



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JULIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO**

**Reconhecimento da Perda de Eficácia  
de Protetor Intra-Auricular**

**RAMSÉS DA SILVA BASTOS**

**Bauru – SP  
2005**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JULIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO**

## **Reconhecimento da Perda de Eficácia de Protetor Intra-Auricular**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenho Industrial, na Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Campus de Bauru, como requisito à obtenção de título de Mestre em Desenho Industrial, sob orientação do Prof. Dr. João Candido Fernandes.**

**RAMSÉS DA SILVA BASTOS**

**Bauru – SP  
2005**

**Os melhores sonhos  
São eternos  
E se o poeta  
De mão trêmula  
E coração leve  
Entregar-te uma carta  
Tentando explicar o valor da vida  
Tome-lhe o papel  
E rasgue sem ler  
Pois não se explica  
O que não começa  
E não se entende  
O que não tem fim  
Vive-se simplesmente  
Como se aprecia uma brisa  
Sem saber onde começou  
E até onde alcançará.**

**Humberto Mori**

**Abril 1995**

**À meu pai, minha mãe, irmãos e sobrinhos dedico  
essa dissertação.**

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

**À Walquiria, pelo constante companheirismo e irrestrito amor, oferecendo durante o período de elaboração desse trabalho, apoio e compreensão;**

**Ao Sérgio Luiz, pelo constante apoio, amizade e companheirismo;**

**À turma de Desenho Industrial / 1991, com habilitação em Projeto de Produto da Unesp de Bauru, que iniciaram comigo os primeiros passos de estudos em design: Fabio Moizés, Renato Strapazzon, Humberto Mori, Luiz Otávio, Marcio, Silvia, Mauricio, Fabíola, Édson, Paulo Esperança, Paulo Crepaldi, Douglas, Alexandre Hack, Alexandre Perussi, Paulo Biondan, Lucio Costa, Eleonilda Rodrigues, L. Felipe, Érica, Paulo Godinho, Fabio Morizono e Alessandra Garbin.**

## **AGRADECIMENTOS**

**Ao Prof. Dr. João Candido Fernandes, pela completa orientação desse trabalho, paciência e atenção e por ter excedido a seu papel de orientador, sendo educador e amigo;**

**Ao Prof. Dr. José Roberto de Magalhães Bastos, meu pai, que sempre me deu estrutura intelectual e amorosa;**

**Ao Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva que incentiva, norteia e representa nossa escola de Design;**

**Ao Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli, amigo e investigador em Design;**

**À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Janira Fainer Bastos, amiga e incentivadora;**

**Ao Sr. Silvio, e secretários da Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP / Bauru, que por tantas vezes me atenderam, e estenderam atenção além da forma satisfatória;**

**Aos amigos que traduzem sentido a tudo isso;**

**O meu muito obrigado.**

### Resumo

Dentre os agentes nocivos à saúde, confere-se ao ruído, um dos mais presentes nos ambientes urbanos e sociais, principalmente nos locais de trabalho e nas atividades de lazer. Existem medidas eficazes para o controle do ruído e o Equipamento de Proteção Individual auricular (EPIa) é o mais utilizado na prevenção da Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), sendo que, uma vez instalada, a perda auditiva é irreversível. A perda auditiva vem sendo estudada com forte afinco desde o final do século XIX, desde então, diversas áreas do conhecimento tem realizado estudos com o objetivo de diminuir ou extinguir o problema. Observou-se a carência nos produtos de proteção individuais auditivos confortáveis e funcionais, relacionados à durabilidade, face ao comprometimento eficaz do equipamento. O objetivo principal desse estudo, foi reconhecer se há perda de eficácia diante ao tempo de uso em Equipamento de Proteção Individual auditivo, intra-auricular, de espuma e da marca 3M, modelo 1110. Foi apurado que os equipamentos sofrem alteração de eficácia conforme o tempo de uso, e que o desgaste do material inicia perda de confiança, principalmente em freqüências audíveis de até 100Hz, e a partir de 16 dias para pressão sonora sofrida em 101dB à 20Hz. Para pressão sonora sofrida a partir de 107dB à 20Hz, a perda de confiança para o uso, principalmente em freqüências audíveis até 100Hz, foi de 8 dias. Os EPIas não perdem eficácia de atenuação importantes com o uso diário em freqüências a partir de 1KHz até 20KHz. Concluiu-se que há perda de eficácia, conforme o uso diário e freqüente do Equipamento de Proteção Individual auditivo estudado. Os resultados confirmaram as expectativas, demonstrando que parâmetros de função, em detrimento ao envelhecimento do EPIa, face a seu uso diuturno, se mostram importantes na geração de projetos vindouros em design direcionados à audição, para que a integridade física humana esteja cada vez mais protegida.

### Abstract

Among the health harmful agents, it is conferred to the noise, one of the most presents in urban and social environments, mainly in workstations and the laser activities. There are efficient measures to control of the noise and the auricular Individual Protection Equipment is the most used to prevent of the Induced Auditory Loss by Noise, being that, once installed, the hearing loss is irreversible. The hearing loss has been studied with much dedication since the end of century XIX, since then, several areas of the knowledge have accomplished studies with the objective of decreasing or extinguishing problem. It has been observed the scarcity in the comfortable auditory products of individual and functionaries protection, related to durability, face to the efficient right of the equipment. The main objective of this study was recognizing if there is effectiveness loss in presence of the time of use of the Auditory Equipment, intra-auricular Individual Protection, of foam (3M), model 1110. It has been acute that the equipments suffer efficacy alteration according to the time of use, and the material wear initiates reliable loss, mainly in audible frequencies going up to 100Hz, and from 16 days on for sonorous pressure suffered in 101dB 20Hz. For sonorous pressure suffered from 107dB to 20Hz, the reliable loss for the use, mainly in audible frequencies going up to 100Hz, was of 8 days. The EPIas do not lose effectiveness of important attenuation by the daily use in frequencies from 1KHz until 20KHz. It's been concluded that the loss of effectiveness, according to the daily and frequent use of the auditory Protection Equipment was studied. The results have confirmed the expectations, demonstrating that function parameters, in detriment to the aging of the EPIa, in the daily presence of its use, they show themselves important in the generation of coming projects in design directed to the hearing, so that the human physical integrity is protected more and more.



## Sumário

	<b>AGRADECIMENTO ESPECIAL</b> .....	<b>v</b>
	<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>vi</b>
	<b>RESUMO</b> .....	<b>vii</b>
	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
	<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>ix</b>
	<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
	<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xiii</b>
	<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>xiv</b>
	<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
	<b>2.1. Breve histórico relacionado com ruídos e PAIR</b> .....	<b>4</b>
	<b>2.2. Ruídos x Problemas</b> .....	<b>5</b>
	<b>2.3. Perda Auditiva Induzida por Ruídos - PAIR</b> .....	<b>7</b>
	<b>2.4. Ruídos e relação com hipertensão arterial</b> .....	<b>10</b>
	<b>2.5. Protetores auriculares:</b>	
	<b>Vantagens e Desvantagens</b> .....	<b>11</b>
	<b>2.6. Quantificação da atenuação de EPIa</b> .....	<b>13</b>
	<b>2.7. Efeitos à saúde causados pelo ruído</b> .....	<b>15</b>
	<b>2.7.1. Funcionamento do aparelho auditivo</b> .....	<b>15</b>
	<b>2.7.2. Onde ocorre a perda auditiva?</b> .....	<b>17</b>
	<b>2.7.3. Efeitos do ruído à audição, ambiente de                 trabalho e organismo</b> .....	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
	<b>4.1. Equipamentos</b> .....	<b>20</b>
	<b>4.2. Ambiente do Teste</b> .....	<b>24</b>

	4.3. Amostra .....	25
	4.4. Método .....	26
5	<b>RESULTADOS</b> .....	29
	5.1. Amostra 1 (teste 1) .....	29
	5.2. Amostra 1 (teste 2) .....	35
	5.3. Amostra 2 (teste 1) .....	38
	5.4. Amostra 2 (teste 2) .....	43
6	<b>DISCUSSÃO</b> .....	46
7	<b>CONCLUSÃO</b> .....	52
8	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
	8.1. Bibliografia Citada .....	54
	8.2. Bibliografia Consultada .....	60
9	<b>GLOSSÁRIO</b> .....	61
10	<b>ANEXOS</b>	
	10.1. Anexo I - Palestra de Orientação e Treinamento sobre o uso adequado de EPIa (Empresa 1) .....	64
	10.2. Anexo II - Palestra de Orientação e Treinamento sobre o uso adequado de EPIa (Empresa 2) .....	65
	10.3. Anexo III - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Pós informado .....	66

Lista de figuras

<b>Figura 1</b>	Aparelho auditivo .....	<b>15</b>
<b>Figura 2</b>	Fadiga das células ciliadas .....	<b>17</b>
<b>Figura 3</b>	Equipamentos utilizados no Laboratório de Ruídos e Vibrações da Unesp/Bauru .....	<b>21</b>
<b>Figura 4</b>	Computador com o Programa LMS-3.54 instalado .....	<b>21</b>
<b>Figura 5</b>	Amplificador utilizado .....	<b>22</b>
<b>Figura 6</b>	Caixa de som e Caixa acústica utilizada no teste .....	<b>22</b>
<b>Figura 7</b>	Microfone acoplado ao conduto auditivo simulador humano ..	<b>23</b>
<b>Figura 8</b>	Canal auditivo simulador (visão interna) .....	<b>24</b>
<b>Figura 9</b>	Canal auditivo simulador (visão externa com EPIa introduzido) .....	<b>24</b>
<b>Figura 10</b>	Disposição dos equipamentos utilizados no Laboratório de Acústicas e vibrações da Unesp de Bauru .....	<b>24</b>
<b>Figura 11</b>	Equipamento de Proteção Individual Intra-Auricular da 3m ...	<b>26</b>
<b>Figura 12</b>	Equipamento de Proteção Individual Intra-Auricular da 3m ...	<b>26</b>
<b>Figura 13</b>	Envio e recepção de sinal sonoro passando por todo o ciclo do teste .....	<b>27</b>
<b>Figura 14</b>	Detalhe do EPIa instalado dentro do canal auditivo simulador e acoplado ao microfone .....	<b>28</b>
<b>Figura 15</b>	Demonstração da curva colhida sem o uso de EPIa no equipamento de pesquisa .....	<b>30</b>
<b>Figura 16</b>	Visualização de curvas com EPIa novo(verde) e EPIas com 2(amarelo), 4(rosa), 6(azul) e 8(vermelho) dias de uso .....	<b>31</b>
<b>Figura 17</b>	Visualização de curvas com EPIas de 10(verde), 12(azul), 14(amarelo), 16(rosa) e 18(vermelho) dias de uso .....	<b>32</b>
<b>Figura 18</b>	Visualização de curvas com EPIas de 19(rosa), 21(vermelho), 23(azul), 25(verde) e 27(amarelo) dias de uso .....	<b>33</b>
<b>Figura 19</b>	Visualização de curvas com EPIas de 28(verde), 29(azul) e 30(rosa) dias de uso .....	<b>34</b>
<b>Figura 20</b>	Demonstração da curva colhida sem o uso de EPIa no equipamento da pesquisa .....	<b>36</b>
<b>Figura 21</b>	Visualização de curvas com EPIa novo(verde) e EPIas com	

	8(amarelo), 16(rosa), 24(vermelho) e 30(azul) dias de uso ..	37
<b>Figura 22</b>	Demonstração da curva colhida na segunda amostra, sem o uso de EPIa no equipamento da pesquisa .....	38
<b>Figura 23</b>	Visualização de curvas com EPIa novo(verde) e EPIas com 2(amarelo), 4(rosa), 6(vermelho) e 8(azul) dias de uso .....	39
<b>Figura 24</b>	Visualização de curvas com EPIas de 10(verde), 12(azul), 14(amarelo), 16(rosa) e 18(vermelho) dias de uso .....	40
<b>Figura 25</b>	Visualização de curvas com EPIas de 19(rosa), 21(vermelho), 23(azul), 25(verde) e 27(amarelo) dias de uso .....	41
<b>Figura 26</b>	Visualização de curvas com EPIas de 28(verde), 29(azul) e 30(rosa) dias de uso .....	42
<b>Figura 27</b>	Demonstração da curva colhida sem o uso de EPIa no equipamento da pesquisa .....	44
<b>Figura 28</b>	Visualização de curvas com EPIa novo(verde) e EPIas de 8(amarelo), 16(rosa), 24(vermelho) e 30(azul) dias de uso ...	45

Lista de tabelas

<b>Tabela 1</b>	Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente – NR 15 (1978) .....	<b>14</b>
<b>Tabela 2</b>	Quantificação de atenuação, em decibels, nas freqüências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIs obtidos na <b>amostra 1(teste 1)</b> .....	<b>35</b>
<b>Tabela 3</b>	Quantificação de atenuação, em decibels, nas freqüências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIs obtidos na <b>amostra 1(teste 2)</b> .....	<b>37</b>
<b>Tabela 4</b>	Quantificação de atenuação, em decibels, nas freqüências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIs obtidos na <b>amostra 2(teste 1)</b> .....	<b>42</b>
<b>Tabela 5</b>	Quantificação de atenuação, em decibels, nas freqüências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIs obtidos na <b>amostra 2(teste 2)</b> .....	<b>45</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

### Lista de abreviaturas

**EPI** – Equipamento de Proteção Individual;

**EPIa** – Equipamento de Proteção Individual auricular;

**PAIR** – Perda Auditiva Induzida por Ruído;

**HAS** - Hipertensão arterial sistêmica;

**PAS** - Pressão arterial sistólica;

**PAD** - Pressão arterial diastólica;

### Lista de siglas

**WHO** – World Health Organization;

**OMS** – Organização Mundial de Saúde;

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

**dBA** – Decibel medido na escala A;

**UNESP** – Universidade Estadual Paulista;

**USP** – Universidade de São Paulo;

**OSHA** - Administração de Saúde e Segurança Ocupacional;

**NIOSH** - National Institute for Occupational Safety and Health;

**Ramsés da Silva Bastos**

## **Reconhecimento da Perda de Eficácia de Protetor Intra-Auricular**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenho Industrial, na Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Campus de Bauru, como requisito à obtenção de título de Mestre em Desenho Industrial.**

**Presidente: Prof. Dr. João Candido Fernandes  
Instituição: UNESP - Bauru**

**Titular: Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva  
Instituição: UNESP - Bauru**

**Titular: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magali de Lourdes Caldana  
Instituição: USP - Bauru**

**Bauru, de de 2005.**



### 1 - Introdução

O ruído tem se mostrado como um problema que acomete uma população muito grande em todo o mundo.

A poluição sonora determinou um aumento de risco para ocorrência de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) e, entre outros problemas de saúde, está causando um problema ocupacional a muitas pessoas.

Diversas áreas do conhecimento inclinaram-se em estudos que pudessem diminuir ou extinguir o problema, acordando a possibilidades palpáveis.

Esforços não estão sendo poupados na busca de melhor estabelecer segurança e conforto, necessários à vida cotidiana, e que os ruídos do mundo moderno acometeu toda a sociedade humana a um brusco impacto de problemas físicos, mentais e sociais.

A extinção dos ruídos é o modo mais adequado para evitar seus efeitos desagradáveis, porém a maneira mais utilizada para salvaguardar a saúde de quem se expõe aos ruídos se observa no uso de protetores auriculares.

De acordo com Gerges (1995) existem algumas dificuldades encontradas na utilização de Equipamentos de Proteção Individuais auditivos (EPIs) tais como efeitos na comunicação verbal, higiene, sinais de alarme, desconforto térmico e etc.

Segundo o mesmo autor, o período de utilidade de um protetor auditivo é uma pergunta que está sendo colocada de forma intensa nos últimos anos por responsáveis por programas de conservação de audição, usuários e até advogados e juízes, sem ter uma resposta convincente.

Há carência de produtos para proteção individual da audição que obtenham *design*: **confortáveis**, tanto fisicamente como psicologicamente, e **funcionais**, considerando a durabilidade em contraste com o comprometimento eficaz do equipamento.

A eficácia da atenuação dos protetores tem se mostrado como um problema importante, pois supõem a perda de qualidade devido ao desgaste do equipamento, face à utilização diária que expõe o material ao calor, sujeiras oriundas do ambiente de trabalho e lavagem diuturna.

O parâmetro de tempo de uso funcional em detrimento ao envelhecimento do EPI se mostra importante na geração de projetos vindouros para que a integridade física humana esteja sempre protegida.

Baseado em problemas expostos delimitou-se por objetivo desta pesquisa analisar o período de utilidade dos protetores auriculares, em dias, e cooperar no aspecto do comprometimento da eficácia do Equipamento de Proteção Individual intra-auricular (do modelo plugue) do tipo automoldável de espuma.

Dedicação e trabalho estão somados nessa pesquisa para que estes novos requisitos sejam abordados durante o processo de concepção de equipamentos auriculares nascentes.

### 2 – Revisão de Literatura

O som é um agente físico resultante da vibração de moléculas do ar e que se transmite como uma onda longitudinal. É, portanto, uma forma de energia mecânica (WHO, 1980)

Para Costa e Kitamura (1995) o ruído, de um modo geral, pode ser definido como um som indesejável. O receptor periférico sensível a esta forma de energia, captando-a e transformando-a em impulso elétrico nervoso é o ouvido.

Os ruídos tem atingido altos índices de insalubridade em locais de trabalho, o que tem levado países a publicar leis de proteção aos trabalhadores (Fernandes, 1993).

A partir de 1989, a Organização Mundial de Saúde (OMS) já passou a tratar o ruído como problema de saúde pública.

Ruído é uma palavra derivada do latim *rugitu* que significa estrondo. Acusticamente é constituído por várias ondas sonoras com relação de amplitude e fase distribuídas anarquicamente, provocando uma sensação desagradável, diferente da música. Embora a doença ocupacional por ruído seja um problema de alta prevalência nos países industrializados, incluindo-se o Brasil, os estudos sobre a sua história natural são escassos, principalmente em nosso meio. Tanto nos Estados Unidos quanto na Europa, estes trabalhos receberam grande incentivo devido ao alto custo social e econômico que passaram a acarretar às indústrias na década de 40, devido aos constantes processos judiciais e indenizatórios (Almeida et al, 2000).

Para Araújo (2002) a medição dos níveis de ruído nos postos de trabalho é importante para o redimensionamento da carga horária de trabalho em metalúrgica, assim como para a orientação do tipo de protetor auricular que deve ser utilizado.

O aumento do risco para ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído nos trabalhadores de metalúrgica é importante e ocorre principalmente quando não é realizado uso regular e correto de protetores auriculares, sendo

necessário realizar campanhas de esclarecimento e motivação para o uso dos mesmos (Araújo 2002).

Entende-se por PAIR as alterações dos limiares auditivos do tipo neurossensorial (surdez neurossensorial), decorrentes da exposição ocupacional sistemática a níveis de pressão sonora elevados. Esta tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao risco. A sua história natural mostra, inicialmente, o acometimento dos limiares auditivos em uma ou mais freqüências da faixa de 3.000 a 6.000 Hz. As demais freqüências poderão levar mais tempo para ser afetadas. Uma vez cessada a exposição, não haverá progressão da redução auditiva (Brasil, 1998a).

Há importância em executar audiometrias ocupacionais nos trabalhadores de metalúrgica, para a prevenção e controle da PAIR e a real necessidade de avaliação das freqüências de 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 e 8000 hertz (Brasil, 1998b).

Fernandes (2003) afirmou que embora não seja o método mais adequado de combate ao ruído, o protetor auricular é o Equipamento de Proteção Individual auditivo (EPIa) mais usado para tentar prevenir a PAIR. Segundo o autor os dois principais tipos de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) disponíveis no mercado são os plugues e as conchas.

## **2.1. Breve histórico relacionado com ruídos e PAIR**

Os trabalhos científicos publicados até 1890 faziam descrições e observações apenas clínicas; pioneiramente, Habermann (1890) descreveu os achados anátomo-patológicos detectados na cóclea e nervo coclear de caldeireiros. Verificou a característica das degenerações das células situadas na porção basal da cóclea.

Wittmack (1907), foi o precursor dos estudos experimentais realizados com animais em laboratórios. Este autor descreveu a exposição de cobaias a ruídos breves e de alto nível de pressão sonora, estudando o resultado histopatológico.

Fowler (1928) marcou o início das investigações com a utilização do audiômetro. Originou-se de seus estudos, a famosa Tabela de Fowler.

Bunch (1937) realizou um estudo no qual definiu as características auditivas e clínicas das disacusias induzidas pelo ruído em trabalhadores. Destacou a natureza insidiosa do problema e a característica da lesão que acomete mais gravemente a frequência de 4000 Hz e a sua tendência de evolução atingindo outras frequências circunvizinhas.

Bunch (1937) ainda observou que os limiares tendem a recuperar-se na frequência de 8000 Hz. Verificou que as frequências graves, como 500 Hz, não eram afetadas e, quando ocorre tal fenômeno, a gravidade nunca atinge os níveis de 4000 Hz. Concluiu salientando sobre a necessidade de outros estudos referentes ao problema devido às implicações médico-legais que desencadeia, a fim de que o trabalhador receba um justo amparo legal e não se submeta apenas ao empirismo de advogados ou do empregador.

Este estudo marcou o final da década de 1930 nos Estados Unidos e é o reflexo da inquietação dos meios científicos, jurídicos e sindicais da época em relação à prevenção da doença.

Depois da primeira grande guerra, foi que se verificou o aumento das doenças profissionais, notadamente a surdez, além do aparecimento de outras moléstias devido ao desenvolvimento espantoso trazido pelo surto industrial (Poluição Sonora, 2002).

## **2.2. Ruídos x Problemas**

Estudiosos de todo o mundo foram convidados para discussão e publicação dos efeitos lesivos do ruído ambiental, incluindo o ambiente do trabalho, na saúde do Homem e concluiu que os governos devem adotar legislações modernas e, visto que se trata de um grave problema de saúde pública, alertar e orientar as comunidades (WHO, 1980).

Sabe-se, que a PAIR é atualmente o maior problema ocupacional do mundo (Nudemann et al, 1997).

Nas últimas décadas, os ruídos transformaram-se em uma das formas de poluição que afeta a maior quantidade de pessoas.

Tem-se a definição subjetiva do ruído como “toda sensação auditiva desagradável” (Fernandes, 2000).

Segundo Fernandes (2003) no Brasil, não existem estatísticas, mas sabe-se que nos últimos 25 anos aconteceram mais de 29 milhões de acidentes de trabalho com mais de 100 mil mortos, e mais, em 1998 os 401.254 acidentes custaram para o país R\$ 9 bilhões de reais (R\$ 22.395,49 por acidente).

A portaria 3214 de 08/06/1978 do Ministério do Trabalho - Brasil (1978) constituiu um enorme avanço para a prevenção das doenças ocupacionais, incluindo as disacusias sensório-neurais ocupacionais por ruído. Em sua Norma Regulamentadora nº 15 definiu também os critérios ambientais que caracterizam o trabalho considerado insalubre por exposição ao ruído.

Esta Portaria, através da Norma Regulamentadora nº 7, estabeleceu a obrigatoriedade dos exames audiométricos admissionais, periódicos e demissionais sempre que o ambiente de trabalho apresentar níveis de pressão sonora superiores a 85 dB(A) em 8 horas de exposição.

Estabeleceu limites de exposição e diferenciou ruídos contínuos e impulsivos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT,1987) conceitua o ruído como "a mistura de tons cujas frequências diferem entre si por valor inferior à discriminação (em frequência) do ouvido".

Em locais de trabalho (escritórios e indústrias), o ruído tem atingido índices insalubres, levando os países a publicarem leis de proteção dos trabalhadores (Fernandes, 1993).

Fisicamente, define-se ruído como "todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos" (Fernandes, 2000).

Para combater o ruído que ameaça e induz a perda de audição causada pelo ruído ambiental intenso, tem-se utilizado desde a década de cinquenta, os dispositivos de proteção auditiva (protetores auditivos). Aproximadamente nesta mesma época, foram implantados nas forças armadas dos Estados Unidos, os primeiros programas de conservação auditiva. Em 1971 foram aprovadas normas de ruído pela Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA, 1971).

Axelsson & Hamernik (1987) fizeram uma revisão de 52 casos de trauma acústico ocupacional, nos quais há concomitância das duas entidades clínicas da doença: a forma crônica de exposição ao ruído e a aguda. Destacaram que o problema era pouco conhecido tanto pelos trabalhadores

quanto pelos otorrinolaringologistas. Relataram, ainda, o problema dos militares que estão constantemente expostos ao ruído impulsivo das armas de fogo.

Mocellin (1951) estudou vários casos de trabalhadores metalúrgicos expostos ao ruído e os analisou sob o aspecto clínico e auditivo. Não se limitou à constatação da lesão, mas preocupou-se em algum tipo de prevenção do dano. Testou o uso de algodão vaselinado que foi introduzido no conduto auditivo externo dos trabalhadores durante a jornada de trabalho e retestou-os audiometricamente após seis dias do uso, e concluiu que houve melhora dos limiares.

Recentemente Miranda e Dias (1999), definiram e caracterizaram a PAIR pelo Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva, em 1994, como a diminuição gradual da acuidade auditiva decorrente da exposição continuada a níveis elevados de ruído e constataram que, uma vez instalada, a PAIR é irreversível.

Para Costa e Kitamura, (1995), ruído (ou barulho) é todo som inútil e indesejável, englobando neste conceito "um aspecto subjetivo de indesejabilidade, por ser o som assim definido desagradável ou por ser ele prejudicial aos diversos aspectos da atividade humana ou mesmo à saúde".

O ruído é um fato comum nos grandes centros urbanos, gerado principalmente pelos meios de transporte. Estudos mostraram que o ruído de tráfego de 66dB(A) é considerado como o limiar do dano à saúde e, conseqüentemente, a medicina preventiva estabeleceu 65dB(A) como o nível máximo a que um cidadão pode se expor no meio urbano, sem riscos (Belojevic et al., 1997; Maschke, 1999). Portanto, é preocupante que os níveis dos ruídos emitidos em vias com tráfego intenso atinjam normalmente 75dB(A) (Zannin et al., 2001, 2002).

O desenvolvimento da indústria e o surgimento dos grandes centros urbanos acabaram com o silêncio de boa parte do planeta (Poluição Sonora, 2002).

### **2.3. Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR)**

Para Araújo (2002), a PAIR é conseqüência da exposição prolongada a um ambiente ruidoso, existindo dois aspectos fundamentais: as características

do ruído e a suscetibilidade individual. A suscetibilidade individual está relacionada com o gênero, idade e doenças do ouvido. O gênero masculino apresenta preponderância na incidência e no grau de perda auditiva. A idade é importante, pois os mais jovens e os mais idosos apresentam maior suscetibilidade.

Explicou que as doenças do ouvido como a disacusia neuro-sensorial de qualquer etiologia podem significar maior prejuízo ao paciente submetido ao ruído e conclui que os fatores que produzem surdez precoce em trabalhadores de metalúrgica, devido à perda auditiva induzida pelo ruído são o elevado índice de ruído no ambiente da indústria e a não-utilização regular dos protetores auriculares.

Segundo o mesmo autor existe uma relação importante entre as perdas auditivas obtidas nas audiometrias ocupacionais e os sintomas auditivos mais freqüentes como: dificuldade de compreensão da fala, hipoacusia, tinitus, sensação de plenitude auricular, otorreia e tonturas.

Almeida (1950) fez um mapeamento de risco nos escritórios da estrada de Ferro Sorocabana e, mencionou não apenas que a lesão auditiva advinda da exposição ao ruído, mas destacou os efeitos estressantes deste agente. Correlacionou este fator com o absenteísmo na empresa.

Nos estudos de Taylor (1964) 251 trabalhadores aposentados durante a sua vida ocupacional estiveram expostos a níveis de 99 a 102 dB SPL. Verificou-se a deterioração da audição nos primeiros 10 a 15 anos de exposição seguidos por um período de 10 anos no qual a lesão atribuída ao ruído é pouco significativa, embora entre 20 e 25 anos de exposição sejam observadas degenerações dos limiões que atingem a freqüência de 2000 Hz.

O estudo de Miranda et al (1998) avaliou a prevalência de PAIR entre trabalhadores do setor de transporte da região metropolitana de Salvador, BA e corroborou os estudos de Talamini (1994) em Curitiba que também havia verificado a prevalência de PAIR em motoristas de ônibus.

De acordo com National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 1996), o ruído é um dos maiores problemas de saúde nos EUA, uma vez que aproximadamente 30 milhões de trabalhadores estão expostos a níveis de ruído prejudiciais a audição no ambiente de trabalho.



Casali (1994) afirmou que são mais de 9 milhões de trabalhadores americanos com perda auditiva. Nos países em desenvolvimento a situação é geralmente pior, pois são comuns níveis muito altos de ruído aos quais os trabalhadores são expostos, sem nenhum controle.

Osguthorpe & Klein (1989) detalharam, especificamente, o problema da disacusia neuro-sensorial por ruído e o trauma acústico ocupacional quanto à avaliação Médico-Legal. As normatizações propostas são os critérios mínimos adotados nos estados da Federação Norte-Americana.

Lim & Stephens (1991), ao estudarem a prevalência de perdas auditivas relacionadas com o idoso, encontraram como fatores responsáveis pelas queixas 11,25% de disacusias por exposição ou ruído.

Pereira (1978) realizou um estudo epidemiológico em trabalhadores metalúrgicos. Propôs uma classificação da lesão em conformidade com o nível dos limiares. Observou que a prevalência de perda auditiva naquele grupo de trabalhadores era de 53,1%.

Existe consenso na literatura de que o tempo atuando em ocupações de exposição a ruído está associado ao aparecimento da PAIR. No estudo realizado por Cordeiro et al (1994) com motoristas de ônibus em Campinas foram encontradas associação positiva entre a PAIR e o tempo acumulado de trabalho com exposição a ruídos.

Vieira (2003) dispõe que de acordo com a OMS - Organização Mundial da Saúde (1995), a exposição excessiva ao ruído pode causar muitos problemas à saúde, tais como:

- 🔊 estresse auditivo sob exposições a 55 dB;
- 🔊 reações físicas: aumento da pressão sanguínea, do ritmo cardíaco e das contrações musculares, aumentam a produção de adrenalina e outros hormônios, etc;
- 🔊 reações mentais e emocionais: irritabilidade, ansiedade, medo, insônia, etc.
- 🔊 reações generalizadas ao stress.

## 2.4. Ruídos e relação com hipertensão arterial

Estudos epidemiológicos vêm avaliando a associação entre exposição ocupacional a ruído e hipertensão (Idzior-Walus, 1987; Kristal-Boneh et al., 1995; Santana & Barberino, 1995; Talbott et al., 1990; Tarter & Robins, 1990; Tomei et al., 1991). Apesar de certas limitações, principalmente relacionadas a não disponibilidade de dados de exposição e, portanto, deficiência na avaliação de fatores de ligação entre a doença e a exposição aos ruídos, estas investigações, em geral, têm sugerido possível associação entre exposição ao ruído e hipertensão.

As informações disponíveis na literatura em 1991 já indicavam a possibilidade de relações epidemiológicas plausíveis entre a prevalência de hipertensão arterial sistêmica (HAS) - definida como um nível de pressão arterial sistólica (PAS) de 140 mmHg ou mais elevada, pressão arterial diastólica (PAD) de 90 mmHg ou mais elevadas – e a prevalência da PAIR – definida segundo o Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva.

De acordo com Souza et al (2001) a perda auditiva já era um dos efeitos mais importantes da exposição ao ruído e já era bastante conhecida. Efeitos extra-auditivos causados pelo ruído também vêm sendo estudados. Desde a década de 70, atenção particular tem sido dada à possível associação entre exposição ocupacional a ruído e doenças cardiovasculares, entre elas a hipertensão arterial.

Várias pesquisas experimentais demonstraram que exposição elevadas de ruído por um curto período de tempo pode desencadear respostas cardiovasculares semelhantes às que ocorrem no estresse agudo, com aumento da pressão sanguínea, provavelmente mediado pelo aumento da resistência vascular periférica (Andren et al., 1982; Harlan et al., 1981).

Em animais, já se demonstrou que este aumento agudo da pressão sanguínea, ocorrendo repetidamente, pode tornar-se uma alteração permanente devido à hipertrofia da musculatura lisa dos vasos sanguíneos periféricos, levando à hipertensão arterial (Bevan, 1976).

## 2.5. Protetores auriculares: vantagens e desvantagens

Santos et al. (1996) afirmaram que o senso comum sugere sempre o uso de protetores auriculares para evitar os efeitos do ruído. Nas discussões diárias entre trabalhadores e empresários e nas ações dos serviços que avaliam os ambientes de trabalho, a tônica é a discussão entre medidas coletivas versus medidas individuais, estas sempre preferidas pelas empresas, apesar de referirem pouca adesão dos trabalhadores.

O controle individual da exposição ao ruído pelo uso de protetores implica uma série de vantagens e desvantagens, no entanto o uso constante do protetor auditivo durante a jornada de trabalho é muito importante, Vieira (2003).

Nudemann et al. (1997), citado por Vieira (2003), classificaram os protetores extra-auriculares tipo concha sendo estes formados por duas conchas atenuadoras de ruído, colocadas em torno dos ouvidos e interligadas através de um arco tensor. Essas conchas:

1 – Devem possuir bordas revestidas de material macio para permitir um bom ajuste na região do ouvido.

2 - A haste pode ficar posicionada sobre a cabeça, atrás da cabeça ou sob o queixo.

3 - Possuem atenuação média de 20 a 40 dB, concentrada nas frequências médio-altas.

Esse tipo de protetor é inadequado para exposição contínua, onde o pressionamento da área circum-auditiva apresenta grande desconforto, sendo provável a não utilização do protetor durante toda a jornada.

**Os protetores extra-auriculares tipo concha possuem vantagens como:**

🔊 eliminam ajustes complexos de colocação, podendo ser colocados em qualquer pessoa;

🔊 pelo seu tamanho, podem ser visualizados à distância, permitindo tomar providências para realizar a comunicação oral;

🔊 pelo mesmo motivo, torna-se fácil a fiscalização do seu uso correto;

- 👂 podem ser ajustados, mesmo utilizando-se luvas;
- 👂 são confortáveis em ambientes frios;
- 👂 no caso do uso de capacete ou protetor facial, devem ser acoplados pelo fabricante;
- 👂 custo inicial de implantação é maior do que os intra-auriculares, mas sua vida útil é longa e há peças de reposição;
- 👂 fácil remoção, caso o usuário circule em áreas com frequentes variações do nível de pressão sonora;
- 👂 recomendados para áreas não-limpas.

### **E possuem desvantagens das quais:**

- 👂 dependendo do modelo pode interferir com o uso de óculos e com máscaras de soldador;
- 👂 acarretam problemas de espaço em locais pequenos ou confinados;
- 👂 muito desconfortáveis em ambientes quentes;
- 👂 pelo peso do protetor também geram desconforto.

Nudemann et al (1997), citado por Vieira (2003), ainda descreve os protetores intra-auriculares, ou de inserção ou tampões, como estes protetores colocados no interior do canal externo do ouvido, e devendo ser fabricados por material elástico, não tóxico, e, se pré-moldados, em vários tamanhos, com superfície lisa, sem reentrâncias, permitindo a limpeza com água e sabão neutro.

### **São divididos em três tipos:**

1. Pré-Moldados (borracha, silicone, plástico, etc.);
2. Automoldável (espuma plástica, algodão parafinado, fibra de vidro);
3. Moldável (tipo borracha de silicone), moldado individualmente no meato acústico externo do trabalhador.

### **Estes protetores possuem vantagens como:**

- 🔊 fáceis de carregar;
- 🔊 permitem o uso de óculos e de qualquer outro EPI (capacete, protetor facial, máscara de solda etc.);
- 🔊 custo inicial de implantação é baixo, embora sua vida útil seja curta;
- 🔊 seu uso não é afetado pela temperatura ambiente.

### **Possuem desvantagens tais como:**

- 🔊 fáceis de perder e esquecer;
- 🔊 não sendo vistos, dificultam a fiscalização do uso;
- 🔊 devem ser limpos e higienizados frequentemente;
- 🔊 dependendo do tipo, exige disponibilidade de vários tamanhos conforme o meato auditivo externo;
- 🔊 difíceis de manipular com luvas ou com mãos sujas;
- 🔊 podem causar lesão no conduto auditivo.

Já os protetores de semi-inserção são compostos por dois obturadores do meato acústico (sem que haja penetração) e uma haste plástica tensora, que oferece uma compressão dos obturadores sobre o meato auditivo. Este tipo de protetor é muito pouco utilizado.

Os protetores tipo concha e os de inserção são os mais utilizados.

## **2.6. Quantificação da atenuação de EPIa**

Santos et al (1996), explicaram que os valores de atenuação dos ruídos citados pelas indústrias de protetores referem-se a valores obtidos em laboratório, diferente dos valores alcançados no ambiente industrial (em média 10 dB a menos).

De acordo com o mesmo autor, erros no posicionamento, manutenção e trocas inadequadas, tempo efetivo de uso, estão entre as causas mais

comuns. Habitualmente são fornecidos aos trabalhadores protetores de inserção geralmente pequenos e conchas sem boa aderência e desconfortáveis. Protetores velhos e sujos também aumentam a ineficiência.

Kitamura (1991) corroborou estudos de Astete (1980) e explicou que, dentre as características do agente importantes para o aparecimento de doença auditiva, destacaram-se a intensidade, relacionado com o nível de pressão sonora; o tipo de ruído, definido como contínuo, intermitente ou de impacto; a duração, relacionada ao tempo de exposição a cada tipo de agente; e a qualidade, que diz respeito à frequência dos sons que compõem os ruídos em determinada análise.

O Manual de Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho (1992), instituiu o limite da salubridade para pessoas trabalhando 8 horas semanais, e estão no nível de 85 dB.

Os limites de tolerância, para ruído contínuo ou intermitente, segundo a Norma Reguladora NR-15 (1978), estão apresentados segundo a Tabela 1.

***Tabela 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente NR-15 (1978).***

<b>Nível de Ruído dB(A)</b>	<b>Máxima Exposição Diária Permissível</b>
85	8 horas
86 – 90	7- 4 horas
91-100	3 horas e 30 min – 1 hora
102 – 115	45 minutos – 7 minutos

Segundo alguns autores, existem algumas divergências entre a atenuação de ruídos e performance dos protetores auditivos encontrados em laboratório e no campo (Gerges, 1992).

Os fabricantes não conseguem aperfeiçoar o projeto de seus protetores, pois não há instalações para quantificar as atenuações de ruído através de ensaios normatizados (Gerges, 1992).

Não existe no Brasil um laboratório com instalações adequadas para ensaios de atenuação de ruído de protetores auditivos e avaliação de outros parâmetros relacionados à eficiência dos protetores auditivos.

## 2.7. Efeitos à saúde causados pelo ruído

### 2.7.1. Funcionamento do aparelho auditivo

O aparelho auditivo é dividido pela **orelha externa**, **orelha média** e **orelha interna** (Figura 01).

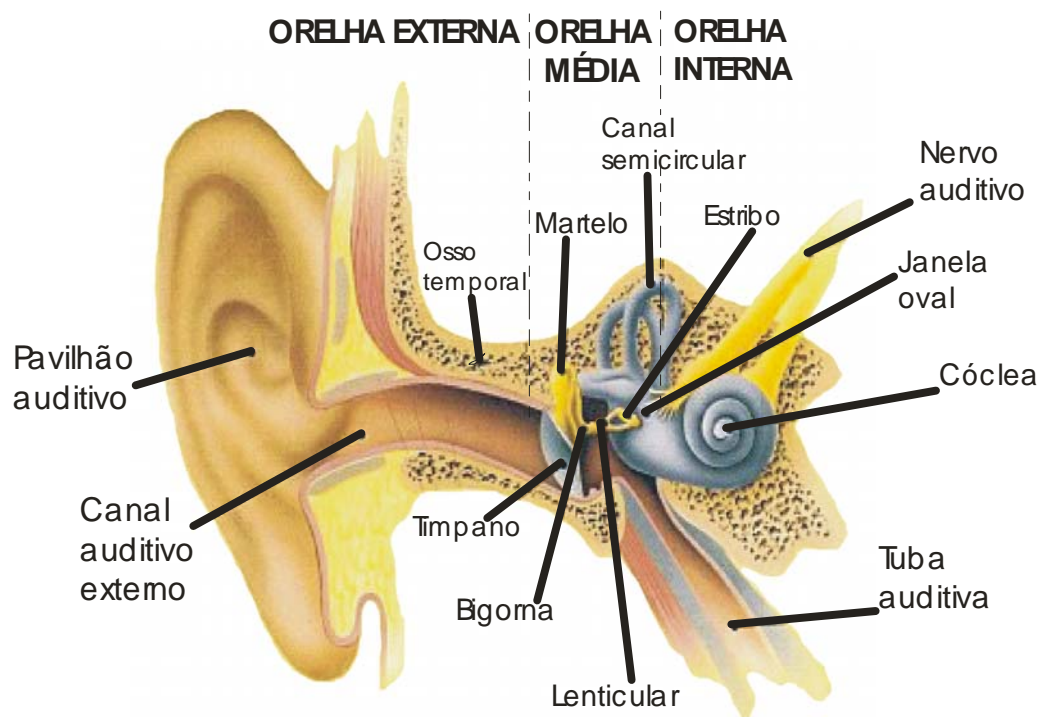


Figura 01, Aparelho auditivo

A **orelha externa** é composta pela orelha (pavilhão auditivo) e o canal que vai até o tímpano, este canal orienta as ondas sonoras para o tímpano.

A **orelha média** é composta pelo tímpano (membrana que vibra com as ondas sonoras), ossículos (martelo, bigorna e estribo), que por sua vez vibram com a vibração do tímpano.

Também há a janela oval, membrana que está em contato com o estribo, elemento este que é responsável por transmitir vibrações para o líquido da orelha interna.

A tuba auditiva que é a equalizadora de pressões entre o ouvido médio e a nasofaringe, e também serve para escoar o catarro do ouvido médio para a parte posterior do nariz (nasofaringe).

Mastóide (parte óssea situada atrás da orelha) e é repleta de cavidades em comunicação com o ouvido médio.

A **orelha interna** é formada pela cóclea (responsável pela audição) e pelo labirinto (responsável pelo equilíbrio).

A cóclea é um canal cheio de líquido e em formato de caracol, que está conectada ao ouvido médio pela janela oval.

Quando a vibração da janela oval é transmitida para cóclea, o líquido em seu interior faz com que pequenas células especiais (células ciliadas internas) vibrem e produzam sinais elétricos e após transmitidos ao cérebro são interpretados como som.

Em síntese, o aparelho auditivo (ouvido) é dividido basicamente em orelha externa, orelha média e orelha interna. A parte visível é a orelha externa e corresponde à orelha e o canal auditivo externo. O tímpano, os ossículos, janela oval, estribo, tuba auditiva e o mastóide correspondem à orelha média, ainda a cóclea com suas células ciliadas e o labirinto formam a orelha interna.

Para escutar, ondas sonoras entram pelo ouvido até atingirem o tímpano e esta membrana muito fina e móvel, começa a vibrar fazendo com que os ossículos atrás do tímpano se movam e transmitam, por sua vez, essa vibração para a membrana que se encontra encostada no estribo.

O movimento faz vibrar a membrana da cóclea que contém milhares de células ciliadas conectadas a nervos, então o cérebro recebe estes impulsos transmitidos pelos nervos e dá-se a audição.



### 2.7.2. Onde ocorre a perda auditiva?

Dentro da cóclea se encontram as **células ciliadas** que transformam a vibração sonora em impulsos nervosos.

As **células ciliadas**, com a exposição do ruído intenso e contínuo, entram em fadiga e perdem a sua função, causando uma perda auditiva irreversível, por não serem regeneráveis (Figura 02).

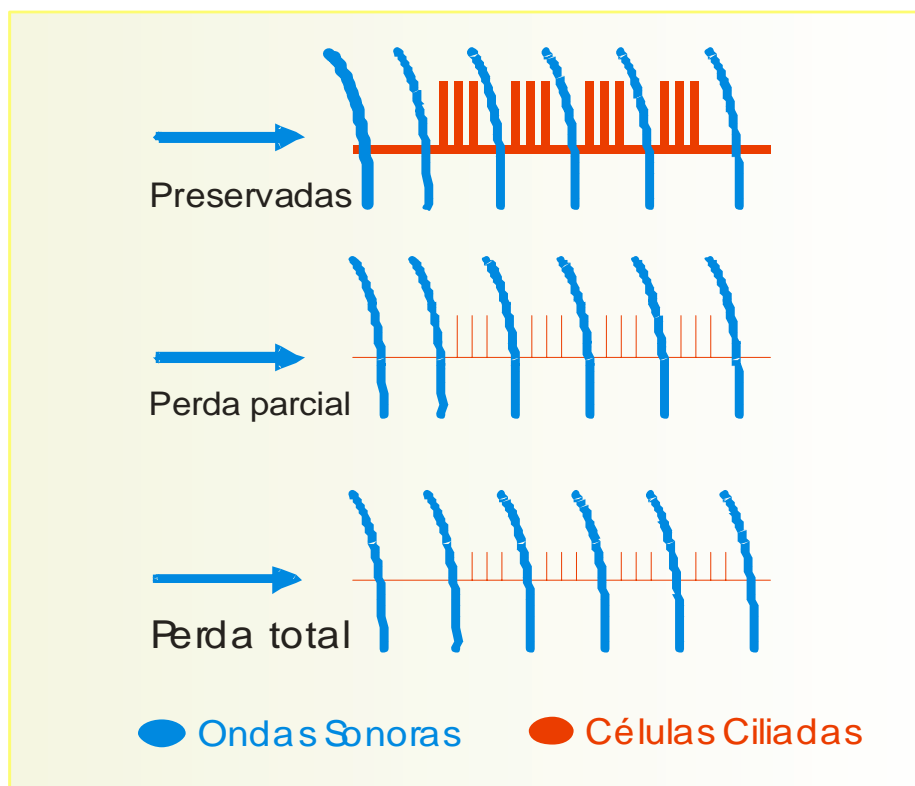


Figura 2 – Fadiga das células ciliadas

### 2.7.3. Efeitos do ruído à audição, ambiente de trabalho e organismo

#### Efeitos do ruído à audição:

- a - Trauma acústico: surdez provocada por um ruído repentino;
- b – Perda auditiva temporária: a audição se recupera em 24 horas;
- c – Perda auditiva permanente: a perda da audição é definitiva.

### **Efeitos do ruído no ambiente de trabalho:**

- a – Problemas de comunicação: causa erro na interpretação das palavras;
- b – Baixa concentração: causa falhas na realização de tarefas;
- c – Provoca desconforto: causa incômodo;
- d – Nervosismo: causa irritabilidade;
- e – Cansaço: causa *stress* e indisposição;
- f – Baixo rendimento: causa queda na produção;
- g – Provoca acidentes: causa atos inseguros.

### **Efeitos do ruído sobre o organismo:**

- a - Estreitamentos dos vasos sanguíneos;
- b – Aumento da pressão sanguínea (hipertensão);
- c – Contração muscular;
- d – Ansiedade e tensão;
- e – Alterações menstruais na mulher;
- f – Impotência sexual no homem;
- g – Zumbido.

### **3 – Proposição**

Esta pesquisa objetivou verificar quantitativamente a queda de eficácia do Equipamento de Proteção Individual auditivo, mais precisamente, Protetores Auditivos Intra-Auriculares (do tipo plugue), 3M, modelo 1110 de espuma, vale dizer, verificar especificamente o comportamento desse EPIa em função do tempo de uso, em dias.

### 4 - Materiais e Métodos

Metodologicamente esse trabalho define-se por ser uma **pesquisa experimental e** desenvolvida através de **raciocínio indutivo** (observação a partir de casos particulares que se propõe a alcançar uma lei geral), com dados colhidos de uma amostra de equipamentos de proteção individual, extraídos diretamente de usuários da indústria.

Orientações desse método como a observação dos fenômenos; análise de seus elementos constitutivos, visando estabelecer relações quantitativas entre os mesmos; verificação de hipóteses utilizando procedimento experimental; generalização de resultado alcançado para situações similares; confirmações destas generalizações para se chegar a uma lei geral foram utilizadas nessa pesquisa.

#### 4.1 - Equipamentos

Foi confeccionado e utilizado um equipamento para produção de ruídos em ambiente próprio, sendo este o laboratório de ruídos e vibrações da Unesp de Bauru conforme Figura 3;



**Figura 3** – Equipamentos utilizados no Laboratório de Ruídos e Vibrações da Unesp/Bauru.

No equipamento havia um computador provido de uma placa de som, responsável pelo envio de sinais sonoros e um programa específico de envio e recepção de sinais sonoros (Loudspeaker Measurement System / LMS - V.3.54).

Este programa tem a capacidade de através de dados adicionados a ele, pelo usuário, enviar sinais na forma de varredura de sons audíveis e, graficamente, informar as medições captadas após receber os sinais amplificados (Figura 4).



**Figura 4** – Computador com o Programa LMS-3.54 instalado.

Foi utilizado um amplificador da marca ciclotron (Figura 5) e uma caixa de som com um Woofer High Fidelity da marca Novik 12", série wnx, um Mid Range High Fidelity da marca Novik 5", série Nm e um Tweeter High Fidelity da marca Selenium, série T-600 com uma caixa acústica que era acoplada a ela (Figura 6).



**Figura 5** – Amplificador utilizada acústica utilizada no teste.



**Figura 6** – Caixa de som e Caixa

O amplificador serviu para receber os sinais enviados pelo computador, através do programa LMS-3.54, e amplificá-lo para a caixa de som.

Na caixa de som, o *woofer* foi o responsável pelas freqüências de sons graves, o *mid range* pelas freqüências médias e o *tweeter* pelas freqüências agudas, dessa forma ficou seguro que todas freqüências audíveis seriam verificadas para uma pos avaliação.

Na caixa acústica acoplada a caixa de som, foi confeccionada uma abertura simuladora ao conduto auditivo humano, onde havia um microfone sensível e responsável pelas informações sonoras, que eram retornadas ao computador para análises de freqüências em decibéis (Figura 7).



**Figura 7** – *Microfone acoplado ao conduto auditivo simulador humano.*

Utilizando um cilindro uniforme de plástico, o canal auditivo simulador ao canal do homem obteve uma secção transversal interna de 7,5 mm de diâmetro e com 25 mm de comprimento, concordando com pesquisa realizada por Couto (2000), em estudos da distribuição da pressão sonora no meato acústico externo (Figuras 8 e 9).



**Figura 8** – Canal auditivo simulador (visão interna)



**Figura 9** – Canal auditivo simulador (visão externa com EPIa introduzido)

#### 4.2 - Ambiente do teste

Os equipamentos foram dispostos dentro do Laboratório de Ruídos e Vibrações da Unesp, com o objetivo de facilitar os testes durante as jornadas de trabalho.

Foi medido o desempenho de cada EPIa, para serem avaliados após essa fase (Figura 10).



**Figura 10** – Disposição dos equipamentos utilizados no Laboratório de Acústica e vibrações da Unesp de Bauru.



### 4.3 – Amostra

A amostra foi realizada em duas empresas da cidade de Bauru, por ser de fácil acesso ao pesquisador e se encontrarem nas condições exigidas pela pesquisa, as quais, submetem trabalhadores à exposição habitual extrema de ruídos sonoros durante jornada de trabalho.

No dia 08 de novembro de 2004, após aproximação do pesquisador às empresas, foram realizadas palestras nos períodos da manhã e tarde simultaneamente (Anexo I e II), onde, por unanimidade, os trabalhadores sujeitos aos ruídos diários tomaram conhecimento da pesquisa e receberam orientações e treinamentos, descritos a seguir:

- 1 – problemas causados pelos ruídos, formas de prevenção e as medidas de prevenção adotadas pela empresa;
- 2 – importância e benefício aos trabalhadores usuários de aparelhos auditivos quando expostos a ruídos intensos;
- 3 – demonstração do modo de uso, guarda, conservação e limpeza do EPI auricular.

Durante a palestra realizada no dia 08 de novembro de 2004, também foram distribuídos EPIs intra-auriculares de espuma novos, da marca 3M, modelo 1110, para todos os trabalhadores usuários de EPIa.

Os equipamentos de proteção foram identificados, um a um, com data e nome, recebendo assim personalização para o uso.

Foi distribuído a todos os participantes da palestra um “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Pós-Informado” e também uma “Autorização” na qual todos assinaram apoiando assim, a pesquisa.

O pesquisador, ainda, freqüentou as empresas diuturnamente com a intenção de checar o uso, limpeza, guarda e conservação dos EPIs, durante todo o período pré-estabelecido pelo cronograma da pesquisa.

Foi recolhido um aparelho protetor por dia útil de trabalho em cada empresa, obtendo-se então, aparelhos com um dia de uso até trinta dias de uso simultaneamente, até que todos os aparelhos retornassem ao pesquisador para que fossem trabalhados no laboratório.

A deterioração do EPIa acontece somando a seu uso diário com o contato físico do aparelho ao suor do usuário, cerume, poeira, graxa, e todo os tipos de restos de materiais a que são expostos. Dá-se, então, a orientação de lavagem do EPIa todos os dias e este contato com qualquer tipo de sabão, sabonete, detergente ou outro abrasivo de limpeza durante a lavagem também contribui para o desgaste do protetor.

Foram recolhidos 30 pares de EPIas de trabalhadores do setor de produção de cada empresa, somando-se a quantia de 60 pares de EPIas.

Nas Figuras 11 e 12, tem-se a exposição dos EPIas, da marca 3M, que foram testados individualmente no Laboratório de Acústica e Vibrações da Unesp, Campus de Bauru com o auxílio do equipamento confeccionado pelo pesquisador.



**Figura 11**–*Equipamento de Proteção Individual Intra-Auricular da 3m.*



**Figura 12**–*Equipamento de Proteção Individual Intra-Auricular da 3m.*

#### **4.4. - Método**

A partir do programa de computador LMS-3.54 (Loudspeaker Measurement System / Versão - 3.54) um sinal era enviado até um amplificador que realizava o ruído numa caixa de som.

O ruído era lançado através de uma caixa acústica provida de uma saída que simulava o conduto auditivo humano.

Um microfone calibrado foi acoplado ao conduto que recebia o som e enviava a uma placa de aquisição de dados do computador.

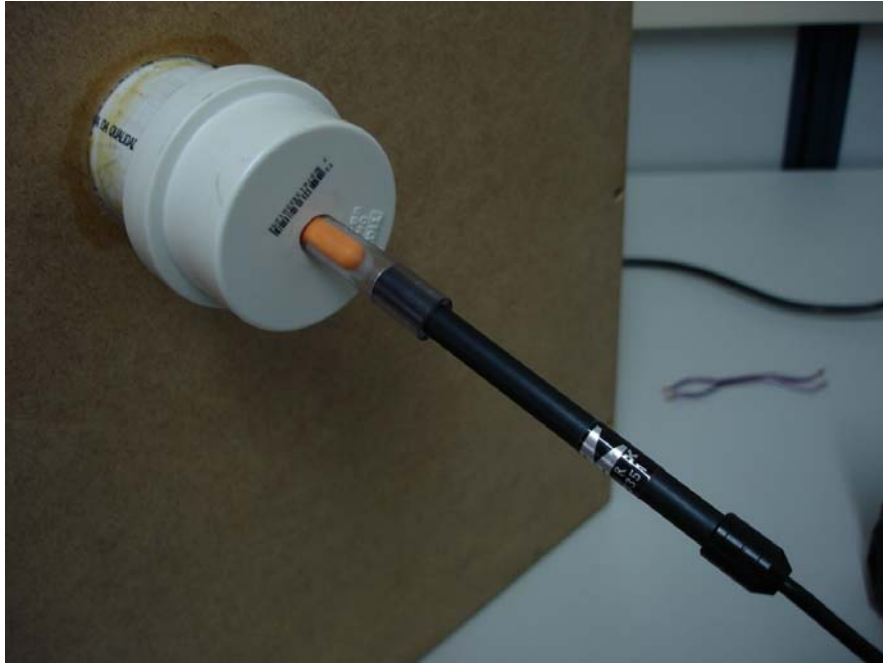
A partir desse ciclo foi possível constatar, primeiramente, as freqüências enviadas pelo programa do computador e numa segunda etapa o protetor auditivo foi encaixado na abertura equivalente ao conduto auditivo humano e em seguida era testado através de uma varredura de sons com 20 pontos enviados pelo computador com freqüências entre 20.000Hz e 20Hz que é a faixa audível humana segundo Santos (2005).

Os equipamentos utilizados na pesquisa ficaram dispostos conforme a Figura 13.



**Figura 13** – Envio e recepção de sinal sonoro passando por todo o ciclo do teste.

O microfone calibrado pré-instalado depois do EPIa que funcionou como uma “barreira” de som ligado a um computador, captou os níveis de ruídos interferidos pelo protetor auditivo tipo plugue da 3M, e disponibilizou os dados para o pesquisador, através do programa específico. (Figura 14).



**Figura 14** – *Detalhe do EPIa instalado dentro do canal auditivo simulador e acoplado ao microfone.*

### 5 - RESULTADOS

Nesse capítulo serão apresentados, através de duas amostras e com dois testes cada uma das amostras, os resultados relativos ao comportamento das curvas oriundas dos testes feitos com os EPIs.

As curvas serão demonstradas por meio de gráficos desenvolvidos pelo programa LMS-3.54, os quais foram lançados os valores colhidos dos EPIs novos, e usados pelos sujeitos da pesquisa.

Foi feita uma correlação entre eficácia de EPIs de equipamentos novos e usados, analisados em detrimento de tempo de uso.

Os dados recebidos através do microfone instalado no canal auditivo simulador e acoplado no equipamento do teste, delinearam características importantes quanto à análise de significância e confiabilidade.

Há que se verificar nos gráficos que a variação crescente de valores determinados no eixo vertical do lado esquerdo são os decibéis e os valores indicados no eixo horizontal inferior referem-se a frequências dadas em Hertz, estas **variando sempre entre 20Hz e 20KHz**.

#### 5.1. - AMOSTRA 1

##### - Teste 1

O gráfico da Figura 15 indica a criação de uma curva padrão para todo o ciclo do teste, diga-se, realizada sem o uso de qualquer protetor de atenuação para que se conheça e obtenha o mesmo nível de pressão sonora durante os testes de laboratório.

Iniciou-se com um nível de pressão sonora em 101dB a 20Hz e com picos aproximados de 120dB em 600Hz e 2KHz. Foi atingido 90dB no fim da curva que é determinada em 20KHz (Figura 15).

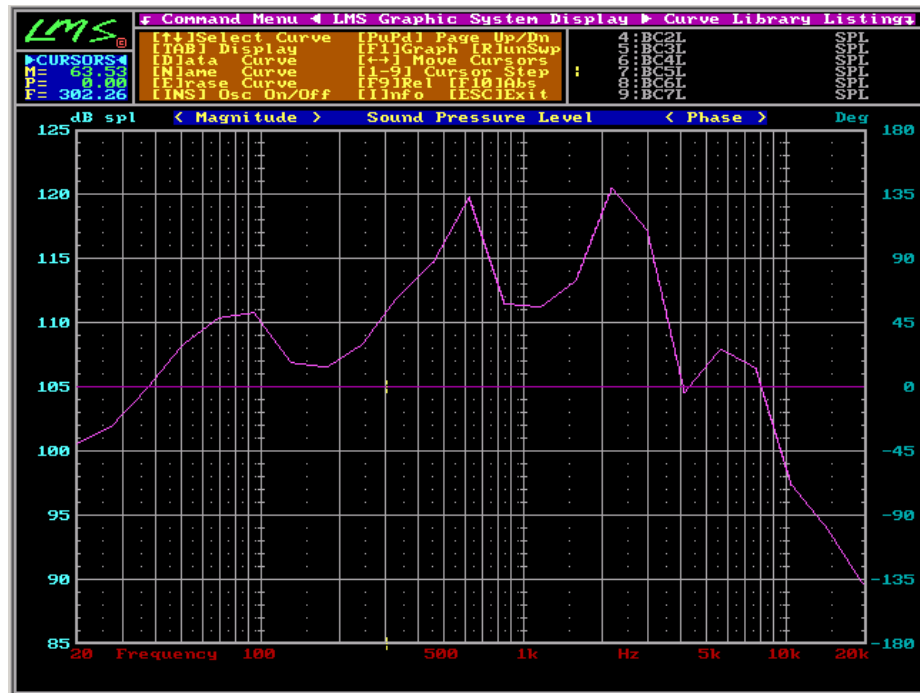


Figura 15 – Demonstração da curva colhida sem o uso de EPIa no equipamento da pesquisa.

Os níveis de pressão sonora do gráfico anterior foram utilizados para realização dos próximos testes da empresa “A”. Foram instalados os EPIas no ciclo do teste, indicando desta forma a eficácia dos aparelhos desta amostra.

Observou-se na Figura 16 que o EPIa novo iniciou o teste em 61dB à uma freqüência de 20Hz e atingiu 59dB a 20KHz no fim da curva, determinando assim uma barreira de som viável.

Nota-se que os EPIas de 2, 4 e 6 dias de uso se mantiveram viáveis para o uso, não atingindo os 86 dB que o Ministério da Saúde preconiza.

O EPIa com 8 dias de uso sofreu perda de confiança para freqüências entre 35Hz e 95Hz, tendo atingido aproximadamente 88dB.

Observou-se, também, que para as freqüências acima de 1KHz todos os aparelhos mantiveram os patamares do EPIa novo e que a eficácia sofreu uma perda de atenuação conforme os dias de uso se passaram com mais evidencia em freqüências de até 100Hz (Figura 16).



Figura 16 – Visualização de curvas com EPIa novo(verde) e EPIas com 2(amarelo), 4(rosa), 6(azul) e 8(vermelho) dias de uso.

Observou-se na Figura 17 que os EPIs continuaram a perder eficácia considerável nas frequências até 100Hz conforme foram sendo usados, porém os EPIs com uso de 10, 12 e 14 dias, mantiveram sempre níveis abaixo de 86dB.

Os EPIs com 16 e 18 dias de uso perderam eficácia na faixa de até 100Hz atingindo níveis além das normas de segurança das quais são asseguradas pelo Ministério do Trabalho do Brasil, e ultrapassaram o limite de 86dB, porém as faixas entre 100Hz e 20Khz continuaram dentro da norma permitida (Figura 17).



Figura 17 - Visualização de curvas com EPlas de 10( verde), 12(azul), 14(amarelo), 16(rosa) e 18(vermelho) dias de uso.

Verificou-se na Figura 18 que os EPlas com 19, 21, 23, 25 e 27 dias de uso mantiveram pressão sonora acima de 86dB em faixas de freqüência de até 100Hz.

Faixas de freqüência entre 100Hz e 1KHz perderam eficácia conforme o tempo e uso, porém sempre mantiveram resguardados os limites esperados de segurança, sendo estes abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho.

Os EPlas em faixas acima de 1KHz até 20KHz mantiveram-se novos (Figura 18).





Figura 18 - Visualização de curvas com EPIs de 19(rosa), 21(vermelho), 23(azul), 25(verde) e 27(amarelo) dias de uso.

No gráfico abaixo, Figura 19, os EPIs com uso de 28, 29 e 30 dias evidenciaram problemas importantes nas faixas entre 20Hz e 130Hz aproximadamente, onde atingiram índices acima de 86dB.

Faixas de frequência entre 130Hz e 1KHz perderam eficácia conforme o tempo e uso, porém sempre mantiveram resguardados os limites esperados de segurança, sendo estes abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho.

Os EPIs em faixas acima de 1KHz até 20KHz mantiveram-se sempre como novos, (Figura 19).



Figura 19 - Visualização de curvas com EPIas de 28(verde), 29(azul) e 30(rosa) dias de uso.

Foi feita uma tabela para orientação de perda de eficácia real de cada EPIa, relacionando pressão(em dB) à freqüências(em HZ) para cada teste da amostra 1.

Dessa forma, verificou-se na Tabela 2 que o EPIa novo obteve atenuação de 40dB à freqüência de 20Hz e 50dB à freqüência de 100Hz. Nas freqüências de 1KHz e 4KHz a atenuação esteve respectivamente muito próximo à 52dB e 42dB.

Observou-se que em freqüências de até 100Hz a atenuação sofreu grande perda com o uso diário do equipamento.

Para freqüências de 1KHz e 4KHz a atenuação mostrou-se estável e respectivamente aproximando sempre à 52dB e 42dB durante os 30 primeiros dias de uso do equipamento (Tabela 2).

**Tabela 2 – Quantificação de atenuação, em decibéis, nas frequências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPlas obtidos na amostra 1(teste 1).**

EPlas em Dias	Atenuação em dB x Frequência (Hz)			
	20Hz	100Hz	1KHz	4KHz
<b>Novo</b>	40	50	52	42
<b>2</b>	28	40	52	42
<b>4</b>	26	36	52	42
<b>6</b>	18	29	53	42
<b>8</b>	16	26	53	42
<b>10</b>	22	34	51	42
<b>12</b>	26	37	53	42
<b>14</b>	17	29	53	42
<b>16</b>	14	24	53	42
<b>18</b>	13	24	53	42
<b>19</b>	14	28	53	42
<b>21</b>	11	23	53	42
<b>23</b>	9	19	53	42
<b>25</b>	8	19	51	42
<b>27</b>	6	17	50	42
<b>29</b>	8	17	51	42
<b>30</b>	8	17	50	42

## 5.2. - AMOSTRA 1

### - Teste 2

Tomando como base a mesma amostra de EPlas dos sujeitos da empresa “A”, realizou-se outro teste, em tempo, com menor pressão sonora.

Iniciou-se o teste tomando como padrão uma curva iniciada com aproximadamente 92dB à frequência de 20Hz e com um pico de 102dB numa

freqüência de aproximadamente 2KHz até atingir 87dB na freqüência de 20KHz (Figura 20).

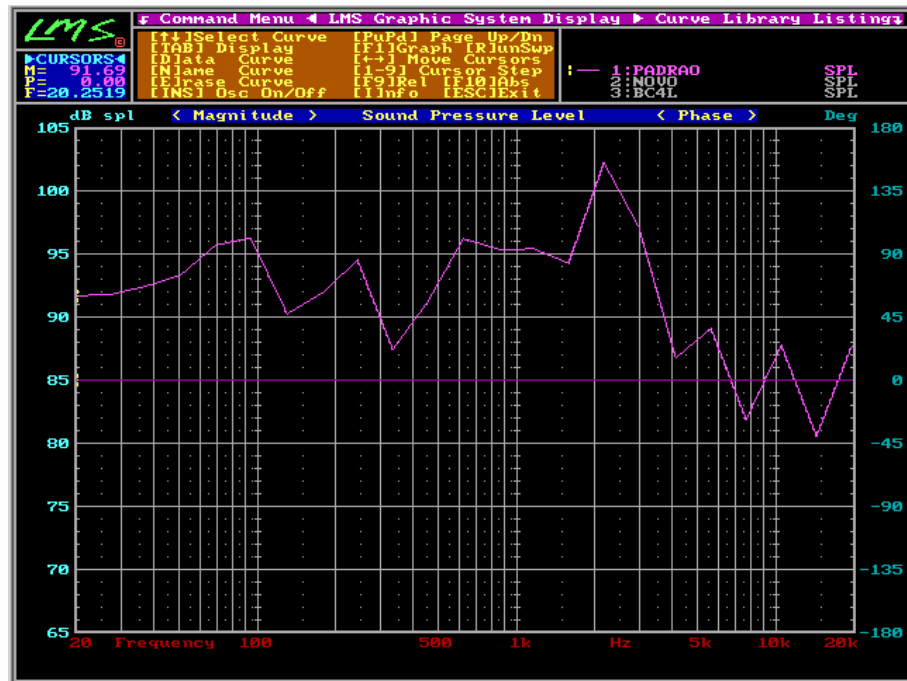


Figura 20 - Demonstração da curva colhida sem o uso de EPIa no equipamento da pesquisa.

A curva do EPIa novo agiu com segurança ao receber pressão sonora indicada pelo gráfico da Figura 20 e manteve uma variação de freqüência viável, entre 56Hz e 68Hz, conforme a Figura 21.

Observou-se nas curvas dos EPIas da amostra com 8, 16, 24 e 30 dias de uso que as freqüências entre 20Hz e 130Hz perderam simultaneamente eficácia, porém não atingiram 86dB.

Não foi constatado perda de eficácia destes EPIas entre freqüências que variaram de 130Hz até 20KHz, (Figura 21).

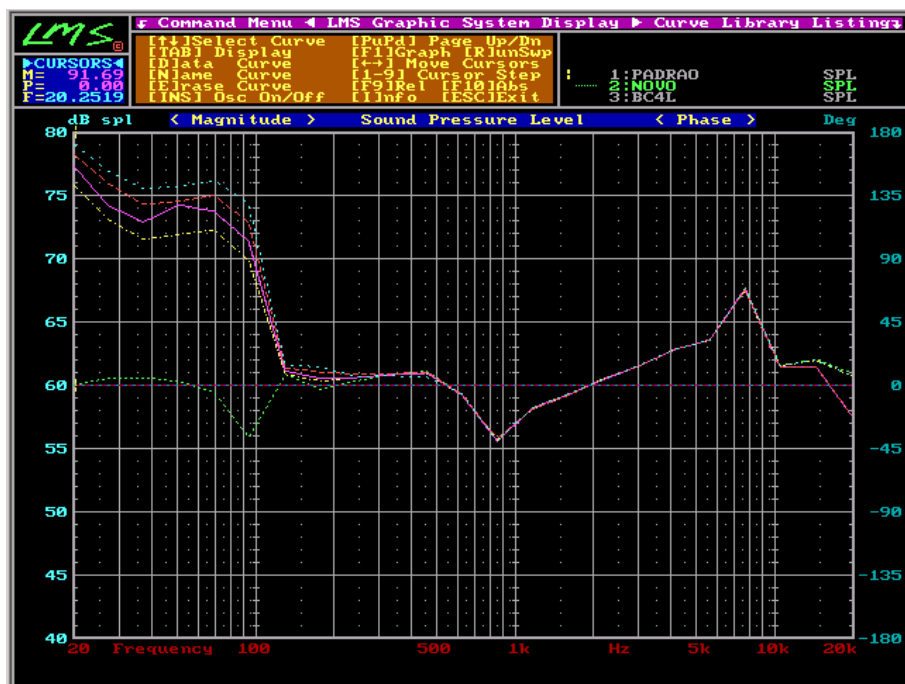


Figura 21 - Visualização de curvas com EPLa novo (verde) e EPLas com 8(amarelo), 16(rosa), 24(vermelho)e 30(azul) dias de uso.

Verificou-se na Tabela 3 que o EPLa novo obteve atenuação de 32dB à freqüência de 20Hz e 38dB à freqüência de 100Hz. Nas freqüências de 1KHz e 4KHz a atenuação esteve respectivamente em 38dB e 25dB.

Observou-se que em freqüências de até 100Hz a atenuação sofreu grande perda com o uso diário do equipamento.

Para freqüências de 1KHz e 4KHz a atenuação mostrou-se estável e respectivamente sempre à 38dB e 25dB (Tabela 3).

**Tabela 3 – Quantificação de atenuação, em decibéis, nas freqüências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPLas obtidos na amostra 1 (teste 2).**

EPLas em Dias	Atenuação em dB x Freqüência (Hz)			
	20Hz	100Hz	1KHz	4KHz
<b>Novo</b>	32	38	38	25
<b>8</b>	16	27	38	25
<b>16</b>	15	26	38	25
<b>24</b>	14	24	38	25
<b>30</b>	13	23	38	25

### 5.3. - AMOSTRA 2

#### - Teste 1

O gráfico a seguir, Figura 22, refere-se à realização de teste com amostra extraída da empresa “B”.

Iniciou-se o teste para esta segunda amostra, como feito anteriormente, com uma curva padrão diante de todo o ciclo do teste, diga-se, realizada sem o uso de qualquer protetor de atenuação.

Aplicou-se no teste um nível de pressão sonora em 107dB a 20 Hz e com picos aproximados de 124dB em 600Hz e 2KHz. Foi atingido 105dB no fim da curva que é determinada em 20KHz (Figura 22).

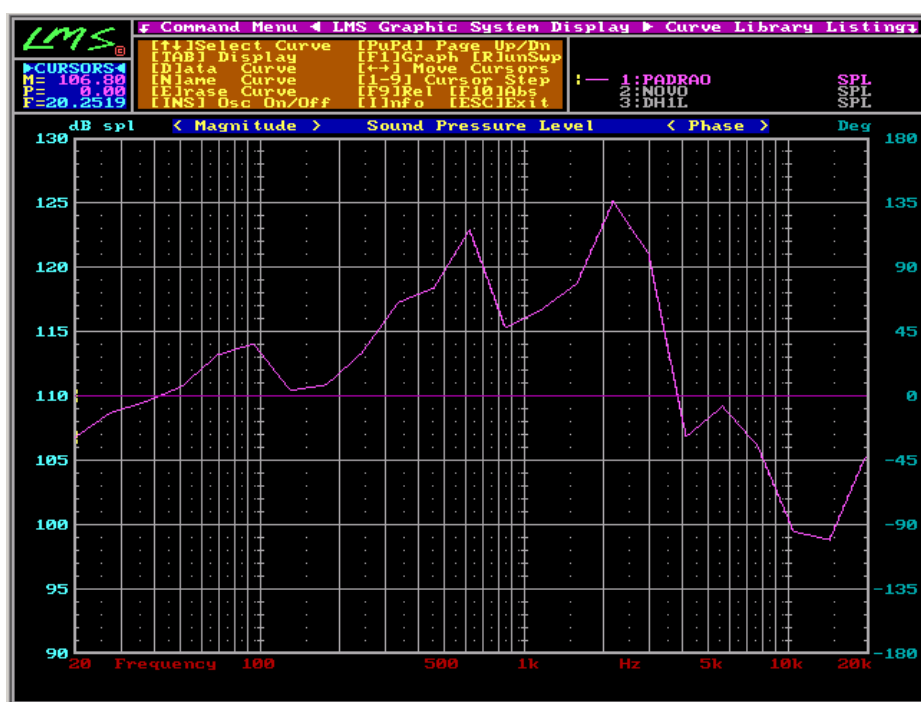


Figura 22 - Demonstração da curva colhida na segunda amostra, sem o uso de EPIa no equipamento da pesquisa.

Observou-se no próximo gráfico, Figura 23, que o EPIa novo iniciou o teste em 64dB à uma freqüência de 20Hz e atingiu 58dB a 20KHz no fim da curva, determinando assim uma barreira de som viável.

Nota-se que os EPLas de 2, 4 e 6 dias de uso se mantiveram viáveis para o uso, não atingindo os 86dB que o Ministério da Saúde preconiza.

O EPLa com 8 dias de uso sofreu perda de eficácia para frequências entre 20Hz e 100Hz, sendo estas sempre superiores a 86dB.

Observou-se, também, que para as frequências acima de 1KHz todos os aparelhos mantiveram os patamares do EPLa novo e que a eficácia sofreu uma perda de atenuação conforme os dias de uso se passaram com mais evidencia em frequências de até 100Hz (Figura 23).



Figura 23 – Visualização de curvas com EPLa novo(verde) e EPLas com 2(amarelo), 4(rosa), 6(vermelho) e 8(azul) dias de uso.

Observou-se no próximo gráfico que os EPLas de 10, 12, 14, 16 e 18 dias de uso perderam eficácia na faixa de até 100Hz, atingindo níveis além das normas de segurança das quais são asseguradas pelo Ministério do Trabalho do Brasil, e ultrapassaram o limite de 86dB, porém as faixas entre 100Hz e 20KHz continuaram dentro da norma permitida (Figura 24).



Figura 24 - Visualização de curvas com EPIs de 10(verde), 12(azul), 14(amarelo), 16(rosa) e 18(vermelho) dias de uso.

No gráfico abaixo, Figura 25, os EPIs com 19, 21, 23, 25 e 27 dias de uso mantiveram pressão sonora acima de 86dB em faixas de frequência entre 20Hz e 110Hz aproximadamente.

Faixas de frequência entre 110Hz e 1KHz perderam eficácia conforme o tempo e uso, porém sempre mantiveram resguardados os limites esperados de segurança, sendo estes abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho.

Os EPIs nas faixas entre 1KHz e 20KHz não perderam eficácia alguma e comportaram-se como na curva de EPIa novo (Figura 25).





Figura 25 - Visualização de curvas com EPLas de 19(rosa), 21(vermelho), 23(azul), 25(verde) e 27(amarelo) dias de uso.

Na Figura 26 os EPLas com uso de 28, 29 e 30 dias evidenciaram problemas nas faixas entre 20Hz e 105Hz, nos quais atingiram índices acima de 86dB.

Faixas de freqüência entre 105Hz e 1KHz perderam eficácia conforme o tempo e uso, porém sempre mantiveram resguardados os limites esperados de segurança, sendo estes abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho.

Os EPLas comportaram-se como novos nas faixas de freqüências entre 1KHz e 20KHz (Figura 26).



Figura 26 - Visualização de curvas com EPIs de 28(verde), 29(azul) e 30(rosa) dias de uso.

Assim como na primeira amostra, uma tabela para orientação de perda de eficácia real de cada EPIa, relacionando pressão(em dB) à freqüências(em HZ), também foi realizada para cada teste.

Verificou-se na Tabela 4 que o EPIa novo obteve atenuação de 43dB à freqüência de 20Hz e 47dB à freqüência de 100Hz. Nas freqüências de 1KHz e 4KHz a atenuação esteve respectivamente em 57dB e 45dB.

Observou-se que em freqüências de até 100Hz a atenuação sofreu grande perda com o uso diário do equipamento.

Para freqüências de 1KHz e 4KHz a atenuação mostrou-se estável e respectivamente sempre à 57dB e 45dB (Tabela 4).

**Tabela 4 – Quantificação de atenuação, em decibéis, nas freqüências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIs obtidos na amostra 2 (teste 1).**

EPIs em Dias	Atenuação em dB x Frequência (Hz)			
	20Hz	100Hz	1KHz	4KHz
<b>Novo</b>	43	47	57	45
<b>2</b>	41	48	58	45
<b>4</b>	38	46	58	45
<b>6</b>	25	36	59	45
<b>8</b>	17	27	58	45
<b>10</b>	20	30	59	45
<b>12</b>	16	25	58	45
<b>14</b>	20	30	58	45
<b>16</b>	15	25	59	45
<b>18</b>	20	30	57	45
<b>19</b>	19	29	58	45
<b>21</b>	17	27	58	45
<b>23</b>	13	21	58	45
<b>25</b>	16	24	58	45
<b>27</b>	15	24	57	45
<b>29</b>	15	25	58	45
<b>30</b>	16	25	59	45

#### 5.4. - Amostra 2

##### - Teste 2

Tomou-se como base a mesma amostra de EPIs de sujeitos da empresa "B", realizou-se outro teste, em tempo, com maior pressão sonora.

Abriu-se o teste tomando como padrão uma curva iniciada com aproximadamente 126dB de pressão sonora à frequência de 20Hz e mantendo estes valores de decibéis aproximados até a frequência de 2KHz e com redução de pressão até atingir 101dB na frequência de 20KHz (Figura 27).

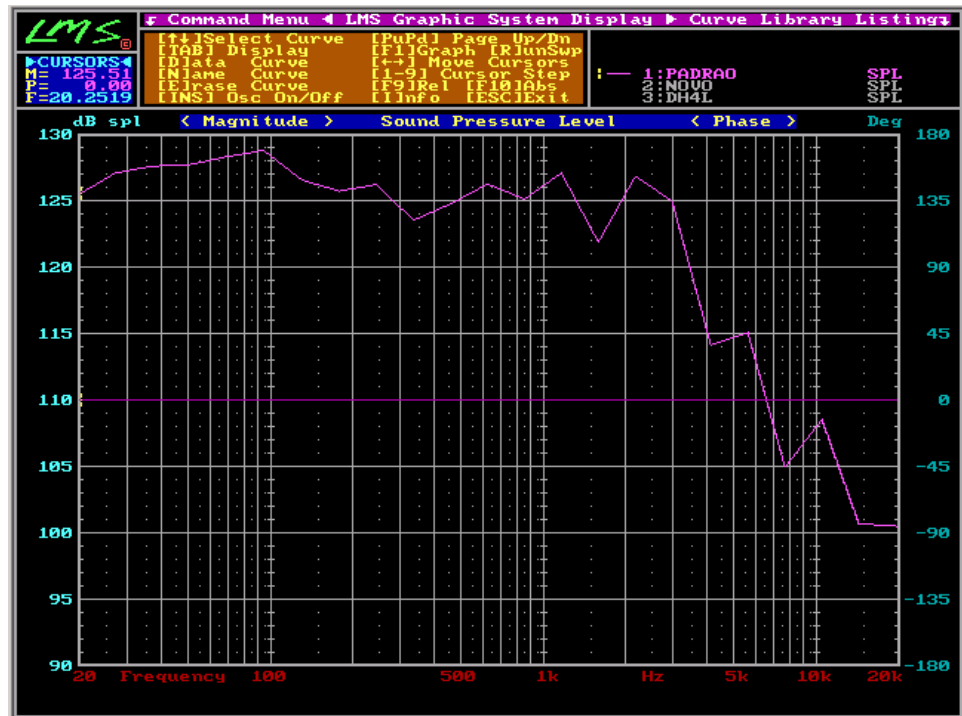


Figura 27 - Demonstração da curva colhida sem o uso de EPla no equipamento da pesquisa.

A curva do EPla novo ao receber pressão sonora indicada pelo gráfico da Figura 27 se manteve entre 93dB e 98dB a uma variação de frequência entre 20Hz e 100Hz. Oscilou demasiadamente entre 100Hz e 1KHz atingindo picos de 120dB à 140Hz e 110dB à 450Hz e caiu abaixo de 86dB entre 1KHz e 20Khz.

Observou-se nas curvas dos EPlas da amostra com 8, 16, 24 e 30 dias de uso, que as frequências entre 20Hz e 500Hz mantiveram-se acima do padrão permitido sendo que as frequências entre 20Hz e 100Hz estiveram constantemente acima de 111dB.

Foi constatado perda de eficácia importante destes EPlas entre frequências que variaram de 20Hz a aproximadamente 500KHz.

As frequências entre 1KHz e 20KHz estiveram sempre dentro do permitido pela norma.(Figura 28).

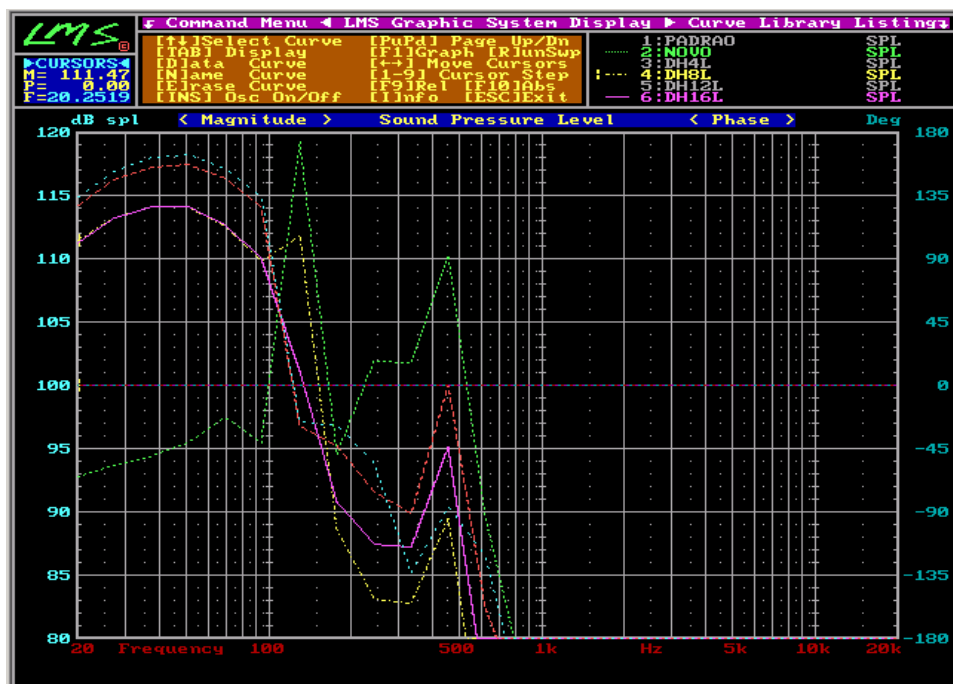


Figura 28 - Visualização de curvas com EPIa novo(verde) e EPIas de 8(amarelo), 16(rosa), 24(vermelho) e 30(azul) dias de uso.

Verificou-se na Tabela 5 que o EPIa novo obteve atenuação de 32dB à freqüência de 20Hz e 28dB à freqüência de 100Hz. Nas freqüências de 1KHz e 4KHz a atenuação esteve aproximada respectivamente em 56dB e 51dB.

Observou-se que em freqüências de até 100Hz a atenuação sofreu grande perda com o uso diário do equipamento.

Para freqüências de 1KHz e 4KHz a atenuação mostrou-se estável e respectivamente sempre à 56dB e 51dB (Tabela 5).

**Tabela 5 – Quantificação de atenuação, em decibéis, nas freqüências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIas obtidos na amostra 2 (teste 2).**

EPIas em Dias	Atenuação em dB x Freqüência (Hz)			
	20Hz	100Hz	1KHz	4KHz
<b>Novo</b>	32	28	56	51
<b>8</b>	14	18	59	51
<b>16</b>	14	20	56	51
<b>24</b>	11	17	59	51
<b>30</b>	10	17	57	51

### 6 – Discussão

O presente capítulo é dedicado às contribuições da pesquisa aos estudos em *design* e aos estudos dos dados colhidos e apresentados no capítulo anterior conforme o objetivo proposto da pesquisa:

- Verificar o período de utilidade dos protetores auriculares relacionando esse comportamento ao comprometimento de eficácia, sendo estes Protetores, os Intra-Auriculares de espuma, de fabricação 3M, modelo 1110.

#### Amostra 1

**No primeiro teste da primeira amostra** evidenciou-se que o protetor novo reagiu muito bem ao receber a pressão sonora de 101dB a 20 Hz e com picos aproximados de 120dB em 600Hz e 2KHz. Continuou a portar-se bem ao atingir 90dB no fim da curva que foi determinada em 20KHz.

O equipamento novo atenuou em 40dB no início do teste à frequência de 20Hz e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

Até os seis primeiros dias de uso mostraram-se confiáveis.

Ao atingir o oitavo dia de utilização o EPIa não suportou a pressão que estivesse entre 35Hz e 95Hz, sendo que foi ultrapassada a barreira dos 86dB pré-determinada pelo Ministério do Trabalho do Brasil, porém não evidenciou uma característica importante de queda de eficácia, pois atingiu apenas 87dB e 88dB, e tendo ficado resguardado em todas as outras faixas de frequências do teste.

Os EPIas com uso de 10, 12 e 14 dias, mantiveram níveis abaixo de 86dB.

Os EPIs de 16 à 27 dias de uso perderam eficácia na faixa de até 100Hz atingindo níveis além das normas de segurança das quais são asseguradas pelo Ministério do Trabalho do Brasil

Observou-se, também, que para as frequências acima de 1Khz os aparelhos de 1 dia de uso até 27 dias de uso mantiveram os patamares do EPI novo e que a eficácia sofreu uma perda de atenuação conforme os dias de uso se passaram com mais evidencia em frequências de até 100Hz.

Os EPIs com uso de 28, 29 e 30 dias evidenciaram problemas nas faixas entre 20Hz e 130Hz aproximadamente, onde atingiram índices acima de 86dB.

Faixas de frequência entre 130Hz e 1KHz, para aparelhos com 28, 29 e 30 dias de uso não perderam eficácia conforme o tempo e uso, e mantiveram resguardados os limites esperados de segurança, sendo estes abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho.

**No segundo teste da primeira amostra** foi utilizada uma pressão sonora inferior, se comparada à pressão sonora do primeiro teste dessa amostra, com aproximadamente 92dB à frequência de 20Hz e com um pico de 102dB numa frequência aproximada de 2KHz até atingir 88dB na frequência de 20KHz.

O equipamento novo atenuou em 32dB no início do teste à frequência de 20Hz e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

O EPI novo agiu com segurança ao receber a pressão sonora do teste e se manteve à uma variação de frequências entre 56Hz e 68Hz.

Observou-se nas curvas dos EPIs da amostra com 8, 16, 24 e 30 dias de uso que as frequências entre 20Hz e 130Hz perderam simultaneamente eficácia, porém não atingiram 86dB.

Não foi constatado perda de eficácia destes EPIs entre frequências que variaram de 130Hz até 20KHz.

## Amostra 2

**Iniciou-se o primeiro teste da segunda amostra** com um nível de pressão sonora superior ao primeiro teste da primeira amostra e com 107dB à 20

Hz, com picos aproximados de 124dB em 600Hz e 2KHz a curva atingiu 105dB à 20KHz.

O equipamento novo atenuou em 43dB, no início do teste à frequência de 20Hz, e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

Foi observado que o EPIa novo iniciou a curva em 64dB, com pico de 74dB à 130Hz, e terminou o ciclo do teste em 58dB, determinando assim uma barreira de som viável.

Nota-se que os EPIas de 2, 4 e 6 dias de uso se mantiveram viáveis para o uso, não atingindo os 86dB que o Ministério da Saúde preconiza.

Os EPIas de 8, 10, 12, 14, 16 e 18 dias de uso perderam eficácia nas faixas de até 100Hz, atingindo níveis além das normas de segurança das quais são asseguradas pelo Ministério do Trabalho do Brasil, e ultrapassaram o limite de 86dB.

Observou-se, também, que para as frequências acima de 1Khz todos os aparelhos mantiveram os patamares do EPIa novo e que a eficácia sofreu uma perda de atenuação conforme os dias de uso se passaram com mais evidencia em frequências de até 100Hz.

Os EPIas com 19, 21, 23, 25, 27, 28, 29 e 30 dias de uso mantiveram pressão sonora acima de 86dB em faixas de frequência entre 20Hz e 110Hz aproximadamente.

Faixas de frequência entre 110Hz e 1KHz perderam eficácia conforme o tempo e uso, porém sempre mantiveram resguardados os limites esperados de segurança, sendo estes abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho.

Os EPIas nas faixas entre 1KHz e 20Khz não perderam eficácia alguma para todos os EPIas do teste e comportaram-se como uma curva de EPIa novo.

**O segundo teste da segunda amostra** teve início tomando como padrão uma curva com aproximadamente 125dB de pressão sonora à frequência de 20Hz e mantendo estes valores de decibéis aproximados até a frequência de 2KHz e com redução de pressão até atingir 101dB na frequência de 20KHz, valores estes muito superiores aos testes realizados anteriormente nessa pesquisa.



O equipamento novo atenuou em 32dB, no início do teste à frequência de 20Hz, e não se portou dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB.

O EPIa novo ao receber essas pressões se manteve entre 93dB e 98dB a uma variação de frequência entre 20Hz e 100Hz. Oscilou demasiadamente entre 100Hz e 1KHz atingindo picos de 120dB e 110dB e caiu abaixo de 86dB entre 1KHz e 20KHz.

Observou-se nas curvas dos EPIas da amostra com 8, 16, 24 e 30 dias de uso, que as frequências entre 20Hz e 500Hz mantiveram-se acima do padrão permitido, sendo que as frequências entre 20Hz e 100Hz estiveram constantemente acima de 111dB.

As frequências entre 1KHz e 20KHz estiveram sempre dentro dos padrões permitidos pela norma.

### [Contribuição da pesquisa aos estudos em \*design\*](#)

A PAIR vem sendo estudada com forte afinco desde o final do século XIX, tempo em que foi observada a perda auditiva em caldeireiros que estavam submetidos a ruídos no seu trabalho diuturno.

Desde então, diversas áreas do conhecimento inclinaram-se em estudos que pudessem diminuir ou extinguir o problema, acordando a possibilidades palpáveis.

Foi encontrado na literatura, conforme citado na dissertação, trabalhos realizados em áreas de estudo como a engenharia mecânica, engenharia de produção, física, psicologia, direito, medicina e subáreas do conhecimento como a psiquiatria, otorrinolaringologia, e também na fonoaudiologia em estudos de audiologia, linguagem; mais, em outros trabalhos, também conhecidos por este pesquisador, como na engenharia eletrônica e da computação, engenharia de biomateriais e biomédicas.

Esforços não estão sendo poupados na busca de melhor estabelecer segurança e conforto, necessários à vida cotidiana, e que os ruídos do mundo moderno acometeu toda a sociedade humana a um brusco impacto de problemas físicos, mentais e sociais.

Lembramos que a Organização Mundial de Saúde (OMS) cita que “saúde é o completo bem estar físico, mental e social e não apenas ausência de doenças”.

Notamos que os ruídos conduzem o homem a problemas mentais, físicos e sociais, traduzindo em síntese como doença física, a PAIR; a mental, ansiedade, e social, o incômodo às pessoas em centros urbanos.

Melhor seria se os ruídos fossem extintos, porém o que mais se tem feito, como senso comum, para diminuir os efeitos do problema, é a indicação de uso de equipamentos que interfiram os sons indesejados de penetrar nos ouvidos de modo brusco e desagradável.

**Há que estabelecer uma aproximação séria entre o Desenho Industrial e os estudos dos problemas causados pelos ruídos, os próprios ruídos, os limiares humanos, e de modo dinâmico e interdisciplinar, desenvolver pesquisas para que este produto importante de proteção não esteja longe das metas dos *designers*.**

O conhecimento da matéria é de vital importância e conduz a que o suprir dessas necessidades, já encontradas, na qual a sociedade esta acometida, realizem-se de forma direta.

A responsabilidade dos profissionais do *design* em, também, apoiar um caminho para solução deste problema é evidente e clara.

Cumpri-nos tomar a iniciativa, da mesma forma na qual outras áreas do conhecimento já o fizeram, e **contribuir nas diretrizes de procedimentos a projetos de novos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)** para que se auxilie nas funções necessárias, objetivando sobremaneira, a promoção do bem estar físico, mental e social de toda comunidade agredida pelos transtornos que os ruídos tem acometido nossa sociedade.

Há carência de produtos de proteção individuais auditivos que se mostrem **confortáveis**, tanto fisicamente como psicologicamente, e **funcionais**, considerando a durabilidade em contraste como comprometimento eficaz do equipamento, objetivo essencial desse trabalho, observado também o custo/benefício do produto atenuador auditivo.

**Os benefícios agregados pelos EPIs auditivos são imensos, e quando relacionados ao baixo custo financeiro aos quais os equipamentos são oferecidos pelos fabricantes, nota-se que os esforços por estes**

**estudos, também na forma interdisciplinar, são de grande valia e importância.**

Destaca-se que a audição é um dos cinco sentidos essenciais à vida humana.

**O parâmetro de tempo de uso funcional em detrimento ao envelhecimento do EPI auditivo se mostra importante na geração de projetos vindouros para que a integridade física humana esteja sempre protegida.**

### 7 - Conclusão

É possível afirmar que há perda de eficácia conforme o uso do Equipamento de Proteção Individual auditivo estudado e que essa perda possui **tempo de utilização eficaz dos EPIs, em dias, dependente da pressão sofrida durante o uso, sendo que:**

**1 - Para pressão sonora variante de 101dB à 20Hz, com picos em 120dB em 600Hz e 2KHz, e 90dB à 20KHz:**

- Tempo de utilização com eficácia ideal de até **14 dias** em todas as faixas de frequências audíveis humanas;

- Para EPIs entre 16 e 27 dias de uso há perda de eficácia apenas em faixas de 20Hz até 100Hz;

- Para EPIs entre 18 e 30 dias de uso há perda de eficácia apenas em faixas de 20Hz até 130Hz;

**2 - Para pressão sonora variante de 107dB à 20Hz com picos de 124dB em 600Hz e 2KHz, e 105dB à 20KHz:**

- Tempo de utilização com eficácia ideal de até **6 dias** em todas as faixas de frequências audíveis humanas;

- Para EPIs entre 8 e 18 dias de uso há perda de eficácia apenas em faixas de 20Hz até 100Hz;

- Para EPIs entre 19 e 30 dias de uso há perda de eficácia apenas em faixas de 20Hz até 110Hz;

**3 - Para pressão sonora variante de 92dB à 20Hz com picos de 102dB em 2KHz, e 87dB à 20KHz:**

- Há perda de eficácia, porém sem importância para frequências de até 130Hz;

- Os EPIs de 1 dia de uso até 30 dias de uso não sofreram perdas de eficácia suficientes que ultrapassassem 86Db;

**4 - Para pressão sonora variante de 126dB de 20Hz até 2KHz, e 101dB à 20KHz:**

- Somente freqüências acima de 1KHz sempre estiveram dentro de padrões assegurados à audição humana;

- EPIs novos, e usados de 1 dia de uso até 30 dias de uso, estiveram em níveis inaceitáveis de utilização em freqüências de até 1KHz.

Os EPIs não perdem eficácia de atenuação importantes com o uso diário em freqüências a partir de 1KHz até 20KHz.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

### 8.1. Bibliografia Citada:

ALMEIDA, H. Influence of electric punch card machines on the human ear. **Archives of Otolaryngology**, n. 51, p. 215-222, 1950.

ALMEIDA, S. I. C. de. *et al.* História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído. **Rev. Assoc. Med. Bras**, v.46, n. 2, p. 143-158, abr./jun. 2000.

AMA - Council of Scientific Affairs: Guide for the evaluation of Hearing Handicap. **J. Am. Med. Assoc.**, v. 241, p. 2055-2059, 1979.

ANDREN, L. *et al.* Effect of noise on blood pressure and 'stress' hormones. **Clinical Science**, v. 62, p. 137-141, 1982.

ARAUJO, S. A. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. **Rev. Bras. Otorrinolaringol**, v. 68, n. 1, p. 47-52, maio. 2002.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10152**: Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da humanidade. Rio de Janeiro, 1987.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: Informação e Documentação – Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ASTETE, M. G. W.; COLS, Riscos físicos, **Fundacentro**, São Paulo, 1980.

AXELSSON, A.; HAMERNIK, R. P. Acute acoustic trauma. **Acta Otolaryngol**, v. 104, p. 225-233, 1987.

BELOJEVIC, G. *et al.* Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. **Environment International**, v. 23, p. 221-226, 1997.

BEVAN, R. D. An autoradiographic and pathological study of cellular proliferation in rabbit arteries correlated with an increase in arterial pressure. **Blood Vessels**, v.13, p.100-128, 1976.

BRASIL. Norma Regulamentadora 15. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. **In: Segurança e Medicina do Trabalho**, v.16, p.123-34, São Paulo: Atlas; 1998a.

BRASIL. Ministério Do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho, Portaria N.º 19, 1998b.

BRASIL. Ministério do Trabalho, Portaria nº. 3214, 1978.

BUNCH, C. C. The diagnosis of occupational or traumatic deafness. A historical and audiometric study. **The Laryngoscope** v. 47, p. 615-691, 1937.

CASALI, J. G. Seeking the sounds of silence. **Virginia Tech Research**, v. 2, n. 1, jan/feb. 1994.

CORDEIRO. R.; *et al.* Associação da perda auditiva induzida por ruído com o tempo acumulado de trabalho entre motoristas e cobradores. **Cad Saúde Pública**, v. 10, p. 210-21, 1994.

COSTA, E. A. E.; KITAMURA, S. Patologia do Trabalho Segundo Aparelho ou Sistema: órgãos dos sentidos. In: Mendes, R. (Org.). **Patologia do Trabalho**. Rio de Janeiro; Atheneu,1995.

COUTO, C. M. **Distribuição da pressão sonora do meato acústico externo**. 2000. São Paulo, Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física – Departamento de Física Geral.

FERNANDES, J. C. Conforto Acústico e Comportamento. In: Encontro anual de Etologia. Bauru, 1993. **Anais...** Bauru: UNESP, 1993. p. 74-84.

FERNANDES, J. C. **Influência dos Protetores na Inteligibilidade da Voz**, 2000.

FERNANDES, J. C. Avaliação do reconhecimento da fala em usuários de protetores auditivos. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bauru, 2003, **Anais...** Ouro Preto, MG, p. 153-154, 2003.

FOWLLER, E. P. Marked deafened areas in normal ears. **Archives of Otolaryngology**, p.151-155, 1928.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e Controle**. Florianópolis, 1992.

GERGES, S. N. Y. Exposição Ocupacional ao Ruído : Avaliação, Prevenção e Controle, **Cap. 5 : Fontes de ruído**, OMS, Genebra , 1995 .

HABERMANN, J. Ueber die schwerhörigkeit der kesselschmiede. **Archiv für Ohrenheilkunde**, v. 30, n.1, p. 25, 1890.

HARLAN, W. R.; Impact of the environment on cardiovascular disease: Report of the American Heart Association task force on environment and the cardiovascular system. **Circulation**, v. 63, p. 243A-246A, 1981.

IDZIOR-WALUS, B.; Coronary risk factors in men occupationally exposed to vibration and noise. **European Heart Journal**, v. 8, p. 1040-1046, 1987.

Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. The 1984 report of the Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. **Arch Intern Med**, v. 144, p. 1045-57, 1984.



KITAMURA, S. Perdas auditivas de origem ocupacional: considerações acerca da NR-7. **Ltr. Sup. Trab**, v.27, p. 114-711, 1991.

KRISTAL-BONEH, E.; *et al.* Acute and chronic effects of noise exposure on blood pressure and heart rate among industrial employees: The Cordis study. **Archives of Environmental Health**, v. 50, p. 298-304, 1995.

LIM, D. P.; STEPHENS, S. D. G. Clinical investigation of hearing loss in the elderly. **Clin.Otolaryngol.** v. 16, p. 288-293, 1991.

MASCHKE, C.; Preventive medical limits for chronic traffic noise exposure. **Acoustic**, v. 85, p. 448, 1999.

MIRANDA, C. R.; *et al.* Surdez ocupacional em trabalhadores industriais da região metropolitana de Salvador/Bahia. **Rev Bras Otorrinolaringol**, v. 64, p. 109-14, 1999.

MOCELLIN, L. **Profílixia dos traumatismos sonoros na surdez profissional**. 1951. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina da Universidade do Paraná, Curitiba.

NIOSH. **Preventing Occupational Hearing Loss**. A Practical Guide . National Institute for Occupational Safety and Health, october, 1996.

NUDELMANN, A. A.; **PAIR – Perda Auditiva Induzida pelo Ruído**, Porto Alegre, 1997.

Occupational Safety and Health Administration, 1971.

OSGUTHORPE, J. D.; KLEIN, A. J. **Hearing Compensation Evaluation**. American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery Foundation, 1989.

PEREIRA, C. A. **Surdez profissional em trabalhadores metalúrgicos: estudo epidemiológico em uma Indústria da Grande São Paulo**. 1978. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Poluição Sonora. Disponível em:  
<<http://www.poluicao sonora.com.br.htm>>. Acesso em 20/11/2002.

SANTANA, V. S.; BARBERINO, J. L., Exposição ocupacional ao ruído e hipertensão arterial. **Revista de Saúde Pública**, v. 29, p. 478-487, 1995.

SANTOS, Ing Neri dos. Disponível em:  
<http://www.eps.ufsc.br/ergon/disciplinas/EPS5225/aula6.htm>  
Acesso em 02/08/2005.

SANTOS, U. P.; *et al.* **Ruído: Riscos e Prevenção**, 2º ed. São Paulo: Hucitec, 1996.

SOUZA, N. S. S.; Hipertensão arterial entre trabalhadores de petróleo expostos a ruído. **Cad. Saúde Pública**, v. 17, n. 6, p.1481-1488, nov/dez. 2001.

TALAMINI, M. E. A perda auditiva induzida por ruído em motoristas de ônibus. **Tuiuti Ciênc Cul**, v. 2, p. 41-56, 1994.

TALBOTT, E. O.; *et al.* Noise induced hearing loss: A possible marker for high blood pressure in older noise exposed populations. **Journal of Occupational Medicine**, v. 32, p. 690-697, 1990.

TARTER, S. K.; ROBINS, T. G. Chronic noise exposure, high-frequency hearing loss, and hypertension among automotive assembly workers. **Journal of Occupational Medicine**, v. 32, p. 685-689, 1990.

TAYLOR, W.; *et al.* Study of noise and hearing in jute weaving. **J. Acoust. Soc. Am.**, v. 38, p. 113-120, 1964.

TOMEI, F.; *et al.* Study of some cardiovascular parameters after chronic exposure to noise. **International Journal of Cardiology**, v. 33, p. 393-399. 1991.

UNIMED. Disponível em : <  
<http://www.ada.com.br/unimed/noticias/surdez.htm>>. Acesso em 20/07/2005.

VIEIRA, K. G. **Perda da força sofrida pelo arco do equipamento de proteção individual auricular tipo concha de acordo com o tempo de utilização**. 2003. 73p .Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho), Unesp, Bauru/SP, 2003.

ZANNIN, P. H. T.; *et al.* Environmental noise pollution in the city of Curitiba/Brasil. **Applied Acoustics**, v. 63, p. 351-358, 2002.

ZANNIN, P. H. T.; *et al.* Environmental noise pollution in residential areas of the city of Curitiba. **Acta Acustica**, v. 87, p. 625-662, 2001.

World Health Organization (WHO), Noise. Environmental. health Criteria 12. Geneva, 1980

WITTMACK, D. Über schädigung des gehörs durch Schalleinwirkung. **Z. Ohrenkeilkunde**, v. 54, p. 37-80, 1907.

## 8.2. Bibliografia Consultada

AYRES, D. O.; Corrêa, J. A. P. **Manual de Prevenções de Acidentes de trabalho: aspectos técnicos e legais**. São Paulo: Atlas, 2001.

FERNANDES, J. C. Apostila desenvolvida para a disciplina **“Metodologia do Ensino e da Pesquisa Científica”** do **Curso de Pós-graduação em Engenharia – Área de Concentração em Engenharia Industrial**. 1. ed. 1997, revisado em 2000. Bauru, SP;

FISCHER, F. M.; *et al.* **Tópicos de Saúde do Trabalhador**, em homenagem ao Professor Doutor Diogo Pupo Nogueira. São Paulo: Hucitec, 1989.

GERGES, S. **Ruído: Fundamentos e Controle**. Florianópolis, SC: Impresso na Imprensa Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Brasileiro de Segurança e Saúde Industrial, 1992.

MICHAELIS 2000. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: **Reader's Digest**; São Paulo: Melhoramentos, 2000, 2v;

SOBRAC. XIX Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, 15 a 19 de abril de 2000. **Anais...** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.

TROMBINI, L. A. **Análise Ergonômica em Laboratórios de Informática nas Instituições Públicas Educacionais de Ensino Fundamental de Bauru**. 2003. .72p. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Universidade Estadual Paulista , Unesp, Bauru, SP. 2003.

VAN DE GRAAF, K. M. **ANATOMIA HUMANA**. 6. ed. Barueri: Manole, 2003. 900 p.

### 9 - Glossário

**Anátomo-patológico** – Estuda as peças do organismo alteradas por processos patológicos. Entende-se por patologia a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças;

**Audiômetro** – Aparelho com que se mede a acuidade auditiva; controla a possibilidade receptiva e discriminativa da palavra falada;

**Cerume** – Secreção grossa, untuosa e amarelada a qual é formada no conduto auditivo externo; cera dos ouvidos ou das orelhas, ceroma;

**Cóclea** – Divisão do labirinto do ouvido bem desenvolvido nas aves e mamíferos, e nestes com forma de um tudo espiralado que se assemelha a um caracol. No homem está situada horizontalmente em frente ao vestíbulo, com o ápice dirigido para diante; caracol; parafuso de Arquimedes;

**Decibel** – Unidade de medida da intensidade do som;

**Disacusia** – Estado mórbido, doentio, em que certos sons produzem mal estar, disestesia auditiva;

**Epidemiologia** – Ramo de ciência que trata das epidemias, suas causas, natureza, sintomas, resultado etc;

**Etiologia** – Conjunto dos fatores que contribuem para a ocorrência de uma doença ou estado anormal, a ciência das causas;

**Hertz** – Unidade de freqüência igual a um ciclo por segundo;

**Hipoacusia** – Diminuição da audição;

**Histopatológico** – Estudo dos tecidos doentes;

**Nasofaringe** – Parte superior da faringe, situada por detrás das fossas nasais;

**Nervo coclear** – Órgão de sensação e movimento dos animais, nervo que liga a cóclea ao cérebro ao qual transmite impressões audíveis;

**Otorréia** – Fluxo (purulento ou não) pelo canal auditivo;

**Ruído** – Subjetivamente o ruído é toda sensação auditiva desagradável. Fisicamente o ruído é todo fenómeno acústico não periódico, sem componentes harmónicos definidos (Fernandes, 2000);

**Sensação de plenitude auricular** – sensação de ouvido “tampado”;

**Surdez** – Falta ou perda absoluta ou quase completa do sentido da audição;

**Surdez neurossensorial ou sensório-neural** – “Doença que ocorre devido a uma lesão no nervo acústico, que conduz as ondas sonoras do ouvido ao cérebro. *Poluição sonora, medicamentos, infecções ou rompimento do tímpano podem causar o problema*, diz o otorrino Fernando Portinho. Não existe cura para o mal.” (Unimed, 2005);

**Tinnitus** – zumbido; ruído surdo que se sente nos ouvidos em consequência de indisposição patológica, ou por efeito de explosão ou estrondo exterior;

**10 - Anexos**

**Anexo I**

10.1. - Palestra de Orientação e Treinamento sobre uso adequado de EPIa (Empresa 1);

**Anexo II**

10.2. - Palestra de Orientação e Treinamento sobre uso adequado de EPIa (Empresa 2);

**Anexo III**

10.3. - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Pós Informado.

# Levantamento antropométrico para uso de protetor auricular auditivo tipo concha

João Candido Fernandes (UNESP) jcandido@feb.unesp.br

Ramsés da Silva Bastos (UNESP) ramsesbastos@yahoo.com.br

Fabio Alexandre Moizés (UNESP) fabiomoizes@terra.com.br

## Resumo

*Esta pesquisa tem como objetivo verificar o tamanho médio da largura da cabeça (área circum-auditiva) de potenciais usuários de Equipamentos de Proteção Individual Auditivo (EPIa) do Tipo Concha. O levantamento antropométrico foi realizado com uma amostra de 50 pessoas com idades acima de 18 anos. Os resultados mostraram que a média da largura da cabeça para homens foi de 148,9 mm e para mulheres de 136,9 mm. Os EPIas são fabricados conforme a norma americana ANSI, com base no valor de 143,5 mm.*

*Palavras-chave: Ergonomia; Proteção; Audição.*

## 1. Introdução e Justificativa

O desenvolvimento da indústria e o surgimento dos grandes centros urbanos acabou com o silêncio de boa parte do planeta. Depois da primeira grande guerra, foi que se verificou o aumento das doenças profissionais, notadamente a surdez, além do aparecimento de outras moléstias, devido ao desenvolvimento espantoso trazido pelo surto industrial (POLUIÇÃO..., 2002).

A partir de 1989, a Organização Mundial de Saúde passou a tratar o ruído como um problema de saúde pública.

O som é um agente físico resultante da vibração de moléculas do ar e que se transmite como uma onda longitudinal. É, portanto, uma forma de energia mecânica (WHO, 1980).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987) conceitua o ruído como "a mistura de tons cujas frequências diferem entre si por valor inferior à discriminação (em frequência) do ouvido".

Fisicamente, define-se ruído como "todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos" (FERNANDES, 2002).

Para Costa e Kitamura (1995) o ruído, de um modo geral, pode ser definido como um som indesejável. O receptor periférico sensível a esta forma de energia, responsável por captá-la e transformá-la em impulso elétrico nervoso, é a orelha.

Existe consenso na literatura de que o tempo de atuação em ocupações sujeitas à exposição ao ruído está associado ao aparecimento de Perda da Audição Induzida por Ruído (PAIR).

Os ruídos têm atingido altos índices de insalubridade em locais de trabalho, o que tem levado diversos países a publicar leis de proteção aos trabalhadores (FERNANDES, 1993).

Segundo Nudemann et al. (1997), a PAIR é atualmente o maior problema ocupacional do mundo. O ruído é considerado pela maioria dos franceses como um mal maior (SCIENCE..., 1998).

O senso comum sugere sempre o uso de protetores auriculares para evitar os efeitos do ruído e, muito embora este seja o método mais utilizado, não é o mais adequado, pois, para ser efetiva a proteção, deveria haver a extinção do ruído.

Fernandes (2003) afirmou que embora não seja o método mais adequado de combate ao ruído, o protetor auricular é o equipamento de proteção individual auditivo (EPIa) mais usado para



tentar prevenir a perda auditiva induzida por ruídos (PAIR). Os dois principais tipos de EPI disponíveis no mercado são os plugues e as conchas.

De acordo com Gerges (1995), existem algumas dificuldades encontradas na utilização de Equipamento de Proteção Individual Auditivo (EPIa), tais como: efeitos na comunicação verbal, higiene, interferência nos sinais de alarme, desconforto térmico etc. Outra dificuldade citada é o desconforto causado devido à força que o arco da concha aplica na cabeça do usuário.

Nudemann et al. (1997), classificaram os protetores auriculares tipo concha como sendo formados por duas conchas atenuadoras de ruídos colocadas em torno dos ouvidos e interligadas através de um arco tensor (Figura 1). Essas conchas devem <sup>a)</sup> possuir bordas revestidas de material macio para permitir um bom ajuste na região do ouvido; <sup>b)</sup> ter uma haste, que pode ficar posicionada sobre ou atrás da cabeça ou sob o queixo; <sup>c)</sup> possuir atenuação média de 20 a 40 dB, concentrada nas frequências médio-altas.

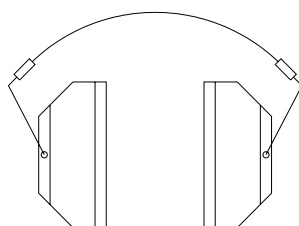


Figura 1 – Esquema de um protetor tipo concha

Esse tipo de protetor é inadequado para exposição contínua, pois o pressionamento da área circum-auditiva apresenta grande desconforto, o que torna pouco viável a utilização do protetor durante toda a jornada.

Os usuários de Equipamento de Proteção Individual queixam-se do desconforto extremo causado pela pressão que a força do arco do equipamento impõe sobre as áreas laterais do crânio.

Todas as padronizações de protetores auditivos usadas no mundo se baseiam na norma da American National Standards Institute ANSI S3.19-1984, que fixa a distância da largura do crânio em 143,5 mm. Esta distância é mostrada na Figura 2.



Figura 2 – Distância da largura do crânio

A alteração desta distância pode causar um grande desconforto ao usuário, ou a ineficiência do protetor. A Figura 3 ilustra esta situação.

O objetivo desta pesquisa é contribuir com os dados antropométricos existentes, sobre as distâncias laterais do crânio para brasileiros, e cooperar para o conforto de usuários de EPIa do tipo concha.



Figura 3 – Força de compressão do protetor

## 2. Metodologia

Esta pesquisa foi realizada dentro das instalações do Bauru Shopping, com abordagens aleatórias a transeuntes e funcionários das lojas. O Bauru Shopping localiza-se em zona nobre da cidade e possui uma área de aproximadamente 30.000m<sup>2</sup>.

A pesquisa, do tipo descritiva, de caráter indutivo, fez uma análise exploratória das amostragens, ao realizar um estudo sobre a área circum-auditiva craniana de potenciais usuários de Equipamentos de Proteção Individual.

Para sua realização, fez-se necessária a utilização de aparelho Arco Facial, da empresa Bio Art Equipamentos Odontológicos, no modelo Standard, com o objetivo de obter o registro de dados antropométricos do sujeito (mm), obtendo-se o resultado da distância circum-auditiva do sujeito. Todos os dados foram anotados em fichas. A Figura 4 apresenta o aparelho e demonstra como ele foi utilizado.



Figura 4 – Arco Facial utilizado nas medidas

A amostra de freqüentadores (40% homens e 60% mulheres), num total de 50 pessoas, foi selecionada aleatoriamente. As faixas etárias e respectivas porcentagens encontradas foram: de 19 a 29 anos, 68%; de 30 a 40 anos, 18%; de 41 a 51 anos, 8%; e acima de 52 anos, 6%. Os sujeitos foram abordados durante o trabalho ou visita ao Bauru Shopping. Este trabalho foi realizado durante o mês de agosto de 2004, em dias e horários alternados.

### 3. Resultados

O levantamento antropométrico circum-auditivo craniano demonstrou que as medidas dos homens são maiores que as das mulheres em todas as idades (Tabela 1).

Faixa etária	Amostra	Medidas	
		Homens	Mulheres
19 a 29 anos	34	140,1 mm	131,7 mm
30 a 40 anos	09	148,3 mm	136,3 mm
41 a 50 anos	04	154,5 mm	134,5 mm
Acima de 52 anos	03	152,5 mm	145,0 mm
Média	50	148,9 mm	136,9 mm

Tabela 1- Resultados do Levantamento Antropométrico

Nota-se que a distância circum-auditivas da amostra de homens foi 5,4 mm maior que o valor usado na norma ANSI S3.19-1984; para a amostra de mulheres foi 6,6 mm menor. Estes valores podem (para os homens) aumentar o desconforto do protetor pelo aumento da força proporcionada pelo arco; para as mulheres o equipamento pode se tornar ineficiente pela diminuição da força de vedação.

### 4. Conclusões

Com base nos resultados da pesquisa, pode-se afirmar que os homens da amostra apresentaram a média das medidas circum-auditivas cranianas maior que o valor fixado pela norma ANSI S3.19-1984; para as mulheres esse valor foi menor. Estes valores podem interferir no conforto de protetores auditivos do tipo concha que são projetados com base na norma americana.

### Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Norma NBR 10152**: Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da humanidade, 1987.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE - **ANSI S3.19** - Método para medida de real proteção do ouvido de protetores auditivos e atenuação física de protetores do tipo concha, 1984.

COSTA, E. A.; KITAMURA, S. **Patologia do trabalho segundo aparelho ou sistema: órgãos dos sentidos**. In: MENDES, R. (Org). **Patologia do trabalho**. Rio de Janeiro, Atheneu, 1995.

FERNANDES, J. C. Conforto Acústico e Comportamento. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA. 1993. Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 1993. p. 74-84.

\_\_\_\_\_. Influência dos Protetores na Inteligibilidade da Voz. 2000. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2000.

\_\_\_\_\_. Avaliação do reconhecimento da fala em usuários de protetores auditivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003. Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2003. p. 153-154.

GERGES, S. N. Y. **Exposição ocupacional ao ruído: avaliação, prevenção e controle**. Genebra: OMS, 1995.

NUDEMAN, A. A.; COSTA A. E.; SELIGMAN, J.; IBANEZ, N. R. **PAIR** – Perda auditiva induzida por ruído, Porto Alegre: [s.n.], 1997.

POLUIÇÃO SONORA. Disponível em <http://www.poluicao sonora.com.br.htm>, Acesso em 20/11/2002.

SCIENCE E VIE, n.974, p. 89, nov. 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noise Environmental**, Geneva: Health Criteria 12, 1980.

## Reconhecimento da perda de eficácia de protetor intra-auricular

João Candido Fernandes (UNESP) jcandido@feb.unesp.br

Ramsés da Silva Bastos (UNESP) ramsesbastos@yahoo.com.br

Rafael Moura de Melo (UNESP) rafaelmdm@yahoo.com.br

### Resumo

*Dentre os agentes nocivos à saúde, o ruído é um dos mais presentes nos ambientes urbanos e sociais, especialmente nos locais de trabalho e nas atividades de lazer. Existem medidas eficazes para o controle do ruído e o Equipamento de Proteção Individual Auditivo (EPIa) é o mais utilizado na prevenção da Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), que, uma vez instalada, é irreversível. O objetivo principal desse estudo foi verificar se há perda de eficácia do EPIa, intra-auricular, de espuma e da marca 3M, modelo 1110, diante ao tempo de uso. Apurou-se que os equipamentos sofrem alteração de eficácia conforme o tempo de uso e que o desgaste do material evidencia a perda de confiabilidade na segurança do uso, especialmente em frequências audíveis de até 100Hz e, a partir de 16 dias, para pressão sonora sofrida em 101dB, a 20Hz. Para pressão sonora sofrida a partir de 107dB, a 20Hz, a perda de confiança para o uso, em especial em frequências audíveis até 100Hz, foi de 8 dias. Os EPIas não perdem eficácia de atenuação importantes com o uso diário em frequências a partir de 1KHz até 20KHz. Concluiu-se que há perda de eficácia, conforme o uso diário e freqüente do EPIa estudado.*

*Palavras chave: Ruído; Protetores Auriculares; Durabilidade.*

### 1. Introdução

De acordo com os parâmetros da Física, define-se ruído como “todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos” (FERNANDES, 2000). Para Costa e Kitamura (1995), o ruído, de um modo geral, pode ser definido como um som indesejável.

Nas últimas décadas, os ruídos transformaram-se em uma das formas de poluição que afeta a maior quantidade de pessoas. A partir de 1989, a Organização Mundial de Saúde (OMS) já passou a tratá-lo como problema de saúde pública. A poluição sonora determinou um aumento de risco para ocorrência de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) e, entre outros problemas de saúde, está causando um problema ocupacional a muitas pessoas.

Entende-se por PAIR as alterações dos limiares auditivos do tipo neurosensorial (surdez neurosensorial), decorrentes da exposição ocupacional sistemática em níveis de pressão sonora elevados. Esta tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao risco. A sua história natural mostra, inicialmente, o acometimento dos limiares auditivos em uma ou mais frequências da faixa de 3.000 a 6.000 Hz. As demais frequências poderão levar mais tempo para serem afetadas. Uma vez cessada a exposição, não haverá progressão da redução auditiva (BRASIL, 1998).

Em locais de trabalho (escritórios e indústrias), o ruído tem atingido índices insalubres, levando os países a publicarem leis de proteção aos trabalhadores (FERNANDES, 1993).

Há importância em executar audiometrias ocupacionais nos trabalhadores de metalúrgica, para a prevenção e controle da PAIR e a real necessidade de avaliação das frequências de 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 e 8000 hertz, segundo a publicação supra citada.

A portaria 3214 de 08/06/1978, do Ministério do Trabalho (BRASIL, 1978), por intermédio da Norma Regulamentadora nº 7, estabeleceu a obrigatoriedade dos exames audiométricos admissionais, periódicos e demissionais sempre que o ambiente de trabalho apresentar níveis de pressão sonora superiores a 85 dB(A), em 8 horas de exposição. Em sua Norma Regulamentadora nº 15, definiu também os critérios ambientais que caracterizam o trabalho considerado insalubre por exposição ao ruído, estabelecendo os limites de exposição e diferenciando ruídos contínuos e impulsivos.

Kitamura (1991) corroborou estudos de Astete (1980) e explicou que, dentre as características do agente importantes para o aparecimento de doença auditiva, destacaram-se: a intensidade, relacionado com o nível de pressão sonora; o tipo de ruído, definido como contínuo, intermitente ou de impacto; a duração, relacionada ao tempo de exposição a cada tipo de agente; e a qualidade, que diz respeito à frequência dos sons que compõem os ruídos em determinada análise.

Para Araújo (2002) a medição dos níveis de ruído nos postos de trabalho é importante para o redimensionamento da carga horária de trabalho em metalúrgica, assim como para a orientação do tipo de protetor auricular que deve ser utilizado.

O aumento do risco para ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído nos trabalhadores de metalúrgica é importante e ocorre principalmente quando não é realizado o uso regular e correto de protetores auriculares, sendo necessário realizar campanhas de esclarecimento e motivação para o seu uso (ARAÚJO 2002).

Fernandes (2003) afirmou que, embora não seja o método mais adequado de combate ao ruído, o protetor auricular é o Equipamento de Proteção Individual auditivo (EPIa) mais usado para tentar prevenir a PAIR. Segundo o autor os dois principais tipos de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) disponíveis no mercado são os plugues e as conchas.

Nudemann et al. (1997), citado por Vieira (2003), classificaram os protetores extra-auriculares tipo concha, esclarecendo que são formados por duas conchas atenuadoras de ruído colocadas em torno dos ouvidos e interligadas por meio de um arco tensor. Também descreveram os protetores intra-auriculares ou de inserção ou tampões, como os protetores colocados no interior do canal externo do ouvido, estabelecendo que devem ser fabricados com material elástico, não tóxico e, se pré-moldados, em vários tamanhos, com superfície lisa, sem reentrâncias, permitindo a limpeza com água e sabão neutro.

De acordo com Gerges (1995), existem algumas dificuldades na utilização de Equipamentos de Proteção Individuais auditivos (EPIAs), tais como: efeitos na comunicação verbal, higiene, sinais de alarme, desconforto térmico etc. Segundo o autor, o período de utilidade de um protetor auditivo é uma pergunta que está sendo colocada de forma intensa nos últimos anos por responsáveis por programas de conservação de audição, usuários e até advogados e juízes, sem haver uma resposta convincente.

De acordo com alguns autores, existem algumas divergências entre a atenuação de ruídos e performance dos protetores auditivos encontrados em laboratório e no campo. Os fabricantes não conseguem aperfeiçoar o projeto de seus protetores, visto que não há instalações para quantificar as atenuações de ruído, mediante ensaios normatizados (GERGES, 1992).

A eficácia da atenuação dos protetores tem se mostrado como um problema importante, pois supõem a perda de qualidade, devido ao desgaste do equipamento, face à utilização diária, que expõe o material ao calor, sujeiras oriundas do ambiente de trabalho e lavagem diuturna.

O parâmetro de tempo de uso funcional, tendo em vista o envelhecimento do EPIa, se mostra importante na geração de projetos vindouros para que a integridade física humana esteja sempre protegida.

Esta pesquisa objetivou verificar quantitativamente a queda de eficácia do Equipamento de Proteção Individual auditivo, mais precisamente, Protetores Auditivos Intra-Auriculares (do

tipo plugue), 3M, modelo 1110 de espuma, analisando o comportamento desses EIAs em função do tempo de uso, em dias.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Equipamentos

Foi confeccionado e utilizado um equipamento para produção de ruídos no laboratório de ruídos e vibrações da UNESP de Bauru.

No equipamento havia um computador, provido de uma placa de som, responsável pelo envio de sinais sonoros, e um programa específico de envio e recepção de sinais sonoros (Loudspeaker Measurement System / LMS - V.3.54).

Este programa tem a capacidade de, mediante dados adicionados a ele pelo usuário, enviar sinais na forma de varredura de sons audíveis e, graficamente, informar as medições captadas, após receber os sinais amplificados.

Foi utilizado um amplificador da marca Ciclotron e uma caixa de som com um Woofer High Fidelity, da marca Novik 12", série wnx (responsável pelas frequências de sons graves); um Mid Range High Fidelity, da marca Novik 5", série Nm (frequências médias) e um Tweeter High Fidelity, da marca Selenium, série T-600 (frequências de sons agudos), com uma caixa acústica que era acoplada a ela. Dessa forma, assegurou-se que todas as frequências audíveis seriam verificadas para uma pós-avaliação.

O amplificador serviu para receber os sinais enviados pelo computador, por meio do programa LMS-3.54, e amplificá-lo para a caixa de som. Na caixa acústica acoplada à caixa de som, efetuou-se uma abertura, simuladora ao conduto auditivo humano, na qual adaptou-se um microfone sensível, responsável pela captação das informações sonoras, que retornavam ao computador para análise de frequências em decibéis (Figura 1).



Figura 1 – Microfone acoplado ao conduto auditivo simulador humano

Utilizando um cilindro uniforme de plástico, obteve-se uma secção transversal interna de 7,5 mm de diâmetro e com 25 mm de comprimento, o canal simulador do canal do homem, confeccionado de acordo com a pesquisa realizada por Couto (2000), em estudos da distribuição da pressão sonora no meato acústico externo (Figuras 2 e 3).



Figura 2 – Canal auditivo simulador (visão interna)

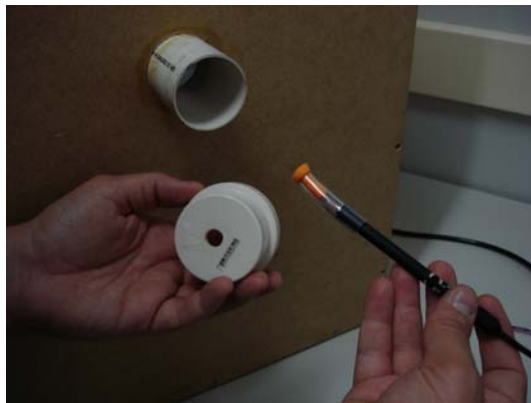


Figura 3 – Canal auditivo simulador (visão externa com EPIa introduzido )

## 2.2 Ambiente do teste

Os equipamentos foram dispostos dentro do Laboratório de Ruídos e Vibrações da Unesp com o objetivo de facilitar os testes durante as jornadas de trabalho. Foi medido o desempenho de cada EPIa, para serem avaliados após essa fase (Figura 4).



Figura 4 – Disposição dos equipamentos utilizados no Laboratório de Acústicas e vibrações da Unesp de Bauru.



### 2.3 Amostra

Para obter a amostra, solicitou-se que trabalhadores de duas empresas, expostos a ruídos sonoros durante jornada de trabalho, utilizassem durante um período determinado protetores novos.

Para tal, após aproximação do pesquisador às empresas, foram realizadas palestras direcionadas aos trabalhadores submetidos aos ruídos diários, nos períodos da manhã e tarde, simultaneamente, discorrendo-se sobre os problemas causados pelo ruído, a importância e benefício dos EIAs e demonstração do modo correto de seu uso, guarda, conservação e limpeza. Nessa oportunidade, os trabalhadores também tomaram conhecimento da pesquisa e foram convidados a participar.

Durante estas palestras, também foram distribuídos EIAs intra-auriculares de espuma novos, da marca 3M, modelo 1110, para todos os trabalhadores usuários de EPIa. Os equipamentos de proteção foram identificados individualmente, com data e nome, recebendo assim personalização para o uso. Os participantes receberam orientações e treinamentos sobre como usar corretamente o EPI.

O pesquisador ainda freqüentou as empresas diuturnamente, com a intenção de checar o uso, limpeza, guarda e conservação dos EIAs durante todo o período pré-estabelecido pelo cronograma da pesquisa.

Foi recolhido um aparelho protetor por dia útil de trabalho em cada empresa (somando-se a quantia de 60 pares de EIAs), obtendo-se, então, aparelhos que tinham desde um dia de uso até trinta dias de uso, até que todos retornassem ao pesquisador para que fossem avaliados no laboratório.

A deterioração do EPIa acontece pela soma de alguns fatores, tais como uso diário, contato físico do aparelho com o suor do usuário, cerume, poeira, graxa e todo os tipos de restos de materiais a que são expostos. Por isso os usuários são orientados a lavar o EPIa todos os dias, e este contato com qualquer tipo de sabão, sabonete, detergente ou outro abrasivo de limpeza durante a lavagem também contribui para o desgaste do protetor.

Na Figura 5 apresenta-se os EIAs, da marca 3M.



Figura 5-Equipamento de Proteção Individual Intra-Auricular da 3M.

### 2.4 Método

Por meio do programa de computador LMS-3.54 (Loudspeaker Measurement System/Versão 3.54), um sinal era enviado até um amplificador e deste para uma caixa de som, que estava acoplada a uma caixa provida de uma saída, que simulava o conduto auditivo humano. Um microfone sensível foi acoplado ao “conduto”, que recebia o som e enviava a uma placa de som do computador.

Com base nesse ciclo, foi possível constatar, primeiramente, as freqüências enviadas pelo

programa do computador e, numa segunda etapa, os valores de atenuação do ruído de cada protetor medido. Para fazer essa medida, o protetor auditivo foi encaixado na abertura equivalente ao conduto auditivo humano e, em seguida, testado mediante a emissão de sons com 20 pontos de varredura, enviados pelo computador, nas frequências entre 20.000Hz e 20Hz, que é a faixa audível do ouvido humano, segundo Santos (2005). Os equipamentos utilizados na pesquisa ficaram dispostos conforme a Figura 6.



Figura 6 – Envio e recepção de sinal sonoro passando por todo o ciclo do teste.

O microfone sensível, pré-instalado depois do EPIa, que funcionou como uma “barreira” de som ligado a um computador, captou os níveis de ruídos interferidos pelo protetor auditivo tipo plugue da 3M, e disponibilizou os dados para o pesquisador, por meio do programa específico (Figura 7).



Figura 7 – Detalhe do EPIa instalado dentro do canal auditivo simulador e acoplado ao microfone.

### 3. Resultados e Discussão

O comportamento das curvas oriundas dos testes feitos com os EPIas (duas amostras, com dois testes cada uma) serão demonstradas por meio dos gráficos desenvolvidos pelo programa LMS-3.54, nos quais foram lançados os valores colhidos dos EPIas novos e usados pelos sujeitos da pesquisa. Também foi feita uma correlação entre eficácia de EPIas de equipamentos novos e usados, analisados quanto ao tempo de uso.

A variação crescente de valores está determinada no eixo vertical do lado esquerdo (decibels) e os valores indicados no eixo horizontal inferior referem-se a frequências dadas em Hertz, que variaram sempre entre 20Hz e 20KHz.

#### Amostra 1

No primeiro teste da primeira amostra evidenciou-se que o protetor novo reagiu muito bem ao receber a pressão sonora de 101dB a 20 Hz, com picos aproximados de 120dB em 600Hz e 2KHz. Continuou a portar-se bem ao atingir 90dB, no fim da curva que foi determinada em 20KHz.

O equipamento novo atenuou em 40dB no início do teste (frequência de 20Hz) e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

Até os seis primeiros dias de uso, os protetores mostraram-se confiáveis. Ao atingir o oitavo dia de utilização o EPIa não suportou a pressão que estivesse entre 35Hz e 95Hz, sendo ultrapassada a barreira dos 86dB, pré-determinada pelo Ministério do Trabalho do Brasil. Porém, não evidenciou uma característica importante de queda de eficácia, pois atingiu apenas 87dB e 88dB, tendo ficado resguardado em todas as outras faixas de frequências do teste.

Os EPIas com uso de 10, 12 e 14 dias, mantiveram níveis abaixo de 86dB. Os EPIas de 16 a 27 dias de uso perderam eficácia na faixa de até 100Hz, atingindo níveis além das normas de segurança, asseguradas pelo Ministério do Trabalho do Brasil.

As curvas de 10, 12, 14, 16 e 18 dias de uso podem ser observadas na Figura 8.

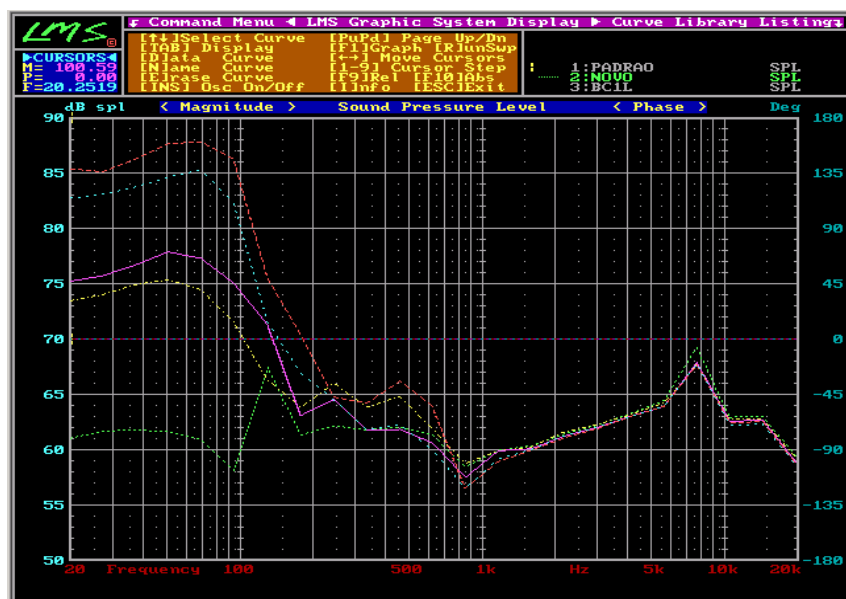


Figura 8- Curvas com EPIas de 10( verde), 12(azul), 14(amarelo), 16(rosa) e 18(vermelho) dias de uso

Observou-se também que, para as frequências acima de 1Khz, os EPIas entre 1 e 27 dias de

uso mantiveram os patamares do EPIa novo e que a eficácia sofreu uma perda de atenuação conforme os dias de uso se passaram com mais evidencia em frequências de até 100Hz.

Os EPIas com uso de 28, 29 e 30 dias evidenciaram problemas nas faixas entre 20Hz e 130Hz aproximadamente, onde atingiram índices acima de 86dB.

Faixas de frequência entre 130Hz e 1KHz, para aparelhos com 28, 29 e 30 dias de uso, não perderam eficácia conforme o tempo e uso, e mantiveram resguardados os limites esperados de segurança (abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho).

No segundo teste da primeira amostra foi utilizada uma pressão sonora inferior, se comparada à pressão sonora do primeiro teste dessa amostra, com aproximadamente 92dB à frequência de 20Hz e com um pico de 102dB, numa frequência aproximada de 2KHz, até atingir 88dB na frequência de 20KHz.

O equipamento novo atenuou em 32dB no início do teste à frequência de 20Hz e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

O EPIa novo agiu com segurança ao receber a pressão sonora do teste e se manteve a uma variação de frequências entre 56Hz e 68Hz.

Observou-se nas curvas dos EPIas da amostra com 8, 16, 24 e 30 dias de uso que as frequências entre 20Hz e 130Hz perderam simultaneamente eficácia, porém não atingiram 86dB. Não foi constatado perda de eficácia destes EPIas entre frequências que variaram de 130Hz até 20KHz.

EPIas em Dias	Atenuação em dB x Frequência (Hz)			
	20Hz	100Hz	1KHz	4KHz
Novo	32	38	38	25
8	16	27	38	25
16	15	26	38	25
24	14	24	38	25
30	13	23	38	25

*Tabela 1 – Quantificação de atenuação, em decibels, nas frequências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIas obtidos na amostra 1 (teste 2)*

## Amostra 2

Iniciou-se o primeiro teste da segunda amostra com um nível de pressão sonora superior ao primeiro teste da primeira amostra. Com 107dB a 20 Hz, com picos aproximados de 124dB em 600Hz e 2KHz, a curva atingiu 105dB a 20KHz. O equipamento novo atenuou em 43dB, no início do teste à frequência de 20Hz, e portou-se dentro das normas de segurança, abaixo dos 86dB, até terminar todas as frequências propostas no teste.

Foi observado que o EPIa novo iniciou a curva em 64dB, com pico de 74dB a 130Hz, e terminou o ciclo do teste em 58dB, determinando assim uma barreira de som viável.

Notou-se que os EPIas de 2, 4 e 6 dias de uso se mantiveram viáveis para o uso, não atingindo os 86dB que o Ministério da Saúde preconiza.

Os EPIas de 8, 10, 12, 14, 16 e 18 dias de uso perderam eficácia nas faixas de até 100Hz, atingindo níveis além das normas de segurança fixadas pelo Ministério do Trabalho do Brasil, e ultrapassaram o limite de 86dB.

Observou-se, também, que para as frequências acima de 1Khz todos os aparelhos mantiveram os patamares do EPIa novo e que a eficácia sofreu uma perda de atenuação conforme os dias de uso se passaram, com mais evidencia em frequências de até 100Hz.



Figura 9 – Curvas com EPIa novo(verde) e EPIas com 2(amarelo), 4(rosa), 6(vermelho) e 8(azul) dias de uso.

Os EPIas com 19, 21, 23, 25, 27, 28, 29 e 30 dias de uso mantiveram pressão sonora acima de 86dB, em faixas de frequência entre 20Hz e 110Hz aproximadamente.

Faixas de frequência entre 110Hz e 1KHz perderam eficácia conforme o tempo e uso, porém sempre mantiveram resguardados os limites esperados de segurança, sendo estes abaixo de 86dB para 8 horas contínuas de trabalho.

Os EPIas nas faixas entre 1KHz e 20KHz não perderam eficácia alguma (para todos os EPIas do teste) e comportaram-se como uma curva de EPIa novo.

O segundo teste da segunda amostra teve início tomando como padrão uma curva com aproximadamente 125dB de pressão sonora à frequência de 20Hz, mantendo esses valores de decibéis aproximados até a frequência de 2KHz, e com redução de pressão até atingir 101dB na frequência de 20KHz, valores estes muito superiores aos testes realizados anteriormente nesta pesquisa.

O equipamento novo atenuou em 32dB no início do teste à frequência de 20Hz e, abaixo dos 86dB, não se portou dentro das normas de segurança,.

O EPIa novo, ao receber essas pressões, se manteve entre 93dB e 98dB a uma variação de frequência entre 20Hz e 100Hz. Oscilou demasiadamente entre 100Hz e 1KHz atingindo picos de 120dB e 110dB e caiu abaixo de 86dB entre 1KHz e 20KHz.

Observou-se nas curvas dos EPIas da amostra com 8, 16, 24 e 30 dias de uso, que as frequências entre 20Hz e 500Hz mantiveram-se acima do padrão permitido e as frequências entre 20Hz e 100Hz estiveram constantemente acima de 111dB. As frequências entre 1KHz e 20KHz estiveram sempre dentro dos padrões permitidos pela norma (Tabela 2).

#### 4. Conclusões

É possível afirmar que: <sup>a)</sup> há perda de eficiência do EPIa em função do tempo de utilização em dias, portanto, o tempo de sua utilização em campo dependerá do nível de ruído existente no local; <sup>b)</sup> os EPIas não perdem eficiência com o uso diário em frequências a partir de 1KHz até 20KHz.

EPIas em Dias	Atenuação em dB x Frequência (Hz)			
	20Hz	100Hz	1KHz	4KHz
Novo	32	28	56	51
8	14	18	59	51
16	14	20	56	51
24	11	17	59	51
30	10	17	57	51

Tabela 2 – Quantificação de atenuação, em decibels, nas frequências de 20Hz, 100Hz, 1KHz e 4KHz dos EPIas obtidos na amostra 2 (teste 2).

### Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, S. A. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. **Rev. Bras. Otorrinolaringol**, v. 68, n. 1, p. 47-52, maio 2002.
- BRASIL. Ministério do Trabalho, Portaria nº. 3214, 1978.
- \_\_\_\_\_. Norma Regulamentadora 15. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. **Segurança e Medicina do Trabalho**, São Paulo: Atlas, v.16, p.123-34, 1998.
- COSTA, E. A. E.; KITAMURA, S. Patologia do trabalho segundo aparelho ou sistema: órgãos dos sentidos. In: MENDES, R. (Org.). **Patologia do trabalho**. Rio de Janeiro; Atheneu, 1995.
- FERNANDES, J. C. Conforto Acústico e Comportamento. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA. 1993. Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 1993. p. 74-84.
- \_\_\_\_\_. **Influência dos Protetores na Inteligibilidade da Voz**. 2000. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2000.
- \_\_\_\_\_. Avaliação do reconhecimento da fala em usuários de protetores auditivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003. Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2003. p. 153-154.
- GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis, 1992.
- \_\_\_\_\_. Fontes de ruído. In: \_\_\_\_\_. **Exposição Ocupacional ao Ruído: avaliação, prevenção e controle**. Genebra: OMS, 1995.
- KITAMURA, S. Perdas auditivas de origem ocupacional: considerações acerca da NR-7. **Ltr. Sup. Trab**, v.27, p. 114-711, 1991.
- NUDEMAN, A. A.; COSTA A. E.; SELIGMAN, J.; IBANEZ, N. R. **PAIR** – Perda auditiva induzida pelo ruído. Porto Alegre: [s.n.], 1997.
- SANTOS, N. **Condições ambientais de trabalho**. Ergonomia e Segurança Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/ergon/disciplinas/EPS5225/aula6.htm>> Acesso em 02/08/2005.
- SANTOS, U. P. *et al.* **Ruído: riscos e prevenção**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1996.
- VIEIRA, K. G. **Perda da força sofrida pelo arco do equipamento de proteção individual auricular tipo concha de acordo com o tempo de utilização**. 2003. 73p. Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2003.
- WHO. World Health Organization. **Noise Environmental**. Health Criteria 12. Geneva, 1980.