção. Após as exposições à NPSE observou-se presença dos sintomas auditivos zumbido, plenitude auricular e sensação de piora da audição, e os sintomas extra-auditivos cansaço, irritação, nervosismo, ansiedade e desatenção. Após as exposições à NPSE+VCI os mesmos sintomas auditivos constatados após NPSE estiveram presentes e praticamente os mesmos sintomas extra-auditivos detectados após VCI estiveram presentes. Não houve diferença entre a audição de homens e mulheres, como também não houve diferença entre a audição

da orelha direita e esquerda para a audiometria. Entretanto para a EOAPD observou-se que em 3984 Hz a orelha esquerda foi melhor que a direita e em 6000 Hz a orelha direita foi melhor que a esquerda. Portanto, este resultado foi útil na seleção dos dados para análise estatística, enquanto foram pouco conclusivos quanto à existência ou não de diferença entre as amplitudes de resposta da EOAPD, sendo necessária uma amostra mais representativa para se chegar à conclusão de tal magnitude.

***Palavras Chaves:*** *Vibração de Corpo Inteiro (VCI), nível de pressão sonora elevado (NPSE), ruído, Mudança Temporária de Limiar (MTL), queixas auditivas, queixas extra-auditivas.*

## ABSTRACT

The physical risks, noise and whole body vibration (WBV) are often found in occupational environment. However, the effects of WBV isolated and the combination (WBV+ noise) on human hearing are poorly studied and unclear. Therefore, the main objective of this study was to investigate the effects of WBV and noise, isolated and combined, on human hearing. Besides, as secondary objectives, to verify also what hearing and non-hearing symptoms can occur after these exposures; if there are differences between the hearing of male and female or between right and left ears. Nineteen volunteers (10 males and 9 females) healthy young adults underwent all the following test conditions: 1) only noise (two exposures of 18 minutes each to high Sound Pressure Levels (SPL) (white noise at 96 dB(A)); 2) only vibration (two exposures of 18 minutes each to WBV (z-axis, 5 Hz at 2.12 m/s<sup>2</sup> rms) and 3) noise + vibration (two exposures of 18 minutes each to WBV + SPL simultaneously, with the same previous characteristics). There was a 10-12 minute's interval between the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> exposure to each stimulus. The volunteers' hearing was assessed by the audiometry and the otoacoustic emission distortion product (DPOAE) exams. The exams carried out before the tests were used as reference ones. A comparison of the exams performed before and after the exposures aimed at verifying the occurrence of temporary hearing changes. The results were analyzed statistically using the T-Student, Wilcoxon and Mann-Whitney tests, according to the study objective. The results indicated that WBV alone did not cause significant temporary hearing shift, whereas both noise and the combination (WBV+SPL) caused such shift, particularly at high frequencies between 2000 Hz - 8000 Hz. The combination was not significantly worse than the noise exposure alone, in other words, there was no synergic effect of the combination (WBV+SPL). After the exposures to WBV it was not observed hearing symptoms, only extra-auditory ones, such as fatigue, back pain and inattention. After the exposures to SPL it was noted the presence of the auditory symptoms tinnitus, ear fullness and hearing worsening feeling, and the extra-auditory symptoms fatigue, irritability, nervousness, anxiety and inattention. After the exposures to WBV+SPL the same hearing symptoms found after the SPL exposures were present and the same extra-auditory symptoms detected after the WBV exposures were present. There was no difference between male and female hearing, as there was no difference between right and left ear hearing by audiometry. However for the DPOAE it was observed that at 3984 Hz the left

ear was better than the right ear and at 6000 Hz the right ear was better than the left. Therefore, this result was useful for the data selection for the statistical analysis, although unreliable as to whether there is difference between the amplitudes of responses the DPOAE, needing a larger sample to achieve a conclusion of such magnitude.

***Key words:*** *whole body vibration (WBV), high sound pressure level (SPL), noise, Temporary Threshold Shift (TTS), hearing symptoms, extra-auditory symptoms.*

# 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordadas as considerações iniciais sobre o tema para subsidiar a relevância do trabalho. Em seguida, será apresentada a justificativa para realização da pesquisa, seguida dos objetivos do trabalho e a estrutura do documento.

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

A evolução industrial e tecnológica modificou, de forma considerável, os meios de trabalho. Estes passaram de artesanal para industrial e foram aprimorados com a introdução da informática nos sistemas de produção. Diante de tantas modificações, o trabalhador encontra-se cada vez mais exposto a riscos ocupacionais e, conseqüentemente, a comprometimentos em sua saúde e qualidade de vida.

De acordo com o Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho (DIESAT, 2008) com base em dados do Ministério da Previdência somente no ano de 2008 foram registrados no Brasil 545.268 casos de acidentes ocupacionais e 18.576 casos de doenças ocasionadas pelo trabalho, sendo que os casos de acidentes e doenças ocupacionais registrados relacionados ao comprometimento da audição e equilíbrio foram 39.519 e 127, respectivamente. É importante ressaltar que esta estatística de acidentes ocupacionais diz respeito somente aos casos registrados na Previdência Social. Porém, não existe no Brasil um levantamento dos casos relacionados às exposições à vibração, como mostrado recentemente em um levantamento feito nos Estados Unidos quanto à influência da Vibração de Corpo Inteiro (VCI) entre os profissionais de saúde e de segurança do trabalho (Paschold e Sergeev, 2009). Levando-se em consideração o grande número de casos de acidentes ocupacionais no país e baseado no levantamento apresentado por Paschold e Sergeev (2009), torna-se extremamente relevante o conhecimento dos riscos ocupacionais, dentre eles, vibração e ruído, como forma de prever melhor os seus efeitos na saúde humana. Quando estes riscos estão relacionados à audição dos trabalhadores, a interação ou a interdisciplinaridade entre as ciências, fonoaudiologia e engenharia, é um fator que contribui significativamente para evolução desses conhecimentos.

Sabe-se que a vibração de corpo inteiro é um risco físico que além de estar freqüentemente presente em muitos locais de trabalho como, indústrias de transporte,

construção civil, mineradoras, máquinas agrícolas, encontra-se também no cotidiano das pessoas.

De acordo com Silva (2002) e Santos Filho et al. (2003), na maior parte dos veículos, como caminhões e ônibus, encontram-se níveis de VCI acima dos permitidos segundo normas internacionais, a saber, ISO 2631-1 (1997/2010) e Diretiva Européia (2002).

Segundo Kelsey e Hardy (1975) e Paschold e Sergeev (2009), estudos indicam o aumento significativo de dores lombares em pessoas que trabalham predominantemente sentadas em ambientes expostos à vibração, como por exemplo, os motoristas de veículos. Bovenzi e Hulshof (1999), Rehn et al. (2000), Hoy e Murabarak (2000), Tripeti, Cantio e Saffioti (2000) salientam que motoristas de tratores, de caminhões de lixo e veículos fora de estrada, apresentam maior incidência de desordens na região lombar do que outros trabalhadores não expostos a vibração ocupacional.

Os efeitos da VCI no desencadeamento de desordens na coluna vertebral (Bovenzi e Hulshof, 1999; Lings e Lebouef-Yde, 2000; Gallais e Griffin, 2006), sistema muscular-esquelético, circulatório, reprodutivo e urinário são bem conhecidos (Seidel e Heide, 1986; Griffin, 1996). Já os efeitos da VCI no sistema auditivo humano são pouco pesquisados e não são claros. Por outro lado, os efeitos dos Níveis de Pressão Sonora Elevados (NPSE) na audição humana e seus níveis de segurança são bem estabelecidos e conhecidos cientificamente (Eleftheriou, 2002; Harger e Barbosa-Branco, 2004; Guerra et al., 2005; Mc Reynolds, 2005; Marques e Costa, 2006; Cortês-Andrade, Souza e Frota 2009).

Por meio deste estudo pretende-se entender os reais efeitos da Vibração de Corpo Inteiro (VCI) na audição humana, tanto na forma isolada, quanto associada ao ruído. Isto porque, geralmente, a exposição à VCI é associada à exposição ao ruído, sendo a combinação desses riscos ocupacionais uma das mais comuns em ambientes de trabalho (Seidel et al. 1989, 1992 e 1997). Dessa maneira, conhecendo-se os verdadeiros efeitos desses riscos ocupacionais torna-se possível a promoção, prevenção e controle da saúde dos trabalhadores nos ambientes ocupacionais de forma mais eficiente e eficaz.

## **1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO**

A justificativa para este trabalho resume-se nos apontamentos descritos no item 1.1, em que os dados estatísticos evidenciados por DIESAT (2008) mostram altos índices

de doenças ocupacionais no Brasil. Além disso, há também uma grande ocorrência dos riscos ocupacionais VCI e ruído no cotidiano de trabalhadores, sendo de extrema importância o conhecimento de tais riscos físicos para a prevenção e controle da saúde ocupacional. Portanto, há necessidade de se conhecer os reais efeitos dos riscos ocupacionais, VCI e a sua associação com o Nível de Pressão Sonora Elevado (NPSE) na audição humana e na saúde em geral.

Este trabalho, além disso, pretende verificar o que pode ter ocorrido na pesquisa de Izumi (2006), já que esta encontrou que VCI (eixo z, 6 Hz,  $2,45 \text{ m/s}^2$ ) não ocasiona Mudança Temporária do Limiar (MTL) e quando combinada com Nível de Pressão Sonora Elevado (NPSE) não tem efeito sinérgico, mas antagônico na frequência de 4 kHz, discordando assim da maior parte da literatura existente.

### **1.3 OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivos principais:

- 1) Verificar os efeitos na audição humana dos agentes físicos VCI e NPSE isolados e associados, através da análise da Mudança Temporária de Limiar auditivo (MTL).
- 2) Verificar se há efeito cumulativo na audição após exposições consecutivas à VCI e NPSE isolados e combinados.
- 3) Pesquisar as queixas auditivas e extra-auditivas causadas pela exposição à VCI e NPSE isolados e combinados.

Como objetivos secundários:

- 4) Analisar se há diferença auditiva entre gênero feminino e masculino em condições de normalidade, ou seja, sem presença de nenhum estímulo externo.
- 5) Analisar se há diferença auditiva entre orelha direita e esquerda em condições de normalidade.

### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

- No Cap. 2 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os principais temas necessários para justificar a metodologia deste trabalho, além daqueles necessários para a correta interpretação dos resultados obtidos. Inicialmente é apresentada revisão sobre mudança temporária de limiar auditivo. Posteriormente, são abordados trabalhos sobre VCI, NPSE, e efeito combinado, considerando dentro de cada um destes agentes físicos, de forma individual, os trabalhos que abordam efeitos auditivos e extra-auditivos de cada um deles, para posterior comparação com os resultados obtidos neste trabalho. Em seguida, são abordados trabalhos sobre audição interaural e entre gêneros.
- O Cap. 3 aborda a metodologia adotada. Neste é informado onde os testes foram realizados e sua devida aprovação pelo comitê de ética em pesquisa (COEP). É fornecida informação sobre a seleção dos voluntários e os exames auditivos utilizados. Em seguida é apresentada informação sobre como foram avaliadas as queixas auditivas e extra-auditivas, seguida da informação sobre cada um dos testes realizados (considerando cada agente físico). Nesta etapa são descritos também os equipamentos utilizados.
- No Cap. 4 são apresentados os resultados e discussões com apresentação das análises estatísticas, dos resultados obtidos durante os testes e a interpretação dos resultados, comparando-os com os encontrados na literatura.
- No Cap. 5 são apresentadas as conclusões concernentes com os objetivos deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados por meio de uma revisão bibliográfica, aspectos sobre a mudança temporária do limiar auditivo (MTL), vibração de corpo inteiro (VCI), níveis de pressão sonora elevados (NPSE), sintomas/queixas auditivas e extra-auditivas decorrentes da exposição à VCI e NPSE, além de relatos de diferença auditiva entre gênero feminino e masculino e orelha esquerda e direita.

### 2.1 MUDANÇA TEMPORÁRIA DE LIMIAR AUDITIVO - MTL

Godoy (1991) conceitua a Mudança Temporária de Limiar (MTL), também conhecida como TTS (*Temporary Threshold Shift*), como uma redução do limiar auditivo logo após a exposição ao ruído. Esta diminuição da audição é temporária e pode ser acompanhada por zumbidos, tendendo a normalizar após algumas horas de cessada a exposição.

Russo e Santos (1993) consideram a MTL, ou fadiga auditiva fisiológica, uma diminuição gradual da sensibilidade auditiva decorrente de exposições a ruídos contínuos e intensos, sendo que essa alteração normaliza-se após um período de repouso auditivo.

Katz (1999) relata que numa MTL, a sensibilidade pode variar de poucos decibels dentro de uma faixa estreita de frequência em relação às alterações que causam surdez temporária. O autor ainda ressalta que, apesar de ser difícil obter informações a partir de investigações sistemáticas sobre a relação entre a exposição ao ruído e a MTL, dados relativos a esta são utilizados para prognosticar os efeitos danosos do ruído, baseando-se na suposição de que os mesmos processos envolvidos no desenvolvimento da MTL estão envolvidos também no processo da Mudança Permanente de Limiar (MPL). Para Pekkarinen (1995), a MTL medida em estudos laboratoriais, envolvendo humanos e animais, pode trazer evidências indiretas da mudança permanente de limiar (MPL).

A MTL tem sido utilizada em várias pesquisas como forma de verificar as alterações auditivas que diversos agentes, como ruído e vibrações, podem causar. Para Kinsler et al. (1982), a MTL é muito utilizada em pesquisas laboratoriais humanas e animais por fornecer inferências acerca da mudança permanente de limiar auditivo.

Segundo Musiek e Rintelmann (2001), tanto as alterações temporárias da audição, quanto as permanentes, acontecem pela exposição prolongada a níveis de ruído

que causam mudanças vasculares na orelha interna. Toda exposição que seja capaz de induzir uma MTL em curto prazo é potencialmente capaz de levar a problemas permanentes em longo prazo. Porém, tal fato é considerado mais como um sinal de alerta, não como uma medida quantitativa, ou seja, uma MTL grande em curto prazo não significa uma perda permanente da mesma forma.

Hamernik, Ahroon e Patterson (2002) pesquisaram a relação entre MTL e MPL em chinchilas logo e 24 horas após exposição a ruído. Os autores encontraram por meio dos testes audiométricos uma relação consistente entre MTL e MPL evidenciando que em animais expostos por muitos anos a ruído equivale a aproximadamente  $(0,7)MTL_{24}$  medida após 8 horas de exposição ao mesmo ruído.

De acordo com Kinsler et al. (1982), na MTL, a orelha reduz a sensibilidade auditiva quando exposta a sons intensos, reduzindo o limiar de audibilidade de acordo com a intensidade e duração do estímulo. Depois de cessado o estímulo, a orelha se recupera totalmente após determinado período.

Sobre o tempo de medida da MTL é indicado que as maiores amplitudes, que são os piores limiares, são observáveis 2 minutos após o término da exposição, Kinsler et al (1982).

Para Russo e Santos (1993), a maior parte da MTL tende a ser recuperada nas primeiras duas a três horas após o término do estímulo. Sabe-se que para a completa recuperação dos limiares auditivos é necessário que o indivíduo fique em repouso auditivo. Dessa forma, a portaria nº 19 da NR-7 (Ministério do Trabalho/Brasil, 1998) indica que para a realização de exames audiométricos de referência é necessário um repouso auditivo de 14 horas entre o exame e a última exposição à NPSE.

Segundo o Ministério da Saúde/Brasil (2006) as variações na MTL são controversas, mas em geral, observa-se que a MTL começa a partir da exposição a 75 dB(A).

Apesar das características que ocasionam a MTL e a sua recuperação ainda não estarem bem definidas, sabe-se que os fatores que a influenciam, como: duração, frequência e intensidade de exposição, estão também envolvidos na produção de uma mudança permanente de limiar (MPL). Deste modo, os dados sobre a MTL têm sido de grande utilidade no prognóstico dos efeitos prejudiciais do ruído. Mills, Adkins e Gilbert (1981), por exemplo, verificaram em seus estudos que os valores de MPL provocada pelo ruído em 4000 Hz, após 10 anos de 8 horas diárias de exposição, eram aproximadamente idênticos aos valores de MTL medidos após 8 horas de exposição.

Portanto, nesta pesquisa a MTL será utilizada como método comparativo para inferir sobre os efeitos dos agentes testados, ou seja, VCI e NPSE isolados e combinados na audição humana. Aumento da MTL significa dizer que houve uma piora auditiva para os exames de audiometria e potencial evocado, enquanto que para o exame de EOA refere-se piora auditiva como diminuição das amplitudes das respostas medidas em bandas de 1/3 de oitava das emissões otoacústicas produzidas na orelha interna.

## 2.2 VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO – VCI

As vibrações são movimentos oscilatórios que acontecem em qualquer corpo dotado de massa e elasticidade. Dessa forma, máquinas, equipamentos e pessoas podem sofrer vibrações (Thomson, 1978).

Utiliza-se o termo Vibração de Corpo Inteiro (VCI), quando o corpo está suportado em uma superfície vibrante e esta atinge o corpo como um todo (Griffin, 1996).

Segundo Rao (2003) a vibração gerada por motores pode causar desconforto às pessoas e quando presentes em painéis de instrumentos pode provocar mau funcionamento ou dificultar a leitura dos medidores. Assim, uma das importantes finalidades dos estudos das vibrações consiste em reduzi-las. Além de desconforto, a vibração, dependendo das suas características, poderá ser inclusive prejudicial à saúde humana (Griffin, 1996; Bovenzi e Hulsof, 1999; Gallais e Griffin, 2005), apesar de atualmente estar sendo utilizada como fins terapêuticos ou para ganho de força (Mikael et al, 2010).

As características dinâmicas básicas das vibrações são: amplitude, frequência, direção e duração. Para que se tenha pesquisas confiáveis envolvendo os efeitos das vibrações na saúde, conforto e realização de tarefas é necessário que essas características dinâmicas básicas estejam devidamente descritas (Griffin, 1996; Rauch et al, 2010, Lorenzen et al, 2008).

Em relação à amplitude das vibrações esta pode ser definida pela quantificação em deslocamento, velocidade ou aceleração do movimento, sendo a unidade internacional para medidas em aceleração metros por segundo ao quadrado -  $m/s^2$ . Para exposição humana a recomendação é medir a amplitude da aceleração em valores de raiz média quadrática (Griffin, 1996), ou na sua terminologia em inglês *root-mean-square* (rms), que será utilizada no decorrer deste texto.

A frequência consiste no número de ciclos por unidade de tempo. Sua unidade no sistema internacional é ciclos por segundo (cps) ou Hertz (Hz). De acordo com Griffin

(1996), a resposta humana e o grau de vibração que é transmitido para o corpo dependem diretamente da frequência da vibração. Portanto, o efeito da VCI na saúde, atividades e conforto geralmente é avaliado na faixa de frequência entre 0,5 a 100 Hz (Griffin, 1996; ISO 2631-1, 1997/2010).

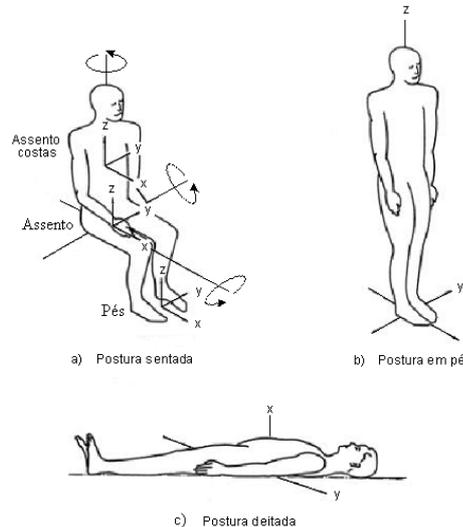


FIGURA 2.1– Eixos de vibração considerados em estudos de Vibração de Corpo Inteiro (VCI)

FONTE – ISO 2631-1, 1997

Em relação à direção da vibração a norma internacional ISO 2631-1 (2010), estabelece um sistema de coordenada baricêntrico em que a origem do sistema de coordenadas é o ponto entre a superfície vibratória e o corpo. Os eixos são considerados a partir do indivíduo (conforme mostrado na FIGURA 2.1), sendo o eixo x de trás para frente do corpo, o eixo y, da esquerda para a direita e o eixo z (vertical), que foi utilizado nesta pesquisa é de baixo para cima, no sentido da cabeça, independente da posição em que o corpo se encontra. Portanto, considera-se como sentido positivo do eixo, a regra da mão direita (Beer e Johnston, 1982).

A duração da vibração refere-se ao tempo da exposição. Segundo Griffin (1996) as respostas aos estímulos vibratórios dependem diretamente da sua duração. Tanto a ISO2631-1 (1997/2010), quanto a Diretiva Européia (2002) apresentam uma relação utilizada para avaliar os efeitos da VCI na saúde em função do tempo de exposição onde é levado em consideração, além deste, a amplitude de vibração. Quanto maior o tempo de exposição, menor a amplitude que as pessoas podem ficar expostas.

### 2.2.1 Efeitos extra-auditivos da VCI na Saúde

Devido às dificuldades na realização de exposições a VCI em laboratórios é difícil estabelecer todos os efeitos desse tipo de vibração no corpo humano (Izumi, 2006).

Seidel e Heide (1986), por meio de uma revisão bibliográfica a respeito dos estudos que avaliaram os efeitos da VCI na saúde, realizaram um levantamento e descreveram algumas desordens provocadas pela VCI: desordens no sistema reprodutivo feminino (em que mulheres expostas a níveis acima do limite estabelecido pela ISO 2631 (1997) estão propícias a desenvolver deficiências no ciclo menstrual, complicações na gravidez, anomalia na posição dos órgãos femininos); desordens no sistema nervoso (como degeneração da espinha dorsal, distúrbio de suprimento sanguíneo cerebral, dores de cabeça, irritabilidade, principalmente em frequências acima de 20 Hz); desordens no sistema circulatório (como hipertensão) e desordens na coluna vertebral.

Griffin (1996) expõe que são vários os efeitos da VCI na saúde, dentre eles tem-se que amplitudes moderada a alta de VCI produzem respostas cardiovasculares similares às que ocorrem durante uma atividade física moderada, com aumento da frequência cardíaca, respiratória, pressão sanguínea, ventilação pulmonar, dentre outros. Além disso, a exposição à VCI pode ocasionar mudanças na constituição sanguínea ou plasmática, desordens posturais, gastrointestinais, lombares, cervicais, musculares e no sistema reprodutor.

Os efeitos nocivos da VCI mais comumente pesquisados são as desordens lombares, Seidel e Heide (1986), Griffin (1996), Sorainen et al. (1998), Bovenzi e Hulshof (1999), Lings e Lebouef-Yde (2000), Palmer et al. (2000), Mabbott, Foster e McPhee (2001), Lenzuni e Pieroni (2003), Goglia e Grbac (2005) e Gallais e Griffin (2006).

Bovenzi (1996), Rehn et al. (2005), Hoy e Murabarak (2000) e Tripeti, Cantio e Saffiot (2000) encontraram que motoristas de tratores, caminhões de lixo e veículos fora de estrada, apresentam maior incidência de desordens na região lombar quando comparados à outros trabalhadores não expostos a vibração ocupacional.

De acordo com Magnusson e Pope (1998) um aumento significativo das desordens lombares, baseados em exames clínicos, foi encontrado em operadores de serras elétricas e motoristas de tratores.

São vários os sintomas relacionados a exposição à VCI relatados na literatura. Mabbott, Foster e McPhee (2001) mostraram que motoristas em geral sofrem de fadiga e ainda consideraram como queixas relacionadas a exposição à vibração: desordens nas

articulações, músculos, desordens da circulação sanguínea, alterações cardiovasculares, respiratórias, endócrinas e metabólicas, problemas no sistema digestivo, prejuízo na visão e/ou equilíbrio, interferência em atividades, desconforto, dor lombar por degeneração vertebral precoce, além de fadiga muscular e rigidez.

Vários destes problemas são reportados também no “Guia de Boas Práticas VCI” (European Commission, 2006) onde é mostrado que há uma alta prevalência de dores lombares, hérnia de disco e degeneração da espinha em indivíduos expostos a VCI. Além disso, essa exposição pode ocasionar desordens digestivas, circulatórias dentre outras.

Duarte e Dornela (2010) por meio de pesquisa bibliográfica constataram que a maioria dos estudos que investigaram os efeitos da VCI na circulação sanguínea encontrou que na faixa de frequência entre 5 - 60 Hz, amplitude de aceleração de 2,22 - 3 m/s<sup>2</sup>, deslocamento de 2 - 6 mm, a VCI ocasiona aumento do fluxo sanguíneo nos membros inferiores, sendo que apenas alguns relatam em membros superiores. Porém, os estudos nessa área são escassos, pouco objetivos e restritos na sua maioria aos membros inferiores. O contrário se verifica com os estudos existentes sobre desordens lombares e VCI cujos efeitos maléficos já estão bem estabelecidos.

Segundo Fernandes e Morata (2002) a VCI pode causar sensação de desconforto e mal humor. Para Pekkarinen (1995) a VCI causa estresse em geral. Izumi, Mitre e Duarte (2006) em pesquisa bibliográfica encontraram que as seguintes queixas extra-auditivas estão presentes em indivíduos expostos a VCI: desconforto, cansaço, irritabilidade, dor lombar, desordens de coluna, náusea, vômito, redução do desempenho.

De acordo com a Diretiva Européia (2002), para se evitar problemas de saúde devido as exposições às vibrações, deve-se respeitar os seguintes valores estabelecidos de acordo com o tipo de agente causador da vibração, ou seja, VCI ou VMB (Vibração de Mãos e Braços): o EAV (*Exposure Action Value* ou Valor de Exposição para Ação) e o ELV (*Exposure Limit Value* ou Valor de Exposição Limite). O EAV é o valor total de exposição diária a partir do qual o empregador deve tomar medidas preventivas e implementar programas para redução dos níveis de vibração, cujo valor para VCI corresponde a 0,5 m/s<sup>2</sup> para 8 horas de exposição (ou VDV de 9,1 m/s<sup>1,75</sup>). O ELV refere-se a níveis que em nenhuma situação devem ser excedidos para uma exposição total diária de 8 h, cujo valor para VCI é de 1,15 m/s<sup>2</sup> para 8 horas de exposição (ou VDV de 21 m/s<sup>1,75</sup>).

Apesar da diretiva européia fixar valores de EAV e ELV para 8 horas de exposição, é possível estimar a aceleração rms ponderada para um dia de trabalho de 8

horas considerando-se dados de exposição obtidos para menos de 8 horas, conforme mostrado pela EQ. (2.1):

$$T_1 = \left( \frac{a_{w2}}{a_{w1}} \right)^e T_2 (8h) \quad (2.1)$$

Onde  $a_{w2}$  é o valor recomendado na diretiva (para o EAV ou ELV),  $a_{w1}$  é o valor medido,  $e = 2$  quando se utiliza amplitude máxima rms, e  $e = 4$  quando se utiliza VDV (Rehn et al. 2005; ISO 2631-1, 1997).  $T_1$  é o tempo estimado para a jornada de trabalho e  $T_2$  para a jornada padrão de 8 horas.

Nesta pesquisa utilizou-se o valor de  $a_w$  como sendo a amplitude rms ponderada em frequência. Este valor é baseado na potência de dois do histórico no tempo de aceleração, em qualquer uma das 3 direções perpendiculares, ou seja, direções x-, y- ou z-, conforme mostrado na ISO 2631-1(1997) e na EQ. (2.2), sendo que o eixo com maior valor é considerado na EQ. (2.1):

$$a_w = \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right\}^{1/2} \quad [m/s^2] \quad (2.2)$$

### 2.2.2 Efeitos da VCI na audição

Trata-se de um tema pouco estudado, sendo escassas e pouco conclusivas as pesquisas sobre os efeitos da VCI isolada na audição.

Os trabalhos serão apresentados em ordem cronológica e as características e resultados enfatizados serão relativos aos efeitos da VCI isolada na audição.

Okada et al.(1972) pesquisaram os efeitos da VCI e ruído na audição por meio da MTL. Esta foi mensurada através de audiometria sendo pesquisados os limiares somente nas frequências de 1 e 4 kHz. A amostra foi composta por cinco estudantes saudáveis do sexo masculino. Cada voluntário foi exposto às seguintes condições de VCI: a) 5, 10 e 20 Hz com amplitude de 500 cm/s<sup>2</sup>; b) 2, 5 e 10 Hz com amplitude de 100 cm/s<sup>2</sup>; c) 10 e 20 Hz e amplitude de 1000 cm/s<sup>2</sup>. Cada voluntário foi exposto a 20 minutos de VCI e após a audiometria continuaram a exposição por mais 40 minutos. Os resultados indicaram que na condição b) os valores de MTL foram muito pequenos e não significativos. Já na condição a) os valores de MTL foram maiores e estatisticamente significantes em 5 Hz, em 10 Hz os valores de MTL foram menores e em 20 Hz não

constatou-se significância estatística. Na condição c) os valores de MTL também foram significativos, sendo que na frequência de 20 Hz e com amplitude maior ocasionou maiores valores de MTL quando comparado com a situação a) em que a amplitude foi menor. Dessa forma, os autores mostraram que a VCI ocasiona MTL, sendo que à medida que se aumenta a amplitude, maior são os valores de MTL na audição humana. Além disso, os autores inferiram que na frequência ressonante do corpo humano de 5 Hz foi observado construção de vasos capilares nos dedos, portanto, o aparecimento da MTL pode estar relacionado a distúrbios do fluxo sanguíneo periférico na orelha interna.

Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974) pesquisaram em oito indivíduos os efeitos da vibração e ruído isolados e combinados na audição. Os limiares auditivos somente da orelha direita foram pesquisados em 4 kHz por meio da audiometria. Os sujeitos ficaram expostos a VCI senoidal nas frequências de 5 Hz e amplitude de 6 mm e 16,7 Hz com amplitude de 3 mm, durante 20 minutos cada exposição. Após as exposições não foram encontradas diferenças significantes na MTL, mas na frequência de 5 Hz observou-se uma leve melhora do limiar auditivo, aproximadamente 3 dB menor que o limiar inicial. Já na frequência de 16,7 Hz foi observado um leve, mas não significativo aumento da MTL após 20 minutos de exposição. Os autores sugeriram que a VCI na frequência de 5 Hz de acordo com a literatura gera movimentos da cabeça com deslocamento ressonante dos órgãos da região torácico-abdominal, por isso que nessa frequência não foi observado diminuição da sensibilidade auditiva. Já a VCI em torno de 16,7 Hz ocasiona ressonância maior na região do pescoço e cabeça sendo plausível o resultado de uma leve MTL nessa frequência. Além disso, segundo os autores a VCI pode ocasionar diminuição do suprimento sanguíneo nessa região excitada, pescoço/cabeça, ocasionando assim um déficit sanguíneo na orelha. Dessa forma, os autores concluíram que os efeitos da VCI na audição podem variar de acordo com as condições experimentais, podendo a VCI melhorar, não afetar ou piorar a audição humana.

Hamernik et al. (1980) pesquisaram os efeitos da VCI e ruído de impulso isolados e combinados na audição de três grupos contendo 10 chinchilas cada grupo. A exposição à VCI senoidal teve duração de uma hora, frequência de 30 Hz e amplitude de 1g rms. Após 30 dias de exposições a MTL e a MPL desses animais nas frequências de 0,5-8 kHz foram medidas por meio do exame de potencial evocado auditivo. Os autores encontraram que VCI isolada não ocasionou MTL e MPL estatisticamente significante.

Manninen e Ekblom (1984) pesquisaram os efeitos da VCI isolada e combinada com ruído na MTL e postura corporal de 10 voluntários do sexo masculino

utilizando como avaliação dos limiares auditivos nas frequências de 4 e 6 kHz a audiometria. A estimulação vibratória constou de VCI senoidal na frequência de 5 Hz, amplitudes de  $2,12 \text{ m/s}^2$  e  $2,44 \text{ m/s}^2$  no eixo Z, sendo aplicada 3 exposições consecutivas de 16 minutos, com período de descanso de 15 minutos. Os resultados indicaram que a VCI isolada com amplitude de  $2,44 \text{ m/s}^2$  aumentou os valores de MTL levemente, ou seja, piorou a audição, enquanto a VCI na amplitude de  $2,12 \text{ m/s}^2$  pareceu diminuir os limiares auditivos, ou seja, melhorou a audição.

Manninen (1985) avaliou a MTL de sujeitos expostos a VCI e ruído isolado e combinado por meio de audiometria tonal. A amostra constou de 108 voluntários expostos a VCI senoidal de 5 Hz no eixo-Z, amplitude de  $2,12 \text{ m/s}^2$ , sendo aplicada 3 exposições consecutivas de 16 minutos com período de descanso de 15 minutos. Após a primeira exposição à VCI foi encontrado efeito individual significativo na MTL em 4 kHz, já na segunda e terceira exposições os efeitos na MTL mantiveram-se, ou seja, não aumentaram com o decorrer das exposições.

Hamernik et al. (1989) pesquisaram os efeitos da VCI e ruído na audição de 82 Chinchilas. Todos os animais foram expostos durante 5 dias a VCI nas frequências de 30 Hz e amplitude de 3 g rms e 20 Hz com amplitude de 1,3 g rms. A MTL foi medida por meio do exame de potencial evocado auditivo. Os autores concluíram que não houve mudanças significativas na audição dos animais após exposição à vibração.

Seidel et al. (1992) avaliaram a audição de 12 sujeitos submetidos a VCI e ruído por meio de um exame de potenciais evocados de longa latência (auditory-event related brain potentials - ERP). As exposições à VCI senoidal tiveram como características a frequência de 2,01 Hz e amplitude de  $2 \text{ m/s}^2$  sendo realizadas 2 exposições de 11 minutos cada, com intervalo entre elas de 4 minutos. Os resultados indicaram que a VCI isolada não ocasionou efeitos significativos na audição.

Soliman et al. (2003) estudaram os efeitos da VCI e ruído na audição de 40 porquinhos da índia saudáveis, sendo que 10 desses animais foram expostos a VCI na frequência de 6 a 8 Hz durante 6 horas/dia em 4 semanas consecutivas. Os autores encontraram que a VCI isolada não ocasionou MTL, mas aumentou as amplitudes das respostas detectadas pelo exame de EOAPD. Entretanto, apesar de não ter sido encontrado efeitos danosos no exame, uma análise microscópica da orelha interna (cóclea) mostrou que as células ciliadas externas estavam normais, enquanto as células ciliadas internas estavam com aparentes áreas necrosadas.

Bochnia et al. (2005) que trata o efeito da VCI na audição como risco isolado, utilizou porquinhos-da-índia como amostra. Foi avaliada a audição dos porquinhos-da-índia expostos a VCI na frequência de 10 Hz e amplitude de  $14 \text{ m/s}^2$  rms por períodos de 30, 90 e 180 dias, sendo 3 horas/dias de exposição. A MTL foi avaliada por um teste de microfonia coclear. Todos os grupos analisados apresentaram MTL na frequência de 4 kHz. As lesões cocleares foram visivelmente mais evidentes na porção coclear superior (células ciliadas internas e externas), se espalhando gradualmente em direção à base, afetando a audição especialmente nas frequências baixas e médias. As bainhas de mielina dos nervos auditivos também se apresentaram danificadas, sendo que todos os danos observados foram diretamente proporcionais ao tempo de exposição. Os resultados dessa pesquisa fundamentam o mecanismo fisiopatológico da perda auditiva causada por vibrações, ou seja, os danos na orelha interna podem causar piora na audição, principalmente em frequências médias e baixas.

Izumi, Mitre e Duarte (2006) por meio de levantamento bibliográfico sobre os efeitos da VCI na audição mostraram que a VCI afeta a audição.

Izumi (2006) pesquisou os efeitos da VCI e ruído isolados e combinados na audição de 10 voluntários do sexo masculino e 3 do feminino. A MTL foi mensurada por meio dos exames de audiometria tonal e EOAPD. A exposição à VCI senoidal foi na frequência de 6 Hz, amplitude  $2,45 \text{ m/s}^2$  e durante 18 minutos. Os resultados encontrados mostraram que VCI isolada não ocasiona MTL.

TABELA 2.1 – Quadro comparativo quanto aos níveis de VCI que ocasionaram piora da audição e aqueles que não ocasionaram.

<b>Níveis de VCI utilizados nos estudos que encontraram piora auditiva</b>	<b>Níveis de VCI utilizados nos estudos que não encontraram alteração da audição</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>5 \text{ m/s}^2</math>, 5 e 10 Hz, 60 minutos</li> <li>• <math>10 \text{ m/s}^2</math>, 10 e 20 Hz, 60 minutos</li> <li>• 3mm, 16,7 Hz, 20 minutos</li> <li>• <math>2,44 \text{ m/s}^2</math>, 5Hz, 48 minutos</li> <li>• <math>2,12 \text{ m/s}^2</math>, 5Hz, 48 minutos</li> <li>• <math>14 \text{ m/s}^2</math>, 10 Hz, 3horas/dia, 30, 60 e 90 dias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>1 \text{ m/s}^2</math>, 2, 5 e 10 Hz, 60 minutos</li> <li>• 6 mm, 5 Hz, 20 minutos</li> <li>• <math>9,8 \text{ m/s}^2</math>, 30 Hz, 1hora/30 dias</li> <li>• <math>29,4 \text{ m/s}^2</math>, 30 Hz, 5 dias</li> <li>• <math>12, 74 \text{ m/s}^2</math> 20 Hz, 5 dias</li> <li>• <math>2 \text{ m/s}^2</math>, 2,01Hz, 22 minutos</li> <li>• 6-8 Hz, 6 horas/dia em 4 semanas</li> <li>• <math>2,45 \text{ m/s}^2</math>, 6 Hz, 18 minutos</li> </ul>

A TABELA 2.1 resume os níveis de VCI utilizados nos estudos encontrados na literatura. Observa-se que a literatura é bastante controversa e nada clara, quanto aos níveis que ocasionam ou não ocasionam alteração da audição. Tanto amplitudes elevadas quanto baixas de VCI podem provocar ou não piora auditiva.

### 2.3 NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA ELEVADOS – NPSE

Segundo Gerges (1992) o som caracteriza-se por flutuações de pressão em um meio compressível, porém, não são todas as flutuações de pressão que ocasionam a sensação de audição quando atingem a orelha humana. A sensação sonora somente acontece quando as frequências destas flutuações estiverem dentro de determinadas faixas de valores. De acordo com Santos e Matos (1994) essa faixa, em orelha normal, varia em média de 16 a 20.000 Hz.

O Nível de Pressão Sonora (NPS) pode ser definido como uma relação logarítmica e representa a pressão sonora, em decibels (dB), referente a um nível fixo de pressão (20µPa). A EQ. (2.3) representa a definição de NPS:

$$\text{NPS} = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (2.3)$$

Onde:  $P_0 = 0,00002$  [Pa] é o valor de referência e corresponde ao limiar da audição em 1 kHz.

NPSE é utilizado em referência a níveis sonoros acima de 80 dB(A). É o nível recomendado por normas de segurança da Fundacentro - NHO-01 (2001) em postos de trabalho em que pessoas ficam expostas a ruído (Izumi, 2006).

Ruído é um sinal acústico aperiódico caracterizado por elevados níveis de pressão sonora, sendo considerado um som indesejável e a forma mais frequente de poluição sonora (Nepomuceno, 2004; Ligocki, Teixeira e Parreira, 2008). Desta forma, ruído e NPSE serão considerados sinônimos neste trabalho.

#### 2.3.1 Efeitos extra-auditivos do NPSE na saúde

Os distúrbios atribuídos a exposição à NPSE são dependentes de fatores como: frequência do ruído, intensidade, duração, ritmo, assim como a susceptibilidade individual e a atitude de cada indivíduo frente ao som. Acredita-se que o estímulo auditivo antes de

atingir o córtex cerebral, passa por inúmeras estações subcorticais em particular das funções vegetativas, o que explica os efeitos extra-auditivos do ruído. Dessa forma, o ruído pode afetar outros órgãos do corpo humano por meio de um mecanismo indireto, ativando ou inibindo o sistema nervoso central e periférico (Medeiros, 1999).

Quick e Laperosa (1981) relataram a presença das seguintes queixas mais frequentes em indivíduos expostos a níveis elevados de pressão sonora: cefaléia, distúrbio gástrico e nervosismo.

Gomes et al. (1983) em seu estudo encontraram queixas como cansaço, desatenção, insônia, cefaléia, ansiedade, depressão, estresse e mudanças de humor em sujeitos submetidos a altos níveis de pressão sonora.

Fiorini, Silva e Bevilacqua (1991) afirmam que o ruído pode perturbar o trabalho, o descanso, o sono, e a comunicação nos seres humanos além de causar reações psicológicas e fisiológicas.

Segundo Gerges (1992) têm-se como efeitos extra-auditivos do ruído a aceleração da pulsação, aumento da pressão sangüínea, estreitamento dos vasos sangüíneos, sobrecarga cardíaca, secreções anormais de hormônios, tensões musculares, fadiga mental, frustração, nervosismo, irritabilidade e até prejuízo do desempenho no trabalho.

Seligman (1993) encontrou como queixa mais freqüente em sujeitos submetidos a ruído, a irritabilidade, seguida da hipertensão arterial, cefaléia, tontura, dispnéia, cansaço, taquicardia, enjôos, dores gástricas, dores nas costas, dor de garganta e outras alterações cardíacas.

De acordo com Medeiros (1999) as principais queixas extra-auditivas relatadas por trabalhadores expostos a ruído ocupacional são: cansaço, estresse, irritação, ansiedade, nervosismo, depressão, desatenção, problema gastrointestinal, dores musculares e insônia.

Segundo Pimentel, Souza e Alvares (2000), ruídos de 50 dB(A) tem característica perturbadora, porém adaptável, ruídos de 55 dB(A) são excitantes, causando estresse leve e desconforto, ruídos de 65 dB(A) incidem em estresse degradativo do organismo e ruídos de 80 dB(A) provocam liberação de morfina biológica no corpo, causando certa dependência orgânica.

Nudermann et al. (2001) salientam os seguintes sintomas extra-auditivos devido a exposição a ruído: perturbações no sono, manifestações neurológicas (como tremores nas mãos e dilatação da pupila), dificuldades no equilíbrio e na marcha, alterações no trato digestivo e problemas comportamentais.

Zannin et al. (2002) analisaram o incômodo provocado por ruído urbano à população de Curitiba. A pesquisa foi realizada por meio de 860 questionários. Os principais sintomas encontrados foram: irritabilidade 58%, baixa concentração 42%, insônia 20% e dores de cabeça 20%.

Mc Reynolds (2005) encontrou em indivíduos expostos a ruído de aeronaves relatos de doenças cardiovasculares, hipertensão, distúrbios do sono, fadiga, frustração, estresse e depressão.

Segundo o Ministério da Saúde/Brasil (2006) sintomas como cefaléia, tontura, irritabilidade, problemas digestivos, entre outros podem ser encontrados em sujeitos expostos a ruído.

Diante da literatura estudada observa-se a presença de inúmeras queixas/sintomas relativos aos sistemas extra-auditivos em sujeitos expostos a NPSE, sendo os mais freqüentes, cefaléia, cansaço, estresse, irritabilidade e distúrbios gástricos que serão também avaliados nesta pesquisa.

### 2.3.2 Efeitos do NPSE na audição

Perda total ou parcial da audição é uma condição incapacitante, pois limita ou impede o indivíduo de exercer plenamente o seu papel na sociedade, comprometendo o desempenho adequado das atividades da vida diária e as relações familiares, sociais e de trabalho. Entre as diversas causas da perda auditiva está a exposição ao NPSE. Este é um dos agentes físicos, freqüentemente presente no ambiente de trabalho, que age discretamente na saúde do trabalhador. Uma vez que a sua forma de agressão não é dolorosa, o sujeito se adapta rapidamente à situação insalubre a que está exposto (Didoné, 2004).

Segundo a Portaria nº 19 da NR-7 (Ministério do Trabalho/Brasil, 1998), a perda auditiva causada por NPSE tem características definidas, sendo do tipo neurossensorial, decorrente da exposição prolongada e sistemática, além de irreversível e progressiva com o tempo de exposição. Essa portaria considera que, em indivíduos normais, as respostas dos limiares auditivos, medidos por via aérea, em qualquer freqüência testada do audiograma devem ser menores ou iguais a 25 dB Nível de Audição (NA). Considera também que indivíduos com limiares menores que 25 dB(NA) podem ter um desencadeamento de perda auditiva ocupacional caso um exame anterior comprove que

houve piora nos limiares dos exames comparativos, mesmo sem ultrapassar o limite de 25 dB(NA).

No início da perda auditiva ocupacional é possível detectar alterações nos limiares nas frequências agudas entre 3 e 6 kHz e após anos de exposição, a perda atinge as frequências graves 0,25; 0,5; 1 e 2 kHz (Nudelmann et al.1997).

Os danos cocleares causados pela exposição à NPSE são decorrentes de alterações vasculares que afetam o suprimento de sangue para a cóclea e suas estruturas, (Hungria, 1972; Nudelmann et al., 1997; Katz, 1999; Musiek e Rintelmann, 2001).

Segundo Pimentel, Souza e Alvares (2000), ruídos de 100 dB(A) podem causar perdas auditivas irreversíveis.

De acordo com o Ministério da Saúde/ Brasil (2006) sintomas auditivos como zumbido, perda auditiva, intolerância a sons intensos podem ser encontrados em indivíduos expostos a ruído.

Dias et al. (2006) verificaram a relação entre perda auditiva induzida por ruído e ocorrência de zumbido em trabalhadores expostos ao ruído ocupacional. Foi observado que a prevalência de zumbido aumenta de acordo com a evolução do dano auditivo e o tempo de exposição ao ruído.

Ogido, Costa e Machado (2009) avaliaram a prevalência de sintomas auditivos e vestibulares em 175 trabalhadores expostos a ruído ocupacional durante um tempo médio de 15,75 anos. Observou-se a presença de zumbido em 81%, perda auditiva em 74% e vertigem em 13,2%.

Grande parte dos estudos que avaliou a VCI na audição também investigou o NPSE isolado e combinado com a VCI. Dessa maneira, nesta seção serão apresentados apenas os resultados relativos aos efeitos do NPSE isolado na audição.

Okada et al. (1972) pesquisou os efeitos do ruído e VCI isolados e combinados na audição por meio da MTL. Esta foi mensurada através de audiometria sendo pesquisados os limiares somente nas frequências de 1 e 4 kHz. A amostra foi composta por cinco estudantes saudáveis do sexo masculino. Cada voluntário foi exposto às seguintes condições de ruído: 1) exposição ao próprio ruído do vibrador de 81 dB durante 20 e 40 minutos; 2) exposição ao ruído de alto falante de 101 dB associado ao ruído do vibrador de 81 dB durante 20 minutos. Os autores não encontraram diferença significativa da MTL em nenhuma das situações.

Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974) pesquisaram em oito indivíduos os efeitos da vibração e ruído isolados e combinados na audição. Os limiares auditivos

somente da orelha direita foram pesquisados em 4 kHz por meio da audiometria. Os sujeitos ficaram expostos a ruído branco na intensidade de 82 dB durante 20 minutos. Foi constatada a presença de MTL de 5 dB e o tempo de recuperação do limiar auditivo foi de aproximadamente 5 minutos.

Kan (1980) avaliou a mudança temporária da audição em motoristas de caminhão comparando resultados da avaliação audiométrica. Observou-se que os audiogramas realizados antes e depois do percurso mostraram déficit na audição dos motoristas.

Manninen e Ekblom (1984) avaliaram por meio da audiometria os efeitos do ruído e VCI isolados e combinados na MTL de 10 voluntários nas frequências de 4 e 6 kHz. Na exposição à NPSE isolado utilizou-se ruído branco a 90 dB(A) sendo aplicada 3 exposições consecutivas de 16 minutos com período de descanso de 15 minutos. Os resultados indicaram que a MTL após exposição na frequência de 6 kHz foi maior que a MTL na frequência de 4 kHz para NPSE isolado.

Manninen (1984) estudou os efeitos do ruído e VCI na MTL utilizando audiometria para a detecção da MTL nas frequências de 4 e 6 kHz. A amostra foi composta por 90 voluntários do sexo masculino e a exposição à NPSE isolado constou de ruído branco a 90 dB(A), durante 3 exposições consecutivas de 16 minutos com período de descanso de 15 minutos. O NPSE mostrou um efeito estatisticamente significativo na MTL nas frequências de 4 e 6 kHz.

Manninen (1985) avaliou a MTL de sujeitos expostos a ruído e VCI isolados e combinados por meio da audiometria tonal. A amostra constou de 108 voluntários expostos a NPSE do tipo ruído branco a 90 dB(A), sendo aplicada 3 exposições consecutivas de 16 minutos, com período de descanso de 15 minutos entre elas. Após a primeira exposição à NPSE efeito significativo maior foi encontrado na MTL em 4 e 6 kHz quando comparado com a segunda e terceira exposição cujos efeitos foram menores.

Hamernik et al. (1989) pesquisaram os efeitos da VCI e ruído na audição de 82 Chinchilas. Todos os animais foram expostos durante 5 dias a ruído nas intensidades de 95, 113, 119 e 125 dB(NPS). A MTL foi medida por meio do exame de potencial evocado auditivo. Após exposições a NPSE valores significativos de MTL foram encontrados.

Seidel et al. (1992) avaliaram a audição de 12 sujeitos submetidos a ruído e VCI isolados e combinados. As exposições a ruído isolado tiveram como características ruído branco a 60 e 80 dB(A) sendo realizadas 2 exposições de 11 minutos cada com intervalo entre elas de 4 minutos. Para medição da audição utilizou o exame de potenciais

evocados de longa latência (*auditory-event related brain potentials* - ERP). Foi observado que após cada exposição a ruído houve piora significativa da audição.

Engdahl (1996) pesquisou os efeitos do NPSE na audição de 8 sujeitos utilizando para medição da MTL o exame de emissões otoacústicas por produto de distorção-EOAPD na faixa de frequência de 0,7 - 6 kHz. Os sujeitos foram expostos a 102 dB de ruído durante 10 minutos. Após exposição a ruído foi observado uma diminuição da amplitude de resposta em toda a faixa de frequência avaliada.

Araújo (2002) analisou a ocorrência de alterações auditivas em decorrência da exposição à NPSE em trabalhadores de metalúrgica. Foram avaliados 187 trabalhadores de uma indústria metalúrgica por meio de questionário e audiometria. A audiometria constatou que 21% dos trabalhadores tiveram alterações dos limiares auditivos devido à exposição ocupacional a ruído. Os sintomas auditivos presentes de forma significativa foram: zumbido 13%, hipoacusia 7%, sensação de plenitude auricular 4% e tontura 12%.

Soliman et al. (2003) pesquisaram os efeitos do ruído e VCI isolados e combinados na audição de 40 porquinhos da Índia utilizando para avaliação da audição o exame de EOAPD. Na exposição a ruído 10 animais foram expostos a ruído branco na intensidade de 100 dB (NPS) durante 6 horas/dia por 4 semanas. Após a exposição a ruído as amplitudes do exame de EOAPD foram significativamente reduzidas em relação aos valores encontrados no grupo controle exceto na frequência de 1006 Hz, representando, portanto, uma piora auditiva.

Alvarenga et al. (2003) analisaram a amplitude da EOAPD em indivíduos com histórico de exposição a ruído e chumbo isolados e combinados. Em relação à exposição a ruído isolado foram avaliados 21 trabalhadores. Das orelhas avaliadas 55% apresentaram perda auditiva e as amplitudes médias no exame de EOAPD para as frequências de 1, 2, 3, 4 e 6 kHz foram respectivamente 4,63 dB(NPS); 1,71 dB(NPS); 0,16 dB(NPS); -1,34 dB(NPS) e -3,74 dB(NPS). Os autores constataram também que a amplitude da EOAPD em indivíduos expostos a ruído foram menores quando comparado aos expostos a ruído e chumbo simultaneamente, além de que a pesquisa das emissões otoacústicas pode estar alterada nos indivíduos expostos a ruído, mesmo naqueles com limiares auditivos dentro da normalidade, até 25 dB(A).

Izumi (2006) pesquisou os efeitos do NPSE e VCI isolados e combinados na MTL de 13 sujeitos. Cada voluntário foi exposto a ruído branco a 100 dB(A) durante 15 minutos. Após exposição à NPSE isolado foi constatado MTL estatisticamente

significativa na faixa de frequência de 0,5 – 8 kHz para a audiometria e em todas as frequências avaliadas na EOAPD.

Pfeiffer et al. (2007) estudaram a MTL de músicos após exposição a NPSE de um show de rock. A amostra foi composta por seis músicos que estavam expostos a ruído igual a 98,5 dB e os limiares auditivos foram mensurados por meio do exame de audiometria na faixa de frequência de 0,5 – 8 kHz. Após a exposição, 67% dos músicos queixaram-se de zumbido. Encontrou-se também diferença estatisticamente significativa dos limiares auditivos na orelha direita nas frequências de 0,5 Hz e entre 3 – 6 kHz e na orelha esquerda em 4 kHz.

Gonçalves et al. (2009) pesquisaram a presença de sintomas/sinais auditivos em 50 integrantes de uma banda militar com tempo médio de atuação na banda de 14,2 anos. Nos ensaios foram constatados níveis de 90,1 a 110,3 dB(A). A queixa mais relatada entre sujeitos na faixa etária de 11-20 anos foi o zumbido (83,3%), além de outros também presentes, como otalgia (23%), dificuldade para ouvir (54%) e tontura (6%). Foi observado também que 32% dos integrantes tinham alterações auditivas.

A TABELA 2.2 abaixo resume os níveis de pressão sonora utilizados nos estudos. Verifica-se que a literatura é clara quanto aos níveis de ruído que ocasionam alterações auditivas.

TABELA 2.2 – Níveis de Pressão Sonora que provocaram e não provocaram piora da audição

<b>Níveis de Pressão Sonora que ocasionaram piora auditiva</b>	<b>Nível de Pressão Sonora que não ocasionou piora auditiva</b>
• 60 – 110,3 dB(A)	• 81 dB(A)

## 2.4 EFEITOS DO NPSE E VCI COMBINADOS

De acordo com Griffin (1996) quando existe associação de fatores é preciso saber se o efeito combinado será correspondente aos efeitos de cada um em separado. Geralmente a combinação pode resultar em: a) efeito aditivo (quando os efeitos são maiores do que os agentes isolados, mas não mais do que a soma dos efeitos de cada fator isolado), b) efeito sinérgico (quando a combinação causa efeitos maiores do que a soma dos efeitos isolados de cada agente), c) efeito antagônico (quando o efeito da combinação é menor do que um dos agentes isolados), d) ausência de efeitos (quando esses são iguais aos efeitos de cada fator isolado).

Segundo Seidel et al. (1989, 1992 e 1997) a associação de ruído e vibrações corresponde a combinação de fatores físicos mais comum nos ambientes de trabalho e os efeitos dessa associação podem ser físicos e/ou psicológicos, dependendo do tipo e tempo de exposição.

#### 2.4.1 Efeitos extra-auditivos do NPSE e VCI

Neste item serão abordados apenas os efeitos extra-auditivos dos trabalhos, visto que os efeitos auditivos serão abordados no próximo item.

Manninen (1984) estudou os efeitos da VCI isolada e combinada com ruído na MTL, frequência cardíaca e pressão sanguínea de 108 voluntários. A estimulação vibratória constou de VCI senoidal na frequência de 5 Hz e VCI estocástica na faixa de frequência de 2,8-11,2 Hz, ambas com amplitude de  $2,12 \text{ m/s}^2$  no eixo Z, e o ruído branco a 90 dB, sendo aplicadas 3 exposições consecutivas de 16 minutos, com período de descanso de 15 minutos. Maiores mudanças nos valores da frequência cardíaca e pressão sanguínea foram observadas após as exposições combinadas.

Seidel et al. (1997) avaliaram subjetivamente os efeitos do ruído combinado com VCI em 12 sujeitos. Foi observada a presença de estresse em todas as situações de associação de NPSE e VCI, mas o estresse aumentou na pior situação de exposição, a saber, 83 dB(A) e VCI a  $1,06 \text{ m/s}^2$ .

Fernandes e Morata (2002) investigaram as queixas de trabalhadores expostos a combinação de NPSE e vibração. A amostra foi composta por 35 trabalhadores expostos a VCI e ruído simultaneamente com uma média diária de exposição de sete horas e ruído na intensidade de 92 dB(A). Não foi informada a característica da VCI. Os trabalhadores foram investigados por meio de questionário. As queixas extra-auditivas mais comuns foram: nervosismo, ansiedade, cefaléia, problemas visuais, problemas de coluna, zumbido e desatenção.

Ljungberg, Neely e Lundstrom (2004) pesquisaram os efeitos subjetivos do ruído e VCI combinados. A amostra foi composta por 54 sujeitos expostos as seguintes situações: a) ruído a 77 dB(A) e VCI senoidal em 16 Hz e  $1 \text{ m/s}^2$ ; b) ruído a 81 dB(A) e VCI em 16 Hz e  $1,6 \text{ m/s}^2$ ; c) ruído a 86 dB(A) e VCI em 16 Hz e  $2,5 \text{ m/s}^2$ . Todas essas situações durante 20 minutos. A situação c) de maior intensidade de ruído e VCI ocasionou maiores níveis de estresse e aborrecimento.

#### 2.4.2 Efeitos auditivos da combinação de NPSE e VCI

Conforme já mencionado, neste item serão abordados os efeitos auditivos dos trabalhos pesquisados. Okada et al. (1972) pesquisou os efeitos da VCI e ruído na audição por meio da MTL. Esta foi mensurada através da audiometria sendo pesquisados os limiares somente nas frequências de 1 e 4 kHz. A amostra foi composta por cinco estudantes saudáveis do sexo masculino. Cada voluntário foi exposto às seguintes condições de VCI: a) 5, 10 e 20 Hz com amplitude de  $500 \text{ cm/s}^2$ ; b) 2, 5 e 10 Hz com amplitude de  $100 \text{ cm/s}^2$ ; c) 10 e 20 Hz e amplitude de  $1000 \text{ cm/s}^2$ , todos combinados com ruído na intensidade de 101 dB. Cada voluntário foi exposto a 20 minutos da combinação VCI e ruído, e após a audiometria continuaram a exposição por mais 40 minutos. Os autores encontraram que a MTL aumenta com a combinação de VCI e ruído, ou seja, é evidente o efeito sinérgico da VCI, e na combinação de ruído e VCI a  $500 \text{ cm/s}^2$  na frequência de 5 Hz os valores da MTL foram mais severos quando comparado a ruído ou VCI isolados.

Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974) pesquisaram os efeitos da vibração e ruído isolados e combinados na audição de oito indivíduos. Os limiares auditivos somente da orelha direita foram pesquisados em 4 kHz por meio da audiometria. Os sujeitos ficaram expostos a ruído branco na intensidade de 82 dB combinado com VCI nas frequências de 5 Hz e amplitude de 6 mm e 16,7 Hz com amplitude de 3 mm durante 20 minutos. Os autores encontraram que após a exposição simultânea com VCI na frequência de 5 Hz houve MTL de 12 dB, mostrando ser a combinação significativamente maior quando comparado a ruído isolado. O tempo para recuperação do limiar auditivo também foi maior, em torno de 7 minutos. Após exposição simultânea com VCI na frequência de 16,7 Hz observou-se MTL de 13 dB e tempo de recuperação da audição de 9 minutos. Dessa forma, observa-se efeito sinérgico da combinação ruído e VCI na audição, sendo que esta última exposição causou mais sensibilidade auditiva quando comparado com as exposições a ruído isolado e combinado com VCI em 5 Hz.

Hamernik et al. (1980) pesquisaram os efeitos da VCI e ruído de impulso, isolados e combinados na audição de três grupos contendo 10 chinchilas cada grupo. Após 30 dias de exposição a MTL e a MPL dos animais, nas frequências de 0,5-8 kHz, foram medidas por meio do exame de potencial evocado auditivo. Os animais foram expostos durante 1 hora a combinação de VCI senoidal em 30 Hz e 1 g rms e ruído impulsivo a 155

dB. Os resultados indicaram que a combinação ocasionou valores maiores de MTL e MPL quando comparado com ruído e VCI isolados.

Manninen (1983a) avaliou os efeitos da VCI combinada com NPSE na MTL de 370 voluntários por meio da audiometria nas frequências de 4 e 6 kHz. A VCI caracterizou-se por ser senoidal, no eixo Z. Na frequência de 5 Hz a amplitude foi de  $2,12 \text{ m/s}^2$  e na frequência de 10 Hz a amplitude foi  $2,65 \text{ m/s}^2$ . Já o ruído teve intensidades de 90 e 98 dB(A). Foram aplicadas 3 exposições consecutivas de 16 minutos com período de descanso de 15 minutos. A combinação VCI e ruído ocasionou maior aumento da MTL se comparado com ruído isolado. Além disso, os valores da MTL após a terceira exposição foram maiores que após a primeira e segunda exposição.

Manninen (1983b) pesquisou os efeitos do ruído combinado com VCI na MTL em 11 sujeitos. As exposições consistiram em VCI senoidal no eixo-Z a  $2,12 \text{ m/s}^2$  em 5 Hz, e ruído nas intensidades de 75, 85 e 95 dB(A). Na combinação de VCI e ruído mais intenso observou-se uma clara tendência do aumento da MTL.

Manninen e Ekblom (1984) pesquisaram os efeitos do ruído e VCI isolados e combinados na MTL e postura corporal de 10 voluntários do sexo masculino utilizando a audiometria como avaliação dos limiares auditivos nas frequências de 4 e 6 kHz. A estimulação vibratória constou de VCI senoidal na frequência de 5 Hz, amplitudes de  $2,12 \text{ m/s}^2$  e  $2,44 \text{ m/s}^2$  no eixo Z, e ruído branco a 90 dB(A), sendo aplicada 3 exposições consecutivas de 16 minutos com período de descanso de 15 minutos. Os valores da MTL em 4 e 6 kHz aumentaram consideravelmente mais rápido quando comparado com a exposição a ruído isolado.

Manninen (1984) estudou os efeitos da VCI e ruído isolados e combinados na MTL de 90 voluntários do sexo masculino utilizando audiometria nas frequências de 4 e 6 kHz. A estimulação vibratória constou de VCI senoidal na frequência de 5 Hz e VCI estocástica na faixa de frequência de 2,8-11,2 Hz, ambas com amplitude de  $2,12 \text{ m/s}^2$  no eixo Z, e ruído na intensidade a 90 dB(A), sendo aplicada 3 exposições consecutivas de 16 minutos, com período de descanso de 15 minutos entre elas. A combinação ocasionou aumento estatisticamente significativo da MTL na frequência de 6 kHz.

Manninen (1985) avaliou a MTL de sujeitos expostos a combinação de VCI e ruído, por meio da audiometria tonal. A amostra constou de 108 voluntários expostos a VCI senoidal em 5 Hz no eixo-Z e estocástica em 2,8-11,2 Hz, ambas com amplitude de  $2,12 \text{ m/s}^2$ , e ruído branco a 90 dB(A), sendo aplicada 3 exposições consecutivas de 16 minutos, com período de descanso de 15 minutos entre elas. As mudanças dos limiares

tornaram-se mais claras com o aumento do número de exposições. Aumento dos valores da MTL após exposição combinada foram detectados nas frequências de 4 e 6 kHz.

Manninen (1986) pesquisou os efeitos do ruído e VCI isolados e combinados na MTL de sete indivíduos. Foram utilizados VCI no eixo-Z, senoidal em 5 Hz e estocástica entre 1,4-11,2 Hz, ambas com amplitude de  $2,12 \text{ m/s}^2$  e ruído branco a 90 dB(A). Foram aplicadas 3 exposições consecutivas de 16 minutos com período de descanso de 15 minutos entre elas. Os resultados indicaram que a exposição combinada de NPSE e VCI proporcionou um aumento significativo dos limiares auditivos e maiores quando comparado aos efeitos do NPSE isolado, portanto, piorando a audição. Os valores de MTL aumentaram mais intensamente na primeira exposição.

Hamernik et al. (1989) pesquisaram os efeitos da VCI e ruído na audição de 82 Chinchilas. Todos os animais foram expostos durante 5 dias a VCI nas frequências de 30 Hz com amplitude de 3 g rms e 20 Hz com amplitude de 1,3 g rms, associado com ruído nas intensidades de 95, 113, 119 e 125 dB(NPS). A MTL foi medida por meio do exame de potencial evocado auditivo e constatou-se que a associação de VCI e NPSE causou efeitos estatisticamente significativos nas medidas auditivas e ocasionou maiores perdas de células ciliadas externas presentes na orelha interna.

Seidel et al. (1992) avaliaram a audição de 12 sujeitos submetidos a VCI e ruído por meio de um exame de potenciais evocados de longa latência (*auditory-event related brain potentials* - ERP). As exposições combinadas tiveram como características: VCI senoidal na frequência de 2,01 Hz e amplitude de  $2 \text{ m/s}^2$  e ruído do tipo branco a 60 e 80 dB(A), sendo realizadas 2 exposições de 11 minutos cada, com intervalo entre elas de 4 minutos. A combinação teve um forte efeito nas respostas auditivas, sendo observadas dificuldades na discriminação do sinal acústico e efeito sinérgico dessa combinação.

Pekkarinen (1995) por meio de revisão bibliográfica sobre os efeitos da VCI e ruído combinados na audição constatou que em cinco estudos laboratoriais com humanos a MTL foi aumentada pela combinação de VCI (2-10 Hz e  $10 \text{ m/s}^2$ ) e ruído (90 dB(A)).

Fernandes e Morata (2002) investigaram a audição e as queixas auditivas de 35 trabalhadores expostos por 7 horas diárias a combinação de NPSE e VCI. Foi detectada presença de 23% de sujeitos com queixas de zumbido. Dos indivíduos expostos a VCI e NPSE no período de 0-10 anos, 49% apresentaram alguma alteração auditiva. Já os trabalhadores expostos de 11-26 anos, 52% tiveram alteração da audição.

Soliman et al. (2003) estudaram os efeitos da VCI e ruído isolados e combinados na audição de 40 porquinhos da índia saudáveis, sendo que 10 desses animais

foram expostos a combinação de VCI na frequência de 6 a 8 Hz e ruído do tipo branco a 100 dB(NPS) durante 6 horas/dia em quatro semanas consecutivas. Na exposição combinada foram detectados mais efeitos danosos na cóclea e diminuição das amplitudes de todas as frequências no exame de EOAPD, quando comparado com exposição a ruído isolado.

Freitas e Nakamura (2003) investigaram a incidência de sintomas e perda auditiva em 104 motoristas de ônibus de motores dianteiros com um ano ou mais de trabalho que cumpriam uma jornada de 44 horas semanais. Do total de motoristas avaliados, 19% apresentaram perda auditiva, sendo 12% na orelha direita e 15% na esquerda. Observou-se também presença de zumbido em 8% dos trabalhadores.

Silva e Mendes (2005) pesquisaram os efeitos da exposição de motoristas de ônibus a VCI e ao ruído na audição. A amostra foi composta por 190 motoristas, sendo 105 com três anos ou menos de exposição e 85 com mais de cinco anos. Os motoristas permaneciam expostos a VCI na amplitude média de  $0,85 \text{ m/s}^2$  (valor esse acima do limite estabelecido pela ISO 2631-1 (1997) para saúde) e ruído na intensidade média de 83,6 dB(A) para motoristas de ônibus com motor dianteiro e 77 dB(A) para motoristas que operam ônibus com motor traseiro. Foram realizados dois modelos de análises de dados. Pelo modelo de análise de regressão multivariada, não houve interação entre VCI e ruído. Já na análise univariada, os dados foram sugestivos da existência de um efeito combinado entre VCI e ruído na audição.

Izumi, Mitre e Duarte (2006) por meio de levantamento bibliográfico sobre os efeitos da VCI na audição encontraram nos estudos analisados que a VCI atua de forma sinérgica com o ruído, potencializando os danos auditivos causados pelo ruído.

Izumi (2006) em seu estudo sobre os efeitos da VCI e NPSE na audição de 13 indivíduos encontrou que a combinação, tanto no exame de audiometria, quanto no de EOAPD, ocasiona MTL significativa, porém essa mudança não foi pior quando comparada a exposição de NPSE isolado. Foi constatado que na frequência em torno de 4 kHz os valores de MTL foram significativamente menores na exposição combinada quando comparado a exposição de NPSE isolado, ou seja, não foi encontrado efeito sinérgico, mas sim antagonico na frequência de 4 kHz na audiometria e 3640 Hz na EOAPD.

A TABELA 2.3 resume os valores de VCI e ruído utilizados nos estudos. Verifica-se que a literatura é clara quanto aos efeitos da combinação VCI + NPSE na piora auditiva.

TABELA 2.3 – Níveis de VCI e NPSE simultâneos que ocasionaram e não ocasionaram piora da audição.

Níveis de VCI e NPSE simultâneos que ocasionaram piora auditiva	Nível de VCI e NPSE simultâneos que não ocasionaram piora auditiva
<ul style="list-style-type: none"> <li>• NPSE: 82 dB (ruído branco) VCI: 6 mm em 5 Hz e 3 mm em 16,7 Hz, eixo-z, sentado Duração: 20 min</li> <li>• NPSE: 155 dB (ruído branco) VCI: 1g rms em 30 Hz, eixo-z, sentado Duração: 1h</li> <li>• NPSE: 90 e 98 dB(A) (ruído branco) VCI: 2,12 m/s<sup>2</sup> em 5 Hz e 2,65 m/s<sup>2</sup> em 10 Hz, eixo-z, sentado Duração: 48 min</li> <li>• NPSE: 75, 85 e 95 dB(A) (ruído branco) VCI: 2,12 m/s<sup>2</sup> em 5 Hz, eixo-z, sentado Duração: 48 min</li> <li>• NPSE: 90 dB(A) (ruído branco) VCI: 2,12 m/s<sup>2</sup> e 2,44 m/s<sup>2</sup> em 5 Hz, eixo-z, sentado Duração: 48 min</li> <li>• NPSE: 90 dB(A) (ruído branco) VCI: 2,12 m/s<sup>2</sup> em 5 Hz (senoidal) e entre 2,8-11,2 Hz (estocástico) , eixo-z, sentado Duração: 48 min</li> <li>• NPSE: 90 dB(A) (ruído branco) VCI: 2,12 m/s<sup>2</sup> em 5 Hz (senoidal) e entre 1,4-11,2 Hz (estocástico) ,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NPSE: 77 dB(A) e 83,6 dB(A) (ruído branco) VCI: 0,85 m/s<sup>2</sup> Duração: 8h/dia</li> </ul>

<p>eixo-z, sentado</p> <p>Duração: 48 min</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NPSE: 95, 113, 119 e 125 dB(NPS) (ruído branco) VCI: 3g rms em 30 Hz e 1,3g rms em 20 Hz, eixo-z, sentado Duração: 5 dias</li> <li>• NPSE: 60 e 80 dB(A) (ruído branco) VCI: 2 m/s<sup>2</sup> em 2,01 Hz, eixo-z, sentado Duração: 22 min.</li> <li>• NPSE: 90 dB(A) (ruído branco) VCI: 10 m/s<sup>2</sup> entre 2-10 Hz, eixo-z, sentado Duração: não informada</li> <li>• NPSE: 100 dB(NPS) (ruído branco) VCI: amplitude não informada entre 6-8 Hz, eixo-z, sentado Duração: 6h/dia, durante 4 semanas</li> <li>• NPSE: 100 dB(A) (ruído branco) VCI: 2,45 Hz, eixo-z, sentado Duração: 15 min. (NPSE), 18 min. (VCI) No. de exposições: 1x</li> </ul>	
---	--

## 2.5 AUDIÇÃO INTERAURAL E ENTRE GÊNEROS

A maior parte das pesquisas que comparou a audição entre os sexos também comparou a audição entre orelha direita e esquerda, por isso nesta seção serão abordadas ambas as comparações.

Corrêa Filho et al. (2002) estimaram a prevalência de perda auditiva em 108 motoristas de ônibus urbano e constataram que não houve diferença significativa quanto a lateralidade da perda auditiva.

Sahyeb, Costa Filho e Alvarenga (2003) estudaram o comportamento dos limiares auditivos de alta frequência em 50 indivíduos jovens (24 do sexo masculino e 26 do feminino) e audiologicamente normais. Para avaliação utilizou-se audiometria. Os resultados encontrados mostraram que não houve diferença significativa na audição de homens e mulheres e entre orelha esquerda e direita.

Oda, Bernardi e Azevedo (2003) pesquisaram em 40 sujeitos normo-ouvintes (20 do sexo feminino e 20 do sexo masculino) o limiar auditivo em relação às variáveis sexo e orelha por meio do exame de audiometria tonal. Os resultados indicaram que para audiometria de tom puro, a população masculina apresentou na frequência de 4000 Hz resultado na orelha direita estatisticamente melhor que na orelha esquerda. Já a população feminina apresentou nas frequências de 1000 e 6000 Hz, orelha esquerda estatisticamente melhor que a direita. Para audiometria de tom modulado foi constatado que a população masculina na frequência de 2000 Hz teve orelha esquerda melhor que direita e na população feminina essa mesma diferença foi detectada nas frequências de 3000 Hz e 6000 Hz. Em relação à diferença entre os sexos, na audiometria tonal, observou-se significância estatística na orelha direita somente na frequência de 500 Hz e na orelha esquerda somente na frequência de 2000 Hz. Em ambas as orelhas o homem apresentou melhores limiares auditivos. Concluiu-se que lado é uma variável significativa e o sexo masculino apresentou limiares médios melhores que os do sexo feminino.

Retamal et al. (2004) avaliaram os limiares auditivos em 45 indivíduos normo-ouvintes (19 do sexo feminino e 26 do sexo masculino) por meio da audiometria. Os autores não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre sujeitos do sexo feminino e masculino e entre orelha direita e esquerda.

Freitas e Nakamura (2004) investigaram a incidência de perda e sintomas auditivos em 104 motoristas de ônibus de motores dianteiros com um ano ou mais de trabalho que cumpriam uma jornada de 44 horas semanais. Do total de motoristas avaliados que apresentaram perda auditiva, observou-se prevalência de 12% na orelha direita e 15% na esquerda.

Martinho, Zeigelboim e Marques (2005) pesquisaram o perfil audiológico de 66 sujeitos (22 do sexo feminino e 44 do masculino) sem queixa auditiva por meio da audiometria. Não houve diferença estatisticamente significativa interaural no sexo

masculino, mas houve diferença significativa interaural no sexo feminino, sendo que a orelha direita, somente na frequência de 11.200 Hz, apresentou piores limiares que a esquerda. Houve diferença estatisticamente significativa entre sexos somente na orelha direita e nas frequências de 10 e 16 kHz, com melhor resultado para o sexo masculino.

Silva e Feitosa (2006) estudaram os limiares auditivos de 64 sujeitos normoacústicos por meio da audiometria. Foi observada diferença estatisticamente significativa entre os gêneros, sendo que o sexo feminino apresentou limiares menores na faixa de frequência entre 3 e 10 kHz.

Lopes et al. (2007) investigaram os limiares auditivos de 30 crianças normo-ouvintes de 7 a 13 anos sendo 18 do gênero masculino e 12 feminino por meio de audiometria. Houve diferença estatisticamente significativa entre as médias na orelha esquerda e direita nas frequências de 9 e 11,2 kHz.

Barbosa de Sá et al. (2007) analisaram a audição de 51 indivíduos adultos jovens normo-ouvintes (32 mulheres e 19 homens) por meio da audiometria tonal. Houve diferença estatisticamente significativa entre orelha direita e esquerda somente nas frequências de 11 e 12 kHz e não foi observado diferença entre os gêneros.

Carvalho et al. (2007) investigaram os limiares auditivos de 74 sujeitos adultos jovens normais audiológicamente (26 homens e 48 mulheres) utilizando audiometria. Foi observada diferença estatisticamente significativa entre homens e mulheres nas frequências altas de 9 a 20 kHz, exceto na frequência de 16 kHz. Não houve diferença entre os limiares das orelhas esquerda e direita.

Santos e Ferreira (2008) avaliaram os limiares auditivos em 4.837 sujeitos (4.266 homens e 571 mulheres) expostos a ruído ocupacional utilizando audiometria tonal. Foram constatados piores limiares na orelha direita e em relação ao sexo as mulheres apresentaram diferença significativa na faixa de 0,5 a 2 kHz e os homens de 3 a 6 kHz.

### **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo será apresentada a metodologia adotada para a realização dos testes experimentais com todo o embasamento necessário para a seleção dos voluntários, exames auditivos utilizados, para a escolha dos níveis utilizados e procedimentos gerais adotados.

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Trata-se de um estudo transversal cuja coleta de dados foi realizada no período de abril a julho de 2010 no Ambulatório de Audiologia do Hospital das Clínicas/UFMG.

Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – COEP/UFMG- sob o parecer de nº ETIC 0497.0.203.000-09, conforme pode ser visto no Anexo A.

#### **3.2 SELEÇÃO DOS VOLUNTÁRIOS**

A população desta pesquisa foi composta por adultos jovens com audição dentro dos padrões de normalidade, sem histórico de exposição ocupacional a ruído e/ou vibração. A amostra constou de 19 voluntários, sendo 10 homens e 9 mulheres, com idade média de 23,6 anos (desvio padrão de 5,3), peso médio de 68,3 quilos (desvio padrão de 15,8) e altura média de 1,70 metros (desvio padrão de 0,10).

Cada voluntário foi submetido a anamnese (Anexo B), onde se questionou sobre a saúde auditiva em geral, hábitos, riscos ocupacionais e sobre eventuais fatores que impossibilitassem sua participação ou afetassem os resultados dos testes de alguma forma. Os voluntários considerados aptos após a entrevista da anamnese receberam todas as orientações relacionadas aos testes por escrito e, após concordarem em participar e estarem cientes de todo o procedimento, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cujo modelo encontra-se no Anexo C.

### 3.3 EXAMES AUDITIVOS

Cada voluntário submeteu-se a uma avaliação audiológica que contemplou meatoscopia, audiometria e emissões otoacústicas por produto de distorção (EOAPD) para verificação das condições auditivas e também para determinação de referências para futuras comparações pós-testes.

Caso algum voluntário apresentasse alteração nos exames auditivos e problemas de saúde conforme as recomendações de Griffin (1996) seria excluído da amostra, pois a presença de tais características poderia mascarar os resultados obtidos na pesquisa. Entretanto, não houve exclusão entre os voluntários inicialmente selecionados.

Alterações temporárias da audição foram mensuradas por meio da MTL e para a sua detecção no momento de maior amplitude é recomendado sua mensuração 2 minutos após cessada cada exposição (Kinsler et al. 1982), conforme mostrado no item 2.1. Manninen (1983a, 1983b, 1984, 1985, 1986) em seus estudos obteve precisão no tempo de controle entre o término das exposições e a medição da audição, pois o teste auditivo utilizado foi somente a audiometria em apenas duas frequências específicas. Já nesta pesquisa utilizou-se 2 diferentes tipos de exames auditivos e um número maior de frequências foram avaliadas. Porém, procurou-se controlar o tempo dos intervalos entre os exames, realizando a audiometria imediatamente após cada exposição, o que ocasionou a realização do exame das EOAs aproximadamente 3 minutos após cada exposição. Além disso, o tempo mínimo de 14h de repouso auditivo entre as exposições foi respeitado, pois é imprescindível que exista esse tempo de modo a permitir a completa recuperação da orelha após as estimulações a ruído de acordo com a NR-7 (Ministério do Trabalho/Brasil,1998).

A seguir a descrição dos testes audiológicos realizados.

#### 3.3.1 Meatoscopia

Meatoscopia é um exame de referência que consiste na investigação luminosa do meato acústico externo (MAE). É importante que o MAE esteja livre de quaisquer tipos de obstruções para que sejam realizados os exames audiológicos (audiometria tonal e Emissões Otoacústicas por produto de distorção) de maneira eficaz para avaliação da capacidade auditiva dos voluntários.

Os indivíduos com presença de anormalidades identificadas na meatoscopia foram encaminhados ao médico Otorrinolaringologista para avaliação e conduta.

### 3.3.2 Audiometria Tonal

Audiometria tonal é um exame subjetivo da audição, ou seja, depende da resposta do indivíduo, sendo importante a explicação precisa por parte do fonoaudiólogo. O exame é realizado com fones de ouvido, em cabina acústica e consiste em determinar o limiar auditivo, ou seja, a menor intensidade sonora perceptível ou a menor intensidade sonora necessária para provocar a sensação auditiva no indivíduo em uma série de frequências (Frota, 1998).

Para minimizar os efeitos subjetivos/objetivos como calor, luminosidade, ruído, etc., as audiometrias foram realizadas no mesmo ambiente, em equipamento devidamente calibrado, com o mesmo fonoaudiólogo e as devidas orientações foram fornecidas aos voluntários de forma que estes se familiarizassem com o procedimento para realização do exame. Sendo assim, cada voluntário foi orientado sobre como proceder nos dias antecedentes aos testes, como repouso adequado, evitar lugares ruidosos ou de música amplificada que poderiam provocar MTL e conseqüentemente mascarar os resultados da pesquisa.

Utilizou-se o mesmo audiômetro devidamente calibrado - AC33-Interacoustics de dois canais com fones TDH 39 - (ver FIGURA 3.2 e FIGURA ) para realização dos exames audiométricos por via aérea e para a geração do ruído para os testes que envolviam NPSE. Ver Anexo D referente às especificações técnicas do mesmo.



FIGURA 3.2 - Audiômetro AC33 utilizado na audiometria e teste com NPSE



FIGURA 3.3 – Fone de ouvido TDH39 utilizado nos exames de audiometria e testes com NPSE.

Os limiares auditivos de cada voluntário, pesquisados pela técnica descendente (Frota, 1998), foram registrados em um audiograma (modelo de audiograma no Anexo E). As frequências avaliadas via aérea foram: 0,25; 0,5; 0,75, 1; 2; 3; 4; 6 e 8 kHz e os resultados foram classificados de acordo com o grau da audição, normal ou alterados, segundo a classificação de Lloyd e Kaplan (1978). Aqueles que apresentassem alteração no exame de referência seriam excluídos, entretanto, todos os voluntários estavam dentro dos padrões de normalidade no exame audiométrico, ou seja, os limiares auditivos, nas frequências citadas acima, encontravam-se abaixo ou até 25 dB(NA), conforme Portaria nº 19 da NR-7 (Ministério do Trabalho/Brasil, 1998).

Foram realizados dois exames de audiometria em cada voluntário no 1º dia de testes, portanto, antes de todas as exposições (ou seja, VCI, NPSE ou VCI+NPSE), de modo a se obter uma média que foi utilizada como valor de referência para posterior comparação com os exames pós-exposições.

### 3.3.3 Emissões Otoacústicas por Produto de Distorção (EOAPD)

As emissões otoacústicas foram primeiramente observadas pelo inglês David Kemp, em 1978, o qual as definiu como liberação de energia sonora originada na cóclea, que se propaga pela orelha média, até alcançar o conduto auditivo externo (Kemp et al. 1986).

O funcionamento auditivo normal inclui o mecanismo coclear passivo e ativo que dependem da intensidade do estímulo sonoro que chega até a orelha interna. Sons acima de 40-60 dB(NPS) acionam na cóclea o mecanismo passivo. Essa energia sonora é suficiente para mover os cílios das células ciliadas internas, o que leva à despolarização da própria célula e liberação de neurotransmissores que produzem um potencial de ação no nervo acústico, transmitindo a mensagem auditiva até o sistema nervoso central. Já sons

abaixo de 40 dB(NPS) acionam o mecanismo de audição ativo. Essa energia sonora recebida não é suficiente para estimulação direta das células ciliadas internas. Porém, essa energia é suficiente para movimentar os cílios das células ciliadas externas, abrindo os canais de potássio, o que despolariza a célula e muda o seu comprimento. A mudança de comprimento provoca maior movimento do ducto coclear, o que gera inclinação dos estereocílios das células ciliadas internas, transmitindo então a mensagem auditiva até o sistema nervoso central. Esse mecanismo ativo é conhecido como amplificador coclear (Frota, 1998; Musiek e Rintelmann, 2001). Para melhor visualização e ilustração das estruturas responsáveis pelas emissões otoacústicas segue a FIGURA 3.4 representando a orelha humana e suas subdivisões e a FIGURA 3.5 representando parte da orelha interna, região coclear.

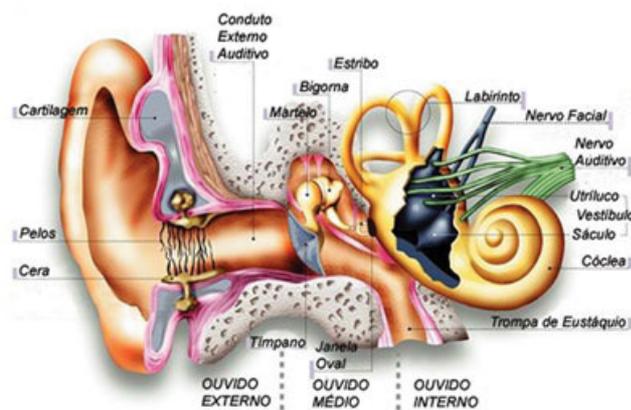


FIGURA 3.4 – Representação da orelha e suas subdivisões

FONTE: <http://www.telexbr.com.br/mockup/aura/php/informacao2.php?id=7>

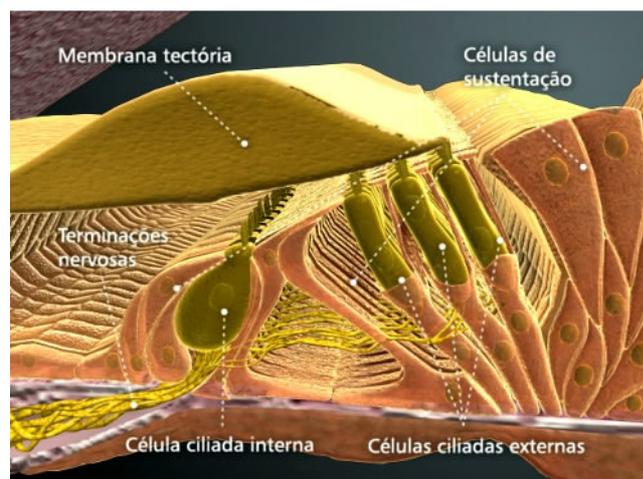


FIGURA 3.5 – Representação da cóclea, parte da orelha interna, com foco nas células ciliadas externas responsáveis pelas emissões otoacústicas (EOA's)

FONTE: Weng et al (2003) - software "Homem virtual: Audição"

As EOAs, ou seja, a energia liberada e transmitida de volta ao conduto auditivo externo onde podem ser mensuradas, são resultado da amplificação da movimentação do ducto coclear devido ao processamento ativo dos sons feito pelas células ciliadas externas Figueiredo (2003).

Há dois tipos de EOAs, as espontâneas e as evocadas. As espontâneas consistem no mecanismo natural de amplificação coclear e as evocadas são provocadas em resposta a um estímulo acústico. No presente trabalho optou-se por realizar a pesquisa das EOAs do tipo Produto de Distorção (EOAPD), pois esta é uma avaliação que monitora um amplo espectro de frequência, 750 Hz- 7969 Hz, e é capaz de identificar disfunções cocleares iniciais antes de ocorrerem lesões ocasionadas por exposição a ruído.

Segundo Fiorini e Parrado-Moran (2005), um dos testes mais promissores para o diagnóstico audiológico tem sido o de EOA. Trata-se de um exame que começou recentemente a ser utilizado para diagnóstico e monitoramento de perdas auditivas ocupacionais. É um exame objetivo, simples, rápido, não invasivo e pode ser realizado em qualquer faixa etária, sendo que a EOAPD utilizada nesta pesquisa permite investigar respostas nas frequências de 750 Hz a 8000 Hz.

No exame de emissão otoacústica por produto de distorção (EOAPD) são apresentados estímulos sonoros simultaneamente nas frequências  $f_1$  e  $f_2$ . O resultado é uma intermodulação, que é o produto de distorção na frequência resultante de maior resposta. A melhor amplitude de resposta do exame ocorre na frequência equivalente a  $2f_1 - f_2$  e o protocolo geralmente utilizado para mensurar as emissões incorpora uma razão entre as frequências ( $f_1/f_2$ ) de 1,22 (Fiorini e Parrado-Moran, 2005). As respostas auditivas também podem variar de acordo com a intensidade dos estímulos sendo a intensidade em  $f_1$  igual a  $L_1$  e a intensidade em  $f_2$  igual a  $L_2$ . As intensidades podem variar, por exemplo:  $L_1=L_2$  ou  $L_1>L_2$  (Figueiredo, 2003). Stover et al. (1996) constataram que os estímulos acústicos nas intensidades de  $L_1= 65$  dB(NPS) e  $L_2 = 55$ dB(NPS) são mais eficazes para gerar resposta acima de 500 Hz. Dessa forma, utilizou-se neste trabalho os valores de intensidade mencionados por Stover et al. (1996). O estímulo sonoro foi transmitido por uma sonda que é colocada no conduto auditivo externo por meio de uma oliva em espuma. Esta mesma sonda também funciona como um microfone e capta a resposta coclear sendo essa resposta a EOAPD.

Nesta pesquisa, para o registro das emissões otoacústicas por produto de distorção utilizou-se o equipamento AUDX – Bio-logic® (ver FIGURA 3.6), cujas características técnicas estão apresentadas no Anexo F. O critério utilizado para considerar

as EOAPD presentes foi a relação sinal/ruído de fundo até 6 dB(NPS) (Musiek e Rintelmann, 2001). Este critério de presença/ausência de emissões otoacústicas foi considerado somente na seleção dos valores de referência de cada voluntário, ou seja, se em uma determinada frequência algum indivíduo tivesse ausência de resposta em condições normais, o que é natural de ocorrer, o sujeito seria excluído da amostra somente nesta frequência. É importante deixar claro que o objetivo de se utilizar o exame de EOAPD nessa pesquisa é monitorar a audição por meio da variação das amplitudes das respostas das emissões otoacústicas verificando se há piora estatisticamente significativa destas após cada exposição aos agentes vibração e/ou ruído.



FIGURA 3.6 – Aparelho de EOAPD utilizado na pesquisa

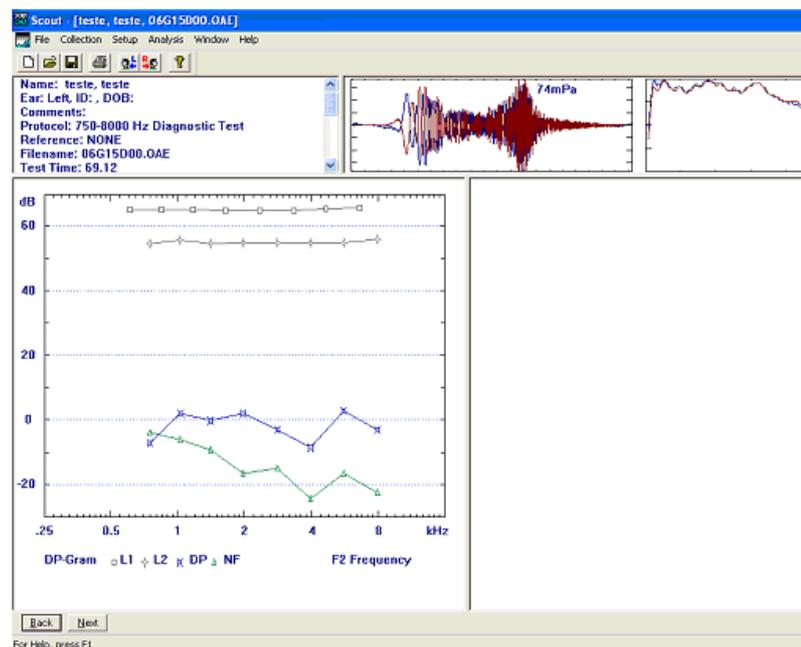


FIGURA 3.7 – Grafico Dp-gram – Equipamento AUDX

O exame de EOAPD foi realizado em cabina acústica e registrado no gráfico Dp-gram que apresenta as amplitudes das respostas medidas (ver FIGURA 3.7). Neste, os eixos das abscissas e ordenadas correspondem, respectivamente, a frequência e

intensidade, onde a linha com legenda DP representa as amplitudes da EOA em cada frequência e a linha com legenda NF corresponde ao registro do ruído de fundo do ambiente em que o exame é realizado. L1 e L2 representam as intensidades utilizadas.

Foram realizados inicialmente, na condição de normalidade, ou seja, no 1º dia de testes antes de todas as exposições (VCI, NPSE ou VCI+NPSE), dois exames de EOAPD em cada voluntário de forma consecutiva e o valor médio foi utilizado como valor de referência, para posterior comparação com os exames pós-exposições.

### **3.4 AVALIAÇÃO DAS QUEIXAS AUDITIVAS E EXTRA-AUDITIVAS**

A fim de se investigar as prováveis queixas auditivas e extra-auditivas que possam estar presentes após as exposições à VCI, NPSE ou a combinação destes dois estímulos, utilizou-se como instrumento investigatório o questionário elaborado pela pesquisadora, baseado em sintomas normalmente reportados na literatura. Este foi preenchido duas vezes para cada tipo de estímulo, visto que foram aplicados em dois momentos distintos como será descrito nos itens que se seguem (itens 3.5, 3.6 e 3.7). Portanto, os questionários foram preenchidos logo após o primeiro e segundo momento de cada estímulo. Tratou-se de um questionário objetivo, com opções de respostas que se resumiam em sim ou não e que continha os sintomas tanto relacionados à audição (como zumbido, dor de ouvido, entre outros); como relacionados à saúde em geral (como dor de cabeça, dor na coluna, desatenção, cansaço, dentre outros). O modelo deste questionário encontra-se no Anexo G.

### **3.5 EXPOSIÇÕES A VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO (VCI)**

Os valores de VCI utilizado neste trabalho, tanto no que se refere à frequência, quanto à amplitude, foram baseados em situações cotidianas, ocupacionais e em pesquisas similares a este trabalho (Manninen 1986, 1985, 1984, 1983a e 1983b; Manninen e Ekblom, 1984; Seidel et al. 1992; Izumi, 2006) que serviram como base para a metodologia utilizada.

Como mostrado no item 2.2, na maior parte deles, os valores de frequência foram abaixo de 8 Hz. Balbinot (2001), Scarlett e Stayner (2005) e Rehn et al. (2005) evidenciaram que para grande parte dos veículos em situações reais, a frequência onde ocorre o pico máximo de amplitude está em torno ou abaixo de 6 Hz.

É importante ressaltar que o Valor de Exposição Limite (ELV), recomendado pela Diretiva Européia (2002) foi considerado para garantir a segurança dos voluntários. Portanto, para a determinação do tempo e amplitude de vibração a serem utilizados, respeitado o limite de ELV estabelecido pela Diretiva européia, usou-se a EQ. ((2.1)) repetida abaixo e a calculadora “*Whole body vibration calculator*” (HSE, 2006). Neste caso,  $e$  foi igual a 2, por estar se procurando o valor de amplitude e não o valor dose de vibração (VDV).

$$T_1 = \left( \frac{a_{w2}}{a_{w1}} \right)^e T_2 (8h) \quad (2.1)$$

Esta calculadora consiste em uma planilha por meio da qual é possível determinar a amplitude ou o tempo de vibração a ser utilizado equivalente a oito horas de trabalho fixando-se a outra variável. Esta leva em consideração que quando existe mais de um período de exposição, deve-se considerar o somatório de todas as exposições, conforme mostrado no adendo de 2010 da norma ISO2631-1 de 1997 (ISO2631-1, 2010). Além disto, esta fórmula foi reestruturada na ISO2631-1 (2010) para incluir a exposição nos 3 eixos perpendiculares, ou seja:

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_i a_{wli}^2 T_i} \quad (3.1)$$

Onde:

$a_{wli}$  = amplitude ponderada em freqüência rms, determinada em um período de tempo  $T_i$

$l = x, y, z$

$k_l = 1,4$  (eixos -x e -y) e 1 (eixo-z)

$T_0 =$  duração de referência 8h (28.800 s)

Na ISO2631-1 (2010) existe uma menção explícita que para ambientes ocupacionais os resultados devem ser comparados aos valores legais como aqueles estabelecidos na Diretiva Européia (2002). Além disto, nesta é mencionado que para avaliações de saúde, deve-se considerar o eixo com maior amplitude.

Então, levando-se em consideração a EQ.(3.1) e a planilha de cálculo mencionada acima, foi estipulado um tempo de 18 minutos para cada exposição, sendo que cada voluntário foi submetido a duas exposições de VCI com amplitude de 2,12 m/s<sup>2</sup> rms no

eixo Z e intervalo de 10 minutos entre elas. Desta maneira, considerando que a excitação é aplicada no eixo-z, utilizando o  $T_1 = 18$  min e o  $a_{w1} = 2,12$  m/s<sup>2</sup> na EQ. (3.1) chega-se a um  $a_{w2} = 0,41$  m/s<sup>2</sup> para a primeira exposição e um  $a_{w2} = 0,58$  m/s<sup>2</sup> para a segunda exposição. Desta forma, 1ª exposição foi inferior ao valor de EAV (valor de exposição para ação) de 0,5 m/s<sup>2</sup> e a 2ª exposição foi inferior ao valor de ELV (valor de exposição limite) de 1,15 m/s<sup>2</sup> indicados na Diretiva Européia, garantindo assim a segurança dos voluntários. Além disto, com estes dois níveis de exposição total, é possível se comparar os resultados encontrados com aqueles obtidos na pesquisa de Izumi (2006), que também utilizou um valor de exposição total inferior ao EAV, e na pesquisa de Manninen (1984, 1985), que utilizou valores de exposição total superiores ao EAV.

### 3.5.1 Descrição dos equipamentos e dos testes de VCI

Utilizou-se uma plataforma vibratória composta por uma chapa de aço com dimensões 750 x 1000 x 3 mm e bordas dobradas, apoiada sobre quatro molas de compressão também de aço com diâmetro médio da espira de 76 mm, altura de 350 mm, diâmetro do arame de 6 mm e 9 espiras. As molas eram guiadas por tubos de PVC externos a um tubo de aço soldado em uma base plana de metal de modo a garantir o movimento vertical da mola. O excitador da marca Dynamics Solution®, modelo VTS150, foi instalado sob a chapa. Para transmitir o movimento do excitador à chapa, usou-se uma haste de aço que garantiu a transmissão contínua da oscilação do excitador para a chapa, uma vez que estava fixada tanto no excitador quanto na chapa. Em cima dessa montagem apoiou-se uma cadeira metálica, com assento e encosto de madeira sem qualquer acolchoamento, onde o voluntário permaneceu sentado.

Um desenho esquemático da montagem pode ser visto na FIGURA 3.8, assim como uma foto da mesma na FIGURA 3.9.

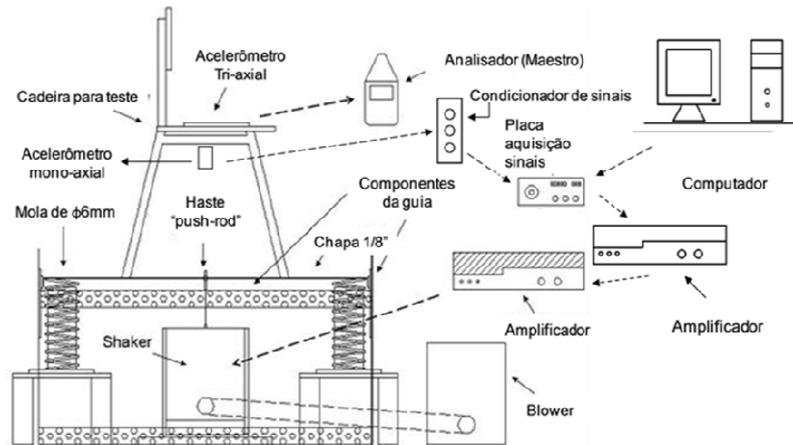


FIGURA 3.8 – Desenho esquemático do sistema vibratório



FIGURA 3.9 – Foto da montagem

O sinal senoidal de 5 Hz foi gerado por uma placa de aquisição de sinais NI SPEEDY 33 e amplificado por dois amplificadores (Crown Amplifier® CE2000 e Bruel &Kjaer, modelo 2718) devido a potência necessária para excitação. Em seguida este sinal era transmitido ao excitador. Para evitar superaquecimento do excitador, foi utilizado um sistema de ventilação (*Blower*) que ficou ligado durante todo o teste. Sobre o assento da cadeira colocou-se um acelerômetro tri-axial APTechnologies® AP5213 embutido em adaptador de assento padronizado e ligado a um analisador de sinais de quatro canais com ponderações da norma ISO 2631-1 (1997) para vibrações de corpo inteiro, modelo Maestro da marca 01dB, que foi utilizado para verificar o nível de amplitude que estava sendo enviado ao voluntário durante os testes. Sob o assento da cadeira colocou-se um acelerômetro mono-axial (acelerômetro de controle) e o sinal medido por esse acelerômetro seguia para um condicionador de sinais PCB Piezotronics – model 482A22.

Após ser condicionado o sinal seguia para a placa de aquisição de sinais NI SPEEDY 33 fechando assim a malha de controle. Essa placa também estava conectada a um computador tornando possível monitorar todo o sistema e fazer, quando necessário, modificações em alguns parâmetros de controle (como ganho do controlador, valor de referência) ou de excitação (como frequência), dentre outros. Uma descrição mais detalhada sobre os equipamentos pode ser vista no Anexo H.

Nas exposições a VCI isolada, os voluntários utilizaram protetores auriculares da marca Elvex (ver Anexo I para detalhes), para garantir que o efeito auditivo medido fosse resultado exclusivo da VCI, sem interferências de ruído externo, visto que o sistema de ventilação (*Blower*) gera um ruído em torno de 70 dB.

Na exposição à VCI isolada, o voluntário (sempre utilizando o protetor auricular) permaneceu sentado na cadeira posicionada sobre a plataforma vibratória descrita acima. Após os 18 minutos de estimulação o voluntário seguia para a realização dos exames auditivos comparativos, audiometria e EOAPD, respectivamente, e preenchimento do questionário sobre sintomas auditivos/extra-auditivos. Após dez minutos o voluntário retornava para a plataforma e, novamente, após 18 minutos de estimulação seguia para os mesmos exames auditivos comparativos finais e preenchimento do questionário.

### **3.6 EXPOSIÇÕES A NPSE (RUÍDO)**

O nível de ruído utilizado foi determinado baseado em normas ocupacionais que determinam um valor limite de exposição em função do tempo de exposição de modo a se ter preservada a saúde auditiva. Além disto, de modo a permitir uma comparação com estudos semelhantes a este trabalho (Manninen 1986, 1985, 1984, 1983a e 1983b; Seidel et al. 1992; Izumi, 2006) os níveis utilizados foram similares. Porém deve-se ressaltar que o objetivo do trabalho é verificar a ocorrência de MTL diante do NPSE e, portanto, utilizou-se um valor onde pretendia-se que tal fenômeno estivesse presente.

De acordo com a Fundacentro – Norma de Higiene Ocupacional – NHO (2001), os valores de exposição diária de um trabalhador em ambientes com ruído é calculado considerando como referência uma dose diária de 100% de exposição a valores de 85 dB(A) durante 8 horas de trabalho. A TABELA 3.1 apresenta a relação do tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído apresentado nesta norma.

Nesta pesquisa, assim como foi feito para a VCI, para o NPSE também foram realizadas duas exposições com intervalo de 10-12 minutos. Cada exposição à NPSE correspondeu a 96 dB(A) durante 18 minutos, sendo esse nível equivalente a uma dose diária de 100%. Ressalta-se que o nível utilizado nesta pesquisa seguiu os padrões estipulados pela Fundacentro (2001), que são muito menores que os níveis estabelecidos pela NR-15 (Ministério do Trabalho/Brasil, 1978). Dessa forma, a segurança dos voluntários foi garantida. O ruído selecionado foi de banda larga do tipo ruído branco, onde a energia sonora é distribuída uniformemente ao longo do espectro de frequências audíveis (20 a 20000 Hz) em intensidades equivalentes (Everest, 2001). A utilização do ruído branco foi com o objetivo de permitir a estimulação da cóclea de forma uniforme a fim de averiguar os efeitos em uma grande gama de frequências. Além disto, este ruído abrange também aqueles encontrados em ambientes industriais, além de que estudos anteriores também utilizaram o mesmo tipo de ruído (Manninen, 1983a, 1983b, 1984, 1985, 1986; Figueiredo, 2003, Zhu et al., 1997), o que facilita a comparação.

TABELA 3.1 - Exposição permissível em função do nível de ruído

<b>Nível de ruído dB(A)</b>	<b>Tempo máximo diário permissível (Tn) [minutos]</b>
80	1.523,90 (25h:23min:54s)
81	1.209,52 (21h:30min:31,2s)
82	960,00 (16h)
83	761,95
84	604,76
85	480,00 (8h)
86	380,97
87	302,38
88	240,00 (4h)
89	190,48
90	151,19
91	120,00 (2h)
92	95,24
93	75,59
94	60,00 (1h)
95	47,62
96	37,79
97	30,00 (1/2h)
98	23,81
99	18,89
100	15,00 (1/4h)

FONTE – Fundacentro (2001).

O sinal do ruído de banda larga foi gravado através de um computador para um MP3 player e transmitido ao mesmo audiômetro utilizado nos exames de audiometria tonal (AC33- Interacoustics). O audiômetro recebeu o sinal ruidoso, ajustou sua intensidade e transmitiu esse sinal aos fones do tipo TDH-39 devidamente regulados e calibrados.

Nas exposições à NPSE, o voluntário após os 18 minutos de estimulação seguia para a realização dos exames auditivos comparativos, audiometria e EOAPD respectivamente, e preenchimento do questionário sobre sintomas auditivos/extra-auditivos. Após dez minutos o voluntário retornava para a plataforma e, novamente, após 18 minutos de estimulação seguia para os mesmos exames auditivos comparativos finais e preenchimento do questionário.

### **3.7 EXPOSIÇÕES A NPSE E VCI SIMULTANEAMENTE**

Na estimulação combinada foram utilizados os mesmos equipamentos e as mesmas características (nível e duração) de vibração e ruído usados nas exposições isoladas.

Nas duas exposições a NPSE associado à VCI o voluntário recebeu a estimulação auditiva (NPSE) concomitantemente à estimulação de VCI e após os 18 minutos de estimulação, o voluntário seguia para a realização dos exames auditivos comparativos, audiometria e EOAPD, e preenchimento do questionário sobre sintomas auditivos/extra-auditivos. Após dez minutos, o voluntário retornava para a plataforma e, novamente, após 18 minutos da estimulação combinada, seguia para a realização dos mesmos exames auditivos comparativos finais e preenchimento do questionário.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo serão apresentados os testes estatísticos utilizados, os resultados encontrados e suas respectivas discussões. Serão mostradas as considerações sobre o tamanho da amostra e outros aspectos necessários para execução e interpretação das análises estatísticas. Serão apresentados tanto os resultados dos exames auditivos, quanto das queixas auditivas e extra-auditivas encontradas após cada exposição aos agentes físicos estudados (VCI, NPSE ou a combinação NPSE + VCI).

### **4.1 JUSTIFICATIVA PARA O TAMANHO DA AMOSTRA**

Houve grande dificuldade para a composição da amostra, já que para a participação nesta pesquisa foi necessário o comparecimento dos voluntários em três dias distintos, além de haver também os limitadores de idade e doenças auditivas pregressas que excluíram voluntários da amostra.

Além disto, não houve nenhum tipo de ressarcimento aos voluntários que participaram da pesquisa.

Porém, como estava previsto ressarcimento ao hospital onde foram realizados os exames, houve necessidade de se limitar o número de voluntários a um mínimo imprescindível para se poder atingir os objetivos mínimos do trabalho.

Desta forma, conseguiu-se uma amostra composta por 19 voluntários, sendo 10 homens e 9 mulheres (de modo a se comparar também os resultados entre gênero). Os testes estatísticos utilizados nesta pesquisa para análises dos dados são adequados para pequenas amostras, apresentando assim resultados confiáveis para os dados coletados.

Além disto, pode-se perceber que a grande maioria dos trabalhos nesta área de VCI envolve em torno de 8-30 voluntários (Rakjeda et al. 2010), estando portanto, a amostra escolhida dentro deste intervalo.

### **4.2 TESTES ESTATÍSTICOS**

Para as análises estatísticas apresentadas nesta pesquisa, foi utilizado o Software Estatístico SPSS<sup>®</sup> versão 18.0.

Entretanto, antes da explanação sobre os testes estatísticos utilizados julga-se necessário esclarecer os tipos de dados analisados e seus tratamentos para uma correta

análise estatística. Os dados obtidos dos exames auditivos, audiometria e emissão otoacústica por produto de distorção, em decibels - dB(A) e dB(NPS) - estão em escala logarítmica, e como para o software estatístico usado não há como informá-lo que os dados estão nesta escala, para não se cometer erros de análise usando a escala errada, foi necessário mudá-la de logarítmica para linear (Izumi, 2006). Dessa forma, o software estatístico que está adequado para analisar dados em escala linear, o fará corretamente não prejudicando a obtenção de resultados estatisticamente corretos. Para a conversão dos resultados audiométricos em dB(A) para valores lineares utilizou-se a EQ. (4.1):

$$\text{Valor linear} = 0,00002 \times 10^{((\text{dB(A)} - \text{ponderação})/20)} \quad (4.1)$$

Sendo que os valores de ponderação são específicos e dados para cada frequência avaliada, conforme mostrado na EQ. (4.2) (Izumi, 2006; Wolfe, 2006), onde  $f$  é a frequência linear em questão (em Hz). O valor 0,00002 acima corresponde ao valor de 20  $\mu\text{Pa}$  mostrado na EQ. (2.3) para conversão de dB(A) para dB(NPS) inicialmente.

$$\text{ponderação} = \frac{12200^2 \cdot f^4}{(f^2 + 20,6^2) \cdot (f^2 + 12200^2) \cdot \sqrt{(f^2 + 107,7^2)} \cdot \sqrt{(f^2 + 737,9^2)}} \quad (4.2)$$

Para a conversão dos resultados da EOA em dB(NPS) para valores lineares utilizou-se a EQ. (4.3):

$$\text{Valor Linear} = 10^{\text{dB(NPS)}/20} \quad (4.3)$$

Inicialmente realizou-se o teste estatístico de normalidade Shapiro-Wilk que é usado para determinar se um conjunto de dados de uma dada variável aleatória, é bem modelada por uma distribuição normal ou não (Vieira, 1980). No caso desta pesquisa este teste verificou se as amostras dentro dos exames de audiometria e de emissão otoacústica seguiam uma distribuição normal. Foi observado que a amostra para o exame de audiometria não seguiu a distribuição normal, mas para o exame de emissão otoacústica a amostra se enquadrou na normalidade. Diante disso, testes estatísticos diferentes foram usados para ambos os exames auditivos, ou seja, testes não-paramétricos para a audiometria e testes paramétricos para EOA.

Para análise estatística dos dados relacionados aos sintomas auditivos e extra-auditivos, dados obtidos pelo exame de audiometria e para constatação se houve diferenças estatísticas entre orelha direita e esquerda utilizou-se o teste não-paramétrico de Wilcoxon. De acordo com (Siegel, 1975 e Vieira, 1980, 2004), o teste não paramétrico de Wilcoxon é

adequado para populações que não se enquadram no padrão de distribuição normal, para amostras pequenas e dependentes e para comparação de dados pareados que é exatamente o caso dos dados desta pesquisa citados neste parágrafo. Este teste estatístico realiza as análises baseando nos valores de mediana da amostra.

Já para análise estatística dos dados relacionados ao exame de emissão otoacústica utilizou-se o teste estatístico paramétrico T de *Student* para observações pareadas que baseia suas análises considerando as médias. Todo teste paramétrico exige que as amostras tenham distribuição normal, especialmente se tiverem uma dimensão inferior a 30. Além disso, o teste T de *Student* permite comparações de dados par a par e de dados pertencentes aos mesmos indivíduos expostos a mais de uma situação, a fim de verificar os efeitos antes e após algum tratamento (Vieira, 1980).

Para verificar se houve diferenças entre os sexos nos exames de audiometria e EOA em todas as frequências utilizou-se o teste de Mann-Whitney. Este teste estatístico é aplicado para duas amostras independentes e pequenas como é caso da comparação entre sexos e realiza as análises se baseando nos valores de mediana (Vieira, 2004).

Para os três testes estatísticos (Wilcoxon, T de *Student* e Mann-Whitney) foram consideradas:

- hipótese nula ( $H_0$ ): ausência de diferenças entre os resultados dos exames;
- hipótese alternativa ( $H_1$ ): presença de diferença estatisticamente significativa entre os resultados.

Os resultados significativos foram representados pelo nível de significância igual ou menor a 0,05 (p-valor), ou seja, o nível de confiança dos resultados que forem significativos é de 95%.

Para os exames de audiometria,  $H_1$  consiste em pesquisar se o exame pós-teste apresentou limiares maiores do que a referência, ou seja, VCI, NPSE ou NPSE+VCI > referência. Já para os exames de EOAs o contrário é verdadeiro, ou seja,  $H_1$  pesquisa se o exame pós-teste apresentou resultados menores do que a referência, uma vez que para esse exame, se busca a diminuição na amplitude da resposta da orelha após o estímulo, ou seja, VCI, NPSE ou NPSE+VCI < referência.

Os resultados também serão apresentados em gráficos chamados “*Boxplots*”, onde há a representação dos valores medidos em quartis de variação. Este tipo de gráfico é útil na representação das medidas obtidas nesta pesquisa uma vez que além dos quartis, ele representa também os valores extremos da amostra (Triola, 1999).

## 4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

### 4.3.1 Entre Gênero Feminino e Masculino

Optou-se neste tipo de análise verificar se houve diferença estatisticamente significativa entre os gêneros, apenas para os valores obtidos como referência, tanto para os exames de audiometria quanto de EOA. Conforme já mencionado a população estudada consistiu de 10 homens e 9 mulheres. O teste estatístico utilizado para tal análise como mencionado na seção anterior foi o teste não-paramétrico de Mann Whitney.

A TABELA 4.1 e a TABELA 4.2 apresentam o resultado da análise estatística para os valores auditivos de referência detectados pela audiometria e EOA, respectivamente, para comparação entre o sexo feminino e masculino. Nestas, a hipótese  $H_1$  refere-se à presença de diferenças entre a audição de homens e mulheres nos exames de referência.

Analisando estas tabelas, foi observado neste estudo que não há diferença entre audição de homens e mulheres em condições normais, ou seja, sem exposição a nenhum tipo de agente físico, corroborando com os achados de Sahyeb, Costa Filho e Alvarenga (2003); Retamal et al. (2004) e Barbosa de Sá et al. (2007). Por isso nesta pesquisa as análises estatísticas subsequentes foram realizadas considerando-se a amostra como um todo, ou seja, homens e mulheres juntos. Desta forma, o tamanho da amostra para as demais análises estatísticas, ou seja, verificação da influência dos vários agentes físicos (VCI, NPSE ou combinação), momentos da exposição e orelha, torna-se maior, pois serão analisados os 19 voluntários conjuntamente.

A literatura é controversa quanto à existência de diferença entre a audição de homens e mulheres sendo que há estudos que observam diferença entre gêneros como os de Oda, Bernardi e Azevedo (2003); Martinho, Zeigelboim e Marques (2005); Silva e Feitosa (2006) e Carvalho et al. (2007), mas outros, como os citados acima, não encontram tal diferença. Acredita-se que para se alcançar resultados fidedignos e conclusivos quanto à existência ou não de diferença entre a audição de homens e mulheres, uma amostra grande e consideravelmente representativa da população deva ser utilizada nas pesquisas.

TABELA 4.1 - Análise estatística dos limiares auditivos de referência para o exame de audiometria, comparação entre gênero.

H1= existe diferença entre limiares auditivos do sexo masculino e feminino para Audiometria						
Frequência	n Feminino	n Masculino	Resultados			Conclusão
			P-valor	Mediana sexo feminino	Mediana sexo masculino	
250 Hz	9	10	0,642	7,854	5,683	Não
500 Hz	9	10	0,582	7,854	6,427	Não
750 Hz	9	10	0,737	5	6,427	Não
1000 Hz	9	10	0,473	2,854	6,427	Não
2000 Hz	9	10	0,108	0	5	Não
3000 Hz	9	10	0,538	5	0	Não
4000 Hz	9	10	0,698	5	2,854	Não
6000 Hz	9	10	1	7,854	6,427	Não
8000 Hz	9	10	0,38	10	10,683	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Mann Whitney*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.2 - Análise estatística das amplitudes de referência para o exame de EOA, comparação entre gênero

H1= existe diferença entre valores auditivos do sexo masculino e feminino para EOA						
Frequência	n Feminino	n Masculino	Resultados			Conclusão
			P-valor	Mediana sexo feminino	Mediana sexo Masculino	
750 Hz	8	5	0,558	8,077	7,767	Não
984 Hz	8	10	0,79	10,105	6,986	Não
1500 Hz	9	10	0,744	10,227	11,8	Não
2016 Hz	9	10	0,165	10,502	7,657	Não
3000 Hz	9	10	0,568	7,082	5,387	Não
3984 Hz	9	10	0,191	10,5	6,08	Não
6000 Hz	9	9	0,102	4,009	-2,991	Não
7969 Hz	8	9	0,441	2,084	1,257	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Mann Whitney*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

#### 4.3.2 Interaural

Novamente, analisou-se se há diferenças significativas entre os valores auditivos apenas dos exames de referência da orelha direita e esquerda, tanto para

audiometria, quanto EOAPD. O teste estatístico de Wilcoxon foi utilizado para tal análise como mencionado na seção 4.2.

A TABELA 4.3 e a TABELA 4.4 apresentam o resultado da análise estatística entre as orelhas para os exames de audiometria e EOA, respectivamente. Nestas, a hipótese  $H_1$  refere-se à presença de diferenças entre a audição da orelha direita e esquerda.

Observou-se que para o exame de audiometria tonal não houve diferença estatística entre os limiares auditivos da orelha direita e esquerda corroborando com os achados de Corrêa Filho et al. (2002); Sahyeb, Costa Filho e Alvarenga (2003); Retamal et al. (2004) e Carvalho et al. (2007).

Entretanto, para os exames de EOAPD verificou-se diferença estatisticamente significativa entre os valores de amplitude das respostas das emissões otoacústicas da orelha direita e esquerda somente nas frequências de 3984 Hz e 6000 Hz. A orelha esquerda apresentou mediana superior quando comparada com a orelha direita em 3984 Hz e a orelha direita apresentou valor de mediana maior que a orelha esquerda em 6000 Hz. Para a frequência de 3984 Hz e 6000 Hz na orelha esquerda a mediana foi de 9,46 dB(NPS) e 1,72 dB(NPS) respectivamente. Para a orelha direita constatou-se os seguintes valores de mediana, 8,80 dB(NPS) em 3984 Hz e 2,13 dB(NPS) em 6000 Hz.

TABELA 4.3 - Análise estatística dos limiares auditivos de referência para o exame de audiometria, comparação entre orelhas direita (OD) e esquerda (OE)

<b>H1= existe diferença entre limiares auditivos da orelha direita e esquerda para Audiometria</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana orelha direita</b>	<b>Mediana orelha esquerda</b>	<b>Conclusão</b>
250 Hz	19	0,277	6,36	5	Não
500 Hz	19	0,776	7,85	6,36	Não
750 Hz	19	0,438	5	2,85	Não
1000 Hz	19	0,9	5	5	Não
2000 Hz	19	0,407	2,85	2,85	Não
3000 Hz	19	0,76	2,85	0	Não
4000 Hz	19	0,932	2,85	5	Não
6000 Hz	19	0,124	7,85	10	Não
8000 Hz	19	0,246	10	10	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.4 - Análise estatística dos amplitudes de referência para o exame de EOA, comparação entre orelhas direita (OD) e esquerda (OE)

<b>H1= existe diferença entre valores auditivos da orelha direita e esquerda para EOA</b>					
Frequência	n	Resultados			
		P-valor	Mediana orelha direita	Mediana orelha esquerda	Conclusão
750 Hz	19	0,638	8,38	6,01	Não
984 Hz	19	0,569	9,17	8,9	Não
1500 Hz	19	0,327	11,45	11,31	Não
2016 Hz	19	0,642	10	9,8	Não
3000 Hz	19	0,811	6,42	7,08	Não
3984 Hz	19	0,01 *	8,8	9,46	Sim - OE > OD
6000 Hz	19	0,02 *	2,13	1,72	Sim - OD > OE
7969 Hz	19	0,906	1,41	1,26	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de Wilcoxon.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

A literatura também é bastante controversa quanto à definição se existe ou não diferença entre a audição da orelha direita e esquerda. Não foram encontrados estudos que avaliavam diferença entre orelha direita e esquerda utilizando o exame de EOAPD, mas houve estudos utilizando principalmente audiometria de alta frequência que encontraram diferença entre orelha direita e esquerda (Oda, Bernardi e Azevedo, 2003; Martinho, Zeigelboim e Marques, 2005; Lopes et al., 2007; Barbosa de Sá et al., 2007 e Santos e Ferreira, 2008).

Dessa forma, como para o exame de audiometria não se observou nos limiares de referência diferença significativa entre as orelhas, optou-se então, por considerar nas análises estatísticas os limiares auditivos da orelha direita. Como para o exame de EOAPD foi observado diferença significativa entre as orelhas nas frequências de 3984 Hz e 6000 Hz, então, optou-se por realizar somente na frequência de 3984 Hz as análises estatísticas considerando a orelha esquerda, já que esta apresentou melhores valores de amplitudes. Entretanto, para as demais frequências optou-se por considerar nas análises a orelha direita. Isto porque no caso de 6000 Hz por esta orelha ter apresentado melhores valores de amplitude e, nos demais casos, pelo fato da orelha direita ter apresentado um menor número de ausência de respostas no exame de EOAPD (dos voluntários conforme descrito no item 3.3.3) quando comparada com a orelha esquerda.

#### 4.3.3 Após as exposições à VCI isolada

Nesta seção serão apresentados os resultados das análises estatísticas e as respectivas discussões para os exames de audiometria e EOAPD dos indivíduos expostos à VCI isolada. Deve-se lembrar que, conforme mostrado nos itens 4.3.1 e 4.3.2, serão considerados na amostra toda a população estudada e, para a maioria dos casos, os valores obtidos para os exames realizados na orelha direita apenas. Além disto, por se tratar de amostra pareada não paramétrica para a audiometria foi utilizado o teste de Wilcoxon que analisa as medianas e para a EOA, como é pareado paramétrico, foi utilizado o teste T de *Student* que analisa as médias, conforme mencionado no item 4.2

Abaixo segue a TABELA 4.5 e a TABELA 4.6 relativas aos resultados das análises estatísticas dos exames de audiometria e EOAPD, respectivamente, após a 1ª exposição à VCI isolada. Em seguida, a TABELA 4.7 e a TABELA 4.8 apresentam os resultados para os mesmos tipos de análise, porém, considerando agora a 2ª exposição à VCI isolada. Todos estes resultados foram comparados com os valores obtidos para os exames de referência. Nas tabelas são apresentados os p-valores e quando o teste for não paramétrico (audiometria) as medianas referentes à referência e ao pós exposição, e quando o teste for paramétrico (EOA) as médias referentes à referência e ao pós exposição. Deste modo é possível verificar tanto a influência deste tipo de agente físico (VCI), quanto do momento de exposição. Isto porque, para o momento, na 1ª exposição o nível de vibração equivalente à 8h foi inferior ao EAV da Diretiva Européia (2002) e na 2ª exposição este valor foi ultrapassado (ver item 3.5). Antes da análise dos resultados, deve-se observar que o tamanho da amostra utilizado para as análises estatísticas dos exames de EOA muitas vezes foi inferior a 19 voluntários (total utilizado). Isto porque para alguns voluntários existiu ausência de respostas auditivas no exame de referência, o que é natural de acontecer, conforme mostrado no item anterior, apesar da orelha escolhida ter sido aquela onde foi encontrado o maior número de respostas. Por isso o número de voluntários em cada exame e em cada frequência pesquisada está representado claramente nas tabelas.

Observou-se que a 1ª e 2ª exposição à VCI, no nível, frequência e duração utilizados (a saber, eixo-z, 2,12 m/s<sup>2</sup>, 5 Hz e 18 minutos cada exposição, com 10 minutos de intervalo entre elas), não ocasionou alteração auditiva estatisticamente significativa em relação aos valores medidos como referência. Estes achados corroboram com os estudos de Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974); Hamernik et al. (1980); Manninen e Ekblom (1984); Hamernik et al. (1989); Seidel et al. (1992); Soliman et al. (2003) e Izumi (2006)

que também ao pesquisarem os efeitos da VCI na audição humana e em animais não observaram mudança significativa.

TABELA 4.5 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria após 1ª exposição à VCI isolada em relação aos valores de referência

<b>H1= 1ª Exposição à VCI &gt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			<b>Conclusão</b>
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana Referência</b>	<b>Mediana 1ª VCI</b>	
250 Hz	19	0,983	6,37	5	Não
500 Hz	19	0,669	7,85	5	Não
750 Hz	19	0,572	5	5	Não
1000 Hz	19	0,099	5	5	Não
2000 Hz	19	0,813	2,85	5	Não
3000 Hz	19	0,172	2,85	0	Não
4000 Hz	19	0,269	2,85	5	Não
6000 Hz	19	0,286	7,85	10	Não
8000 Hz	19	0,501	10	10	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de Wilcoxon.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.6 - Análise estatística comparando os resultados da EOA após 1ª exposição à VCI isolada em relação aos valores de referência

<b>H1= 1ª exposição à VCI &lt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			<b>Conclusão</b>
		<b>P-valor</b>	<b>Média Referência</b>	<b>Média 1ª VCI</b>	
750 Hz	13	0,862	6,83	6,92	Não
984 Hz	18	0,614	8,77	8,87	Não
1500 Hz	19	0,26	10,29	11,11	Não
2016 Hz	19	0,848	8,57	8,53	Não
3000 Hz	19	0,575	5,3	5,91	Não
3984 Hz	19	0,849	8,83	7,7	Não
6000 Hz	18	0,338	-0,82	-1,63	Não
7969 Hz	17	0,611	-0,33	-2,82	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.7 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria após 2ª exposição à VCI isolada em relação aos valores de referência

<b>H1= 2ª Exposição à VCI &gt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			<b>Conclusão</b>
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana Referência</b>	<b>Mediana 2ª VCI</b>	
250 Hz	19	0,601	6,37	5	Não
500 Hz	19	0,223	7,85	5	Não
750 Hz	19	0,834	5	5	Não
1000 Hz	19	0,147	5	5	Não
2000 Hz	19	0,619	2,85	0	Não
3000 Hz	19	0,608	2,85	5	Não
4000 Hz	19	0,078	2,85	0	Não
6000 Hz	19	0,381	7,85	10	Não
8000 Hz	19	0,776	10	10	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.8 - Análise estatística comparando os resultados da EOA após 2ª exposição a VCI isolada em relação aos valores de referência

<b>H1= 2ª exposição à VCI &lt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			<b>Conclusão</b>
		<b>P-valor</b>	<b>Média Referência</b>	<b>Média 2ª VCI</b>	
750 Hz	13	0,637	6,83	7,28	Não
984 Hz	18	0,88	8,77	8,4	Não
1500 Hz	19	0,581	10,29	10,63	Não
2016 Hz	19	0,864	8,57	8,14	Não
3000 Hz	19	0,999	5,3	5,02	Não
3984 Hz	19	0,71	8,83	7,74	Não
6000 Hz	18	0,77	-0,82	-0,43	Não
7969 Hz	17	0,212	-0,33	-1,9	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974) concluíram que a VCI pode não alterar ou pode piorar a audição dependendo dos níveis utilizados, sendo importante observar

também se a frequência de vibração utilizada equivale à frequência de ressonância da região estimulada, ou seja, região da orelha/cabeça/pescoço no caso deste estudo. Isto porque na frequência de ressonância, mesmo sendo utilizadas amplitudes menores de VCI, podem ser observadas alterações auditivas leves, como foi verificado por Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974). Sendo assim, acredita-se que o nível de VCI utilizado nesta pesquisa não foi suficiente para ocasionar alteração temporária da audição de forma significativa. Vários estudos biodinâmicos apontam a frequência de ressonância da cabeça como sendo em torno de 25 Hz (Anflor, 2003; Bruel&Kjaer, 1982) e a frequência do ombro na faixa de 4-5 Hz (Anflor, 2003; B&K, 1982). Porém, não foram encontrados valores para a frequência de ressonância da orelha ou pescoço. Entretanto, estudos mostram que a maior transmissibilidade assento-cabeça para indivíduos sentados está na faixa de 4-6 Hz (Rakajeda et al, 2010), faixa esta que inclui a frequência utilizada no presente estudo.

Entretanto, há na literatura estudos que observaram alterações auditivas após exposição à VCI (Okada et al., 1972; Manninen e Ekblom, 1984; Manninen, 1985; Bochnia et al., 2005 e Izumi, Mitre e Duarte, 2006). Porém destes cinco estudos que observaram tal alteração, três (Okada et al.1972; Manninen e Ekblom 1984 e Bochnia et al. 2005) utilizaram níveis totais de exposição à VCI superiores ao usado nesta pesquisa, conforme mostrado no item 2.2. Além disso, Okada et al.(1972) observaram que quanto maior a amplitude da vibração, maior é a alteração auditiva, sendo que em amplitudes baixas pode ser que não seja detectada piora auditiva significativa.

Portanto, considerando-se que os níveis totais de exposição à VCI adotados estão abaixo dos valores de ELV (Valor Limite de Exposição) estabelecidos pela Diretiva Européia (2002) como sendo seguros para saúde, pode-se considerar que para perda auditiva, tal valor realmente parece ser seguro para a frequência de vibração considerada. Entretanto, cabe ressaltar que os valores de ELV estabelecidos pela Diretiva Européia (2002) são geralmente obtidos considerando-se todas as frequências presentes na faixa de interesse do estudo, ou seja, de 0,5 – 100 Hz para VCI (ISO 2631-1, 1996) e não apenas em um valor como foi o adotado nesta pesquisa que utilizou metodologia similar aos demais estudos encontrados. Desta forma, pode ser que para outros valores de frequência o mesmo não ocorra.

#### 4.3.4 Após as exposições ao NPSE isolado

Nesta seção serão apresentados os resultados e as discussões dos resultados dos exames de audiometria e EOAPD dos indivíduos expostos ao ruído isolado, observando-se os mesmos comentários feitos para as análises estatísticas quando da exposição à VCI isolada (item 4.3.3).

Abaixo segue a TABELA 4.9 e a TABELA 4.10 relativas aos resultados das análises estatísticas dos exames de audiometria e EOAPD, respectivamente, após a 1ª exposição ao ruído isolado. Em seguida a TABELA 4.11 e a TABELA 4.12 apresentam os resultados dos mesmos tipos de análise, porém, considerando agora a 2ª exposição ao ruído. Como no caso da VCI isolada, todos os resultados apresentados foram comparados com os valores obtidos para os exames de referência. Deste modo é possível verificar tanto a influência deste tipo de agente físico (NPSE), quanto do momento de exposição. Isto porque, para o momento, na 1ª exposição o nível de ruído equivalente à 8h foi inferior ao estabelecido por norma (Fundacentro, 2001) e na 2ª exposição este valor foi igualado (ver item 3.6, TABELA 3.1). Antes da análise dos resultados, deve-se observar que novamente o tamanho da amostra utilizado para as análises estatísticas dos exames de EOA em algumas frequências foi inferior a 19 voluntários que foi o total de voluntários utilizado. Isto porque para alguns voluntários existiu ausência de resposta, conforme já mencionado, apesar da orelha escolhida ter sido aquela onde foi encontrado o maior número de respostas.

TABELA 4.9 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria após 1ª exposição ao NPSE isolado em relação aos valores de referência

<b>H1= 1ª Exposição à NPSE &gt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana Referência</b>	<b>Mediana 1ª NPSE</b>	<b>Conclusão</b>
250 Hz	19	0,102	6,37	5	Não
500 Hz	19	0,794	7,85	5	Não
750 Hz	19	0,394	5	5	Não
1000 Hz	19	0,394	5	10	Não
2000 Hz	19	0,001*	2,85	10	Sim
3000 Hz	19	0 *	2,85	15	Sim
4000 Hz	19	0 *	2,85	20	Sim
6000 Hz	19	0 *	7,85	25	Sim
8000 Hz	19	0,001 *	10	20	Sim

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.

- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.10 - Análise estatística comparando os resultados da EOA após 1ª exposição ao NPSE isolado em relação aos valores de referência

<b>H1= 1ª exposição à NPSE &lt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Média Referência</b>	<b>Média 1ª NPSE</b>	<b>Conclusão</b>
750 Hz	13	0,036 *	6,83	5,44	Sim
984 Hz	18	0,113	8,77	7,41	Não
1500 Hz	19	0,946	10,29	9,89	Não
2016 Hz	19	0,030 *	8,57	7,25	Sim
3000 Hz	19	0,243	5,3	4,72	Não
3984 Hz	19	0,08	8,83	6,9	Não
6000 Hz	18	0,07	-0,82	-2,14	Não
7969 Hz	17	0,047 *	-0,33	-3,78	Sim

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.11 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria após 2ª exposição ao NPSE isolado em relação aos valores de referência

<b>H1= 2ª Exposição à NPSE &gt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana Referência</b>	<b>Mediana 2ª NPSE</b>	<b>Conclusão</b>
250 Hz	19	0,030 *	6,37	10	Sim
500 Hz	19	0,021 *	7,85	10	Sim
750 Hz	19	0,14	5	10	Não
1000 Hz	19	0,169	5	10	Não
2000 Hz	19	0 *	2,85	15	Sim
3000 Hz	19	0 *	2,85	15	Sim
4000 Hz	19	0 *	2,85	25	Sim
6000 Hz	19	0 *	7,85	25	Sim
8000 Hz	19	0,001 *	10	20	Sim

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.12 - Análise estatística comparando os resultados da EOA após 2ª exposição ao NPSE isolado em relação aos valores de referência

<b>H1= 2ª exposição à NPSE &lt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Média Referência</b>	<b>Média 2ª NPSE</b>	<b>Conclusão</b>
750 Hz	13	0,030*	6,83	4,37	Sim
984 Hz	18	0,222	8,77	7,11	Não
1500 Hz	19	0,118	10,29	8,88	Não
2016 Hz	19	0 *	8,57	6,07	Sim
3000 Hz	19	0,023 *	5,3	2,72	Sim
3984 Hz	19	0,07	8,83	6,62	Não
6000 Hz	18	0,032 *	-0,82	-2,91	Sim
7969 Hz	17	0,05 *	-0,33	-4,65	Sim

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

Observou-se que na 1ª exposição ao ruído isolado no exame de audiometria tonal (TABELA 4.9) houve alteração temporária do limiar auditivo (MTL) de forma significativa na faixa de frequência de 2000 Hz a 8000 Hz. Foram observadas maiores mudanças auditivas nas frequências de 4000 Hz cujos limiares de 50% da população alcançaram 20 dB(A) e em 6000 Hz, 25 dB(A). A maior diferença entre os valores pós-exposição e de referência ocorreu nestas duas frequências sendo esta diferença de 17,15 dB(A). No exame de EOAPD (TABELA 4.10) foi constatada alteração auditiva significativa apenas nas frequências de 750 Hz, 2016 Hz e 7969 Hz. A maior redução da amplitude auditiva, ou seja, diminuição desta, foi observada na frequência de 7969 Hz que apresentou diferença entre o valor pós-exposição e referência de -3,45 dB(NPS). Tal acontecimento, ou seja, a piora significativa da audição nas frequências agudas (3000, 4000, 6000 Hz) corresponde ao que se observa na audição de indivíduos expostos a ruído ocupacional que desenvolvem perda auditiva induzida por ruído (PAIR), cuja característica básica é a ocorrência da perda auditiva inicialmente nas frequências agudas.

Na 2ª exposição ao ruído, no exame de audiometria (TABELA 4.11) observou-se MTL significativa na mesma faixa de frequência observada na 1ª exposição e também nas frequências de 250 Hz e 500 Hz. Foram observadas também as maiores mudanças auditivas nas mesmas frequências acometidas após a 1ª exposição, 4000 Hz e 6000 Hz ambas com mediana de 25 dB(A). Entretanto, a maior diferença entre valor pós-exposição

e referência está na frequência de 4000 Hz com 22,15 dB(A), enquanto na frequência de 6000 Hz permanece a diferença de 17,15 dB(A). No exame de EOAPD (TABELA 4.12) as mesmas frequências também continuaram alteradas com a inclusão na 2ª exposição das frequências de 3000 Hz e 6000 Hz. Novamente na frequência de 7969 Hz houve a maior diminuição da amplitude das emissões otoacústicas sendo a diferença entre o valor pós-exposição e a referência de -4,32 dB(NPS). Tais achados concordam com os estudos de Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974); Kan (1980); Manninen e Ekblom (1984); Manninen (1984); Manninen (1985); Hamernik et al. (1989); Seidel et al. (1992); Engdahl (1996); Araújo (2002); Soliman et al. (2003); Alvarenga et al. (2006); Izumi (2006); Pfeiffer et al. (2007) e Gonçalves et al. (2009) que também verificaram alterações auditivas em humanos e animais expostos a ruído isolado.

Verificou-se também que a maior parte das alterações nos limiares auditivos foi nas frequências agudas entre 2000 Hz e 8000 Hz. Tal achado concorda com Nudelmann et al. (1997) que relataram ser possível no início das perdas auditivas ocupacionais a detecção de alterações auditivas nas frequências agudas e após anos de exposição, a detecção de alterações auditivas também nas frequências graves.

Fisiopatologicamente sabe-se que o ruído intenso causa rupturas mecânicas na membrana basilar e nas células sensoriais auditivas com consequente lesões nas células ciliadas externas (Barros et al. 2007). A perda auditiva induzida por ruído (PAIR) é neurosensorial e atinge inicialmente as frequências agudas, sendo geralmente as células ciliadas externas as primeiras a serem lesadas (Vinck et al. 1999; Coelho et al. 2010), portanto, como nesta pesquisa realizou-se a monitoração da mudança temporária da audição o que aconteceu foram comprometimentos temporários das CCE's, o que ocasionou no exame de EOAPD uma redução nas amplitudes das respostas das emissões otoacústicas nas frequências agudas.

É importante ressaltar que o nível de pressão sonora utilizado nesta pesquisa, ou seja, 96 dB(A) durante 36 minutos (Fundacentro, 2001), foi inferior ao estipulado pela NR-15 (Ministério do Trabalho/Brasil, 1978), que é de 104 dB(A) durante 35 minutos. Como foi observado, tal valor já foi suficiente para ocasionar alterações auditivas temporárias significativas. Dessa forma, é de extrema importância uma observação atenciosa e rigorosa por parte dos profissionais de segurança do trabalho e empresários em geral quanto à escolha e cumprimento de normas de segurança, pois até que ponto garante-se a saúde auditiva de um trabalhador que diariamente permanece exposto a determinados níveis de intensidade sonora que ocasionam alterações auditivas temporárias?

Abaixo segue a TABELA 4.13 e a TABELA 4.14 referentes à comparação da 1ª exposição *versus* a 2ª exposição ao ruído isolado, tanto para o exame de audiometria, quanto para o exame de EOAPD, respectivamente. Tal comparação foi feita de forma a verificar se há efeito cumulativo após as exposições. Considerou-se para audiometria como  $H_1$  (ou seja, diferença estatisticamente significativa) a 2ª exposição ao NPSE > 1ª exposição. Para EOAPD,  $H_1$  foi considerado como a 2ª exposição ao NPSE < 1ª exposição ao NPSE.

Pôde-se verificar que a audição após a 2ª exposição à NPSE não foi significativamente pior quando comparada com a 1ª exposição considerando-se tanto o exame de audiometria quanto o de EOAPD. Tal achado corrobora com o estudo de Manninen (1985) que observou não haver efeito cumulativo após três exposições à NPSE.

TABELA 4.13 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 1ª e 2ª exposição ao NPSE isolado

<b>H1= 2ª Exposição à NPSE &gt; 1ª Exposição à NPSE</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana 1ª NPSE</b>	<b>Mediana 2ª NPSE</b>	<b>Conclusão</b>
250 Hz	19	0,181	5	10	Não
500 Hz	19	0,077	5	10	Não
750 Hz	19	0,598	5	10	Não
1000 Hz	19	0,829	10	10	Não
2000 Hz	19	0,383	10	15	Não
3000 Hz	19	0,525	15	15	Não
4000 Hz	19	0,373	20	25	Não
6000 Hz	19	0,294	25	25	Não
8000 Hz	19	0,345	20	20	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.14 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 1ª e 2ª exposição ao NPSE isolado

H1 = 2ª Exposição à NPSE < 1ª Exposição à NPSE					
Frequência	n	Resultados			
		P-valor	Média 1ª NPSE	Média 2ª NPSE	Conclusão
750 Hz	13	0,27	5,44	4,37	Não
984 Hz	18	0,99	7,41	7,11	Não
1500 Hz	19	0,1	9,89	8,88	Não
2016 Hz	19	0,06	7,25	6,07	Não
3000 Hz	19	0,15	4,72	2,72	Não
3984 Hz	19	0,28	6,9	6,62	Não
6000 Hz	18	0,31	-2,14	-2,91	Não
7969 Hz	17	0,73	-3,78	-4,65	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

#### 4.3.5 Após exposição à combinação de VCI e NPSE

Nesta seção serão apresentados os resultados das análises estatísticas e suas discussões para os exames de audiometria e EOAPD dos indivíduos expostos a combinação de ruído e VCI. Os mesmos comentários feitos para as exposições isoladas à VCI e NPSE continuam válidos.

Abaixo segue a TABELA 4.15 e a TABELA 4.16 relativas aos resultados das análises estatísticas dos exames de audiometria e EOAPD, respectivamente, após a 1ª exposição à NPSE+VCI em relação aos valores de referência. Em seguida a TABELA 4.17 e a TABELA 4.18 apresentam os resultados para o mesmo tipo de análise para os exames de audiometria e o EOAPD, respectivamente, após a 2ª exposição à NPSE+VCI.

Observou-se que no exame de audiometria tonal após a 1ª e 2ª exposição à NPSE+VCI houve alteração temporária do limiar auditivo de forma significativa em todas as frequências avaliadas (250 Hz - 8000 Hz). Foram observadas maiores mudanças auditivas nas frequências de 3000 Hz, 4000 Hz e 6000 Hz cujos limiares de 50% da população alcançaram 15 dB(A), 20 dB(A) e 20 dB(A), respectivamente. A maior diferença entre os valores auditivos pós-exposição e de referência ocorreu em 4000 Hz sendo esta diferença de 17,15 dB(A). No exame de EOAPD após a 1ª exposição foi constatada alteração auditiva significativa nas frequências de 2016 Hz e 3984 Hz e após a

2ª exposição à NPSE+VCI, a alteração significativa continuou somente na frequência de 3984 Hz. A maior alteração de amplitude auditiva, ou seja, diminuição desta, foi observada na frequência de 3984 Hz cuja amplitude média registrada após 1ª exposição foi 7,33 dB(NPS) e após 2ª exposição foi 6,21 dB(NPS). A maior diferença entre o valor pós-exposição e referência ocorreu nesta frequência de 3984 sendo esta diferença de -1,5 dB(NPS) após a 1ª exposição e -2,62 dB(NPS) após a 2ª exposição à combinação NPSE+VCI. Estes achados corroboram com os estudos de Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974); Manninen (1983a); Manninen (1983b); Manninen e Ekblom (1984); Manninen (1984); Manninen (1985); Manninen (1986); Hamernik et al. (1989); Seidel et al. (1992); Pekkarinen (1995); Fernandes e Morata (2002); Soliman et al. (2003); Freitas e Nakamura (2003); Silva e Mendes (2005); Izumi, Mitre e Duarte (2006) e Izumi (2006) que também verificaram alterações auditivas em humanos e animais expostos a combinação de ruído e VCI. Entretanto, não está sendo avaliado aqui qual o efeito da exposição combinada, se sinérgico, antagônico, etc., conforme descrito no item 2.4. Tal avaliação será feita no item 4.3.6.

Como a VCI isolada não ocasionou alteração auditiva, supõe-se que as alterações auditivas detectadas após as exposições combinadas (NPSE+VCI) sejam devidas ao agente ocupacional ruído.

TABELA 4.15 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 1ª exposição combinada NPSE + VCI e o valor de referência

<b>H1= 1ª Exposição à NPSE + VCI &gt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			<b>Conclusão</b>
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana Referência</b>	<b>Mediana 1ª NPSE+VCI</b>	
250 Hz	19	0,001 *	6,37	15	Sim
500 Hz	19	0,01 *	7,85	15	Sim
750 Hz	19	0,028 *	5	10	Sim
1000 Hz	19	0,018 *	5	10	Sim
2000 Hz	19	0 *	2,85	10	Sim
3000 Hz	19	0 *	2,85	15	Sim
4000 Hz	19	0 *	2,85	20	Sim
6000 Hz	19	0 *	7,85	20	Sim
8000 Hz	19	0,05 *	10	15	Sim

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.16 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 1ª exposição combinada NPSE + VCI e o valor de referência

<b>H1= 1ª exposição à NPSE + VCI &lt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Média Referência</b>	<b>Média 1ª NPSE+VCI</b>	<b>Conclusão</b>
750 Hz	13	0,339	6,83	5,9	Não
984 Hz	18	0,308	8,77	8,39	Não
1500 Hz	19	0,271	10,29	9,74	Não
2016 Hz	19	0,003 *	8,57	7,2	Sim
3000 Hz	19	0,109	5,3	3,97	Não
3984 Hz	19	0,007 *	8,83	7,33	Sim
6000 Hz	18	0,469	-0,82	-1,71	Não
7969 Hz	17	0,506	-0,33	-2,54	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.17 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 2ª exposição combinada NPSE + VCI e o valor de referência

<b>H1= 2ª Exposição à NPSE + VCI &gt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana Referência</b>	<b>Mediana 2ª NPSE+VCI</b>	<b>Conclusão</b>
250 Hz	19	0,002 *	6,37	10	Sim
500 Hz	19	0,037 *	7,85	10	Sim
750 Hz	19	0,05 *	5	10	Sim
1000 Hz	19	0,05 *	5	10	Sim
2000 Hz	19	0 *	2,85	10	Sim
3000 Hz	19	0 *	2,85	15	Sim
4000 Hz	19	0 *	2,85	20	Sim
6000 Hz	19	0 *	7,85	20	Sim
8000 Hz	19	0,007 *	10	20	Sim

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.18 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 2ª exposição combinada NPSE + VCI e o valor de referência

<b>H1= 2ª exposição à NPSE + VCI &lt; Referência</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			
		<b>P-valor</b>	<b>Média Referência</b>	<b>Média 2ª NPSE+VCI</b>	<b>Conclusão</b>
750 Hz	13	0,336	6,83	5,74	Não
984 Hz	18	0,902	8,77	8,98	Não
1500 Hz	19	0,802	10,29	10,51	Não
2016 Hz	19	0,053	8,57	7,84	Não
3000 Hz	19	0,298	5,3	5,19	Não
3984 Hz	19	0,007 *	8,83	6,21	Sim
6000 Hz	18	0,108	-0,82	-1,81	Não
7969 Hz	17	0,138	-0,33	-3,42	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

Abaixo segue a TABELA 4.19 e a TABELA 4.20 referentes à comparação da 1ª exposição *versus* a 2ª exposição à NPSE+VCI tanto para o exame de audiometria quanto para o exame de EOAPD, respectivamente. Para verificar se há efeito cumulativo após as exposições, adotou-se para audiometria H<sub>1</sub> como sendo a 2ª exposição à NPSE+VCI > 1ª exposição, e para EOAPD, H<sub>1</sub> como sendo a 2ª exposição à NPSE+VCI < 1ª exposição à NPSE+VCI.

Verificou-se a confirmação da hipótese H<sub>1</sub>, apenas na frequência de 6000 Hz, onde o limiar auditivo foi significativamente pior após a 2ª exposição à NPSE+VCI considerando-se o exame de audiometria, evidenciando o efeito cumulativo. Tal achado corrobora com os estudos de Manninen (1983a e 1985) que observaram maiores valores de MTL após a terceira exposição à NPSE+VCI.

No exame de EOAPD não foi observado diferença significativa. Tal achado corrobora com outro estudo de Manninen (1986) que observou não haver efeito cumulativo após as três exposições à NPSE+VCI. Supõe-se que não foi encontrado efeito cumulativo na frequência de 6000 Hz neste exame, pois este foi realizado após a audiometria, ou seja, aproximadamente 4 minutos após cada exposição. Então acredita-se que a MTL não tenha sido registrada no momento de sua maior amplitude, que a literatura considera 2 minutos após a exposição (Kinsler, 1982). Desta forma, é interessante colocar aqui como sugestão para uma próxima pesquisa, realizar primeiramente o exame de EOAPD, ou seja, este logo

após cada exposição, para verificação de tal hipótese, já que os resultados da audiometria logo após cada exposição já estão catalogados nesta pesquisa.

TABELA 4.19 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 1ª e 2ª exposição combinada NPSE + VCI

H1= 2ª Exposição à NPSE + VCI > 1ª Exposição à NPSE + VCI					
Frequência	n	Resultados			
		P-valor	Mediana 1ª NPSE+VCI	Mediana 2ª NPSE+VCI	Conclusão
250 Hz	19	0,937	15	10	Não
500 Hz	19	0,342	15	10	Não
750 Hz	19	0,512	10	10	Não
1000 Hz	19	0,234	10	10	Não
2000 Hz	19	0,571	10	10	Não
3000 Hz	19	0,443	15	15	Não
4000 Hz	19	0,081	20	20	Não
6000 Hz	19	0,049 *	20	20	Sim
8000 Hz	19	0,074	15	20	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.20 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 1ª e 2ª exposição combinada NPSE + VCI

H1 = 2ª Exposição à NPSE + VCI < 1ª Exposição à NPSE + VCI					
Frequência	n	Resultados			
		P-valor	Média 1ª NPSE+VCI	Média 2ª NPSE+VCI	Conclusão
750 Hz	13	0,897	5,9	5,74	Não
984 Hz	18	0,19	8,39	8,98	Não
1500 Hz	19	0,204	9,74	10,51	Não
2016 Hz	19	0,099	7,2	7,84	Não
3000 Hz	19	0,225	3,97	5,19	Não
3984 Hz	19	0,506	7,33	6,21	Não
6000 Hz	18	0,486	-1,71	-1,81	Não
7969 Hz	17	0,127	-2,54	-3,42	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

#### 4.3.6 Após exposição à combinação de VCI e NPSE em relação ao obtido após exposição ao NPSE isolado.

Para verificar se a combinação NPSE+VCI foi pior que a exposição ao NPSE isolado, realizou-se uma comparação entre os resultados de cada uma dessas exposições.

Nesta pesquisa não foi constatado também efeito antagônico, ou seja, a exposição à NPSE isolado não foi pior que a combinação NPSE+VCI. Tal achado discorda de Izumi (2006), único estudo que encontrou tal efeito apenas na frequência de 4000 Hz.

TABELA 4.21 e a TABELA 4.22 referentes à comparação da 1ª exposição à NPSE+VCI *versus* a 1ª exposição à NPSE, tanto para o exame de audiometria, quanto para o exame de EOAPD, respectivamente. Em seguida a TABELA 4.23 e TABELA 4.24 apresentam a comparação da 2ª exposição à NPSE+VCI *versus* a 2ª exposição à NPSE, tanto para o exame de audiometria, quanto para o exame de EOAPD, respectivamente.

Constatou-se que a combinação NPSE e VCI, tanto no exame de audiometria, quanto no exame de EOAPD, não foi estatisticamente pior para a audição quando comparada com a exposição à NPSE isolado. Sendo assim, não se observou neste estudo efeito sinérgico da combinação NPSE e VCI na audição. Tal achado concorda com o estudo de Izumi (2006) que também não observou efeito sinérgico dessa combinação (NPSE+VCI). Entretanto, tais achados discordam dos estudos de Yokoyama, Osako e Yamamoto (1974); Manninen (1983a); Manninen e Ekblom (1984); Manninen (1986); Seidel et al. (1992); Pekkarinen (1995) e Soliman et al. (2003) que observaram um prejuízo auditivo, ou seja, efeito sinérgico após a combinação (ruído e VCI) quando comparado a ruído isolado.

Acredita-se que não foi observado efeito sinérgico da combinação (VCI + NPSE) na audição, pois o nível de vibração utilizado não foi o suficiente para provocar piora auditiva significativa. Dessa forma, a soma dos dois agentes ocupacionais não seria mais prejudicial para audição que o ruído isolado, pois somente este foi capaz de ocasionar piora auditiva significativa.

Nesta pesquisa não foi constatado também efeito antagônico, ou seja, a exposição à NPSE isolado não foi pior que a combinação NPSE+VCI. Tal achado discorda de Izumi (2006), único estudo que encontrou tal efeito apenas na frequência de 4000 Hz.

TABELA 4.21 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 1ª exposição combinada NPSE + VCI e 1ª exposição ao NPSE

<b>H1 = 1ª Exposição à NPSE + VCI &gt; 1ª Exposição à NPSE</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			<b>Conclusão</b>
		<b>P-valor</b>	<b>Mediana 1ª NPSE+VCI</b>	<b>Mediana 1ª NPSE</b>	
250 Hz	19	0,212	15	5	Não
500 Hz	19	0,13	15	5	Não
750 Hz	19	0,157	10	5	Não
1000 Hz	19	0,067	10	10	Não
2000 Hz	19	0,932	10	10	Não
3000 Hz	19	0,23	15	15	Não
4000 Hz	19	0,147	20	20	Não
6000 Hz	19	0,082	20	25	Não
8000 Hz	19	0,162	15	20	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.22 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 1ª exposição combinada NPSE + VCI e 1ª exposição ao NPSE

<b>H1 = 1ª Exposição à NPSE + VCI &lt; 1ª Exposição à NPSE</b>					
<b>Frequência</b>	<b>n</b>	<b>Resultados</b>			<b>Conclusão</b>
		<b>P-valor</b>	<b>Média 1ª NPSE+VCI</b>	<b>Média 1ª NPSE</b>	
750 Hz	13	0,573	5,9	5,44	Não
984 Hz	18	0,724	8,39	7,41	Não
1500 Hz	19	0,285	9,74	9,89	Não
2016 Hz	19	0,762	7,2	7,25	Não
3000 Hz	19	0,65	3,97	4,72	Não
3984 Hz	19	0,853	7,33	6,9	Não
6000 Hz	18	0,31	-1,71	-2,14	Não
7969 Hz	17	0,06	-2,54	-3,78	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.23 - Análise estatística comparando os resultados da audiometria entre a 2ª exposição combinada NPSE + VCI e 2ª exposição ao NPSE

<b>H1 = 2ª Exposição à NPSE + VCI &gt; 2ª Exposição à NPSE</b>					
Frequência	n	Resultados			Conclusão
		P-valor	Mediana 2ª NPSE+VCI	Mediana 2ª NPSE	
250 Hz	19	0,086	10	10	Não
500 Hz	19	0,299	10	10	Não
750 Hz	19	0,381	10	10	Não
1000 Hz	19	0,389	10	10	Não
2000 Hz	19	0,975	10	15	Não
3000 Hz	19	0,235	15	15	Não
4000 Hz	19	0,344	20	25	Não
6000 Hz	19	0,22	20	25	Não
8000 Hz	19	0,12	20	20	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

TABELA 4.24 - Análise estatística comparando os resultados da EOA entre a 2ª exposição combinada NPSE + VCI e 2ª exposição ao NPSE

<b>H1 = 2ª Exposição à NPSE + VCI &lt; 2ª Exposição à NPSE</b>					
Frequência	n	Resultados			Conclusão
		P-valor	Média 2ª NPSE+VCI	Média 2ª NPSE	
750 Hz	13	0,332	5,74	4,37	Não
984 Hz	18	0,242	8,98	7,11	Não
1500 Hz	19	0,212	10,51	8,88	Não
2016 Hz	19	0,23	7,84	6,07	Não
3000 Hz	19	0,416	5,19	2,72	Não
3984 Hz	19	0,957	6,21	6,62	Não
6000 Hz	18	0,239	-1,81	-2,91	Não
7969 Hz	17	0,664	-3,42	-4,65	Não

Nota:

- O número de voluntários está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste *T de Student*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

#### 4.3.7 Boxplot dos resultados dos exames auditivos realizados pré e pós exposições

Nesta seção serão apresentados os resultados gráficos por frequência em forma de boxplot pré- e pós-exposições, referentes ao exame de audiometria, medida em dB(A), e ao exame de EOAPD, medida em dB(NPS). Este tipo de representação é bastante rica no sentido de informar a distribuição de um conjunto de dados e sua variabilidade (Magalhães e Lima, 2001). Este tipo de gráfico representa os dados em quartis, sendo o 1º quartil (Q1) referente a 25% da amostra, o 2º quartil (Q2) ou mediana refere-se a 50% e o 3º quartil (Q3) refere-se à 75% da amostra. Os valores extremos inferiores e superiores se estendem, respectivamente, do 1º quartil até o menor valor não inferior a  $Q1 - 1.5(Q3-Q1)$  e do 3º quartil até o maior valor não superior a  $Q3 + 1.5(Q3-Q1)$ . Os valores inferiores a  $Q1 - 1.5(Q3-Q1)$  e superiores a  $Q3 + 1.5(Q3-Q1)$  são representados individualmente no gráfico, sendo estes valores caracterizados como *outliers*. Estes são representados nos gráficos por círculos e considerados dados fora do padrão ou atípicos em relação aos valores obtidos (Pagano e Gauvreau, 2004). Logo após cada gráfico serão mostradas também tabelas referentes aos gráficos com os valores de amplitude interquartil correspondentes a cada exposição representada graficamente. Amplitude interquartil é dada como a diferença entre o 3º quartil e o 1º quartil ( $Q3-Q1$ ) e representa simplesmente a variabilidade de 50% dos dados (Magalhães e Lima, 2001), ou seja, no caso desta pesquisa significa em qual exposição, considerando metade dos dados, houve maior dispersão. É importante ressaltar que em termos de conclusões fonoaudiológicas, para esta pesquisa, a amplitude interquartil não traz conclusões importantes, apenas complementa uma informação básica fornecida pelo boxplot, sobre dispersão de dados. A informação de valor conclusivo e importante, para este estudo, fornecida pelo boxplot é representada pela mediana, que significa o valor medido de 50% da população estudada. No caso desta pesquisa a mediana refere-se aos limiares auditivos para audiometria e as amplitudes auditivas para o exame de EOAPD em 50% da amostra avaliada. É importante deixar claro também que a presença de *outliers* é normal, para o tipo de dado trabalhado neste estudo que são os limiares e amplitudes auditivas, já que há indivíduos que ouvem melhor ou pior que outros, mesmo apresentando limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade. O GRÁFICO 4.1 representa um modelo de boxplot com suas respectivas características descritas acima.

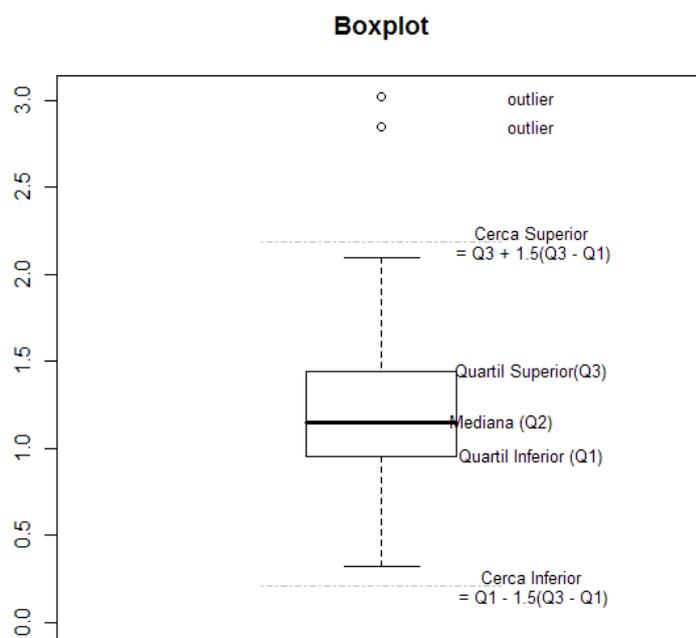


GRÁFICO 4.1 – Modelo de gráfico Boxplot

FONTE: [http://sites.google.com/site/marcosfs2006/grafBoxplot\\_1.png](http://sites.google.com/site/marcosfs2006/grafBoxplot_1.png)

Ressalta-se novamente que o objetivo deste estudo no caso da audiometria é verificar se houve MTL de forma significativa, independente se os limiares foram piores ou não que 25 dB(A), que é o limite de normalidade. Acima deste valor considera-se perda auditiva. No caso da EOAPD o objetivo é verificar se houve diminuição significativa das amplitudes da EOA, especificamente das células ciliadas externas (CCE's), encontradas na orelha interna e responsável pela emissão otoacústica.

Nos gráficos a seguir, cada Box é relativo a um tipo de exposição, sendo portanto considerados: os valores de referência, 1ª e 2ª exposições à VCI, 1ª e 2ª exposições ao NPSE e 1ª e 2ª exposição combinadas de NPSE + VCI.

O GRÁFICO 4.2 apresenta os resultados dos exames de audiometria para cada exposição na frequência de 250 Hz. A TABELA 4.25 representa os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

Verifica-se que após as exposições à VCI praticamente não houve alteração do limiar auditivo, ao contrário do que se observa após as exposições à NPSE e NPSE+VCI. Pode-se notar que o limiar auditivo médio de referência apresentado por 50% da população que foi 6,37 dB(A), após 2ª exposição à NPSE piorou e passou a ser 10 dB(A) e após a 1ª exposição NPSE+VCI também piorou passando para 15 dB(A), além de uma maior variabilidade dos dados nestas exposições ter sido constatada como se observa na TABELA 4.25.

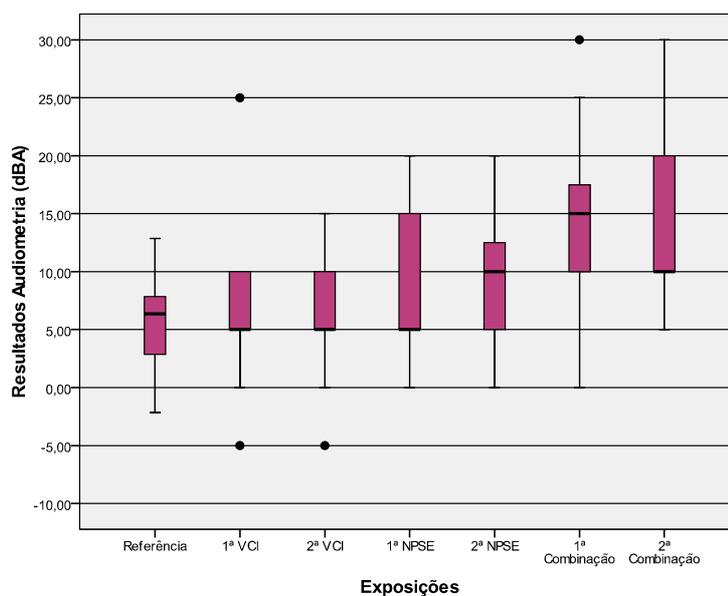


GRÁFICO 4.2 – Resultados da audiometria na frequência de 250 Hz

TABELA 4.25 – Variabilidade dos dados após cada exposição para audiometria em 250 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	5	5	5	10	10	10	10

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

O GRÁFICO 4.3 apresenta os resultados dos exames de audiometria para cada exposição na frequência de 500 Hz. A TABELA 4.44 representa os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

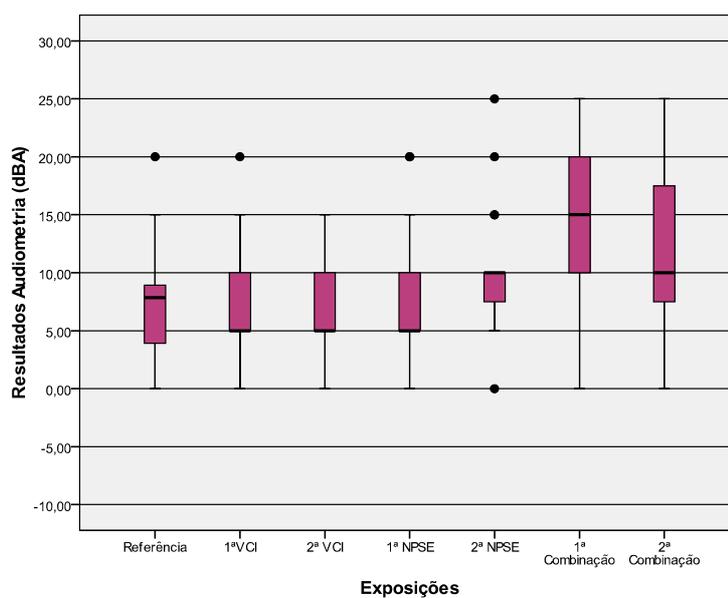


GRÁFICO 4.3 – Resultados da audiometria na frequência de 500 Hz

TABELA 4.26 - Variabilidade dos dados após cada exposição para audiometria em 500 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	7,15	5	5	5	5	15	10

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

Nesta frequência resultados semelhantes à frequência de 250 Hz foram observados, ou seja, após as exposições à VCI praticamente não houve alteração do limiar auditivo, ao contrário do que se observa após as exposições à NPSE e NPSE+VCI. O limiar auditivo de referência de até 50% da população, ou seja, a mediana que foi 7,85 dB(A) após 2ª exposição à NPSE piorou e passou a ser 10 dB(A) e após a 1ª exposição à NPSE+VCI também piorou e passou para 15 dB(A). Pela TABELA 4.26 observa-se uma maior variabilidade de dados nas exposições combinadas.

O GRÁFICO 4.4 e GRÁFICO 4.5 apresentam para cada exposição na frequência de 750 Hz os resultados dos exames de audiometria e EOAPD, respectivamente. A TABELA 4.27 e a TABELA 4.28 apresentam os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

Novamente observa-se que para a audiometria (GRÁFICO 4.4), após as exposições à VCI não houve alteração significativa do limiar auditivo, ao contrário do que se observa após as exposições à NPSE e NPSE+VCI. O limiar auditivo de referência de até 50% da população foi de 5 dB(A) e após 2ª exposição à NPSE e 1ª e 2ª exposição à NPSE+VCI piorou e passou a ser 10 dB(A), além de uma maior variabilidade dos dados nestas exposições ter sido constatada.

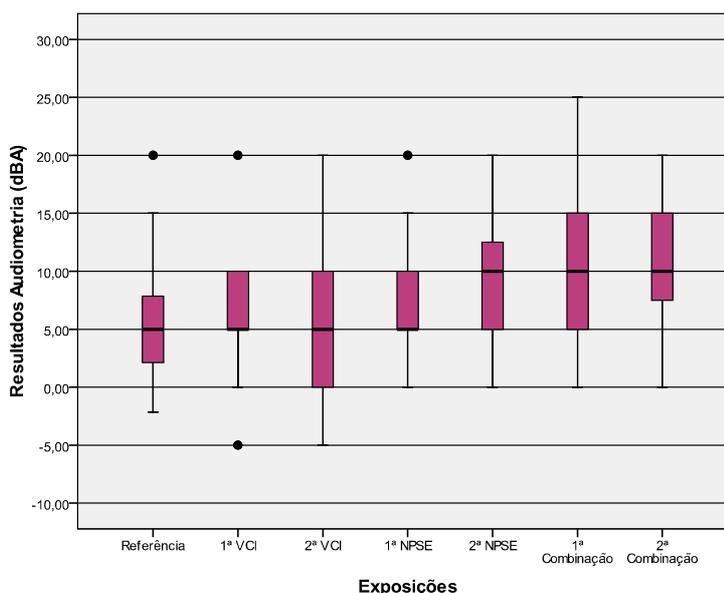


GRÁFICO 4.4 – Resultados da audiometria na frequência de 750 Hz

TABELA 4.27- Variabilidade dos dados após cada exposição para audiometria em 750 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	6,49	5	10	5	10	10	10

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

Para o exame de EOAPD (GRÁFICO 4.5) também não se observa diminuição significativa das amplitudes das emissões otoacústicas após exposições à VCI. Entretanto, após as exposições à NPSE e NPSE+VCI, verifica-se diminuições das amplitudes das emissões otoacústicas de maneira mais acentuada, sendo que a amplitude média de referência de até 50 % da população foi de 7,76 dB(NPS) e após 2ª exposição à NPSE e 1ª exposição à NPSE+VCI passou a ser 4,9 dB(NPS) e 5,5 dB(NPS). Em relação à variabilidade dos dados nas exposições combinadas (NPSE+VCI) a dispersão foi maior (TABELA 4.28).

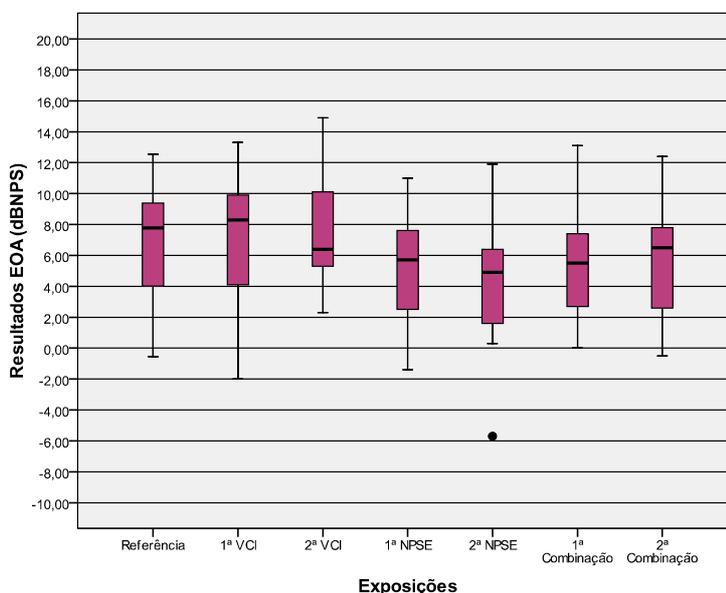


GRÁFICO 4.5 – Resultados da EOAPD na frequência de 750 Hz

TABELA 4.28 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAP em 750 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	6,6	6,35	6,15	6,2	6,5	6,8	7,4

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

O GRÁFICO 4.6, GRÁFICO 4.7 e GRÁFICO 4.8 apresentam, respectivamente, os resultados dos exames de audiometria para a frequência de 1000 Hz e EOAPD para as frequências de 984 Hz e 1500 Hz para cada exposição. A TABELA 4.29, a TABELA 4.30 e a TABELA 4.31 apresentam os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

Observa-se que para a audiometria após as exposições à VCI não houve alteração significativa do limiar auditivo, ao contrário do que se observa após as exposições à NPSE e NPSE+VCI. A mediana referente ao limiar auditivo de referência foi 5 dB(A) e após as exposições à NPSE e à NPSE+VCI piorou e passou à ser 10 dB(A). Uma maior variabilidade dos dados pode ser observada na 1ª exposição combinada como mostra a TABELA 4.29.

Para o exame de EOAPD nas frequências de 984 Hz e 1500 Hz praticamente não se observa diminuição acentuada das amplitudes das emissões otoacústicas após exposições à VCI, NPSE e NPSE+VCI. Uma maior dispersão dos dados foi observada na 2ª exposição à NPSE na frequência de 984 Hz e na 2ª exposição à VCI em 1500 Hz.

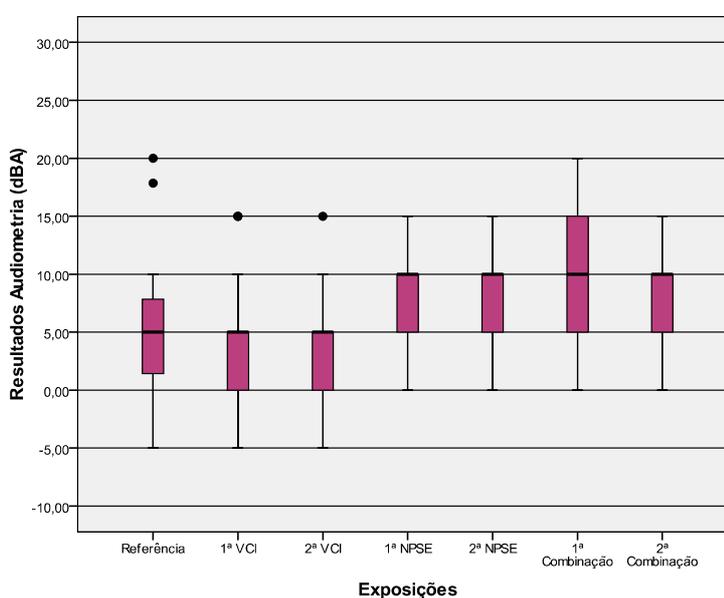


GRÁFICO 4.6 – Resultados da audiometria na frequência de 1000 Hz

TABELA 4.29 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 1000 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	7,85	5	5	5	5	10	5

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

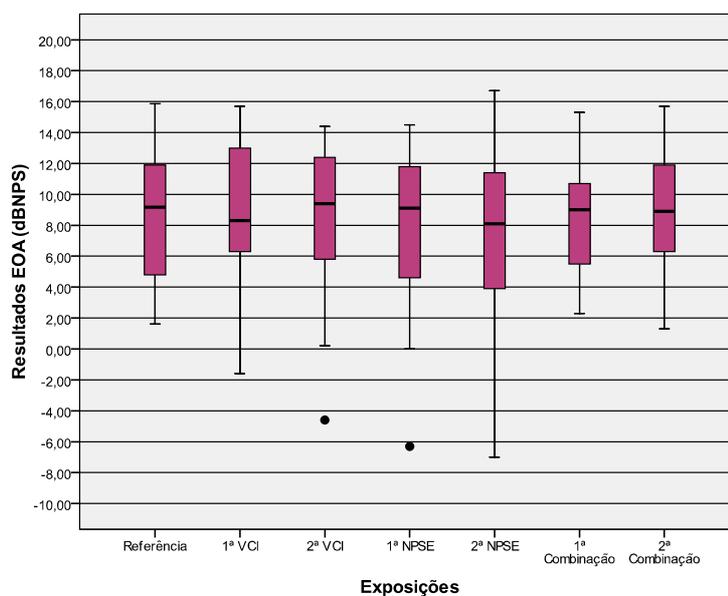


GRÁFICO 4.7 – Resultados da EOAPD na frequência de 984 Hz

TABELA 4.30 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 984 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	7,3	7,1	6,9	7,6	8,2	6,1	5,6

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

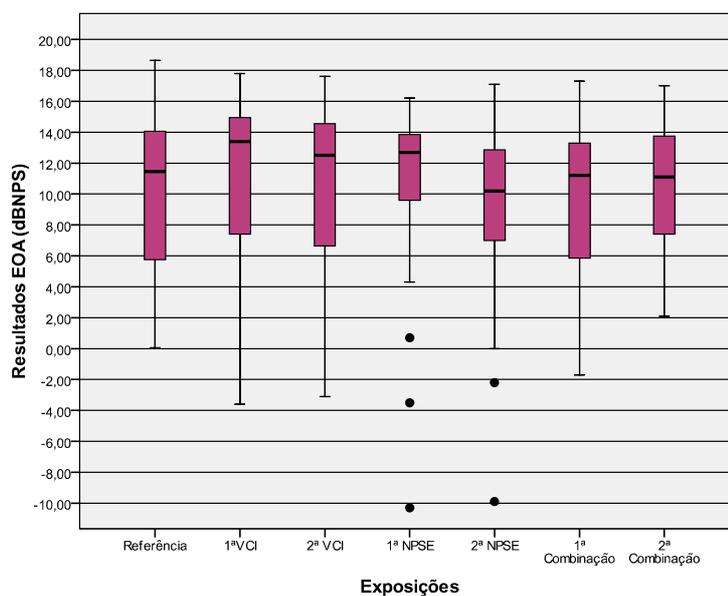


GRÁFICO 4.8 – Resultados da EOAPD na frequência de 1500 Hz

TABELA 4.31- Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 1500 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	9,04	7,8	9,4	4,7	7,9	8,6	6,8

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

O GRÁFICO 4.9 e o GRÁFICO 4.10 apresentam os resultados dos exames de audiometria para a frequência de 2000 Hz e EOAPD para a frequência de 2016 Hz,

respectivamente, para cada exposição. A TABELA 4.32 e a TABELA 4.33 apresentam os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

Constata-se que para a audiometria (GRÁFICO 4.9) após as exposições à VCI não houve alteração significativa do limiar auditivo. Após as exposições à NPSE e NPSE+VCI, em que o limiar auditivo de referência foi em torno de 3 dB(A), após a 2ª exposição à NPSE piorou e passou a ser 15 dB(A), e após a 1ª e 2ª exposição à NPSE+VCI também piorou passando a 10 dB(A). Uma maior dispersão dos dados foi encontrada na 2ª exposição à VCI como verifica-se na TABELA 4.32.

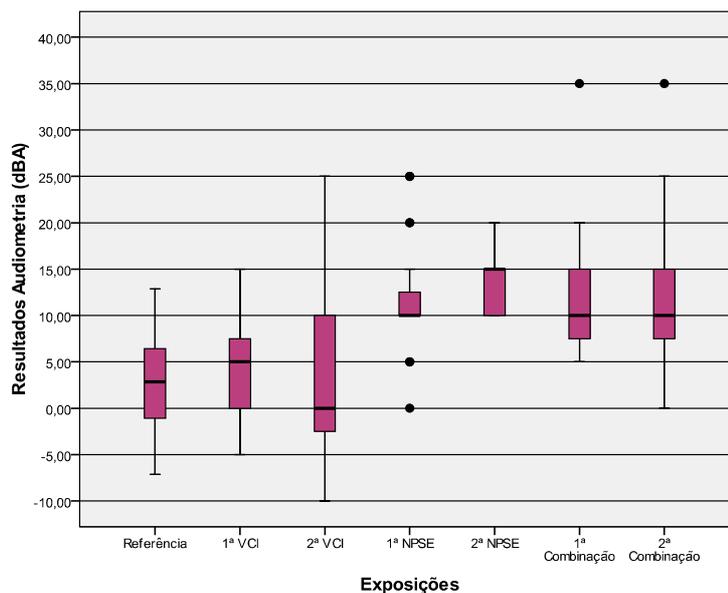


GRÁFICO 4.9 – Resultados da audiometria na frequência de 2000 Hz

TABELA 4.32- Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 2000 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	10	10	15	5	5	10	10

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

Para o exame de EOAPD (GRÁFICO 4.10) também não se observa diminuição das amplitudes das emissões otoacústicas após as exposições à VCI. Porém, após as exposições à NPSE e NPSE+VCI verifica-se diminuições das amplitudes das emissões otoacústicas, sendo que a mediana relativa a amplitude de referência foi de 9,8 dB(NPS) e após 2ª exposição à NPSE e 1ª exposição à NPSE+VCI passou a ser 5,9 dB(NPS) e 6,4 dB(NPS), respectivamente. Para o exame de EOAPD também observou-se maior variabilidade dos dados na 2ª exposição à VCI.

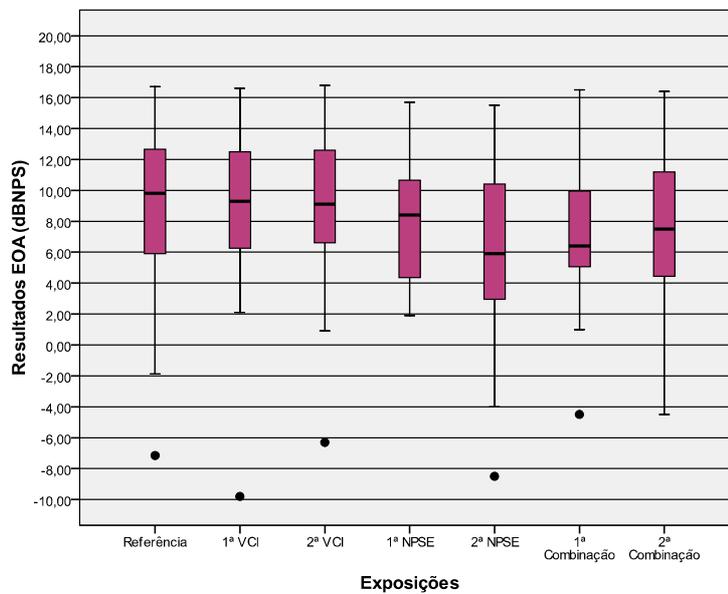


GRÁFICO 4.10 – Resultados da EOAPD na frequência 2016 Hz

TABELA 4.33- Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 2016 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	7,85	7,1	9	7,7	7,3	5,4	7,7

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

O GRÁFICO 4.11 e o GRÁFICO 4.12 apresentam os resultados dos exames de audiometria e EOAPD para a frequência de 3000 Hz, respectivamente, para cada exposição. A TABELA 4.34 e a TABELA 4.35 apresentam os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

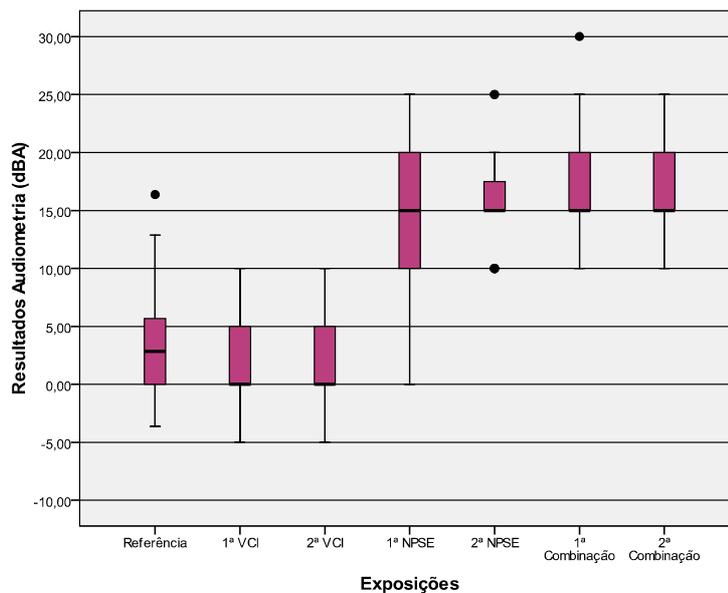


GRÁFICO 4.11 – Resultados da audiometria na frequência de 3000 Hz

TABELA 4.34 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 3000 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	6,37	5	5	10	5	5	5

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

Verifica-se que para a audiometria (GRÁFICO 4.11) após as exposições à VCI não houve alteração significativa do limiar auditivo. O contrário, ou seja, alteração auditiva acentuada, se observa após as exposições à NPSE e NPSE+VCI. O limiar auditivo de referência foi em torno de 3 dB(A) e após as exposições à NPSE e à NPSE+VCI piorou e passou à ser 15 dB(A) em ambos os casos. Uma maior dispersão dos dados foi encontrada na 1ª exposição à NPSE como evidencia a TABELA 4.34.

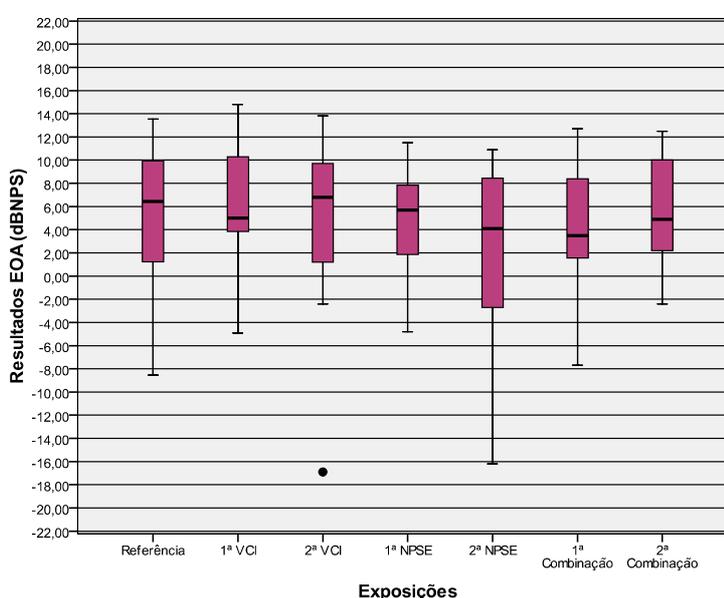


GRÁFICO 4.12 – Resultados da EOAPD na frequência de 3000 Hz

TABELA 4.35 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 3000 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	11,4	6,5	9,4	6,5	12,6	7,5	8

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

Para o exame de EOAPD (GRÁFICO 4.12) também praticamente não se observa diminuição das amplitudes das emissões otoacústicas após exposições à VCI. Entretanto, após as exposições à NPSE e NPSE+VCI verifica-se diminuições dessas amplitudes, em que a amplitude de referência em torno de 6,5 dB(NPS), após 2ª exposição à NPSE e 1ª exposição à NPSE+VCI piorou passando a ser 4 dB(NPS). Para o exame de EOAPD encontrou-se uma maior dispersão dos dados na 2ª exposição à NPSE.

O GRÁFICO 4.13 e o GRÁFICO 4.14 apresentam os resultados dos exames de audiometria para a frequência de 4000 Hz e EOAPD para a frequência de 3984 Hz, respectivamente, para cada exposição. A TABELA 4.36 e a TABELA 4.37 representam os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

Observa-se que para a audiometria (GRÁFICO 4.13) após as exposições à VCI não houve alteração significativa do limiar auditivo. Entretanto, alteração auditiva acentuada se observa após as exposições à NPSE e NPSE+VCI, em que o limiar auditivo médio de referência em 50% da população foi de 2,85 dB(A), após a 1ª e 2ª exposição à NPSE piorou passando a ser 20 dB(A) e 25 dB(A) respectivamente, e após a 1ª e 2ª exposição à NPSE+VCI passou à ser 20 dB(A). Maior variabilidade dos dados foi observada na 2ª exposição à NPSE como mostra a TABELA 4.36.

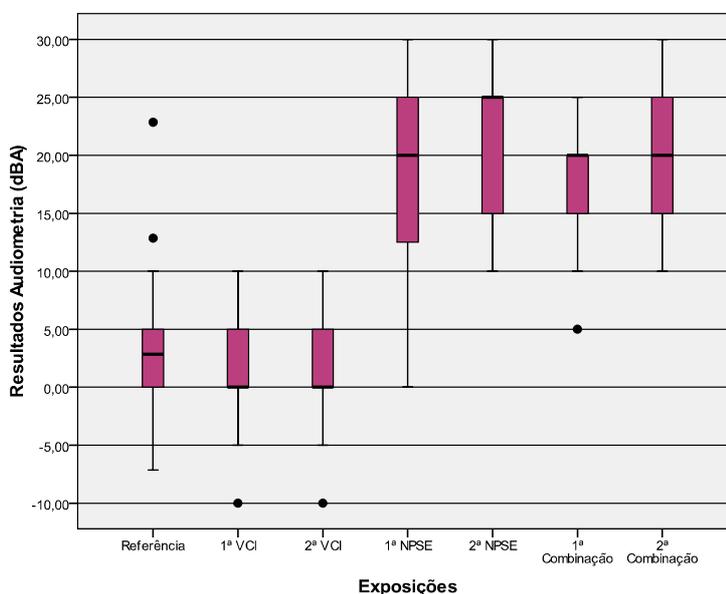


GRÁFICO 4.13 – Resultados da audiometria na frequência de 4000 Hz

TABELA 4.36 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 4000 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	5	5	5	10	15	5	10

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

Para o exame de EOAPD (GRÁFICO 4.14) também praticamente não se observa diminuição das amplitudes das emissões otoacústicas após exposições à VCI. Entretanto, após as exposições à NPSE e NPSE+VCI verifica-se diminuições dessas amplitudes, em que a amplitude média de referência em torno de 9,5 dB(NPS), após 2ª exposição à NPSE e 1ª exposição à NPSE+VCI passou a ser 7,5 dB(NPS) e após 2ª

exposição à NPSE+VCI passou a 7 dB(NPS). Para EOAPD uma maior variabilidade dos dados foi encontrada nas exposições à NPSE.

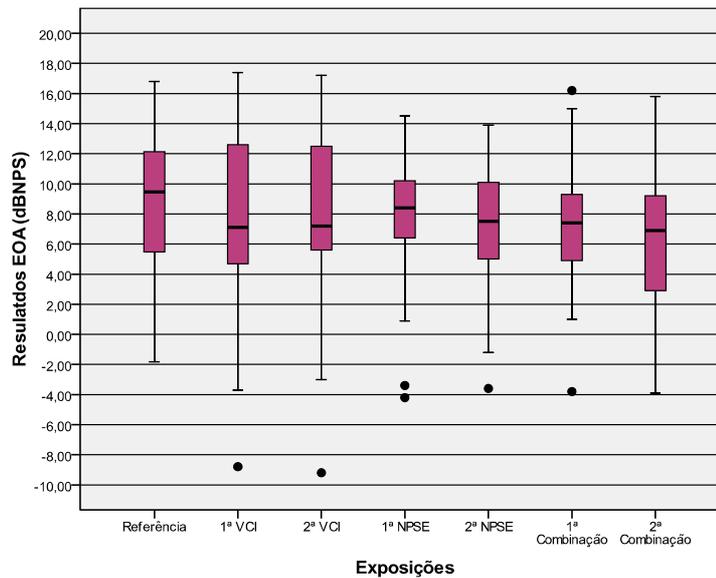


GRÁFICO 4.14 – Resultados da EOAPD na frequência de 3984 Hz

TABELA 4.37 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 3984 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	7,21	6,4	7,7	11,1	11	7,8	7,9

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

O GRÁFICO 4.15 e o GRÁFICO 4.16 apresentam os resultados dos exames de audiometria e EOAPD para a frequência de 6000 Hz, respectivamente, para cada exposição. A TABELA 4.38 e a TABELA 4.39 apresentam os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

Observa-se que para a audiometria (GRÁFICO 4.15) após as exposições à VCI não houve alteração significativa do limiar auditivo. Contudo, alteração auditiva acentuada se observa após as exposições à NPSE e NPSE+VCI. O limiar auditivo de referência para 50% da população foi de 7,85 dB(A) e após as exposições à NPSE e à NPSE+VCI piorou passando a ser 25 dB(A) e 20 dB(A), respectivamente. Nesta frequência maior variabilidade dos dados foi observada nas exposições à VCI e NPSE isolados.

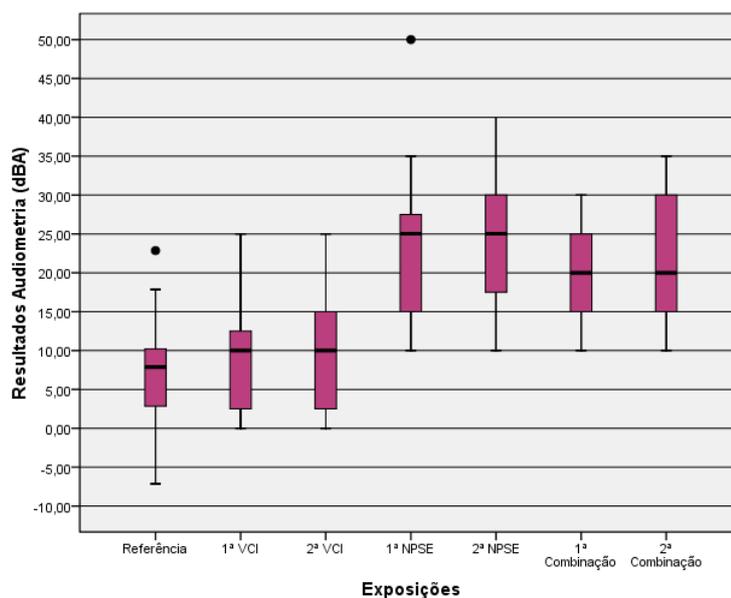


GRÁFICO 4.15 – Resultados da audiometria na frequência de 6000 Hz

TABELA 4.38 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 6000 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	7,5	15	15	15	15	10	15

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

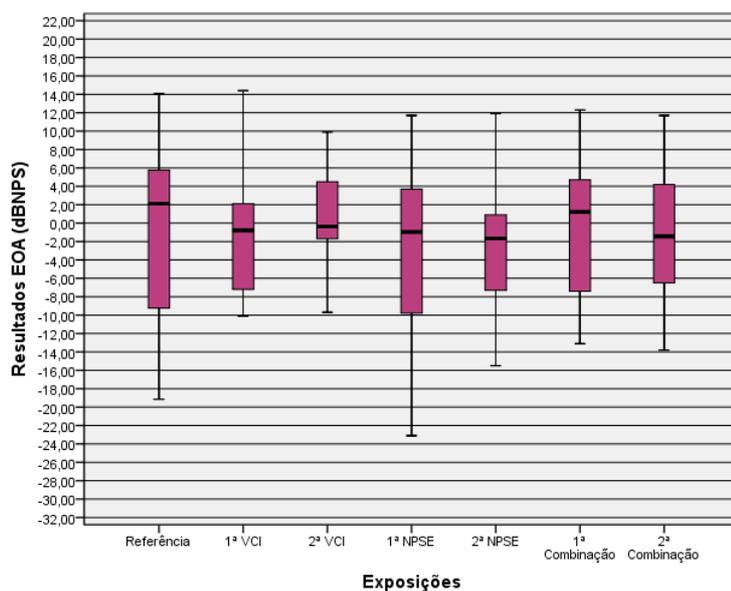


GRÁFICO 4.16 – Resultados da EOAPD na frequência de 6000 Hz

TABELA 4.39 - Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 6000 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	16,28	10,55	8,85	14,15	9,23	11,63	12,8

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

Para o exame de EOAPD (GRÁFICO 4.16) também praticamente não se observa diminuição das amplitudes de resposta após exposições à VCI. Entretanto, após as exposições à NPSE e NPSE+VCI verifica-se diminuições importantes das amplitudes das emissões otoacústicas. A mediana correspondente a amplitude de referência de 50% da população foi de 2,13 dB(NPS), após a 2ª exposição à NPSE e 2ª exposição à NPSE+VCI a resposta auditiva piorou e passou a ser -1,65 dB(NPS) e -1,45 dB(NPS), respectivamente. Em relação à dispersão dos dados no exame de EOAPD para esta frequência observou-se variabilidade maior das amplitudes de referência.

O GRÁFICO 4.17 e o GRÁFICO 4.18 apresentam os resultados dos exames de audiometria para a frequência de 8000 Hz e EOAPD para a frequência de 7969 Hz, respectivamente, para cada exposição. A TABELA 4.40 e a TABELA 4.41 apresentam os valores de amplitude interquartil (Q3-Q1) respectivos.

Constata-se que para a audiometria (GRÁFICO 4.17) após as exposições à VCI não houve alteração significativa do limiar auditivo. Entretanto, alteração auditiva acentuada se observa após as exposições à NPSE e NPSE+VCI. O limiar auditivo de referência para 50% da população foi de 10 dB(A), após as exposições à NPSE e à NPSE+VCI a audição piorou e os limiares passaram a ser 20 dB(A). Os dados relativos aos exames de referência foram os que mais variaram, como se observa na TABELA 4.40.

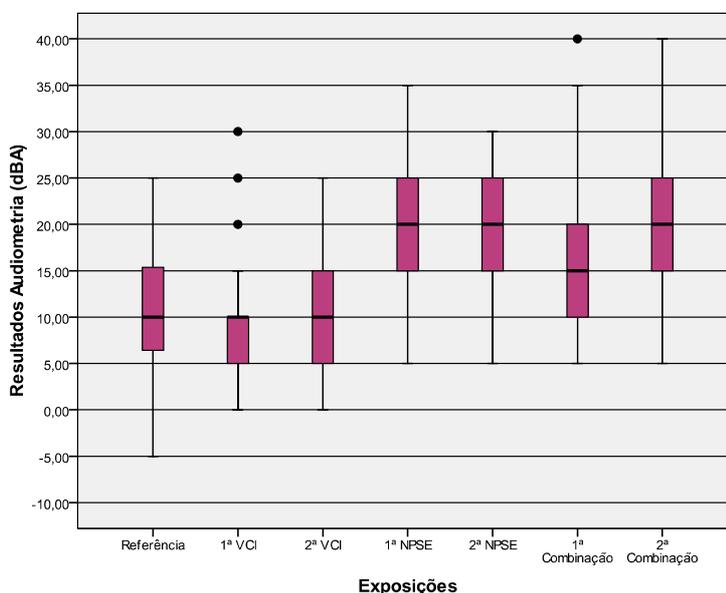


GRÁFICO 4.17 – Resultados da audiometria na frequência de 8000 Hz

TABELA 4.40 - Variabilidade dos dados após cada exposição para Audiometria em 8000 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	12,8	5	10	10	10	10	10

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

Para o exame de EOAPD (GRÁFICO 4.18) não houve diminuição significativa das amplitudes das emissões otoacústicas após exposições. A amplitude de referência detectada em 50% da população avaliada foi de 1,41 dB(NPS). Diminuição mais acentuada desta amplitude foi observada somente após 2ª exposição à NPSE cuja mediana, ou seja, o valor que representa a amplitude de EOA de 50% da população foi -2 dB(NPS). Os dados relativos às exposições combinadas (NPSE+VCI) foram os que mais variaram, como se verifica na TABELA 4.41.

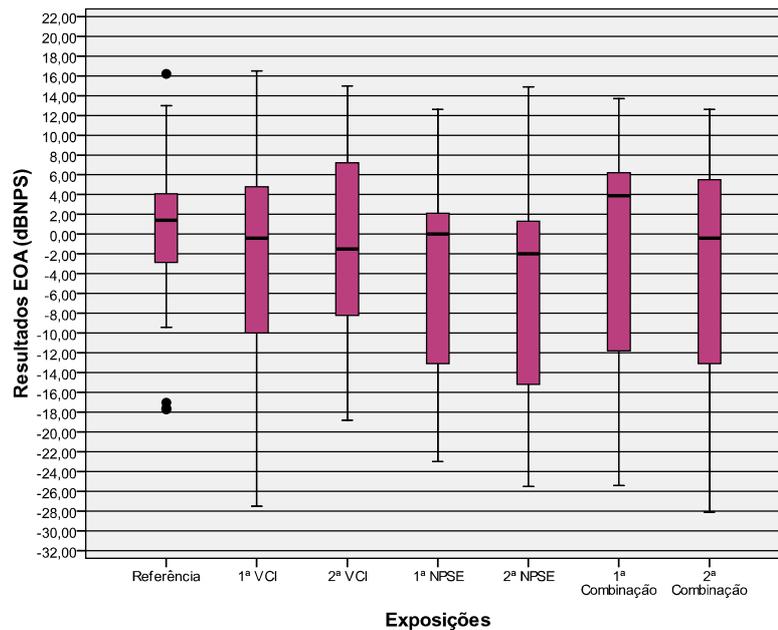


GRÁFICO 4.18 – Resultados da EOAPD na frequência de 7969 Hz

TABELA 4.41- Variabilidade dos dados após cada exposição para EOAPD em 7969 Hz

	Referência	1ª VCI	2ª VCI	1ª NPSE	2ª NPSE	1ª Combinação	2ª Combinação
Amplitude Interquartil	12,07	15,25	17,85	17,2	18,95	20,35	19,75

Nota: Amplitude interquartil = (Q3-Q1)

#### 4.4 ANÁLISE DAS QUEIXAS AUDITIVAS E EXTRA-AUDITIVAS

Neste item serão apresentadas as análises estatísticas sobre os sintomas auditivos e extra-auditivos questionados após cada tipo de exposição.

##### 4.4.1 Queixas após exposições à VCI isolada

Para análise estatística dos sintomas auditivos utilizou-se o teste pareado não paramétrico de Wilcoxon. Considerou-se que antes das exposições os indivíduos não

apresentaram nenhum tipo de queixa auditiva ou extra-auditiva (saúde em geral), já que um dos critérios para participação na pesquisa é que todos os indivíduos sejam saudáveis. Correlacionou-se então a ausência de sintomas pré-exposições com presença de algum tipo de sintoma pós exposições. A hipótese  $H_1$  considerou se há algum tipo de sintoma presente após as exposições. Abaixo serão apresentadas as tabelas com todos os sintomas pesquisados e o número de indivíduos que os apresentaram após cada exposição. Em seguida os gráficos serão apresentados somente com as queixas estatisticamente presentes após cada exposição.

TABELA 4.42 – Relação das queixas auditivas e extra-auditivas após as exposições à VCI isolada  
H1: Existe algum tipo de sintoma presente após às exposições à VCI

Sintomas Pesquisados	1ª Exposição à VCI			2ª Exposição à VCI		
	Resultados			Resultados		
	n	P-valor	Conclusão	n	P-valor	Conclusão
Zumbido	2	0,157	Não	2	0,157	Não
Tonteira	1	0,317	Não	0	1	Não
Otalgia	0	1	Não	0	1	Não
Plenitude auricular	0	1	Não	0	1	Não
Piora da audição	1	0,317	Não	2	0,157	Não
Dor de cabeça	0	1	Não	3	0,083	Não
Náusea	0	1	Não	1	0,317	Não
Cansaço	5	0,025 *	Sim	8	0,005*	Sim
Irritação	1	0,317	Não	1	0,317	Não
Nervosismo	1	0,317	Não	1	0,317	Não
Ansiedade	2	0,157	Não	3	0,083	Não
Desatenção	4	0,046 *	Sim	3	0,083	Não
Dor nos ombros	2	0,157	Não	2	0,157	Não
Dor na coluna	2	0,157	Não	4	0,046 *	Sim
Dor abdominal	2	0,157	Não	2	0,157	Não
Dor no pescoço	1	0,317	Não	1	0,317	Não
Dor região diafragmática	0	1	Não	0	1	Não

Nota:

- Somente o número de voluntários que apresentaram sintomas após as exposições está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

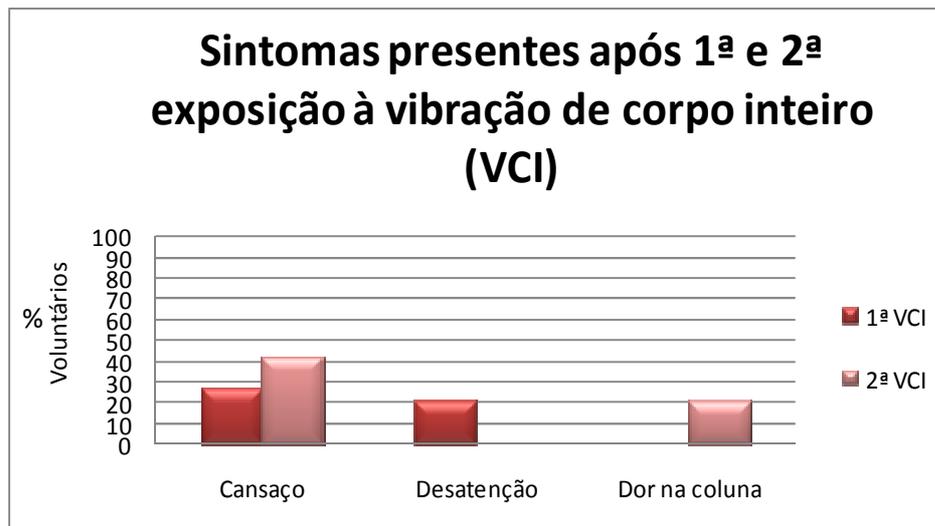


GRÁFICO 4.19 – Sintomas presentes significativamente após 1ª e 2ª exposição à VCI

A TABELA 4.42 apresenta todos os sintomas pesquisados e o número de indivíduos que os apresentaram, após a primeira e segunda exposição à VCI isolada, sendo que somente os sintomas estatisticamente presentes estão mostrados no GRÁFICO 4.19.

Pode-se observar que não houve presença de sintomas auditivos estatisticamente significativos após a 1ª e 2ª exposição à VCI. Na literatura também não foi encontrado nenhum estudo que investigou ou detectou presença de queixas auditivas após VCI isolada.

Porém, queixas extra-auditivas como cansaço, desatenção e dor na coluna foram significativamente detectadas após as exposições. Cansaço esteve estatisticamente mais significativo na 2ª exposição, evidenciando uma evolução no aumento do número de pessoas com esta queixa, concordando com o encontrado por Izumi, Mitre e Duarte (2006). Dor na coluna também esteve presente de forma estatisticamente significativa após 2ª exposição à VCI, corroborando com os achados de Seidel e Heide (1986); Griffin (1996); Sorainen et al. (1998); Bovenzi e Hulshof (1999); Lings e Lebouef-Yde (2000); Palmer et al. (2000); Mabbott et al. (2001); Lenzuni e Pieroni (2003); Goglia e Grbac (2005); Gallais e Griffin (2006); European Comission (2006) e Izumi, Mitre e Duarte (2006). Já o sintoma desatenção esteve presente significativamente somente após a 1ª exposição, fato este que pode ser associado justamente a este momento da exposição. Após a 1ª exposição os voluntários, já cientes dos sintomas, ficariam mais atentos. Porém, não foi questionado aos mesmos tal possibilidade, sendo apenas uma suposição.

#### 4.4.2 Queixas após exposição à NPSE isolado

A TABELA 4.43 apresenta todos os sintomas pesquisados após a primeira e segunda exposição à NPSE isolado, sendo que somente os sintomas estatisticamente presentes estão apresentados no GRÁFICO 4.20.

Observa-se a presença estatisticamente significativa dos seguintes sintomas auditivos: zumbido, plenitude auricular e sensação de piora da audição. Esses resultados concordam com Araújo (2002); Ministério da Saúde/ Brasil (2006); Dias et al. (2006); Pfeiffer et al. (2007); Ogido, Costa e Machado (2009); Gonçalves et al. (2009). Zumbido e plenitude auricular pioraram com a 2ª exposição à NPSE, ou seja, houve um aumento do número de sujeitos com essa queixa após a 2ª exposição, evidenciando efeito cumulativo para esses sintomas. Já a sensação de audição pior esteve presente em um número maior de indivíduos após a 1ª exposição, o que indica uma aparente acomodação auditiva em alguns sujeitos devido à 1ª exposição.

TABELA 4.43 – Relação das queixas auditivas e extra-auditivas após as exposições ao NSPE isolado

H1: Existe algum tipo de sintoma presente após às exposições à NPSE

Sintomas Pesquisados	1ª Exposição à NPSE			2ª Exposição à NPSE		
	Resultados			Resultados		
	n	P-valor	Conclusão	n	P-valor	Conclusão
Zumbido	13	0 *	Sim	14	0 *	Sim
Tonteira	1	0,317	Não	2	0,157	Não
Otalgia	1	0,317	Não	1	0,317	Não
Plenitude auricular	11	0,001 *	Sim	12	0,001 *	Sim
Piora da audição	12	0,001 *	Sim	11	0,001 *	Sim
Dor de cabeça	2	0,157	Não	2	0,157	Não
Náusea	0	1	Não	0	1	Não
Cansaço	4	0,046 *	Sim	6	0,014 *	Sim
Irritação	4	0,046 *	Sim	5	0,025 *	Sim
Nervosismo	4	0,046 *	Sim	5	0,025 *	Sim
Ansiedade	6	0,014 *	Sim	8	0,005 *	Sim
Desatenção	2	0,157	Não	6	0,014 *	Sim
Dor nos ombros	0	1	Não	0	1	Não
Dor na coluna	0	1	Não	0	1	Não
Dor abdominal	0	1	Não	0	1	Não
Dor no pescoço	0	1	Não	0	1	Não
Dor região diafragmática	0	1	Não	0	1	Não

Nota:

- Somente o número de voluntários que apresentaram sintomas após as exposições está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

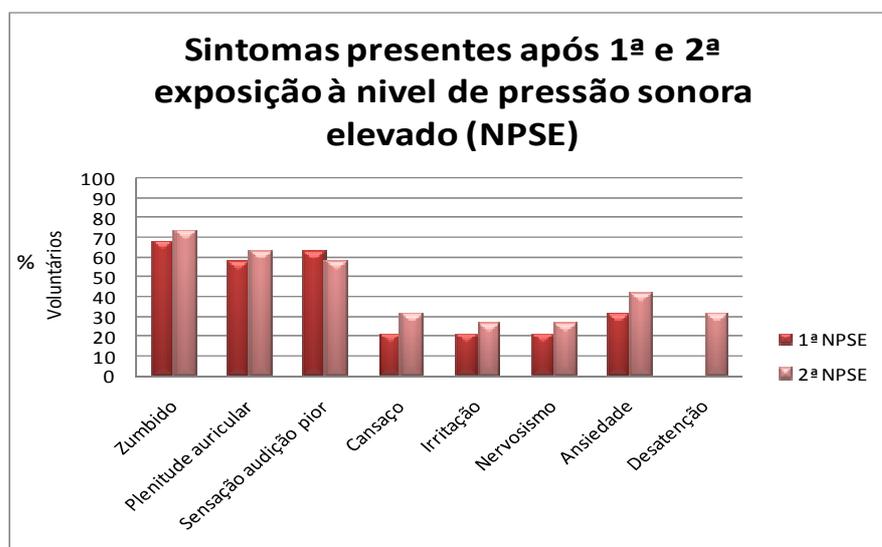


GRÁFICO 4.20 – Sintomas presentes significativamente após 1ª e 2ª exposição à NPSE

Os sintomas extra-auditivos presentes de maneira estatisticamente significante após as duas exposições foram: cansaço, irritação, nervosismo e ansiedade, e o sintoma desatenção esteve significativamente presente apenas após a 2ª exposição. Esses achados corroboram com os encontrados por Quick e Laperosa (1983); Fiorini et al. (1991); Gerges (1992); Seligman (1993); Medeiros (1999); Zannin et al. (2002); Mc Reynolds (2005) e Ministério da Saúde/ Brasil (2006). Pode-se ver que, comparativamente a exposição à VCI isolada, houve um aumento de queixas tanto auditivas, quanto extra-auditivas, tendo sido algumas delas específicas ao tipo de exposição (como dor de coluna para VCI e sintomas auditivos para NPSE). Além disto, a porcentagem de voluntários que tiveram os sintomas foi muito maior para a exposição ao NPSE. Adicionalmente, a desatenção que para VCI foi significante apenas para 1ª exposição, para o NPSE foi o oposto, ou seja, esteve presente apenas para 2ª exposição.

#### 4.4.3 Queixas após exposição à NPSE e VCI Combinados

A TABELA 4.44 apresenta todos os sintomas pesquisados após a primeira e segunda exposição à NPSE e VCI simultâneos, sendo que somente os sintomas estatisticamente significativos estão apresentados no GRÁFICO 4.21.

Estiveram significativamente presentes após as duas exposições combinadas zumbido, plenitude auricular e sensação de audição pior. A presença de tais sintomas após exposição combinada de VCI e NPSE corrobora com os achados de Fernandes e Morata (2002) e Freitas e Nakamura (2004). O zumbido foi a única queixa auditiva que

permaneceu constante, ou seja, após a 2ª exposição não houve aumento do número de pessoas com tal queixa, evidenciando que não houve efeito cumulativo para este sintoma.

TABELA 4.44 – Relação das queixas auditivas e extra-auditivas após as exposições combinada NPSE + VCI

H1: Existe algum tipo de sintoma presente após às exposições à NPSE+VCI

Sintomas Pesquisados	1ª Exposição à NPSE + VCI			2ª Exposição à NPSE + VCI		
	Resultados			Resultados		
	n	P-valor	Conclusão	n	P-valor	Conclusão
Zumbido	11	0,001 *	Sim	11	0,001*	Sim
Tonteira	0	1	Não	0	1	Não
Otalgia	2	0,157	Não	1	0,317	Não
Plenitude auricular	5	0,025 *	Sim	6	0,014 *	Sim
Piora da audição	7	0,008 *	Sim	9	0,003 *	Sim
Dor de cabeça	2	0,157	Não	2	0,157	Não
Náusea	0	1	Não	0	1	Não
Cansaço	5	0,025 *	Sim	7	0,008 *	Sim
Irritação	3	0,083	Não	2	0,157	Não
Nervosismo	2	0,157	Não	2	0,157	Não
Ansiedade	3	0,083	Não	3	0,083	Não
Desatenção	6	0,014 *	Sim	7	0,008 *	Sim
Dor nos ombros	1	0,317	Não	0	1	Não
Dor na coluna	3	0,083	Não	2	0,157	Não
Dor abdominal	3	0,083	Não	5	0,025 *	Sim
Dor no pescoço	1	0,317	Não	0	1	Não
Dor região diafragmática	0	1	Não	0	1	Não

Nota:

- O número de voluntários que apresentaram sintomas após as exposições está representado na coluna n.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

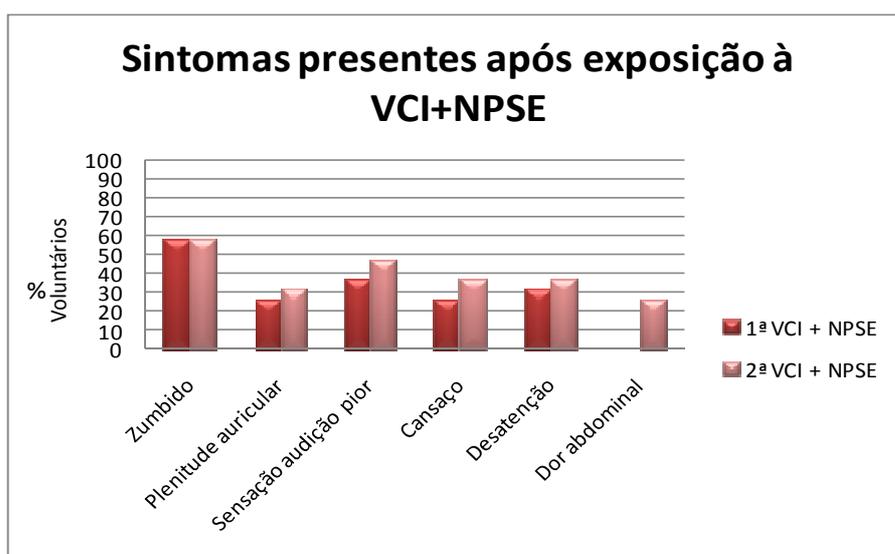


GRÁFICO 4.21 – Sintomas presentes significativamente após exposição à 1ª e 2ª NPSE+VCI

As queixas extra-auditivas cansaço e desatenção foram constatadas significativamente após as duas exposições, estas queixas também foram encontradas por Fernandes e Morata (2002). A queixa dor abdominal esteve presente de forma estatisticamente significativa apenas após a 2ª exposição, acredita-se que principalmente a frequência de vibração utilizada, 5 Hz, que é a responsável pela maior transmissibilidade assento-cabeça para indivíduos sentados (Rakajeda et al, 2010), contribuiu para a presença deste sintoma.

Pode-se observar que houve uma maior diversificação de queixas extra-auditivas após exposição à NPSE isolado. Além disso, após exposição à VCI isolada e à VCI e NPSE combinados praticamente as mesmas queixas extra-auditivas estiveram presentes, sendo exceção a queixa dor abdominal que esteve presente somente após 2ª exposição combinada. Observou-se também que as mesmas queixas auditivas presentes após exposição à NPSE isolado estiveram presentes após a combinação (NPSE+VCI).

Diante disso, optou-se por comparar somente as queixas auditivas e extra-auditivas presentes significativamente e comuns entre as exposições, para verificar se uma exposição pode ser estatisticamente mais prejudicial que outra no que diz respeito ao aparecimento dos mesmos sintomas. Para tal comparação o mesmo teste estatístico, Wilcoxon, utilizado para as análises dos sintomas será aplicado aqui.

Como as exposições à VCI e à NPSE+VCI apresentaram somente queixas extra-auditivas em comum, então a TABELA 4.45 apresenta a relação entre estas queixas após as exposições à VCI e à NPSE+VCI. Nesta tabela são apresentados além do p-valor o número de indivíduos que apresentaram as queixas pós exposição. A hipótese  $H_1$  indica que a exposição à NPSE+VCI é mais prejudicial que a exposição à VCI isolada no aparecimento de sintomas.

TABELA 4.45 – Relação das queixas extra-auditivas após as exposições à VCI e à NPSE + VCI

$H_1$ : Exposição à NPSE+VCI é mais prejudicial que VCI isolado no aparecimento de sintomas

Sintomas Pesquisados	1ª VCI versus 1ª NPSE+VCI				2ª VCI versus 2ª NPSE+VCI			
	Resultados				Resultados			
	n 1ª VCI	n 1ª NPSE +VCI	P-valor	Conclusão	n 2ª VCI	n 2ª NPSE +VCI	P-valor	Conclusão
Cansaço	5	5	1	Não	8	7	0,48	Não
Desatenção	4	6	0,414	Não	3	7	0,317	Não

Nota:

- Somente o número de voluntários que apresentaram sintomas após cada exposição está representado na coluna n referente a sua respectiva exposição.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.

- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

Observa-se que a exposição combinada não é mais prejudicial no aparecimento de sintomas extra-auditivos quando comparada à exposição à VCI isolada. Dessa forma, neste estudo verificou-se que ambas exposições possuem o mesmo poder para contribuição do aparecimento dos sintomas relacionados na tabela.

Como as exposições à NPSE e à NPSE+VCI apresentaram tanto queixas auditivas quanto extra-auditivas em comum, então a TABELA 4.46 apresenta a relação entre estas queixas após as exposições à NPSE e à NPSE+VCI. Nesta tabela são apresentados além do p-valor o número de indivíduos que tiveram as queixas pós exposição. A hipótese H<sub>1</sub> indica que a exposição à NPSE é mais prejudicial que a exposição à NPSE+VCI no aparecimento de sintomas.

Verifica-se que a exposição à NPSE isolado foi significativamente mais prejudicial que a exposição combinada após as duas exposições somente para o aparecimento do sintoma auditivo plenitude auricular, ou sensação de orelha tampada. Supõe-se que em alguns indivíduos a vibração na exposição combinada possa ter contribuído para mascarar ou aliviar o aparecimento de sintomas.

TABELA 4.46 – Relação das queixas auditivas e extra-auditivas após as exposições à NPSE e à NSPE + VCI

H1: Exposição à NPSE é mais prejudicial que NPSE+VCI no aparecimento de sintomas

Sintomas Pesquisados	1ª NPSE + VCI versus 1ª NPSE				2ª NPSE + VCI versus 2ª NPSE			
	Resultados				Resultados			
	n 1ª NPSE	n 1ª NPSE + VCI	P-valor	Conclusão	n 2ª NPSE	n 2ª NPSE + VCI	P-valor	Conclusão
Zumbido	13	11	0,157	Não	14	11	0,083	Não
Otalgia	1	2	0,564	Não	1	1	1	Não
Plenitude auricular	11	5	0,014*	Sim	12	6	0,014 *	Sim
Piora da audição	12	7	0,059	Não	11	9	0,48	Não
Cansaço	4	5	0,705	Não	6	7	0,705	Não
Desatenção	2	6	0,102	Não	6	7	0,655	Não

Nota:

- Somente o número de voluntários que apresentaram sintomas após cada exposição está representado na coluna n referente a sua respectiva exposição.
- O nível de significância (p-valor) refere-se ao teste de *Wilcoxon*.
- Os resultados significativos foram identificados com asteriscos, de acordo com o nível de significância, a saber: p-valor < 0.05 \* (nível de confiança de 95%).

## 5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão descritas as conclusões referentes aos resultados encontrados nesta pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

### 5.1 CONCLUSÕES

As conclusões serão apresentadas de acordo com os objetivos respectivamente elencados no capítulo 1.

1. O nível de vibração de corpo inteiro (VCI) utilizado ( $2,12\text{m/s}^2$ , 5 Hz, eixo-Z, 2 exposições de 18 minutos com intervalo de 10-12 minutos) não ocasionou alteração temporária da audição de forma significativa. O nível de pressão sonora (NPSE) utilizado (2 exposições à 96 dB(A) durante 18 minutos com intervalo de 10-12 minutos) ocasionou alteração temporária da audição significativa, principalmente nas frequências agudas. Na frequência de 6000 Hz para audiometria os limiares auditivos de 50% da população estudada alcançou 25 dB(A), nível este considerado limite para audição normal. A combinação de VCI e NPSE na mesma intensidade e duração descritos acima também alterou temporariamente a audição de maneira significativa, sendo que nas frequências de 4000 Hz e 6000 Hz na audiometria os limiares auditivos de 50% da amostra alcançaram 20 dB(A). Quando foi comparada a exposição ao NPSE isolado com a combinação (NPSE+VCI), observou-se que esta não foi significativamente pior que aquela, ou seja, não houve um efeito sinérgico dessa combinação na audição. Os resultados da EOA foram coerentes com os encontrados na audiometria no que diz respeito às maiores alterações auditivas terem sido detectadas nas frequências agudas em ambos os exames.
2. Não foi constatado efeito cumulativo das exposições, ou seja, a 2ª exposição à NPSE e à NPSE+VCI não foi significativamente pior que a 1ª exposição desses respectivos estímulos. Como para exposição à VCI isolada não houve alteração auditiva, não se justifica comentar sobre seu efeito cumulativo.

3. Após as exposições à VCI isolada, sintomas auditivos significativos não foram relatados pelos voluntários, porém sintomas extra-auditivos como cansaço, desatenção e dor na coluna foram significativamente detectados. Após as exposições ao ruído isolado os sintomas auditivos que estiveram presentes foram zumbido, plenitude auricular e sensação de audição pior; e os sintomas extra-auditivos significativos foram cansaço, irritação, nervosismo, ansiedade e desatenção. Finalmente, após as exposições à NPSE+VCI observou-se presença significativa dos seguintes sintomas auditivos: zumbido, plenitude auricular e sensação de audição pior. Já os extra-auditivos foram cansaço, desatenção e dor abdominal, Deste modo, os mesmos sintomas auditivos presentes aqui na exposição combinada estiveram também presentes após as exposições ao NPSE, e praticamente os mesmos sintomas extra-auditivos na exposição combinada estiveram presentes após as exposições à VCI. Entretanto, ainda assim as exposições à NPSE isolado provocaram maior aparecimento de sintomas extra-auditivos que as outras exposições. Pode-se notar que o número de voluntários que reportou sintomas auditivos após a exposição combinada foi menor do que para a exposição ao NPSE, visto que para exposição à VCI tais sintomas não foram encontrados de forma significativa. Além disto foi verificado que a exposição a NPSE isolado foi significativamente mais prejudicial que a combinação somente no aparecimento do sintoma plenitude auricular. Portanto, apesar da combinação ter ocasionado tanto sintomas presentes após NPSE quanto sintomas presentes após VCI pode-se considerar que ela não foi tão prejudicial, ao contrário, ajudou a minimizar a ocorrência de alguns sintomas que apareceram após exposição o ruído isolado. Entretanto, recomenda-se aumentar o tamanho da amostra para que tais conclusões possam ser mais confiáveis. Sabe-se que para o tipo de teste utilizado na análise dos sintomas (Teste não-paramétrico de Wilcoxon), quando é encontrada diferença significativa, significa que realmente os resultados foram diferentes. Entretanto, a recíproca não é verdadeira, ou seja, é possível encontrar um falso positivo devido ao tamanho da amostra.
4. Dentre os 19 indivíduos avaliados, 10 homens e 9 mulheres, não houve diferença estatisticamente significante entre a audição do gênero feminino e masculino quando foram avaliados os limiares de referencia. Deste modo, não se julgou necessário fazer a análise após cada uma das exposições.

5. Não foi constatada diferença estatística entre a audição da orelha direita e esquerda para o exame de audiometria tonal. Para o exame de EOAPD foi observada diferença significativa entre a audição da orelha direita e esquerda somente nas frequências de 3984 Hz e 6000 Hz, sendo que, na frequência de 3984 Hz a orelha esquerda apresentou amplitudes de EOA melhores que a orelha direita, e na frequência de 6000 Hz a orelha direita apresentou amplitudes de EOA melhores que a esquerda. Estes resultados foram úteis para embasar quanto aos dados que seriam analisados estatisticamente. Entretanto, recomenda-se um aumento amostral para ser possível concluir com exatidão e fidedignidade se há diferença interaural. Novamente, tais conclusões foram obtidas considerando-se apenas os limiares de referência.

Verifica-se que a literatura é controversa quanto aos reais efeitos do risco ocupacional VCI na audição. Portanto, são extremamente necessárias pesquisas que investiguem tais efeitos, dando atenção especial às diferentes frequências de vibração utilizadas, já que há estudos (Yokoyama, Osako e Yamamoto, 1974) que em frequências diferentes foram encontrados também efeitos diferentes, mesmo em amplitudes menores. Nesta pesquisa procurou-se utilizar a frequência de excitação na região onde ocorre a máxima transmissibilidade assento-cabeça (Rakjeda et al, 2010) por se considerar que seu efeito fosse amplificado. Além disto, a frequência utilizada corresponde aquela encontrada em grande parte dos veículos para onde é encontrado o maior pico de amplitude (Balbinot, 2001). O valor de amplitude utilizado foi determinado considerando-se os limites estabelecidos pela Diretiva Européia (2002) como seguros para saúde.

Quanto ao NPSE é importante alertar os trabalhadores e profissionais relacionados à segurança do trabalho em indústrias, quanto aos limites de tolerância ao ruído estipulados pelas normas de segurança. Isto porque até que ponto pode-se garantir a saúde auditiva de um trabalhador que exposto a níveis de NPSE que mesmo tolerado por normas, ocasiona MTL diariamente? Apesar de não haver comprovações científicas de que a MTL evolui para uma MPL, há indícios e hipóteses científicas (Pekkarinen, 1995 e Katz, 1999) de que seja possível a evolução de uma MTL para MPL.

## **5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Aumentar a amostra de modo que ela seja representativa da parcela da população que permanece diariamente exposta aos riscos ocupacionais VCI e ruído.

- Aumentar a amostra para se chegar a conclusões reais quanto à existência ou não de diferença na audição de homens e mulheres.
- Aumentar a amostra para se chegar a conclusões reais quanto à existência ou não de diferença de limiar auditivo entre orelha direita e esquerda.
- Pesquisar os efeitos da VCI na audição utilizando a frequência de ressonância da cabeça com diferentes níveis de amplitude.
- Tentar desenvolver mecanismos que meçam o quanto da VCI realmente atinge a orelha de modo a se fazer melhores correlações entre os resultados obtidos.
- Pesquisar os efeitos da VCI, ruído e combinação (VCI e ruído) utilizando além da audiometria e EOAPD, o exame de EOA transientes.
- Pesquisar os efeitos da VCI, ruído e combinação (VCI e ruído) utilizando somente o exame de EOA.
- Monitorar os níveis de VCI que um determinado grupo de trabalhadores esteja exposto *in loco* e reproduzi-los em laboratório de maneira controlada.
- Pesquisar os efeitos da VCI na audição e equilíbrio de indivíduos em pé.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARENGA, K., JACOB, L.C.B., MARTINS, C.H.F, COSTA, A.O., COUBE, C.Z.V, MARQUES, J.M. Emissões Otoacústicas - produto de distorção em indivíduos expostos ao chumbo e ao ruído. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia* , 681-686, 2003.
2. ANFLOR, C.T.M . Estudo da transmissibilidade da vibração no corpo humano na direção vertical e desenvolvimento de um modelo biodinamico de quatro graus de liberdade. Dissertação de mestrado/ Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica UFRGS . Rio Grande do Sul, Brasil, 2003.
3. ARAÚJO, S. A.. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica . *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia* , 47-52, 2002.
4. AURA aparelhos auditivos. Acesso em dezembro de 2010, disponível em <http://www.telexbr.com.br/mockup/aura/php/informacao2.php?id=7>.
5. BALBINOT, A.. Caracterização dos níveis de vibração em motoristas de ônibus: um enfoque no conforto e na saúde. Tese Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul . Porto Alegre, Brasil, 2001.
6. BARBOSA DE SÁ, L.C., LIMA, A. M.T., TOMITA, S., FROTA, S., SANTOS, G.A., GARCIA, T.R. Avaliação dos Limiares de Audibilidade das Altas Frequências em Indivíduos entre 18 e 29 anos sem Queixas Otológicas . *Revista Brasileira de otorrinolaringologia* , 215-225, 2007.
7. BARROS, S. M. S., FROTA, S., ATHERINO, C. C. T., OSTERNE, F.. A eficiência das emissões otoacústicas transientes e audiometria tonal na detecção de mudanças temporárias nos limiares auditivos após exposição a níveis elevados de pressão sonora. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 2007 .

8. BEER, F., JOHNSTON, E. . Resistência dos materiais. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.
9. BOCHNIA, M., MORGENROTH, K.; DZIEWISZEK, W.; KASSNER, J... Experimental vibratory damage of yhe inner ear. Eur Arch Otorhinolaryngol , pp. 307-313, 2005.
10. BOVENZI, M. . Low back pain disorders and exposure to whole body vibration in the workplace. Seminars in Perinatology , pp. 38-53, 1996.
11. BOVENZI, M., HULSHOF, C.. An update review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole body vibration and low back pain. Int. Arch. Enviroment Health , pp. 351-365, 1999.
12. BRUEL, KJAER.. Human body vibration exposure and its measurement- Technical review. Human body vibration,1982 .
13. CARVALHO, R.M.M., KOGA, M.C., CARVALHO, M., ISHIDA, I.M.. Limiars auditivos para altas frequências em adultos sem queixas auditivas . ACTA ORL , 62-66, 2007.
14. COELHO, M.S.B., FERRAZ, J. R. S., ALMEIDA, E. O. C., FILHO, N. A.. As emissões otoacústicas no diagnostico diferencial das perdas auditivas induzidas por ruido . Revista CEFAC, 2010 .
15. CORRÊA FILHO, H.R., COSTA, L.S., HOEHNE, E.L., PÉREZ, M.A.G., NASCIMENTO, L.C.R., MOURA, E.C. Perda auditiva induzida por ruído e hipertensão em motoristas de ônibus. Revista de Saúde Pública , 1-10, 2002.
16. CORTÊS-ANDRADE, I. F., SOUZA, A. S., FROTA, S. M.. Estudo das emissões otoacústicas-produto de distorção durante a prática esportiva associada à exposição à música . Revista CEFAC, 2009 .
17. DIAS, A., CORDEIRO, R., CORRENTE, J., GONÇALVES, C.. Associação entre perda auditiva induzida pelo ruído e zumbido. Caderno de Saúde Pública , 63-68, 2006.

18. DIDONÉ, J. A.. Perda Auditiva dos Motoristas de Ônibus por Exposição ao Ruído: medição, análise e proposta de prevenção. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Tese de Doutorado apresentada ao programa de pós graduação em Engenharia de Produção da UFSC, 2004.
19. DIESAT, DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTUDOS E PESQUISAS DE SAÚDE E DOS AMBIENTES DE TRABALHO . Dados Gerais sobre acidentes no Brasil e Grandes Regiões e seus Estados 2008. Fonte: <http://www.diesat.org.br/artigos/AEAT08.PDF>.
20. DIRECTIVE 2002/44/EC. (2002). On the Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risk Arising From Physical Agents (Vibration). *Directive* European Parliament and of the Council.
21. DORNELA, J. G., DUARTE, M. L.M. Effect of mechanical vibration and anxiety on peripheral blood circulation: Review of Literature to Explain Redness Caused by the Presence of Whole Body Vibration (WBV). Congresso Nacional de Engenharia Mecânica/CONEM . Brasil, 2010.
22. ELEFThERIOU, P. C.. Industrial noise and its effects on human hearing. *Applied Acoustics* , pp. 35-42, 2002.
23. ENGDahl, B.. Effects of noise and exercise on distortion product otoacoustic emissions . *Hearing Research* , pp. 72-82, 1996.
24. EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL EMPLOYMENT, SOCIAL AFFAIRS AND EQUAL OPPORTUNITIES. Guide to Good Practice on Whole Body Vibration, 2006.
25. EVEREST, F.A.. The master handbook of acoustics. USA: 4ª edição Mc Graw-Hill Companies Inc, 2001.
26. FERNADES, M., MORATA, T.C. Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia* , 705-713, 2002.

27. FIGUEIREDO, M.S. Emissões otoacusticas e Bera. Capítulo II. São José dos Campos/SP: Pulso, 2003.
28. FIORINI, A.C., PARRADO-MORAN, M.. Emissões otoacusticas produto de distorção: estudo de diferentes relações de níveis sonoros nos testes em indivíduos com e sem perdas auditivas . Revista Distúrbios da Comunicação , 385-396, 2005.
29. FIORINI, A.C., SILVA, S., BEVILACQUA, M.C. Ruído, Comunicação e outras alterações. Revista SOS: Saúde Ocupacional e Segurança , 49-60, 1991.
30. FREITAS, R.G.F., NAKAMURA, H.Y.. Perda auditiva induzida por ruído em motoristas de ônibus com motor dianteiro. Saúde em Revista , 13-19, 2003.
31. FROTA, S.. Fundamentos de audiologia. São Paulo: Editora Guanabara Koogan, 1998.
32. FUNDACENTRO. Avaliação da exposição ocupacional ao ruído- Norma de Higiene Ocupacional (NHO-01). São Paulo, Brasil, 2001.
33. GALLAIS, L., GRIFFIN, M.J.. Low back pain in car drivers: A review of studies published 1975 to 2005. Journal of Sound and Vibration , pp. 499-513, 2006.
34. GERGES, S. N.. Ruído Fundamentos e Controle. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Centro Brasileiro de Segurança e Saúde Industrial, 1992.
35. GODOY, T.M.C. Perdas auditivas induzidas pelo ruído em militares: um enfoque preventivo. Dissertação de mestrado PUC- SP . São Paulo, Brasil, 1991.
36. GOGLIA, V., GRBAC, I.. Whole body vibration transmitted to the framesaw operator. Applied Ergonomics , pp. 43-48, 2005.
37. GOMES, J., CANDEIAS, N. M., PRIMO, B., PEREIRE, T., RUSSO, M.. Condições de Trabalho e de Saúde de um Grupo de Trabalhadores da Área de Prensas. Revista Saúde Pública , 32-46, 1983.

38. GONÇALVES, C. G., LACERDA, A. B., ZOCOLI, A. M., OLIVA, F., ALMEUDA, S., IANTAS, M.. Percepção e o impacto da música na audição de integrantes de banda militar. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia* , 515-520, 2009.
39. GRIFFIN, M. . *Handbook of Human Vibration*. London: Academic Press, 1996.
40. GUERRA, M. R., LOURENÇO, P.M.C., TEIXEIRA, M.T.B., ALVES, M.J.M. Prevalência de perda auditiva induzida por ruído em empresa metalúrgica. *Revista de Saúde Pública* , 234-244, 2005.
41. HAMERNIK, R. P., AHROON, W. A., PATTERSON, J.. Relations among early postexposure noise-induced threshold shifts and permanent threshold shifts in the chinchilla. *The Journal of the Acoustical Society of America* , pp. 320-326, 2002.
42. HAMERNIK, R. P., AHROON, W. A., DAVI, R. I., AXELSSON, A. . Noise and vibration interactions: Effects on hearing. *J. Acoust Soc Am* , pp. 2129-2137, 1989.
43. HAMERNIK, R. P., HENDERSON, D., COLING, D., SLEPECKY, N. . The interaction of whole body vibration and impulse noise. *The Journal of the Acoustical Society of America* , pp. 928-934, 1980.
44. HARGER, M. R., BARBOSA-BRANCO, A.. Efeitos auditivos decorrentes da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de marmorarias no Distrito Federal. *Associação Medica Brasileira* , 396-399, 2004.
45. HOY, J., MURABARAK, N.. The effect of whole body vibration on forklift drivers. *2nd International Conference on whole body vibration injuries* , 19-20, 2000.
46. HSE, Health and Safety Executive Whole-body Vibration calculator. Acesso em 2010, disponível em <http://www.hse.gov.uk/vibration/wbv/wholebodycalc.htm>, 2006.

47. [http://sites.google.com/site/marcosfs2006/grafBoxplot\\_1.png](http://sites.google.com/site/marcosfs2006/grafBoxplot_1.png).. Acesso em 2010, disponível em Modelo Gráfico Boxplot, 2006.
48. HUNGRIA, H.. Manual de Otorrinolaringologia. Rio de Janeiro: 3<sup>a</sup> edição Guanabara Koogan, 1972.
49. ISO 2631/1.. International Organization for Standardization – Mechanical Vibration and Shock – Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration – Part1:General Requirements, 1997 .
50. ISO 2631.-1. (Adendo, 2010). Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole body vibration. Geneva.
51. IZUMI, R.. Efeitos de vibrações e níveis de pressão sonora elevados na mudança temporária de limiar auditivo. Dissertação defendida pela Universidade Federal de Minas Gerais . Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2006.
52. IZUMI, R., MITRE, E. I., DUARTE, M.L.M.. Efeito das Vibrações de Corpo Inteiro na Audição. *Revista CEFAC* , 386-392, 2006.
53. KAN, J. K.-H.. Noise exposure levels among 20 selected truck drivers . *Journal Environment Health* , pp. 83-85, 1980.
54. KATZ, J.. Tratado de audiologia clínica. São Paulo: 3<sup>a</sup> edição Editora Manole.1999
55. KELSEY, J. L., HARDY, R. J.. Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. *American Journal of Epidemiology* , pp. 63-73, 1975.
56. KEMP, D., BRAY, P., ALEXANDER, L., BROWN, A.. Acoustic Emission Cochleography: Pratical aspects. *Scand. Audiol. Suppl.* , 71-95, 1986.
57. KINSLER, L.E., FREY, A.R., COPPENS, A.B., SANDERS, J.V. Fundamentals of acoustics. New York: Editora John Wiley e Sons, 1982.

58. LENZUNI, P., PIERONI, A.. Lifetime exposure of bus drivers to shocks and impulsive acceleration. Tenth International Congress on Sound and Vibration . Suécia, 2003.
59. LIGOCKI, C., TEIXEIRA, A., PARREIRA, L.. Efeito da Exposição a Elevados Níveis de Pressão Sonora Sobre o Organismo de Trabalhadores de Praça de Alimentação de Shopping Center. 16º Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia. Campos do Jordão, São Paulo, Brasil, 2008.
60. LINGS, S., LEBOUF YDE, C.. Whole body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992-1999. Int Arch Occup Environment Health , pp. 290-297, 2000.
61. LJUNGBERG, J., NEELY, G., LUNDSTROM, R.. Cognitive performance and subjective experience during combined exposures to whole body vibration and noise. Archives of Occupational and Environmental Health , pp. 289-297, 2004.
62. LLOYD, L., KAPLAN, H.. Audiometric interpretation: a manual on basic audiometric. University Park Press Baltimore, 1978.
63. LOPES, A., ALMEIDA, B., ZANCONATO, C., MONDELLI, M.. Estudo dos limites de audibilidade de altas frequências em crianças ouvintes com idade entre 7 a 13 anos . Revista Distúrbio da Comunicação , 173-180, 2007.
64. LORENZEN, C., MASCHETTE, W., KOH, M., WILSON, C.. Inconsistent use of terminology in whole body vibration exercise research. Journal of science and medicine in sport, 2008 .
65. MABBOTT, N., FOSTER, G., MCPHEE, B.. Heavy vehicle seat vibration and driver fatigue. Sidney: Australian transport safety bureau - Department of transport and regional services, 2001 .
66. MAGALHÃES, M.N., LIMA, A.C.P.. Noções de Probabilidade e estatística. 3ª edição, 2001.

67. MAGNUSSON, M. L., POPE, M.. A Review of the biomechanics and epidemiology of working postures. *Journal of Sound and Vibration* , pp. 965-976, 1998.
68. MANNINEN, O.. Bioresponses in men after repeated exposures to single and simultaneous sinusoidal or stochastic whole body vibrations of varying bandwidths and noise. *Int Arch Occup Environ Health* , pp. 267-295, 1986.
69. MANNINEN, O.. Cardiovascular changes and hearing threshold shifts in men under complex exposures to noise, whole body vibrations, temperatures and competition type psychic load. *Int Arch Occup Environ Health* , pp. 251-274, 1985.
70. MANNINEN, O.. Hearing threshold and heart in men after repeated exposure to dynamic muscle work, sinusoidalvs stochastic whole body vibration and stable broadband noise. *Int Arch Occup Environ Health* , pp. 19-32, 1984.
71. MANNINEN, O.. Studies of combined effects of sinusoidal whole body vibrations and noise of varying bandwidths and intensities on TTS2 in men. *Int Arch Occup Environ Health* , pp. 273-288, 1983a.
72. MANNINEN, O., EKBLUM, A.. Single and joint actions of noise and sinusoidal whole body vibration on TTS2 values and low frequency upright posture sway in men. *Int Arch Occup Environ Health* , pp. 1-17, 1984.
73. MANNINNEN, O.. Simultaneous effects of sinusoidal whole body vibration and broadband noise on TTS2's and R wave amplitudes in men at two different dry bulb temperatures. *Int Arch Occup Environ Health* , pp. 289-297, 1983b.
74. MARQUES, F. P., DA COSTA, E. A.. Exposição ao ruído ocupacional: alterações no exame de emissões otoacústicas. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia* , 362-366, 2006.
75. MARTINHO, T., ZEIGELBOIM, S., MARQUES, J. M.. Perfil audiológico nas altas frequências em indivíduos de 30 a 40 anos com audição normal. *Revista Internacional de Otorrinolaringologia* , 1-8, 2005.

76. MC REYNOLDS, M. C.. Noise induced hearing loss. *Air Medical Journal*, 2005 .
77. MEDEIROS, L.. Ruído: Efeitos Extra-Auditivos no Corpo Humano. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 1999.
78. MIKHAEL, M., ORR, R., SINGH, M.A.F. The effect of whole body vibration exposure on muscle or bone morphology and function in older adults: a systematic review of the literature. *Maturitas* , pp. 150-157, 2010.
79. MILLS, J., ADKINS, W. Y., GILBERT, R.. Temporary Threshold Shifts Produced by Wideband Noise. *Journal Acoustical Society of America* , pp. 390-396, 1981.
80. MINISTÉRIO DA SAÚDE/BRASIL. Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) - Saúde do trabalhador protocolos de complexidade variada. Acesso em 2010, disponível em [www.saude.ba.gov.br/cesat/Publicacoes/...ST/Proto\\_PAIR.pdf](http://www.saude.ba.gov.br/cesat/Publicacoes/...ST/Proto_PAIR.pdf), 2006.
81. MINISTÉRIO DO TRABALHO/BRASIL. NORMA REGULAMENTADORA NR-15. (1978). [http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_15.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf). Acesso em 2010.
82. MINISTÉRIO DO TRABALHO/BRASIL. NORMA REGULAMENTADORA NR-7. (Portaria nº 19/1998). <http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/05/mtb/7.htm>. Acesso em 2010.
83. MUSIEK, F. E., RINTELMANN, W. F.. Perspectivas atuais em avaliação auditiva. . Baurueri.: Editora Manole, 2001.
84. NEPOMUCENO, L.A. Elementos de acústica física e psicoacústica. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.
85. NUDELMANN, A., COSTA, E.A., SELIGMAN, J., IBAÑEZ, R. N.. Pair - Perda auditiva induzida por ruído . Porto Alegre : Editora Bagagem comunicação, 1997.

86. NUDELMANN, A., COSTA, E.A., SELIGMAN, J., IBAÑEZ, R.N.. Pair - Perda auditiva induzida por ruído - Volume II. Porto Alegre: Editora Revinter, 2001.
87. ODA, A. K., BERNARDI, A. P., AZEVEDO, M. F.. Comparação dos limiares auditivos tonais determinados por tom puro e por tom modulado. Revista Cefac , 149-156, 2003.
88. OGIDO, R., COSTA, E. A., MACHADO, H. C.. Prevalencia de sintomas auditivos e vestibulares em trabalhadores expostos a ruído ocupacional. Revista de Saúde Pública , 377-380, 2009.
89. OKADA, A., MIYAKE, H., YAMAMURA, K., MINAMI, M.. Temporary Hearing Loss Induced by Noise and Vibration. Journal of the acoustical Society of America , pp. 1240-1248, 1972.
90. PAGANO, M., GAUVREAU, K.. Princípios de Bioestatística. São Paulo: 2ª Edição Thomson, 2004.
91. PALMER, K. T., GRIFFIN, M. J., BENDALL, H., PANETT, B., COGGON, D.. Prevalence and pattern of occupational exposure to whole body vibration in great Britain: findings from a national survey. Occupational environmental medicine , pp. 229-236, 2000.
92. PASCHOLD, H.W., SERGEEV, A. V.. Whole body vibration knowledge survey of U.S. occupational safety and health professionals. Journal of safety research , pp. 171-176, 2009.
93. PEKKARINEN, J.. Noise, Impulse noise and other physical factors: combined effects on hearing. Occupational Medicine , pp. 545-559, 1995.
94. PFEIFFER, M., ROCHA, R. L., OLIVEIRA, F. R., FROTA, S.. Intercorrelação audiológica em músicos após um show de rock. Revista CEFAC , 423-429, 2007.

95. PIMENTEL, F., SOUZA, F., ALVARES, P.. A Poluição Sonora Urbana no Trabalho e na Saúde. Acesso em Outubro de 2010, disponível em <http://www.icb.ufmg.br/lpf/>, 2000.
96. QUICK, C., LAPEROSA, B.. Contribuição ao Estudo das alterações auditivas e de ordem neurovegetativas atribuídas ao ruído. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* , 50-56, 1981.
97. RAKHEJA, S., DONG, R. G., PATRA, S., BOILEAU, P.-É., MARCOTTE, P., WARREN, C.. Biodynamics of the human body under whole body vibration: Synthesis of the reported data. *International Journal of Industrial ergonomics*, 2010 .
98. RAO, S. S.. *Mechanical Vibrations*. Prentice Hall, 2003.
99. RAUCH, F., SIEVANEN, H., BOONEN, S., CARDINALE, M., DEGENS, H., FELSENBURG, D. ROTH J, SCHOENAU E, VERSCHUEREN S, RITTWEGGER J.. Reporting whole body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of musculoskeletal and neuronal interactions. *Journal Musculoskeletal Neuronal interact* , pp. 193-198, 2010.
100. REHN, B., NILSSON, T., OLOFSSON, B., LUNDSTROM, R.. Whole-body vibration exposure and non-neutral neck postures during occupational use of all-terrain vehicles. *Ann. Occup. Hyg.* , pp. 267-275, 2005.
101. RETAMAL, M.C.R., MAROCHI, R., ZEIGELBOIM, B. S., MARQUES, J.M. Estudo dos limiares de audibilidade nas altas frequências em indivíduos normo-ouvintes de 12-19 anos. *Revista Distúrbios da Comunicação* , 35-42, 2004.
102. RUSSO, I.C.P., SANTOS, T.M.M. *A prática da audiologia clínica*. São Paulo: 4ª edição, Editora Cortez, 1993.
103. SAHYEB, D. R., COSTA FILHO, O.A., ALVARENGA, K. F.. Audiometria de alta frequência: estudo com indivíduos audiologicamente normais. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia* , 93-99, 2003.

104. SANTOS FILHO, P.F., FERNADES, H.C., QUEIROZ, D.M., SOUZA, A.M., CAMILO, A. J.. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. *Revista Árvore* , 887-895, 2003.
105. SANTOS, J.D., FERREIRA, M.I.D.C.. Variação dos limiares audiométricos em trabalhadores submetidos a ruído ocupacional. *Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia* , 1-8, 2008.
106. SANTOS, U., MATOS, M.. Aspectos de física. In: *Ruído, Riscos e Prevenção* (pp. 7-23). São Paulo: Hucitec, 1994.
107. SCARLETT, A. J., STAYNER, R. M.. Whole body vibration on construction mining and quarrying machines - Evaluation of emission and estimated exposure levels. Prepared by Silsoe Research Intitute for the Health and Safety Executive, HSE Research report (RR-400),2005 .
108. SEIDEL, H., HEIDE, R.. Long-terms Effects of Whole Body Vibration: a Critical Survey of the Literature. *Int Arch Occup Environ Health* , pp. 1-26, 1986.
109. SEIDEL, H., RICHTER, J., KUREROV, N. N., SCHJAPAK, E., BLUTHNER, R., ERDMANN, U., HINZ, B.. Psychophysical assessment of sinusoidal whole body vibration in Z-axis between 0.6 and 5 Hz combined with different noise levels. *International archives occupational environmental health* , pp. 413-422, 1989.
110. SEIDEL, H., BLUTHNER, R., MARTIN, J., MENZEL, G., PANUSKA, R., ULLSPERGER, P. . Effects of isolated and combined exposures to whole-body vibration and noise on auditory-event related brain potentials and psychophysical assessment. *European Journal of Applied Physiology* , pp. 376-382, 1992.
111. SEIDEL, H., SHUST, M., SEIDEL, H., & BLUTHNER, R.. Subjective evaluation of the effects of noise with a different tonality combined with random low-frequency whole-body vibration. Presented at the United Kingdom

Group Meeting on Human Response to Vibration held at the ISRV, University of Southampton, 1997 .

112. SELIGMAN, J.. Efeitos não auditivos e aspectos psicossociais no indivíduo submentido a ruído intenso. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 1993 .
113. SIEGEL, S.. *Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento*. . São Paulo. : Ed Mc Graw-Hill do Brasil Ltda, 1975.
114. SILVA, I., FEITOSA, M.. Audiometria de alta frequência em adultos jovens e mais velhos quando a audiometria convencional é normal . *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia* , 665- 672, 2006.
115. SILVA, L. F.. Estudo sobre a exposição combinada entre ruído e vibração de corpo inteiro e os efeitos na audição de trabalhadores, 2002.
116. SILVA, L., MENDES, R.. Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de trabalhadores. *Revista de Saúde Pública* , 9-17, 2005.
117. SOLIMAN, S., EL-ATREBY, M., TAWFIK, S., HOLAIL, E., ISKANDAR, N., ABOU-SETTA, A.. The interaction of whole-body vibration and noise on the cochlea. *International Congress Series* , pp. 209-216, 2003.
118. SORAINEN, E., PENTTINRN, J., KALLIO, M., RYTKONEN, E., TAATTOLA, K.. Whole-body vibration of tractor drivers during harrowing. *Hygiene Association Journal* , pp. 642-644, 1998.
119. SPSS®. *Statistical Package for the Social Sciences* versão 18.0.
120. STOVER, L., GORGA, M.P., NEELY, S.T., MONTROYA, D.. Toward optimizing the clinical utility of distortion product otoacoustic emissions measurements. *J Acoust Soc Am* , pp. 956-967, 1996.
121. THOMSON, W. T.. *Teoria da vibração com aplicações*. Rio de Janeiro. : Ed. Interciência Ltda, 1978.

122. TRIOLA, M. F.. Introdução à estatística. 7<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro. : Editora LTC, 1999.
123. TRIPETI, M., CANTIO, M., SAFFIOT, G.. Risk and effects of whole body vibration in locomotive engineers. 2nd International Conference on whole body vibration injuries, 2000 .
124. VIEIRA, S.. Bioestatística tópicos avançados. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
125. VIEIRA, S.. Introdução à Bioestatística. Rio de Janeiro: Campus, 1980.
126. VINCK, B. M., CAUWENBERGE, P. B. V., LEROY, L., CORTHALS, P.. Sensitivity of transient evoked and distortion product otoacoustic emissions to the direct effects of noise on the human cochlea. *Audiology* , pp. 44-52, 1999.
127. WEN, C. L., BOHM, G. M., CRUZ, O. L., ZANONI, A., ZORZETTO, N., OLIVEIRA, J. A.. Software Homen virtual: Audição. Danavox, 2003.
128. WOLFE, J.. What is a decibel? Acesso em 2010, disponível em <http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/dB.htm>.
129. YOKOYAMA, T., OSAKO, S., YAMAMOTO, K.. Temporary Threshold Shifts Produced by Exposure to Vibration, Noise and Vibration-plus-Noise. *Acta Otolaryng* , pp. 207-212, 1974.
130. ZANNIN, P. H.T., CALIXTO, A., DINIZ, F. B., FERREIRA, J. A., SCHUHLLI, R. B.. Incomodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. *Revista Saúde Pública* , 521-524, 2002.
131. ZHU, S. K., SAKAKIBARA, H. YAMADA, S.. Combined effects of hand-arm vibration and noise on TTS of hearing in healthy subjects. . *International Archieves of Environmental Health* , pp. 433-436, 1997.

## Anexo A – CARTA DE AUTORIZAÇÃO DO COEP



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 0497.0.203.000-09

Interessado(a): **Profa. Maria Lúcia Machado Duarte**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**  
**Escola de Engenharia**

### DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 16 de dezembro de 2009, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado "**Análise da mudança temporária de limiar auditivo de indivíduos expostos a vibrações de corpo inteiro (VCI) e níveis de pressão sonora elevados (NPSE)**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

**Profa. Maria Teresa Marques Amaral**  
**Coordenadora do COEP-UFMG**

## Anexo B – ANAMNESE

### *Anamnese*

ID do Voluntário: \_\_\_\_\_

Este questionário tem como objetivo verificar a aptidão do voluntário para participação da pesquisa a ser desenvolvida pelos membros do Grupo de Acústica e Vibrações em Seres Humanos (GRAVI<sub>SH/UFMG</sub>) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), intitulada *Análise da Mudança Temporária de Limiar Auditivo de Indivíduos Expostos a Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) e Níveis de Pressão Sonora Elevados (NPSE)*. Os pesquisadores se comprometem a tomar todas as medidas necessárias para garantir a segurança do voluntário nos testes, conforme recomendação da ISO13090-1.

As informações aqui prestadas serão de uso exclusivo dos pesquisadores, sendo mantidas em total sigilo. A fidelidade nas respostas será de vital importância para a pesquisa. As informações aqui prestadas são de sua inteira responsabilidade.

Idade:

Escolaridade:

Profissão:

É exposto a ruído ocupacional? ( ) Sim ( ) Não

Tempo:

É necessário o uso de protetores auriculares? ( ) Sim ( ) Não

Caso positivo, faz uso freqüente? ( ) Sim ( ) Não

É exposto a algum tipo de vibração no ambiente ocupacional?

( ) Sim ( ) Não

Tempo:

Tipo:

- Histórico Ocupacional:

Já foi exposto a ruído ocupacional? ( ) Sim ( ) Não

Tempo:

Era necessário o uso de protetores auriculares? ( ) Sim ( ) Não

Caso positivo, fazia uso freqüente? ( ) Sim ( ) Não

Já foi exposto a algum tipo de vibração no ambiente ocupacional?

Sim  Não

Tempo:

Tipo:

- Exposição extra-laboral:

Você pratica ou já praticou tiro ao alvo?  Sim  Não

Serviu exército?  Sim  Não

Frequênta discoteca ou locais onde tem música amplificada?

Sim. Frequência: \_\_\_\_\_  Não

Faz uso de equipamentos de música com fone de ouvido?

Sim. Frequência: \_\_\_\_\_  Não

Pratica alguma atividade barulhenta?

Sim. Especificar: \_\_\_\_\_  Não

- Saúde geral:

Tem problema de pressão?

Alta  Baixa  Não

Diabetes?  Sim  Não

Já teve:

Sarampo  Sim  Não

Caxumba  Sim  Não

Rubéola  Sim  Não

Meningite  Sim  Não

Doenças respiratórias?

Sim. Especificar: \_\_\_\_\_  Não

Doenças gastrointestinais?

Sim. Especificar: \_\_\_\_\_  Não

Doenças ou deficiências musculares ou esqueléticas?

Sim. Especificar: \_\_\_\_\_  Não

Sente dores de cabeça freqüentes?

Sim. Especificar: \_\_\_\_\_  Não

História de trauma ou cirurgia recente?

Sim. Especificar: \_\_\_\_\_  Não

Apresenta algum tipo de prótese?

( ) Sim. Especificar: \_\_\_\_\_ ( ) Não

Sente algum problema de saúde que não tenha sido mencionado?

( ) Sim. Especificar: \_\_\_\_\_ ( ) Não

Já fez uso de medicamento por tempo prolongado?

( ) Sim. Especificar: \_\_\_\_\_ ( ) Não

Faz uso de algum medicamento?

( ) Sim. Especificar: \_\_\_\_\_ ( ) Não

- Saúde auditiva:

Tem dor de ouvido? ( ) Sim ( ) Não

Quando:

Teve inflamação de ouvido?

( ) Sim. Com que frequência: \_\_\_\_\_ ( ) Não

Tem zumbido:

( ) Sim. Especificar: \_\_\_\_\_ ( ) Não

Sente tonteiras:

( ) Sim. Especificar: \_\_\_\_\_ ( ) Não

Você percebeu alguma mudança na sua audição após doença, tomar medicamentos ou outra situação?

( ) Sim. Especificar: \_\_\_\_\_ ( ) Não

Alguma pessoa na família nasceu com dificuldade auditiva? ( ) Sim ( ) Não

Grau de parentesco:

- Somente para as mulheres:

Está grávida?

( ) Sim. Especificar tempo: \_\_\_\_\_ ( ) Não ( ) Não sei

Tem problemas hormonais?

( ) Sim. Especificar: \_\_\_\_\_ Faz tratamento? \_\_\_\_\_

( ) Não

O voluntário abaixo assinado se responsabiliza pelas informações fornecidas. As respostas fornecidas determinarão a continuidade do voluntário na pesquisa, conforme descrito no “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)”

Ass: \_\_\_\_\_

Belo Horizonte \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

# **Anexo C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Para atender a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde

Antes de aceitar em participar dessa pesquisa, é necessário que você, voluntário, leia e compreenda a explicação a seguir sobre os procedimentos propostos.

Este documento tem como objetivo explicar-lhe em linhas gerais, os procedimentos que serão adotados para obtenção dos dados necessários a pesquisa “*Análise da Mudança Temporária de Limiar Auditivo de Indivíduos Expostos a Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) e Níveis de Pressão Sonora Elevados (NPSE)*”.

A pesquisa será desenvolvida pela aluna de mestrado Juliana Gonçalves Dornela, juntamente com demais membros do Grupo de Acústica e Vibrações em Seres Humanos (GRAVI<sub>SH/UFMG</sub>) do Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a orientação da Profa. Maria Lúcia Machado Duarte (Ph.D.), responsável principal pelo projeto, a qual qualquer problema pode ser reportado. Seus contatos são: [mlmduarte@ufmg.br](mailto:mlmduarte@ufmg.br), 3409-5453 (sala, com secretária eletrônica), 3409-4853 (laboratório). Outro pesquisador responsável pela pesquisa é o médico otorrinolaringologista, Dr. Marco Aurélio Rocha Santos ([marcoarochasantos@gmail.com](mailto:marcoarochasantos@gmail.com), 3221-3814), sendo que problemas de saúde podem ser esclarecidos pelo mesmo. Dúvidas referentes a ética desta pesquisa podem ser solicitadas ao COEP-UFMG (Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG na Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II (prédio da Fundep), 2º andar, sala 2005 – Campus Universitário, assim como pelo email [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br) ou telefones: 3409-4592.

## **OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

O projeto aqui apresentado tem como objetivo estudar a influência das vibrações de corpo inteiro (VCI) e ruído na audição. Para tal, será utilizada a Mudança Temporária de Limiar (MTL) Auditivo, que é uma leve e temporária alteração nos limiares de audição. Pode ser causada por vários agentes e é utilizada nas pesquisas como um meio de prever qual o dano que esses agentes podem causar na audição das pessoas. A alteração causada é temporária porque passado certo tempo, a audição retorna completamente ao normal.

Saber qual o efeito das vibrações na audição tem relevância se considerarmos o contexto ocupacional, indivíduos que trabalham diariamente expostos a esse risco podem estar sujeitos a problemas. Conhecer melhor esses problemas permite criar medidas de promoção, prevenção e proteção que porventura sejam necessárias.

## **INFORMAÇÕES GERAIS**

Serão realizados testes laboratoriais, utilizando-se uma plataforma vibratória e equipamentos para aplicar e medir a vibração e ruído. Em nenhuma situação os níveis de vibração e frequências utilizadas serão superiores aos recomendados por norma, tais como a ISO2631-1 (1997) ou a Diretiva Européia 2002/44/EC (2002) de modo a garantir a segurança dos voluntários. Também serão respeitadas as recomendações da norma ISO13090-1 (1998), e as normas do ministério do trabalho quanto aos níveis de ruído (NR-15).

É importante salientar que o voluntário a qualquer momento pode solicitar aos responsáveis pela pesquisa sua exclusão. A desistência ou recusa em participar não trará prejuízos acadêmicos ou de outra natureza. Os dados fornecidos pelos voluntários durante sua seleção serão mantidos em sigilo, assim como os dados obtidos durante a realização dos testes que serão divulgados de forma anônima. Nenhum tipo de ressarcimento ou indenização está previsto aos voluntários que participarem da pesquisa.

## **COLETA DE DADOS – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

A primeira etapa da coleta de dados será a leitura e assinatura deste Termo de Compromisso Livre e Esclarecido (conhecido como TCLE).

Além da explicação aqui apresentada, antes do início dos testes, os pesquisadores fornecerão uma explicação verbal acerca dos mesmos de modo a esclarecer os voluntários sobre os procedimentos adotados e elucidar quaisquer dúvidas que por ventura venham a persistir. Entretanto, a qualquer momento durante a pesquisa, os voluntários poderão solicitar informações adicionais. Caso algum termo “técnico” não fique claro

ao voluntário, o mesmo poderá solicitar explicação sobre o mesmo. Este termo de consentimento, assim como a explicação mais detalhada do procedimento a ser adotado, ficará por conta da aluna de mestrado Juliana Gonçalves Dornela, a quem as dúvidas devem ser dirigidas. Durante os testes ela será a pessoa responsável perante os voluntários.

Caso o voluntário concorde na sua participação, será aplicada uma anamnese, onde o mesmo fornecerá informações sobre suas condições de saúde, segundo recomendações da norma ISO13090-1 (1998) - “Mechanical Vibration and Shock – Guidance on Safety Aspects of Tests and Experiments with People”. Os resultados desta anamnese determinarão a continuidade de participação do voluntário na pesquisa. Caso não haja nenhum impedimento, dar-se-á prosseguimento as etapas seguintes, assim descritas:

No primeiro dia de testes cada voluntário passará por uma bateria de exames audiológicos, de modo a verificar se realmente não possuem nenhum problema auditivo prévio. Caso seja detectado algum problema, os mesmos serão excluídos já nesta etapa. Os testes audiológicos realizados serão: meatoscopia, audiometria tonal e emissões otoacústicas por produto de distorção.

Segue-se a descrição detalhada de cada exame:

- 1) Meatoscopia: inspeção luminosa do canal auditivo externo, para tal, utiliza-se um otoscópio.
- 2) Audiometria tonal: teste que define os limiares de audição, ou seja, qual é o som mais baixo que o paciente escuta. É realizado com fones de ouvido, dentro de uma cabine audiométrica, o paciente escuta o estímulo sonoro e deve responder positivamente.
- 3) Emissões Otoacústicas: mede a integridade da orelha interna. Utiliza-se uma oliva (borrachinha) na orelha para se realizar o exame. O paciente apenas escuta uma série de sons, mas não é necessário fazer nada.

Todos os exames são rápidos e inofensivos ao paciente.

Depois de realizados os exames audiológicos, no plano de coleta de dados que se pretende seguir, cada pessoa participará de três sessões de teste, divididas em três dias distintos, conforme descrito abaixo. O tempo estimado para cada uma das exposições e a intensidade dos sinais serão estabelecidos de acordo com os achados da literatura e normas vigentes::

### **1) Exposição a Níveis de Pressão Sonora Elevados (NPSE):**

O voluntário se encontrará sentado e serão colocados fones de ouvido através do qual será fornecido um estímulo sonoro cuja intensidade e tempo serão definidos de modo a causar uma MTL de acordo com as normas de saúde vigentes (NR-5 do ministério do trabalho). Depois de passados dois minutos, será novamente submetido aos exames de audiometria tonal e emissões otoacústicas que serão posteriormente comparados aos exames iniciais tomados como referência para cada voluntário.

### **2) Exposição a vibrações de corpo inteiro (VCI):**

O voluntário estará sentado em uma cadeira colocada sobre uma placa com área aproximadamente igual a 0,7 m<sup>2</sup>. A placa estará apoiada em quatro molas de compressão com altura igual a 270,0 mm quando descarregada e até 90,0 mm quando carregada. A cadeira apresentará encosto e não será acolchoada, pois isso alteraria os resultados encontrados. Este conjunto (pessoa, cadeira, placa e molas) será submetido à vibração, na direção vertical, em frequência, amplitude e tempo definidos de acordo com a bibliografia consultada e geralmente encontrada em ambientes de trabalho. Serão respeitados os limites estabelecidos pela Diretiva Européia de 2002 que é quem trata deste assunto em ambientes de trabalho. Após a exposição, o voluntário será novamente submetido aos exames de audiometria tonal e emissões otoacústicas para comparação com os exames de referência. Nesta etapa, de modo a ser possível a comparação com a bibliográfica consultada e tentando se responder porque as conclusões obtidas em estudo anterior foram divergentes destas bibliografias, pode ser necessário mais de uma exposição por teste, sendo neste caso, feita a avaliação auditiva após cada exposição.

### **3) Exposição a VCI e NPSE simultâneos:**

Nesta última situação de exposição, os voluntários serão expostos às mesmas condições anteriores, porém, concomitantemente. O paciente estará sentado na cadeira sobre a placa vibrante com os fones de ouvido emitindo ruído. Após a exposição o voluntário será novamente submetido aos exames de audiometria tonal e emissões otoacústicas para comparação com a referência.

A ordem dos testes descrita acima poderá ser alterada sem nenhum prejuízo ao voluntário ou aos dados obtidos.

De modo a se ter maior número de dados para serem trabalhados, após cada uma das exposições descritas acima será aplicado um novo questionário verificando a presença de efeitos auditivos e extra-auditivos devido a exposição. Por ser um procedimento que depende da participação e consentimento do voluntário, foi incluído também neste TCLE.

A análise dos dados obtidos será feita de forma estatística. É importante salientar que esta etapa será feita a posteriori, não sendo mais necessária a presença do voluntário.

NOME: \_\_\_\_\_

TELEFONE: \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_

Número de identificação do voluntário (ID do voluntário): \_\_\_\_\_

### Declaração de consentimento

- 1.1) Eu, abaixo assinado, aceito ser voluntário nos experimentos mencionados acima, durante o período de \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ a \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.
- 1.2) Explicações acerca dos testes, a natureza da vibração/choque a ser utilizada, assim como dos níveis de ruído, e os potenciais riscos e precauções tomadas contra eles me foram fornecidas;
- 1.3) Embora tenha aceitado participar para o propósito dos testes na(s) hora(s), local(is) requeridos pelo(s) pesquisador(es), eu entendo que tenho o direito de me excluir dos testes e que não tenho nenhuma obrigação para dar razões para isto ou participar novamente dos mesmos. Estou ciente que a desistência ou recusa em participar não me trará prejuízo acadêmico ou de outra natureza.
- 1.4) Eu aceito observar todas as normas vigentes no local dos testes. Portanto, aceito respeitar as instruções dadas a mim pelo(s) pesquisador(es) referentes a segurança, garantindo apenas o meu direito de exclusão dos testes declarado acima.
- 1.5) Eu entendo que a aceitação dos riscos não me exime dos direitos legais e possíveis compensações.

Ao assinar este termo de compromisso livre e esclarecido (TCLE) para participação nos testes da pesquisa “*Análise da Mudança Temporária de Limiar Auditivo de Indivíduos Expostos a Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) e Níveis de Pressão Sonora Elevados (NPSE)*”, eu, abaixo assinado, estou de acordo com os procedimentos de testes a que serei submetido.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Voluntário

\_\_\_\_\_  
Pesquisador Maria Lúcia M. Duarte

\_\_\_\_\_  
Pesquisador Marco Aurélio Rocha

\_\_\_\_\_  
Pesquisador Juliana G. Dornela

Belo Horizonte, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

## **Anexo D - INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO AUDIÔMETRO**

### **Audiômetro AC33 Interacoustics**

Audiômetro portátil de 2 canais independentes

Frequências: 125/250/500/750/1000/1500/2000/3000/4000/6000/8000/12000 Hz

Via Óssea: 250/500/750/1000/2000/3000/4000/6000/8000 Hz

Comunicação do computador: Interface interna RS232C que permite o computador bem como o monitor controlar o AC33.

Dimensões: 48x40x15 cm

Peso: 9 Kg

Potência: AC 50-60 Hz., 100-120 V, 200-240 V

Consumação: Máx. 140VA

Fones de ouvido audiométricos TDH39

Condutor ósseo B71

Microfone em forma de pescoço de ganso

Botão da resposta do paciente APS3

Amplificador de força externa AP70 2x70 watt

Alto-falante ALS7 FF (AP70)

Monitoramento e mascaramento para a inserção do fone de ouvido

Canal 1: Entrada: Tom, Microfone, Fita/CD 1 + 2; Saída: Esquerda, Direita, Óssea (Esquerda/Direita), Campo livre 1 + 2, Fone de inserção

Canal 2: Entrada: Tom, Microfone, Fita/CD 1 + 2, NB, SN, BB; Saída: Esquerda, Direita, Óssea, Campo livre 1 + 2, Fone de inserção

Estímulos do tom: Manual, contínuo, único e pulsando

Fala: Ao vivo, fita ou CD

Intensidade: AC: -10 a 120 dB HL em 1 ou em etapas de 5 dB

BC: -10 a 80 dB em 1 ou em etapas de 5 dB

Fala para frente: 0-110 dB SPL

## Anexo E - MODELO DE AUDIOGRAMA

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Repouso                      Auditivo: \_\_\_\_\_

Audiômetro: \_\_\_\_\_ Fabricante: \_\_\_\_\_ Data calibração: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Meatoscopia: OD: \_\_\_\_\_ OE: \_\_\_\_\_

### TRAÇADO AUDIOMÉTRICO

Freqüência em kHz									
	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	
-10									
0									
10									
20									
30									
40									
50									
60									
70									
80									
90									
100									
110									
120									
130									

SÍMBOLOS		
Respostas presentes	OD	OE
Via de Condução	○	×
Aérea	∧	∨
Respostas ausentes	OD	OE
Via de Condução	⊖	⊗
Óssea	⊕	⊙

## **Anexo F - INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO APARELHO DE EOAS**

Equipamento: AUDX SCOUT SPORT

Fabricante: Biologic

Apresenta dois tipos de sinais, o produto de distorção e os cliks (utilizados na pesquisa de emissões evocadas Transientes). Portátil e de fácil utilização com resultados objetivos. Utiliza baterias recarregáveis, memória para 10 testes no aparelho, microfone protegido, novo e melhorado, com a ponta fácil de limpar e que dificulta entupimento ou contaminações.

Protocolo de teste para exame EOA por Produto de Distorção Teste diagnóstico:

Tipo *display*: DP-Gram

Eixo horizontal: F2 frequência

Frequência inicial (Hz): 8000

Frequência final (Hz): 750

Razão F1/F2: 1.22

Nível L1(dB): 65

Nível L2(dB): 55

Pontos por oitava: 2

Limite tempo ponto (segundos): 20

Amplitude mínima PD (dB): -5.0

Ruído (dB): -17.0

Razão sinal/ruído (dB): 6.0

## **Anexo G – QUESTIONÁRIO QUEIXAS AUDITIVAS E EXTRA-AUDITIVAS**

Nome (iniciais):

Data:

Idade:

Tipo Estimulação: ( ) 1ª vez Ruído ( ) 2ª vez Ruído

( ) 1ª vez Vibração ( ) 2ª vez Vibração

( ) 1ª vez ruído + vibração ( ) 2ª vez ruído +vibração

### **Fatores Auditivos**

Apresentou após exposição:

1. Zumbido ( )sim ( )não
2. Tonteira ( )sim ( )não
3. Dor de ouvido ( )sim ( )não
4. Sensação de ouvido tampado (plenitude auricular) ( )sim ( )não
5. Percebeu alguma diferença na audição? ( )sim ( )não ( )melhorou ( )piorou

### **Fatores Extra-Auditivos**

Apresentou após exposição:

1. Dor de cabeça ( )sim ( )não
2. Náusea/enjôo ( )sim ( )não
3. Cansaço ( )sim ( ) não
4. Irritação ( )sim ( )não
5. Nervosismo ( )sim ( )não
6. Ansiedade ( )sim ( )não
7. Fadiga mental/desatenção ( )sim ( )não
8. Dor nos ombros ( )sim ( )não
9. Dor na coluna ( )sim ( )não
10. Dor na região abdominal ( )sim ( )não
11. Dor no pescoço ( )sim ( )não
12. Dor na região do diafragma ( )sim ( ) não

## Anexo H - INFORMAÇÕES TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS EXPOSIÇÕES A VCI

### H.1 Acelerômetro triaxial

Modelo: AP 2083

Nº de série: 5019

Informações técnicas:

Tabela H.1 – Acelerômetro triaxial

Sensibilidade Axial (mV/g)	X: 10,2 /Y: 9,9 /Z: 10,0
Sensibilidade transversa relativa (%)	X: <3,0 /Y: <2,9 / Z: <2,7
Voltagem ( <i>supply voltage</i> ) (V)	+15 a 30
Corrente ( <i>supply current</i> ) (mA)	2 a 20
Nível de ruído (g)	<0,0003
Saída bivolt (V)	8 a 10
Impedância de saída ( $\Omega$ )	< 500
Escala de Amplitude (pico g)	500
Frequência de ressonância (kHz)	>25
Escala de Frequencia (Hz) $\pm 1$ dB	0,5 a 8000
Escala de Temperatura ( $^{\circ}$ C)	-40 a +125
Peso sem o cabo (gramas)	35
Material	Liga de Titânio

### H.2 Acelerômetro Piezelétrico – Mono-axial

Tabela H.2 – Acelerômetro piezelétrico

Informações	
Modelo	353B34
Fabricante	PCB – Piezotronics, Inc.
Sensibilidade	101,7 mV/g
Sensibilidade transversa	1,8%
Frequência de ressonância	29,5 kHz
Nível de saída ( <i>output Bias level</i> )	10,0 V
Constante de tempo	0,7 s
Intervalo de alcance	$\pm 50$ g
Resolução	0,001g
Temperatura de trabalho	-65/+250° F

### H.3 Amplificador de Sinais

Crown Modelo: CE 2000

Potência mínima garantida:

120 VAC, 60 Hz unidades, modo stereo, por canal, ambos os canais dirigidos:

1 kHz com 0,5 % THD

2 ohms - 975 W

4 ohms - 660 W

8 ohms - 400 W

1 kHz com 0,1 % THD

4 ohms - 1950 W

8 ohms - 1320 W

Especificações:

Tabela H.3 – Especificações do amplificador

Freqüência de resposta (a 1W, 20HZ - 25kHz)	± 0,2 dB
Resposta de fase (a 1W, 20Hz – 20 kHz)	± 15°
Escala de sinal para ruído abaixo da potência ( <i>rated power</i> ) (20 Hz a 20 kHz)	>100 dB
Distorção harmônica total (THD) na potência ( <i>rated power</i> ) de 20 Hz a 20 kHz	0,5%
Distorção de intermodulação (IMD) 60 Hz e 7 kHz a 4:1, de 163 miliwatts para total potência de largura de banda ( <i>bandwidth</i> )	<0,1%
Fator de amortecimento: 10 Hz a 400Hz	>400
<i>Crosstalk</i> (20 Hz a 20 kHz)	>55dB
Modo comum de rejeição (CMR) (20 Hz a 1 kHz)	>70 dB
Carga de impedância: Stereo	2,4,8 ohms
Ponte mono	4, 8 ohms
Saída DC <i>offset</i> (saída curta)	± 10mV
Impedância de entrada nominalmente balanceada, nominalmente desbalanceada	20 k ohms, 10 k ohms
Ganho de voltagem: 26 dB	26 dB
1,4V	32,1 dB
Controles AC requeridos	50/60 Hz, 100-240 VAC
Potência ( <i>draw at idle</i> )	90 W
Ventilação	Ventilador proporcional
Dimensões: largura, peso e profundidade	48,3cm x 13,34cm x 31,11cm
Peso total	20, 98 Kg

Bruel e Kjaer Modelo 2718

Freqüência de resposta: -10 Hz a 20 kHz ( ± 0.5 dB )

-4Hz a 40 kHz ( ± 3dB )

Resposta de fase:

Peso Total: 11 Kg

Voltagem máxima: 40 dB (+- 1 dB)

Impedância de entrada: 15 kΩ

Impedância de saída:  $< 0.04\Omega$  ( 10Hz a5kHz )  
 $< 0.08\Omega$  ( 5 kHz a20kHz)

#### H.4 Excitador

Modelo: VTS 150

Tabela H.4 – Especificações técnicas do excitador

Força máxima (Pico Seno)	150 lbf
Ventilador para amplificador	incluso
Ventilador para o vibrador	Incluso
Curso (p-p)	1,0"
Velocidade	70 ips
Aceleração máxima	110 g
Peso da armadura	.71 lbs
Rigidez da suspensão	40 lbs/in
Primeira ressonância principal	5400 Hz
Escala de frequência	2 - 8500 Hz
Impedância nominal	6 ohms
Potência	28 A/ 120 V 15 A/ 240 V

#### H.5 Analisador de Sinais

Modelo: Maestro WB

Possui 4 canais compatível com acelerômetro triaxial permitindo medição nos três eixos de vibração simultaneamente. Memória de 2 MB para aproximadamente 999 medições que podem ser descarregadas em computador por uma porta serial para o software incluso (dB MAESTRO) de análise e armazenamento.

Em cada versão o Maestro possui as seguintes características gerais :

- Alimentação para sensores pré-amplificados (tipo ICP®).
- Calibração por sensibilidade e por calibrador externo.
- 2MB de memória para armazenamento de dados.
- Porta serial RS232C para descarregamento dos dados armazenados na memória.
- Saídas de sinais AC para cada canal.

As Configurações possíveis com o Maestro são:

- WB – Corpo Inteiro (“Whole Body”) (3 canais) – para medições de vibrações do corpo humano (WB) e da Transmissibilidade Efetiva de Aceleração para o Assento (opção SEAT). Medição VDV e MTVV.
- HA – Mãos e Braços (3 canais) – para medições de vibrações de Mãos e Braços (H&A).
- VIB (1 canal) – Para medições de Vibração em geral.
- NO (1 canal) – Para medições de Ruído.

## **H.6 Condicionador de Sinais**

PCB Piezotronics - Modelo: 482A22

4 canais

Resposta de alta Frequência: >1000 kHz

Resposta de baixa Frequência: < 0,1 Hz

Corrente de excitação constante: 2 a 20 mA

Descarga constante de tempo: 10 a 15 segundos

## **H.7 Placa de Aquisição de sinais**

NI Speedy 33 –National Instrumensts

Taxa de amostragem suportada 8 kHz, 18kHz, 24 kHz, 36 kHz e 48 kHz

Memória (on chip-RAM): 34K x 32

Memória (Flash): 512K x 8

Processador digital de sinal (DSP): TMS320VC33

Possui Conector USB

Temperatura de operação: 0 a 55 °C

## **Anexo I – INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO PROTETOR AUDITIVO**

**Tipo do Equipamento:** PROTETOR AUDITIVO HB-25

**Natureza:** Importado

**Descrição do Equipamento:** protetor auditivo, circum-auricular, constituído por duas conchas de plástico, revestida com almofadas de espuma em suas laterais (que entram em contato com a cabeça do usuário) e no interior das conchas. Possui também um arco que serve para manter as conchas firmemente selada contra a região das orelhas do usuário.

**Dados Complementares**

**Norma:** ANSI S3.19- 1974

**Fabricante:** Elvex Corporation

**Aprovado:** proteção auditiva do usuário contra ruídos superiores à 85 dB, conforme tabela de atenuação a seguir.

**Laudos/Atenuação**

**Tipo do Laudo:** Laboratório

**Laboratório:** NVLAP#0437

<b>Frequência (Hz):</b>	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRRsf
<b>Atenuação (dB):</b>	13,1	19,8	29,3	37,6	36,7	33,3	36,3	36,6	35,6	25
<b>Desvio Padrão:</b>	2,0	1,7	1,8	1,8	2,0	2,2	2,9	4,0	2,1	-