

Capítulo 1 – Introdução

A partir da revolução industrial, os níveis de ruído têm aumentado continuamente, a ponto de que a exposição a níveis elevados tem se constituído num sério risco a danos auditivos.

Acrescente-se que, além das causas industriais – ruídos originários das máquinas e processos, níveis elevados ocorrem também nos meios militares (motores a jato nos aviões, motores a combustão nos equipamentos de transporte e tanques, e na artilharia) e, a partir da segunda metade do século passado, nos espetáculos musicais (principalmente concertos de *rock*), danceterias, trios elétricos, etc.

Os meios de transporte têm, igualmente, contribuído para o aumento da exposição a ruídos elevados, principalmente no caso de ônibus velhos com motores dianteiros mal regulados e protegidos, e motocicletas esportivas (o autor detectou, em ônibus urbanos de Porto Alegre, níveis médios de até 87 dBA, junto ao motorista). Estudo desenvolvido por Kwitko, A. com o autor deste trabalho (Kwitko, A. *et al*, 1999), indicou um nível médio de ruído de 85 dBA/s, junto aos motoristas de ônibus urbano, na cidade de Canoas / RS. Nos metrô, os passageiros ficam expostos a níveis variáveis acima de 80 dB(A), com ruídos ocasionais acima de 110 dB(A), nas freadas (Dobie, R., 1993).

Como idéia de grandeza da exposição, e levando-se em conta que danos auditivos já podem ocorrer a partir de uma exposição a 80 dBA (após anos de exposição), em discotecas podem ser atingidos níveis de ruído (níveis de pressão sonora) de até 130 dB(A) (Miranda e Dias, 1998). Estudo realizado em Salvador, Bahia, em 1997 pelos últimos autores citados, em trabalhadores que atuam em trios elétricos (músicos, contra-regras, operadores de som, etc.), mostrou que 40,6 % do total estudado apresentava perdas auditivas. Os níveis de ruído alcançados nos veículos dos trios elétricos variaram, segundo o estudo, de 104 dB(A) a 114 dB(A), com um valor médio de 109,4 dB(A). Este autor, em trabalho realizado para o jornal Zero Hora, de Porto Alegre, detectou um ruído médio, durante uma parte de um espetáculo de *rock* realizado no dia 5 de abril de 2001, na última fila do auditório Araújo Viana, de 108,3 dB(A), com um valor máximo de 118,6 dB(A).

O ruído também tem invadido as residências, principalmente pelo crescente uso de equipamentos elétricos ruidosos, como liquidificadores, batedeiras, rádios e televisões. No âmbito individual, o uso de rádios e equipamentos de reprodução portáteis de som (tocafitas e CDs) têm também levado a um aumento dos níveis de exposição sonora.

A prática de tiro também pode levar a perdas auditivas, principalmente quando praticada durante caçadas ou em clubes amadores, onde não é difundido o uso de equipamentos de proteção auditiva. Este autor detectou ruídos impulsivos superiores a 140 dB dentro da concha de um protetor auricular, em testes de tiro em estandes de teste, com pistolas Magnum 44, sendo 140 dB o limite máximo permitido para ruídos impulsivos.

O problema é bastante extenso, estimando-se que, só nos Estados Unidos, haja uma população de cerca de oito milhões de trabalhadores civis expostos a níveis potencialmente danosos de ruído (Hamernik e Davis, 1988). Esse número é uma estimativa grosseira e evidentemente difícil de ser adequadamente quantificado. A NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, 1998), dos Estados Unidos, estimou uma população de 5 milhões de trabalhadores expostos, enquanto que Simpson e Bruce (1981) estimaram que o número de trabalhadores expostos a níveis equivalentes (L_{eq}) acima de 85 dB(A), por oito horas, era da ordem de 9 milhões, sendo a maior quantidade (5,1 milhões) na indústria de manufatura e utilidades.

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 1995) estima que na comunidade européia, 40% da população está exposta a ruídos proveniente dos meios de transporte, com um nível equivalente contínuo L_{eq} em dB(A)/s excedendo a 55 dB durante o dia, e 20% excedendo 65 dB, níveis esses incômodos a muitas pessoas.

No Brasil, pesquisa informal realizada junto ao INSS (Instituto Nacional de Seguridade Social) mostrou que o governo não dispõe de estatísticas oficiais relativas ao número de trabalhadores expostos ao ruído. Este órgão governamental tentou consolidar seus dados sobre doenças ocupacionais, em 1999, e observou que em cerca de 60% das informações prestadas nas CAT (Comunicação de Acidente de Trabalho), as doenças relatadas não correspondiam aos CIDs (Cadastro Internacional de Doenças) indicados. Deste modo, os dados foram considerados não confiáveis.

É importante de se salientar, porém, de que a PAIRO (Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído Ocupacional) tem sido reconhecida como uma das principais doenças ocupacionais, com uma crescente preocupação, por parte das empresas e pelos empregados, no controle desse agente insalubre.

Objetivo do trabalho

Esta dissertação tem por objetivo uma análise mais apurada de diferentes tipos de protetores auriculares tipo concha, na indústria. Como o uso de algum tipo de protetor é quase universal nas indústrias onde ocorrem ruídos elevados (em geral acima de 80 dB(A)), e em muitas delas há a preferência pelo protetor tipo concha (por ter o seu uso mais facilmente controlável), torna-se importante, não só expor modelos de análises de conforto, mas também realizar um estudo mais profundo de diferentes tipos de protetores de concha. Principalmente em ambientes ruidosos, com predominância de baixas frequências.

Objetivos específicos

- a. testar o uso de um medidor biofisiológico (cortisol urinário) como avaliador de conforto de protetores auriculares, aí incluindo-se o grau de atenuação dos mesmos;
- b. analisar o uso de questionários para a determinação do conforto de protetores auriculares e, conseqüentemente, como fator de escolha dos protetores, nas empresas;
- c. estudar o uso de protetores ativos em ambientes com ruídos predominantes nas baixas frequências;
- d. Estudar o uso de dosímetros de ruído como método de determinação dos níveis de atenuação de protetores auriculares do tipo concha, inclusive os ativos.

Hipóteses

Em função dos objetivos do trabalho, foram elaboradas as hipóteses adiante, em função dos objetivos específicos, da revisão bibliográfica e da experiência do autor, no campo da proteção auditiva.

Hipótese 1: O uso de protetor ativo é um avanço em termos de proteção acústica, representando um melhor meio de proteção, comparativamente aos protetores passivos, em ambientes com ruídos em baixa frequência (inferiores a 1000 Hz).

Hipótese 2: O uso de um medidor biofisiológico (cortisol na urina) é um meio relativamente simples e barato para complementar a escolha de um protetor adequado.

Hipótese 3: O uso de questionários de avaliação de conforto é um meio adequado e eventualmente necessário para a escolha dos protetores auriculares a serem utilizados por funcionários expostos a ruído.

Hipótese 4: O uso de dosímetros de ruído é um meio adequado, preciso e simples para a determinação da atenuação efetiva fornecida por protetores auriculares do tipo concha.

Essas hipóteses foram testadas a partir de levantamentos de campo, explicadas no capítulo 3, com a realização de experimentações dos protetores auriculares definidos. Foi escolhida uma empresa fabricante de papelão ondulado, situada no estado do Rio Grande do Sul, onde ocorre, numa das linhas de produção, ruídos de elevado Nível de Pressão Sonora (NPS) e com predominância de frequências abaixo de 1000 Hz.

O tema e sua importância

Apesar da modernização dos equipamentos os quais, dentre outras características, são menos ruidosos (por exemplo – centros de usinagem enclausurados), o método mais comum de redução da exposição aos ruídos é o uso de protetores auriculares, meio relativamente eficaz na redução da exposição ao ruído e, principalmente, econômico, custando poucos reais por funcionário/ano.

Conquanto não se advogue o uso do protetor como meio de redução da exposição a níveis elevados de ruído, não se pode deixar de considerar a necessidade do seu uso já que, mesmo com trabalhos adequados de engenharia, visando a redução dos níveis de ruído, sempre ocorrerão níveis ainda elevados que necessitam de uma proteção adicional, ou ocasiões que o uso de P. A. (Protetores Auriculares) se torne necessário, como na manutenção de máquinas em operação.

O uso de Protetores Auriculares é a principal ação utilizada nas empresas, para a redução da exposição ao ruído. Mesmo considerando-se situações onde são realizados trabalhos de engenharia e/ou administrativos visando a obtenção de menores exposições ao ruído, o uso de protetores é, na grande maioria dos casos, ainda essencial (e mesmo obrigatório).

No Brasil, de modo geral, os protetores têm sido escolhidos a partir de uma combinação de fatores como preço, atenuação oferecida pelos mesmos e conforto. Conquanto todos esses fatores são fundamentais na escolha dos mesmos, eles têm sido empregados de uma forma empírica, sem uma análise mais completa.

O conforto, por exemplo, tem sido levado em conta na escolha, em diversas empresas, porém a partir de algumas experimentações em alguns poucos indivíduos, com avaliações sem aprofundamento das reais correlações entre conforto e fatores responsáveis pelo mesmo, e sem qualquer quantificação dos resultados.

Em termos de atenuação, além de, em muitos casos, se procurar o maior valor possível ou disponível no mercado, deve ser lembrado que, em geral, o seu valor é obtido em laboratório, com os testes sendo realizados por usuários bem treinados e com os protetores sendo colocados por técnicos especializados, com o objetivo de se alcançar o máximo possível de atenuação. Desse modo, esses testes resultam sempre numa sobre avaliação da atenuação, dificilmente obtida na prática (esse erro é reduzido no caso de serem utilizados valores de atenuação obtidos por técnicas mais próximas ao “mundo real”). Valores excessivos de atenuação, por outro lado, podem provocar dificuldades nas comunicações verbais e na escuta de alarmes ou outros sinais sonoros importantes.

Em relação aos protetores com circuitos eletrônicos (ativos e outros tipos), pouco se tem divulgado sobre eles, no Brasil.

Quando o protetor é escolhido numa empresa sem qualquer assessoria técnica, a escolha é, em geral, baseada no binômio preço-conforto (aceitação pelo usuário). Quando a escolha é feita com algum critério técnico, ela é feita também com a utilização do grau de atenuação oferecido pelo protetor, e pelo Nível de Pressão Sonora (NPS) ou ruído ambiente.

As escolhas com critérios técnicos têm, freqüentemente, ocasionado erros, muitas vezes grosseiros, devido ao desconhecimento dos inúmeros problemas que envolvem esse assunto. Assim, são utilizados valores de atenuação indicados pelos fabricantes dos protetores, mas que não representam absolutamente os valores reais encontrados no “chão de fábrica” ou no dito “mundo real”, valores esses que podem ser de apenas 30% dos valores de etiqueta, no caso de protetores de inserção (NIOSH, 1998), os NPS (ruído) são mal determinados, pois na grande parte são resultados de medições pontuais realizadas com sonômetros e sem uma análise mais completa, por bandas de freqüência, e o grau de conforto é determinado de forma empírica, sem uma análise mais cuidadosa. Esses erros podem resultar em perdas auditivas, principalmente em locais com níveis de ruído acima de 95 dB(A), ou mesmo abaixo desse nível, porém com predominância de ruídos em baixas freqüências.

Esta dissertação, além de ressaltar alguns problemas ligados à surdez ocupacional, analisa a utilização de três diferentes modelos de protetores auditivos tipo concha (sendo um não convencional), apresenta um método tradicional de avaliação do conforto, através de questionários, e estuda o uso de um método objetivo para aquela avaliação, com o uso de um indicador biofisiológico – cortisol na urina, que tem sido descrito como um adequado indicador de estresse, inclusive daquele decorrente da exposição a níveis elevados de ruído (assim, o estresse foi utilizado como um medidor indireto do conforto).

Além da avaliação do conforto, foram avaliados igualmente os níveis de atenuação dos protetores testados, e eventuais correlações com o conforto e o estresse.

Foram avaliados três tipos de protetores de concha, um modelo convencional de baixo preço, um protetor com atenuação elevada e uniforme em todas as frequências, e um protetor ativo, que opera emitindo um ruído de cancelamento, o que pode ser especialmente eficiente em locais com ruídos de baixa frequência.

Nos itens seguintes deste capítulo apresenta-se o tema e a sua importância, os objetivos e as hipóteses, o escopo e a delimitação da pesquisa, a justificativa e o método de desenvolvimento do trabalho. E, no final, refere-se aos capítulos que serão abordados na sequência.

Justificativa

No Brasil, o uso de protetores auriculares é utilizado em praticamente todas as indústrias bem organizadas. Além da gradativa melhora da conscientização dos empresários e trabalhadores, a fiscalização do Ministério do Trabalho e Emprego, através das suas Delegacias Regionais do Trabalho e Emprego (DRTE) e as demandas trabalhistas reivindicatórias, em busca do adicional de insalubridade por ruído, tem feito com que o uso de protetores auriculares seja largamente empregado.

Com grande frequência, as empresas buscam o cumprimento da obrigatoriedade da adoção de medidas para a eliminação ou neutralização da insalubridade (por exposição a níveis elevados de ruído, no caso), com a utilização extensiva de protetores auriculares, satisfazendo, assim, o disposto na Norma Regulamentadora NR-15, do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que estabelece, em seu item 15.4.1:

A eliminação ou neutralização da insalubridade deverá ocorrer:

- a) com a adoção de medida de ordem geral que conserve o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância;*
- b) com a utilização de equipamento de proteção individual.*

As empresas fornecem aos seus funcionários, com grande frequência, um protetor barato e que seja aceito por eles. Nas empresas com mais de cem funcionários, e com risco relativamente elevado, como metalúrgicas e fábricas de artefatos em geral, onde ocorre a obrigatoriedade da contratação de um Técnico de Segurança no Trabalho, há algum tipo de

estudo sobre protetores auriculares, mas em geral de modo empírico. Em poucas empresas há um estudo mais aprimorado à procura de um protetor adequado ao ruído existente e que seja o mais confortável possível.

A busca do protetor mais confortável é feita, de modo geral, através da opção, deixada aos empregados, por alguns tipos padrões de protetores. Ou seja, a empresa coloca à disposição do empregado dois ou três tipos de protetores. Em muitas empresas são oferecidos, como opção, um protetor de inserção (em geral do tipo com flanges) e um modelo do tipo concha. Em muitas outras, a empresa só coloca à disposição um protetor, ou de inserção (o mais barato) ou tipo concha (o mais fácil de ter o seu uso controlado).

Mesmo nas empresas que dispõem de Técnicos de Segurança, o protetor é escolhido de forma mais ou menos empírica, e após alguns testes preliminares realizados com o próprio técnico e com alguns funcionários.

Outro item também muito pouco estudado no Brasil é o protetor ativo. Certamente o alto preço, que pode alcançar algumas centenas de reais, é um fator desestimulante ao seu uso. Além do mais, tem surgido no mercado protetores passivos com elevada atenuação nas baixas frequências, o que de certo modo compete com a principal vantagem dos ativos, qual seja, oferecer elevada proteção a ruídos de baixa frequência (abaixo de 500 Hz).

O problema que aparece, tanto nos protetores ativos quanto nos de elevada atenuação é que eles são maiores e mais pesados do que aqueles que poderíamos chamar de “convencionais”, ou seja, aqueles que apresentam curvas de atenuação baixa nas baixas frequências, e elevadas nas frequências em geral acima de 2000 Hz. E, ainda para piorar o quadro, os protetores (de concha) mais efetivos tendem a apresentar uma pressão maior sobre a cabeça (orelhas), o que pode torná-los ainda mais desconfortáveis.

Escopo e delimitação do trabalho

O trabalho visou o conhecimento da performance de um protetor ativo, comparativamente a dois outros, um deles considerado do tipo econômico (de baixo custo) e disponibilizado na empresa aos seus funcionários (junto com um protetor de inserção), e o outro com elevada atenuação (e aproximadamente uniforme no espectro de frequências).

Como seria estudado o uso de um protetor ativo, foi necessário escolher um local com predominância de ruídos nas baixas frequências, já que eles são justamente recomendados para esses ambientes. A escolha do protetor com elevada atenuação nas baixas frequências,

gentilmente cedido por fabricante sueco de protetores, teve como finalidade contrapor o protetor ativo a um passivo que pudesse apresentar resultados semelhantes, em termos de atenuação nas baixas frequências.

Deste modo, o estudo comparou três tipos distintos de P. A., dois passivos e um ativo. O estudo limitou-se apenas a esses tipos de protetores, todos do tipo concha, para que a análise fosse realizada com um tipo único (de concha), o que possibilitaria uma melhor comparação dos três através do método objetivo de análise do estresse.

Como análise objetiva foi proposta a mensuração do cortisol urinário como medidor de um eventual estresse em função do uso de protetor com pouca atenuação e/ou que fosse desconfortável. A escolha desse medidor de agentes estressores foi baseado em trabalhos já citados na introdução (Malamed e Bruhis, 1996 e Kwitko *et al*, 1999).

O local escolhido para os testes foi uma fábrica de papelão ondulado e de caixas de papelão, situado na grande Porto Alegre. O local possui duas máquinas de fabricação do papelão ondulado, a partir de papel *Kraft*, junto às quais o ruído é predominantemente de baixa frequência (abaixo de 1000 Hz). O protetor normalmente utilizado pelos funcionários da fábrica é um protetor de inserção com flanges, de tamanho único, modelo Pomp Plus.

As atenuações dadas pelos protetores foi determinada tanto a partir da análise espectral do ruído ambiente, bem como pelo uso de microfones de dosímetros de ruído embutidos dentro das conchas e externamente, de modo que a diferença das médias dos ruídos representa a atenuação oferecida pelo protetor.

Estrutura do trabalho

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, incluindo esta introdução (capítulo 1).

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica sobre problemas auditivos em ambientes ruidosos, e o uso de protetores auriculares tipo concha como proteção aos mesmos.

O capítulo 3 aborda a experimentação de campo (realizada numa fábrica de papelão na grande Porto Alegre), materiais e métodos.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussão dos experimentos.

O capítulo 5 apresenta as conclusões finais.

Na parte final, após as conclusões, são apresentadas a bibliografia consultada, tabelas diversas e, por fim, um pequeno glossário.

Capítulo 2 – Análise Bibliográfica

A exposição a níveis elevados de ruído levam, invariável e irreversivelmente, à perda da capacidade auditiva, com conseqüências danosas tanto em termos sociais quanto, freqüentemente, em termos operacionais (dentro do seu âmbito de trabalho).

As conseqüências da exposição a níveis elevados de ruído podem ser de três tipos (Menezes e Paulino, 2000; e Casali, 1966)

- a. Trauma acústico, que ocorre quando sons de curta duração e alta intensidade (explosões, estampidos de armas de fogo e de fogos de artifício) e que pode resultar numa perda auditiva imediata, severa, e permanente. Neste caso, podem ocorrer lesões nas estruturas do ouvido interno, especialmente no órgão de Corti, a delicada estrutura sensorial da parte auditiva do ouvido interno (cóclea), e/ou ruptura do tímpano ou danos/deslocamentos do grupo ossicular.
- b. Perda Auditiva Temporária (TTS – *Temporary Threshold Shift*), quando as perdas são recuperáveis, ocorrendo uma perda temporária da acuidade auditiva. Os limiares auditivos retornam à normalidade após um período relativo de silêncio ou descanso auditivo (sendo, por isso, recomendado um período mínimo de 14 horas antes de um exame audiométrico, conforme estabelecido no Anexo I da NR-7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, do Ministério do Trabalho e Emprego). As sucessivas perdas temporárias podem, gradualmente, originar perdas permanentes, com perda da vitalidade das células implicadas na audição – elas estarão débeis ou mortas, destruídas, e as fibras nervosas que existirem na mesma região acabarão degeneradas, e a audição não se processará normalmente (com diminuição da capacidade auditiva) ou deixará de se processar (surdez).
- c. Perda Auditiva Permanente, conhecida no meio médico brasileiro como PAIR – Perda Auditiva Induzida por Ruído, ocorre quando as perdas são permanentes e com aumento dos limiares de audição acima de 25 dBA (ressaltando-se que perdas entre 30 e 35 dB ainda são consideradas pequenas, sobretudo em freqüências isoladas). Quando a perda auditiva é relacionada com o trabalho, passa-se a denominá-la de PAIRO – Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional.

Importante notar que as perdas auditivas ocorrem, primeiramente, nas faixas de frequência entre 4000 e 6000 Hz, sem qualquer prejuízo social para o afetado. Apenas quando as perdas se tornam maiores que 35 a 40 dB nas faixas da conversação normal, entre 500 e 2000/3000 Hz, passa a afetar as atividades cotidianas da pessoa.

Assim, as perdas auditivas não são notadas durante os seus primeiros anos, sendo detectadas (sem exames audiométricos) apenas quando surgem problemas de inteligibilidade entre o ouvinte atingido pela perda auditiva e a fonte, quer durante conversações, quer durante a audição de filmes ou programas de televisão. E, como as perdas são irreversíveis, pouco há a fazer, nesse momento.

Além das dificuldades diretas das perdas auditivas – dificuldades nos relacionamentos sociais, dificuldades em determinados tipos de trabalho (como nas telefonistas), e dificuldades na correta percepção de mensagens e eventualmente alarmes sonoros, o ruído produz também efeitos não auditivos, por via polineuronal, não específica, através das conexões colaterais na substância reticular do tronco cerebral, conforme exposto por Costa, E. e Kitamura, S. (1995), a saber: elevação do nível geral de vigilância, aumento do tônus muscular e ausência de relaxamento ao repouso, reação sobre o sistema límbico, com repercussões afetivas e sociais, perturbação do equilíbrio hormonal e neurovegetativo, pelas relações como hipotálamo. Os autores ainda observam que, de forma genérica, os efeitos não auditivos do ruído traduzem-se em estresse, tendo sido descritas alterações psíquicas, fisiológicas e até anatômicas em vários órgãos de animais de experimentação e no próprio homem.

Os autores citam, ainda, a existência de evidências experimentais que resultam num aumento de cortisteróides na circulação sanguínea e na urina, além de outras reações.

Sparrenberger (2000) observa que o estresse pode ser entendido como um processo complexo multidimensional, onde atuam estressores (agudos ou crônicos) dos tipos ambientais (no trabalho ou em casa), eventos de vida maiores (como doença em família), traumas (presenciar acidente de trânsito) ou abuso ou negligência na infância ou velhice. Tais estressores são percebidos pelo indivíduo como ameaça, necessidade de ajuda ou alerta, o que dá início a uma resposta, visando a adaptação à situação. Adaptação, neste contexto, é entendida como um processo dinâmico mediante o qual os pensamentos, sentimentos, a conduta e os mecanismos biofisiológicos mudam continuamente para se ajustarem a um ambiente em contínua transformação. Estas respostas envolvem a liberação de mediadores, como o cortisol e catecolaminas, que têm efeitos fisiológicos e mensuráveis.

Na esfera orgânica, esta resposta envolve a liberação de mediadores, entre eles, primariamente, o cortisol e catecolaminas, e também a desidroepiandrosterona (DHEA), a prolactina, o hormônio do crescimento, as citocinas e muitos outros. Estes mediadores hormonais têm um efeito fisiológico distinto e mensurável em cada um dos sistemas orgânicos, inclusive no sistema psíquico (Billing *et al*, 1997). Evidência epidemiológica dessa resposta foi observada em um estudo transversal com pessoas que trabalhavam em missões de salvamento na Suécia, quando escores elevados no GHQ correlacionaram-se positivamente com níveis de cortisol salivar noturno (Schneck, M. *et al*, 1997). Também, um estudo israelense mostrou que o cortisol livre na urina de 24 horas aumenta em média 4,5 vezes nos neonatos que apresentam sofrimento respiratório em relação aos controles (Najum, R. *et al*, 1997).

Além disso, o ruído pode afetar o rendimento e a qualidade do trabalho, principalmente em tarefas que exigem atenção e concentração mental. Melamed e Bruhis (1996) citam que a exposição crônica ao ruído altera os níveis de cortisol urinário, sendo o mesmo significativamente mais elevado em relação a trabalhadores menos expostos. Segundo os autores, o elevado nível de cortisol urinário no final dos turnos de trabalho daqueles trabalhadores contribui para explicar duas consequências dessa situação: um elevado nível de fadiga acumulada e a irritação pós trabalho, as quais têm implicações negativas na qualidade de vida fora do trabalho. Além disso, esses resultados sugerem que a irritabilidade reportada pelos trabalhadores expostos a ruído no trabalho pode não ter uma origem apenas psicológica, mas também o produto de um estado altamente fisiológico refletido pelo elevado nível de cortisol excretado. Isso reduz as chances dos trabalhadores de relaxarem, e pode também interferir com a qualidade do sono a noite, lembrando-se que os distúrbios do sono é uma queixa comum entre pessoas expostas a ambientes com elevado nível de ruído.

Como níveis de 80 d(A) ou menos não causam Perdas Auditivas Induzidas por Ruído (PAIR) detectáveis (Dobie, R., 1993), aquele valor é utilizado pelas normas como valor a partir do qual os níveis de pressão sonora são considerados nas mensurações de ruído. Deve ser ressaltado, todavia, que o nível “seguro” deve estar entre 76 e 78 d(A), níveis esses que não causam TTS (*Temporary Threshold Shift*, ou mudança temporária do limiar auditivo), nem retardam o recuperação de TTS (Melnick, 1990)

Com valores acima de 80 d(A) já ocorre possibilidade de alguma perda auditiva, em algumas pessoas, após longos anos de exposição, notando-se que essas perdas não são iguais para todos. Resultados de estudos desenvolvidos por diversos pesquisadores e analisados em

conjunto (Ward *et al*, 2000) indicam que os danos auditivos ocorrem para exposições ao redor de 80 dB(A). Estudos desenvolvidos por Passchier-Vermeer (1968) indicaram que as perdas auditivas por ruído ocupacional variam em função da frequência do ruído, sendo maiores para as frequências entre 3000 e 6000 Hz, e menores nas frequências abaixo de 1000 Hz. As perdas maiores na faixa de 3000 Hz pode ser, em parte, explicadas, conforme Ward *et al*, na já citada bibliografia, de que o canal auditivo externo tem uma frequência de ressonância de cerca de 3000 Hz. Como a frequência mais afetada por uma estreita faixa de frequência é aquela superior à metade de uma banda de oitavas ao ruído incidente, explica-se o porque de que a região de 4000 Hz seja a primeira e mais afetada, para a média dos indivíduos expostos a um ruído com ampla faixa de frequências, típico dos ambientes industriais.

Os níveis permitidos de exposição ao ruído são estabelecidos através de normas, sendo que no Brasil elas são apresentadas nas Normas Regulamentadoras, estabelecidas pela Portaria 3.214/78, que regulamentou a Lei 6.514/77. Assim, a NR-15 (Norma Regulamentadora N. 15), que trata das Atividades e Operações Insalubres, estabelece, no seu anexo 1 – Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente, o limite de 85 dBA/lento para uma exposição de 8 horas (sem a utilização de protetores auriculares). Ainda, a NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, estabelece um nível de ação (a partir do qual se faz necessário o desencadeamento de ações preventivas de controle no ambiente de trabalho, de modo a minimizar a ação de um determinado agente insalubre) de 80 dBA/s, que equivale a 50% da dose de exposição (sendo 100 % uma exposição a 85 dBA/s por oito horas).

Em resumo, pode-se, então, considerar que a exposição a ruídos acima de 80 dBA/s pode ser prejudicial à saúde humana (no que diz respeito às perdas auditivas e suas conseqüências), prejuízo esse função da sensibilidade do exposto e do tempo de exposição (em anos), sendo que a sensibilidade é função do sexo e raça

A fim de reduzir os níveis de exposição, além de serem adotadas medidas de engenharia, como mudanças nos métodos de fabricação, são amplamente utilizados protetores auriculares, que nada mais são do que barreiras físicas colocadas diretamente no canal auricular externo (protetores tipo plugue), na entrada do canal (protetores tipo capa de canal) ou sobre a orelha (protetores tipo concha). Esses “defensores” devem, na medida do possível, reduzir a incidência do ruído após a barreira, a valores abaixo de 80 dBA. Pode-se alegar que o som alcança o ouvido interno também pela via óssea, mas para “vencer” a massa óssea são necessários aproximadamente 40 dB, de modo que somente ruídos muito elevados, acima de 120/125 dB(A), são significativos em termos de riscos auditivos (Kwitko, A., 1993).

Dois grandes problemas surgem, em relação aos P. A. (Protetores Auriculares). O primeiro deles é de se conhecer qual a sua real proteção ao ruído a que o usuário está exposto. Isso porque, além do fato de que a proteção é uma função do tipo de ruído, ou do seu espectro de frequências, o protetor é inserido (tipo plugue), colocado sobre a entrada do ouvido (tipo capa de canal) ou colocado sobre as orelhas do usuário (tipo concha). Então, fatores como real inserção do mesmo e diâmetro do canal auditivo, no caso dos protetores tipo plugue e capa de canal, tamanho da cabeça, existência de fatores como cabelo, barba, uso de óculos, uso de toucas, adequada colocação, têm influência sobre a eficiência dos protetores tipo concha. Evidentemente que o estado dos protetores é outro fator, pois os protetores são construídos essencialmente de material sintético (plásticos, silicone), que envelhecem com o tempo (principalmente pela ação do oxigênio e pela luz solar) e pela ação de produtos como solventes e graxas, muito comuns no meio industrial, o que leva a uma perda das condições de rigidez, maciez, e expansibilidade, conforme cada tipo de protetor. Há, ainda, um protetor amplamente utilizado na indústria, por exemplo, cuja alça que prende as duas conchas é constituída estruturalmente por dois arames de aço não temperado, sendo a sua forma facilmente modificada pelo usuário, o que altera substancialmente a pressão das conchas sobre a cabeça. O autor desta monografia já constatou, também, a utilização de maçarico para alargar ou afrouxar a banda plástica de fixação das conchas.

O segundo problema é relacionado ao conforto. Qualquer coisa que vistamos, desde uma camisa, um sapato ou um protetor auricular, causa algum tipo de desconforto (pode, evidentemente, trazer algum conforto, principalmente em dias frios; do mesmo jeito que uma camisa protege contra o frio, um protetor tipo concha protegerá os ouvidos contra o frio, particularmente em climas de frio intenso). Consequentemente, quanto maior o grau de desconforto, maior será a rejeição, pelo usuário, ao seu uso. Deste modo, o usuário poderá dispor de um protetor muito eficiente, mas usá-lo pouco durante o seu dia de trabalho, diminuindo em muito a proteção dada pelo mesmo, no final do dia de trabalho.

Pode-se, por meio de um cálculo matemático utilizando-se fórmulas relativas ao cálculo de médias logarítmicas de ruído, determinar qual a proteção efetiva de um protetor utilizado apenas em parte do tempo. Assim, por exemplo, se um protetor que protege 25 dB, quando utilizado durante 100 % do tempo, protegerá apenas 20 dB(A) se o mesmo não for utilizado por apenas 15 minutos num turno de oito horas. Ou seja, apenas uma redução de 3 % no tempo de uso resultará numa redução de 20% na proteção ponderada ao tempo.

Os protetores de inserção, particularmente os protetores de espuma expansíveis, são muito sensíveis a diferentes procedimentos de colocação, enquanto que os protetores de concha ou capa de canal são menos sensíveis ao modo de colocação (Park e Casalli, 1991). Esta é uma das razões (a outra é o fácil controle sobre o seu uso) pela qual o uso de protetores tipo concha são freqüentemente recomendados pelos responsáveis pelos programas de controle auditivo.

Deste modo, uma análise de conforto é fundamental na escolha de um protetor. Diz-se mesmo que o melhor protetor é aquele que os trabalhadores utilizarão durante todo o tempo de exposição ao ruído. Ou seja, a escolha do protetor mais adequado a um local e/ou usuário, não depende apenas da análise do ruído ambiente, mas também de uma análise do conforto do mesmo, em relação a cada usuário. É claro que um bom treinamento melhora a aceitabilidade de um determinado protetor, mas o problema nunca deixará de existir.

Existe, assim, uma correlação positiva entre o índice do conforto e o tempo de utilização de um determinado protetor, ou seja, a um maior conforto corresponderá um maior tempo de utilização, e vice-versa (Azeres e Miguel)

O terceiro problema é o da comunicação. Protetores com elevado nível de proteção podem interferir no entendimento das palavras, nas comunicações orais, ou mesmo na percepção de sinais de alerta. Estudos laboratoriais demonstraram que pessoas com audição normal podem ter uma melhoria na percepção das palavras, em ambientes ruidosos, quando utilizando protetores de inserção ou concha, enquanto que, para usuários com perdas auditivas pode ocorrer o contrário (Abel e Spencer, 1997). O mesmo estudo demonstrou que em ambientes quietos o uso de protetores de espuma expansível piora o reconhecimento de palavras num conjunto de sentenças com pouca correlação contextual, enquanto que para outros protetores não ocorrem diferenças significativas. Na presença de ruído, todavia, o entendimento piorou significativamente, principalmente com ouvidos desprotegidos (ou seja, o uso de protetores melhorou o entendimento de palavras), com pessoas com audição normal. Em ambientes quietos, o uso de protetores que apresentam atenuações baixas e aproximadamente constante em todas as freqüências, não reduziu significativamente o entendimento das palavras, enquanto que para outros protetores estudados, inclusive ativos, a perda variou de 19 a 30%, conforme o tipo. Já em ambientes ruidosos, a perda de entendimento foi aproximadamente igual, tanto para usuários sem protetores quanto aqueles que os utilizavam.

Hiselius e Hult (2000) observam que proteção não significa atenuação, sendo que a proteção consiste realmente em três fatores de igual importância: atenuação adequada, suficiente comodidade para permitir uma utilização durante 100 % do tempo e comunicação verbal (reconhecimento dos sons, como mensagens verbais e sinais de advertência).

Conforme Patton (2000), os fatores ergonômicos, no projeto de um P. A., são relevados em detrimento de uma alta atenuação. E, freqüentemente, principalmente em ambientes caracterizados por ruídos em alta freqüência (comum na maioria dos ambientes industriais), ocorre uma atenuação excessiva, sem nenhum propósito além de dificultar a comunicação. O autor recomenda o uso de protetores com atenuação moderada e uniforme ao longo do espectro de freqüências. Deste modo, não ocorrerá uma atenuação excessiva na zona de freqüências entre 1500 e 5000 Hz, região que contém sons de consoantes, importante para a compreensão da fala.

Diversos fabricantes têm apresentado, assim, protetores auriculares, quer de inserção, quer do tipo concha, com atenuação uniforme. Assim, dentre os protetores testados no trabalho, foi escolhido o Bilsom 747, que apresenta uma elevada proteção (necessária num dos ambientes testados), mas relativamente uniforme no espectro de freqüências.

Os protetores tipo concha mais simples e de baixo custo geralmente apresentam baixas atenuações (muitas vezes inferiores a 10 dB nas freqüências abaixo de 500 Hz).

Consequentemente, os usuários serão menos protegidos contra os efeitos dos ruídos com espectros de baixa freqüência, existentes alguns ambientes industriais. Uma solução para esse problema é a utilização de protetores ativos, que reduzem o nível de ruído através de um cancelamento das ondas sonoras. Um circuito eletrônico dentro da concha inverte as ondas sonoras recebidas, adicionando-as à sua versão original. Os componentes das duas ondas sonoras, que estão fora de fase, se cancelarão, reduzindo deste modo a ruído total. Os protetores ativos são limitados a frequências abaixo de 1 kHz (McKinley et al, 1996), sendo os sons acima de 1 kHz atenuados por meios convencionais.

Estudos realizados pelo autor do trabalho em usina siderúrgica, com protetores tipo concha, mostraram que um mesmo protetor apresentava uma proteção da ordem de 21 dB no setor de fabricação de pregos, e de 6 dB junto aos fornos elétricos de fabricação de aço, onde a freqüência predominante, na avaliação em bandas de oitavas, era em 63 Hz. Isto pode ser explicado pelo fato de que as barreiras físicas são menos efetivas nas baixas freqüências, conforme se pode observar pelas tabelas de atenuação dos mais diversos materiais.

Os protetores tipo concha têm sido largamente empregados na indústria, pois o seu uso é facilmente monitorado, e sua eficiência é menos dependente da sua colocação. Ou seja, é mais difícil de ocorrer uma má colocação do protetor tipo concha, comparativamente ao protetor de inserção. Isto porque o conforto, nos protetores de inserção, é particularmente sensível a diferentes procedimentos de colocação (Park e Casali, 1991), com os funcionários tendendo a buscar um conforto máximo, no lugar de uma atenuação máxima. Assim, a NIOSH (1998) recomenda que, em relação aos valores de etiqueta NRR (Nível de Redução de Ruído) dos protetores auriculares, determinados em laboratórios, sejam subtraídos os seguintes valores: protetores tipo concha – 25%, protetores expansíveis – 50%, e demais protetores – 70%. Por essa recomendação, podemos verificar que, por medidas de segurança, nos protetores de inserção pré moldados, do tipo flange, deve-se considerar uma atenuação garantida de apenas 30% em relação aos valores de laboratório, enquanto que para os conchas esse valor é de 75%.

Em relação a essa grande disparidade entre valores de atenuação determinados em laboratório e aqueles existentes no mundo real, foi padronizado um procedimento, em 1997 (ANSI S12.6 1997, método B). Neste procedimento, os protetores são vestidos por pessoas sem treinamento e sem o monitoramento de técnicos especializados, conforme as instruções dos fabricantes. Deste modo, os protetores não são testados visando a máxima atenuação e, conseqüentemente, as atenuações obtidas nos testes se aproximam mais daquelas existentes no “chão de fábrica” ou no “mundo real”, onde em geral os usuários procuram um maior conforto. Este procedimento já está sendo adotado no Brasil, no Laboratório de Ruído Industrial (LARI), da Universidade Federal de Santa Catarina.

Infelizmente, em relação aos protetores ativos, ainda não há procedimentos padronizados para a determinação das proteções que os mesmos oferecem.

Um método bastante prático e simples para se determinar a real proteção de um protetor concha é aquele que utiliza um pequeno microfone inserido dentro da concha, sendo o ruído comparado com aquele que incide sobre o mesmo, verificado pelo uso de um segundo microfone, colocado externamente. Em ambos os casos se determina o ruído médio, com o uso de dosímetros de ruído. Este método é particularmente interessante para se avaliar a proteção oferecida por um protetor ativo, num determinado ambiente. Casali *et al* (1995) desenvolveram o procedimento para a determinação dos níveis de redução do ruído (NR) e correções a serem realizadas. São feitas medições com dois microfones, um no/ou dentro do

ouvido, outro no lado de fora, com medições simultâneas. A redução de ruído NR (*Noise Reduction*) é determinada pela diferença entre os dois ruídos (fora e dentro do protetor).

Uma correção deve ser realizada nas atenuações, determinando-se o TFOE (*Transfer Function of the Open Ear*, ou Função de Transferência do Ouvido Aberto), conforme aqueles últimos autores, determinada pela medição do ruído junto ao ouvido e fora do ouvido (no mesmo local, sem a presença do sujeito). Deste modo, o nível de atenuação (NR – nível de redução) será calculado conforme:

$$NR_{\text{corrigido}} = [\text{dB (P. A. fora)} - \text{dB (P. A. dentro)}] + \text{TFOE}$$

Os valores de TFOE apresentam valores médios de 0,1 dB a 125 Hz até 9,5 dB a 4000 Hz, geralmente consistentes para os ouvintes, conforme a figura 1.

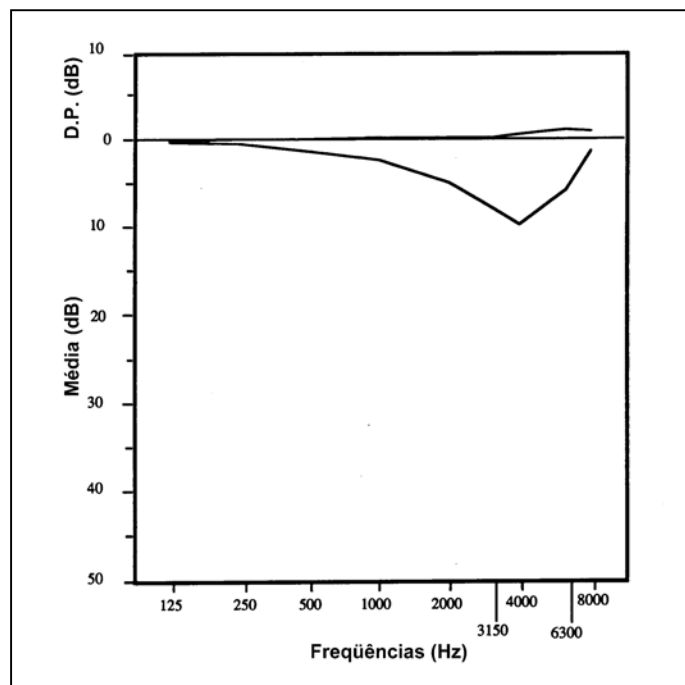


Figura 1: Função de Transferência do Ouvido Aberto (TFOE – *Transfer Function of the Open Ear*), em Casali *et al* (1995)

Nos experimentos realizados para compor esta dissertação, o valor médio TFOE determinado junto às máquinas foi de 1,3 dB, valor esse que deve ser acrescido, então, aos NR (níveis de redução ou de atenuação) determinados nos experimentos. Observe-se que, conforme o gráfico da figura 1, o valor TFOE para 500 Hz, é de aproximadamente 2 dB.

Capítulo 3: Experimentações de campo – Materiais e métodos

Em função das quatro hipóteses formuladas e apresentadas no Capítulo 1 foram preparados as experimentações de campo.

Escolha do local

Como uma das hipóteses é a comprovação da eficácia de protetor ativo em ambiente com alto Nível de Pressão Sonora e predominância na baixa frequência, escolheu-se uma fábrica com esse tipo de ruído. Inicialmente havíamos selecionado uma usina siderúrgica, onde há ocorrência de ruídos com NPS ao redor de 95 dB(A), com predominância na frequência de 60 Hz, ruído esse que ocorre junto ao forno elétrico de fusão de sucata. No entanto, como só se dispunha de um protetor ativo que não pode ser acoplado em capacete, optou-se por um local onde os operários não utilizassem capacetes.

Deste modo, escolheu-se uma fábrica de papelão ondulado, obtido a partir de papel *Kraft*. O local possui duas máquinas de fabricação, sendo que, em uma (linha Uchida), os ruídos, junto às desbobinadeiras, situam-se entre 95 e 100 dB(A). Ruídos da ordem de 90 a 95 dB(A) ocorrem no final daquela linha e na segunda linha (Barban), que se situa ao lado da primeira.



Fig. 2: Vista geral da fábrica, com uma das linhas de fabricação de papelão (linha Uchida).

O NPS (Nível de Pressão Sonora) equivalente (L_{eq}) junto ao quadro de comando da linha de fabricação de papelão UCHIDA é 98 dB(A), com o espectro conforme a figura 3.

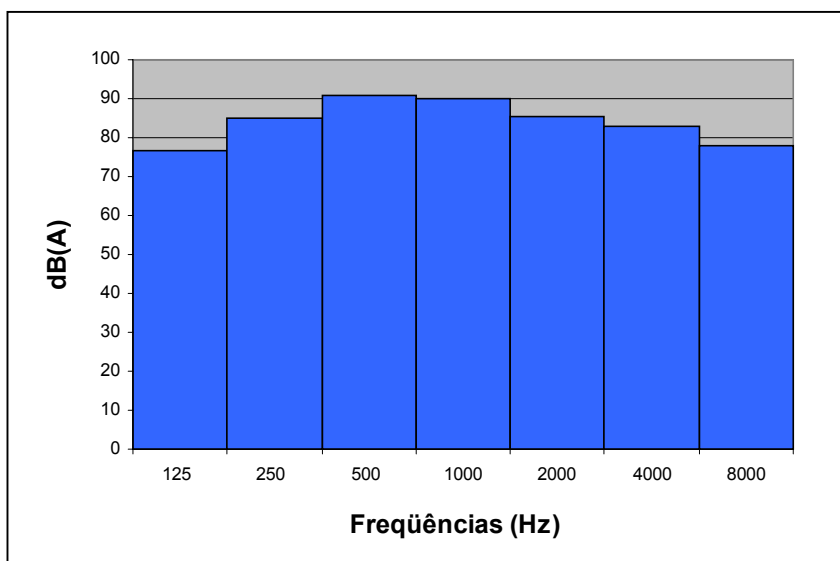


Figura 3: Espectro de frequências do ruído junto ao quadro de comando da linha de fabricação do papelão ondulado UCHIDA

O NPS, durante parte da jornada de trabalho, de um funcionário da máquina, trabalhando no início da linha UCHIDA, pode ser observada na figura 4.

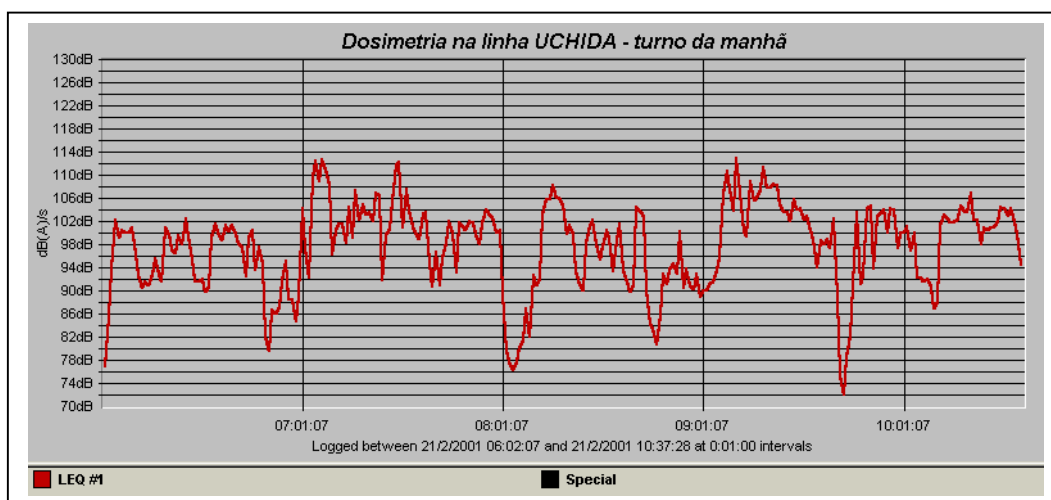


Figura 4: gráfico da dosimetria realizada no operador da máquina UCHIDA de fabricação do papelão ondulado. Leq: 103 dB(A)

Os protetores auriculares escolhidos

A empresa fornece aos funcionários dois tipos de protetores, um de inserção, pré moldado, de flanges, modelo Pomp Plus, de tamanho único, e um protetor de concha, marca Agena, modelo com CA (Certificado de Aprovação) n. 4398. A escolha de qual tipo a ser utilizado é feita pelo usuário. Ou seja, cada funcionário escolhe o protetor que lhe é mais confortável (conforme uma observação visual, a grande maioria dos funcionários utilizam o protetor de inserção).

Para a realização do trabalho escolheu-se três tipos de protetores, dois passivos e um ativo. Teve-se, como base, a escolha de dois tipos de protetores passivos, sendo um do tipo econômico (de baixo preço), e com baixa atenuação, e o outro com uma atenuação mais elevada, e de maior preço.

Como o protetor Agena já é um dos padrões, foi por isso um dos escolhidos para a realização dos testes. É um protetor leve e com baixa atenuação, principalmente nas baixas frequências. Seu custo é baixo. Conforme a figura 5, podemos observar que as suas conchas são pequenas, com baixo volume e peso, o que já indica que é um protetor com baixo nível de atenuação.



Fig. 5: Protetor Agena

O segundo protetor testado foi o Bilsom, modelo 747 (figura 6). Suas conchas são grandes (o que já indica um nível elevado de atenuação), e apresenta valores de atenuação relativamente iguais ao longo do espectro de frequências.



Figura 6: Protetor Bilson

O terceiro protetor, ativo, é da Noise Cancellation Technologies, modelo proActive 3000 (figura 7). Como ativo, não possui NRR. Porém, como passivo, o seu NRR é de 23 dB, conforme folheto do fabricante (vide folheto nos anexos). O equipamento produz, basicamente, um “anti-ruído” ou “ruído espelho”, que cancela o ruído original. O sistema é denominado, nos Estados Unidos, de Active Noise Reduction (ANR), e o seu circuito básico é mostrado na figura 8.



Fig. 7: Protetor ativo (proActive 3000)

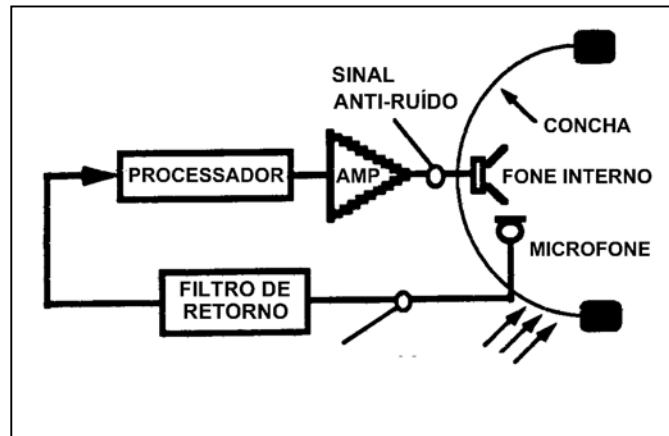


Figura 8: Diagrama de bloco de um sistema ANR, em Berger *et al* (2001)

Os valores de atenuação dos protetores passivos, por faixa de frequências, são apresentados na tabela 1 (fonte: fabricantes, exceto o passivo, fornecido pelo antigo distribuidor no Brasil - Illbruck).

Tabela 1: quadro de atenuações dos protetores passivos, em função das frequências (Hz)

| Protetor | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 3150 | 4000 | 6300 | 8000 | NRR |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| Agena | -0,5 | 21,5 | 23,9 | 23,5 | 28,1 | 30,4 | 29,2 | 32,7 | 38,4 | 18 |
| Bilsom | 26,5 | 31,2 | 36,0 | 31,7 | 31,4 | 33,6 | 36,4 | 37,3 | 37,6 | 27 |
| Ativo * | 6,2 | 13,0 | 27,5 | 35,4 | 37,3 | 41,4 | 39,2 | 39,6 | 38,7 | 16 |

* com sistema de cancelamento de ruído desligado, atuando como protetor passivo – fonte: relatório de ensaio n. 0696 - Lab. de Ruído Industrial (LARI) da UFSC, de out/96.

Para efeito de comparação, os valores de atenuação do protetor POMP Plus, em uso normal pelos funcionários, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: atenuações do protetor POMP Plus, de inserção

| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 3150 | 4000 | 6300 | 8000 | NRR |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| NRR | 19 | 20 | 21 | 24 | 28 | 34 | 34 | 38 | 38 | 21 |
| NRRSf | 22,1 | 21,5 | 23,9 | 23,5 | 28,1 | 30,4 | 29,2 | 32,7 | 38,4 | 17 |

Notas: a) os valores de NRR são conforme ANSI S3.19 /1974

b) não foram apresentados os desvios padrões das atenuações, valores esses que podem ser encontrados no apêndice.

c) NRR Sf foi determinado conforme ANSI S12.6 1997, método B (ouvido real, *Subject Fit*, ou vestidos pelo usuário), no Laboratório de Ruído Industrial (LARI) da UFSC

d) os valores de atenuação do protetor ativo foram determinadas no Laboratório de Ruído Industrial (LARI) da UFSC, conforme ANSI S3.19/1974, com o uso de cabeça artificial. O NRR calculado foi de 16,2 dB. O catálogo do fabricante indica um NRR de 23 dB, sem indicação de qual norma foi utilizada.

Foram analisadas outras características importantes dos protetores, para efeito de conforto, como peso e força exercida entre as conchas (pelo arco).

Tabela 3: Peso e força exercida pelas conchas dos protetores testados

| Protetor | Força (kgf) | Força (N) | Peso (g) |
|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Ativo | 0,966 | 9,48 | 502 |
| Agena | 1,310 | 12,9 | 196 |
| Bilsom | 1,204 | 11,8 | 278 |



Figura 9: Determinação da força exercida pela arco, conforme ANSI S3.19-1974 (LARI – UFSC)

Os testes da força exercida pelas conchas foram realizados pelo autor, conforme norma ANSI S3.19-1974, com dispositivo de teste do Laboratório de Ruído Industrial (LARI) da UFSC.

Neste teste, é medida a força exercida pelas conchas, numa distância de 14,35 cm entre conchas e 13,08 cm entre a parte interna (mediana) da haste e uma linha imaginária através dos pontos de pivotagem das fixações da haste com as conchas, conforme figura 9.

Para a determinação das pressões exercidas pelas almofadas, determinou-se as suas áreas, e a partir das forças resultantes da ação dos arcos dos protetores, foram calculadas as pressões. Os resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Áreas das almofadas e pressões exercidas pelos arcos dos protetores

| Protetor | Força (N) | Área (cm²) | Pressão (N/m²) |
|-----------------|------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Ativo | 9,48 | 55,8 | $1,63 \cdot 10^3$ |
| Agena | 12,9 | 44,1 | $2,89 \cdot 10^3$ |
| Bilsom | 11,8 | 46,4 | $2,54 \cdot 10^3$ |

Determinação das Atenuações, pelo método MIRE (*miniature Microphone in Real-Ear*, ou emprego de microfone miniatura no ouvido real)

Foram determinadas, através do método MIRE, a atenuação média dos protetores testados. Foram utilizados dois dosímetros cujos microfones apresentam pequenas dimensões (8 mm de comprimento por 3 mm de diâmetro). O microfone de um dos dosímetros foi colocado dentro da concha, com o cabo do microfone passando através da almofada da mesma, ou do encaixe da placa da almofada com o corpo da concha. A fim de que não ocorresse passagem de ruído (vazamento) junto ao cabo de ligação entre o microfone e o corpo do dosímetro, foi utilizada massa de calafetar, em pequenas quantidades. Nos protetores Bilsom e Ativo foi feito uma ranhura entre o corpo da concha e o corpo da almofada, com a largura igual à do cabo, e com colocação de uma pequena quantidade de massa de calafetar junto à ranhura. No protetor Agena, que possui uma almofada em forma de capa, o cabo passou em volta do corpo da concha, com colocação de massa junto à abertura formada pelo cabo, dentro da almofada. Sobre todas as diferenças obtidas de redução (atenuação) dos protetores, foi adicionado o valor de 1,3 dB, relativo ao TFOE determinado.



Figura 10: Sujeito vestindo protetor ativo e com os dois dosímetros com microfones externa e internamente

Análise de Conforto – método subjetivo

A avaliação do conforto dos protetores foi feita por meio de preenchimento de questionário. Foram feitas nove perguntas, formuladas a partir dos estudos de Park e Casali (1991), em bibliografia já citada. Estes estudos também serviram de fonte para o trabalho de Azeres e Miguel, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, em Portugal. Park e Casali utilizaram questões bipolares, com perguntas relativas ao sentimento de cada entrevistado em relação aos protetores testados, com sete níveis (de 1 a 7, não marcados nos mesmos). Essa grade de perguntas, com pequenas variações, foi utilizada por Azeres e Miguel, conforme a tabela 5, e serviu de ponto de partida para o questionário utilizado neste trabalho.

Tabela 5: grade bipolar de avaliação do conforto

Como o Protetor Auricular é sentido agora?

| | | |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Não provoca dor | ___:___:___:___:___:___:___ | Provoca dor |
| Desconfortável | ___:___:___:___:___:___:___ | Confortável |
| Pressão excessiva | ___:___:___:___:___:___:___ | Pressão excessiva |
| Intolerável | ___:___:___:___:___:___:___ | Tolerável |
| Apertado | ___:___:___:___:___:___:___ | Solto |
| Cômodo | ___:___:___:___:___:___:___ | Incômodo |
| Pesado | ___:___:___:___:___:___:___ | Leve |
| Embaraçado | ___:___:___:___:___:___:___ | Agradável |
| Flexível | ___:___:___:___:___:___:___ | Rígido |
| Fresco | ___:___:___:___:___:___:___ | Quente |
| Macio | ___:___:___:___:___:___:___ | Áspero |
| Sensação de isolamento | ___:___:___:___:___:___:___ | Sem sensação de isolamento |
| Fáceis de colocar | ___:___:___:___:___:___:___ | Díficeis de colocar |
| Complexos | ___:___:___:___:___:___:___ | Simples |
| Dificultam movimentos | ___:___:___:___:___:___:___ | Não dificultam movimentos |
| Da cabeça | ___:___:___:___:___:___:___ | da cabeça |
| Ouvido entupido | ___:___:___:___:___:___:___ | Ouvido desentupido |

Das dezesseis perguntas da grade, retiramos as perguntas relativas a protetores de inserção, como Ouvido entupido – Ouvido desentupido, Macio – Áspero, Flexível – Rígido, algumas perguntas redundantes, como Incômodo – Cômodo, e perguntas que poderiam deixar dúvidas sobre o correto sentido das mesmas, como Complexos – Simples. Essa redução teve, como objetivo, reduzir o questionário a um número menor de perguntas, facilitando a aplicação do mesmo, e reduzindo possíveis dúvidas, já que diversos sujeitos não possuíam grau elevado de escolaridade. Assim, selecionaram-se nove questões, apresentadas adiante.

No lugar de sete possibilidades de resposta, foi utilizada uma escala linear com 15 cm, onde os sujeitos deveriam colocar um X de acordo com a sua avaliação do item, conforme a figura 12. Assim, obteve-se valores em escala contínua, de 0 a 15. As perguntas foram testadas em cinco funcionários, antes do início dos testes com os protetores, tendo sido apresentados questionários com itens indicativos apenas nos extremos (conforme a figura 12: Pouca pressão – Muita pressão), e questionários com descrições (ou definições) intermediárias (como, por exemplo, Pouca pressão - Média pressão – Muita pressão).

Optou-se por um questionário com indicações apenas nos extremos (sem indicações intermediárias), pois observou-se que, em muitos casos, havia uma tendência de colocação do X exatamente no meio, ou nos extremos.

| | |
|---|----------------------|
| Em relação à pressão exercida na cabeça, o protetor gera: | |
| Pouca pressão | Muita pressão |

Figura 11: exemplo de questão formulada na avaliação dos itens de conforto

Antes de cada novo grupo de testes com cada sujeito (os cinco primeiros testes foram realizados com um sujeito de cada vez, com um protetor diferente a cada dia, escolhido de modo aleatório, e nos últimos três sujeitos, os testes com os três protetores foram feitos ao mesmo tempo, em três dias seguidos), foi passado um questionário como prévia, para que o entrevistado conhecesse o tipo de questionário, e não se perturbasse no primeiro questionário passado. Todos os testes com os protetores foram realizados em três dias subsequentes, em ordem aleatória.

Os primeiros testes foram realizados nos meses de fevereiro e março de 2001 (quatro sujeitos). Em abril realizamos mais um teste (quinto sujeito), pois o laboratório de análises perdeu um dos resultados (de cortisol urinário). Posteriormente, no mês de julho, foram realizados testes com mais três sujeitos, com o objetivo de se aumentar a base estatística.

As questões apresentadas foram:

1. Em relação à pressão exercida na cabeça, o protetor gera:
Pouca pressão - Muita pressão
2. Quanto à praticidade, o protetor é:
Nada prático - Muito prático
3. Quanto à dor, o protetor causa:
Nenhuma dor - Muita dor
4. Em relação ao calor gerado, o protetor:
Não esquentar - Esquentar
5. Quanto à sensação de isolamento, o protetor é:
Nada isolado - Muito isolado
6. Em relação ao peso, o protetor é:
Leve - Pesado
7. Quanto ao uso, o protetor é:
Difícil de usar - Fácil de usar
8. Quanto ao conforto, o protetor é:
Desconfortável - Confortável
9. Quanto à comunicação com outras pessoas, o protetor é:
Facilita a comunicação - Dificulta a comunicação

Todas as perguntas foram formuladas questionando-se apenas itens relativos ao conforto.

Questões que envolvessem a atenuação oferecida pelos mesmos não foram formuladas.

Procurou-se, também, formular as questões de um modo o mais neutro possível. Os resultados (em centímetros, de 0 a 15) foram lidas da direita para a esquerda nas questões 1, 3, 4, 6 e 9, e

da esquerda para a direita, nas demais questões (2, 5, 7 e 8). Assim, observar que na tabela resumo, nos anexos, as questões lidas da direita para a esquerda foram indicadas, no cabeçalho, com um sinal negativo (-1, -3, etc.)

Inicialmente a questão 5 foi lida da direita para a esquerda. Como, durante o andamento das análises estatísticas, foi observado que a correlação com o conforto era negativa, optou-se pela leitura da esquerda para a direita. Desse modo, em todas as respostas um valor 0 significa total rejeição, pelo sujeito, daquele item de conforto, e um valor 15 significa uma total aceitação em relação àquele item de conforto.

Análise de Conforto – método objetivo

Outra hipótese a ser testada é que o uso de um protetor inadequado, pouco confortável, poderá gerar um estresse no usuário, mensurável através da determinação do cortisol urinário.

Na bibliografia consultada referente ao estresse gerado por ambiente com elevado nível de ruído (Melamed e Bruhis, 1996), os exames de cortisol foram comparados entre grupos expostos a ruído, sem uso de protetores auriculares, e grupos protegidos por protetores. Igualmente, no trabalho realizado por Kwitko e outros (1999), onde o autor deste trabalho tomou parte, coordenando e realizando as medições de campo, conclui-se que os motoristas, quando utilizavam protetores auriculares (de baixa atenuação), sofriam menos estresse (medido pelo cortisol urinário).

Neste trabalho de dissertação, todos os operários testados já utilizavam protetores auriculares antes dos testes. Os protetores utilizados pelos mesmos, há cerca de dois anos atrás, eram do tipo concha (modelo Agena). Posteriormente os operários, na sua grande maioria, passaram a utilizar protetores de inserção tipo plugue reutilizável, com abas e fabricados com silicone (Pomp Plus). Deste modo, todos já tinha experiência prévia com protetores tipo concha.

Para a pesquisa foi escolhido o primeiro turno (das 6 às 14 horas), pois todos os testados coletariam a primeira amostra de urina após uma noite de sono, em condições muito semelhante entre si. No caso de um outro turno de trabalho, já na primeira coleta de urina o funcionário já poderia ter realizado algum tipo de trabalho ou ter se estressado por alguma condição alheia ao seu local de trabalho.

As amostragens de urina foram feitas na primeira hora da manhã (primeira micção), em geral por volta das 5 horas, e no final do turno, cerca de 15 a 20 minutos antes do término do turno. As amostras foram guardadas em geladeira pequena de *isopor*, com gelo, até

aproximadamente 14:30 horas, quando entregues ao laboratório de análises clínicas, onde foram guardados em *freezer* a cerca de -18°C , até o término da coleta e realização das análises.

O laboratório escolhido foi o Imuno, laboratório comercial na capital de Porto Alegre. A metodologia utilizada foi a de radioimunoensaio, com utilização do kit Cortisol DSL, fase sólida com extração.

Os sujeitos

Todos os operários escolhidos não possuíam perdas auditivas, conforme o serviço médico da empresa. Não foi possível a utilização de sujeitos com perdas auditivas (que visaria verificar problemas de comunicação), pois somente um operário nessa condição trabalhava no local (linha de produção) escolhido. Outros funcionários da empresa, com perdas auditivas, ou ocupavam cargos de chefia, ou trabalhavam em outros setores, com menor exposição ao ruído, não podendo, deste modo, participarem da pesquisa.

As características dos funcionários são apresentadas na tabela 5. Todos os oito testados receberam uma gratificação (R\$ 50,00), após a realização dos testes com três protetores. Esta gratificação visou uma melhor receptividade e colaboração nos testes.

Tabela 6: Características dos sujeitos

| | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Escolaridade | Primeiro grau incompleto: 4 (50%) |
| | Primeiro grau completo: 3 (38%) |
| | Segundo grau: 1 (12%) |
| Idade média (anos) | 31 (23 a 39) |
| Anos na empresa | 4 (3 a 9) |
| Anos na função | 4 (2 a 9) |

Capítulo 4 – Resultados e discussão dos experimentos

Os experimentos, delineados no capítulo 3, foram levados a efeito entre os meses de fevereiro e julho de 2001. Os resultados são apresentados na tabela 6 e seguintes.

Níveis médios de exposição e de atenuação dos protetores

Os níveis médios a que estiveram expostos todos os sujeitos foram de 96,6 dB(A)/s (89,8 a 102,1 dB(A)), com um valor médio de dB(C)/s – dB(A)/s de 3,3 dB (o que indica faixa de frequência inferior a 1000 Hz). Os níveis médios de atenuação dos protetores, determinados pelo método MIRE (com o uso de microfone externamente e internamente, dentro das conchas, e com acréscimo de 1,3 dB, conforme medições de TFOE realizadas, estão tabela 7. Nesta tabela estão apresentados, também, os ruídos protegidos, determinados a partir de um ruído ambiente de 97 dB(A). O valor médio do ruído ambiente foi arredondado para cima, e os valores das atenuações arredondados para baixo.

Tabela 7: Níveis de atenuação dos protetores, e ruídos protegidos

| Protetor | Atenuação calculada (mét. longo) – dB ² | Atenuação determinada – dB | Ruído protegido dBA |
|-------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------|
| Ativo | 10 | 14 | 83 |
| Agna | 11 | 8 | 89 |
| Bilsom | 22 | 26 | 71 |
| Pomp Plus ¹ | 11 | 17 | 80 |

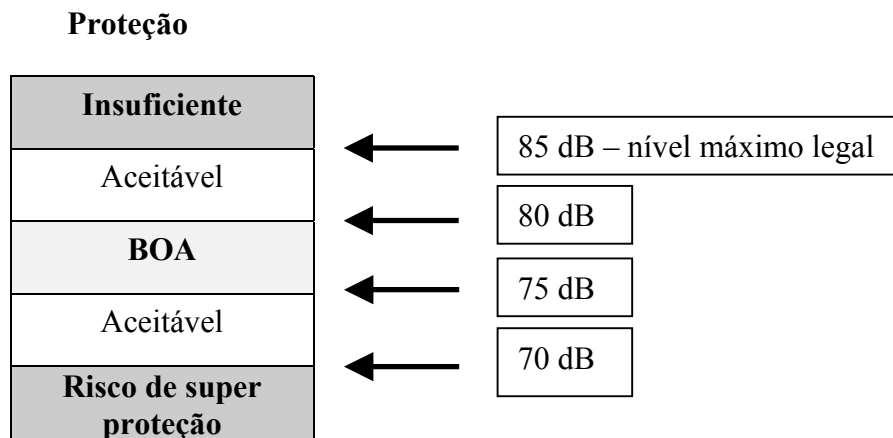
Observações:

1. Pomp plus é o protetor (de inserção) utilizado normalmente pelos sujeitos participantes do experimento. A atenuação de 17 dB refere-se ao valor NRRSf.
2. As atenuações calculadas foram determinada pelo método longo, a partir dos NPS por bandas de frequências, e das atenuações oferecidas pelo protetor, nas diferentes frequências (ver Gerges, S., 2000, pag. 627). No caso do protetor ativo, os cálculos foram realizados em relação às atenuações oferecidas como protetor passivo. Todos os cálculos encontram-se nos anexos.

O nível médio de exposição, de 97 dB(A) apresenta um grau de risco elevado aos funcionários expostos. A análise dos protetores auriculares a serem utilizados deve ser criteriosa, devendo levar em conta não apenas o conforto, mas a real proteção oferecida pelos mesmos, com a necessidade do conhecimento do ruído em suas diversas frequências.

Considerando-se, para o ruído, o nível de ação é de 80 dB(A), conforme a legislação brasileira, e a insalubridade é reconhecida para exposições à ruídos acima do Limite de Tolerância de 85 dB(A), podemos considerar que o protetor Agena apresenta proteção insuficiente, o protetor ativo apresenta uma proteção marginal (o ruído protegido está acima do Nível de Ação e inferior ao Limite de Tolerância), o protetor Bilsom uma proteção um pouco excessiva, e o protetor atualmente em uso (Pomp Plus) uma proteção adequada, porém com algumas possíveis restrições, principalmente em relação ao tempo total efetivo de uso, e para alguns locais específicos, como junto às desbobinadeiras da linha UCHIDA, onde foram constatados ruídos médios diários superiores a 100 dB(A)).

Para a avaliação do grau de atenuação oferecida pelos protetores, podemos utilizar os níveis recomendados pela norma ISO/DIS 10452:



O protetor Bilsom apresenta uma atenuação próxima a uma super proteção. Porém, quando se analisa o posto de trabalho junto às desbobinadeiras da linha UCHIDA, local que apresenta ruídos médios de até 102 dBA, o ruído protegido estará num nível próximo a 76 dBA, valor esse considerado aceitável. Nesse local, o ruído atenuado pelo protetor em uso (Pomp Plus) será da ordem de 85 dBA, o que indica uma possível atenuação insuficiente.

Os níveis de proteção apresentados são para os protetores sendo utilizados durante toda a jornada de trabalho. Uma redução no tempo de uso, por exemplo, de apenas 3% (ou 15 min em 8 horas de exposição), pode aumentar o ruído médio protegido em cerca de 5 dB. E isso

pode ocorrer pela retirada do protetor para alguma conversa, ou para atendimentos do telefone no final da linha, ao longo da jornada.

Importante se observar que as mensurações com o uso de dosímetros foram realizadas sempre com fator de redução de 3 dB para dobra do tempo de exposição, valor esse mais conservador, em contraposição ao fator de redução de 5 dB, indicado na Norma Regulamentadora NR-15, Anexo 1. Esse fator de redução de 3 dB é baseado no princípio de igual energia acústica, sendo o seu uso recomendado pela Fundacentro (Fundacentro, 1999), além de inúmeras outras instituições internacionais, como a ACGIH e a ISO.

Análise subjetiva do conforto – Respostas ao questionário

Todos os sujeitos responderam aos questionários sobre conforto, sendo que lhes foram apresentados, na véspera do início dos testes com cada um, um questionário teste, o qual serviu de treinamento. Cada protetor foi utilizado, por cada sujeito, somente um dia, ao final do qual foi apresentado o questionário com as nove perguntas bipolares sobre conforto.

As respostas aos questionários foram tabuladas de forma que quanto maior o número indicado para o item específico, maior o grau de satisfação em relação àquele item. Todas as respostas foram correlacionadas com a questão específica de grau de conforto (questão 8), com os resultados apresentados na tabela 8.

Tabela 8: correlação entre os diversos parâmetros de conforto e o conforto (questão 8)

| Protetor | 1 pressão | 2 pratic | 3 dor | 4 calor | 5 isolam. | 6 peso | 7 uso | 9 comum. |
|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| Ativo | 0,08 | 0,84 | 0,57 | 0,34 | 0,11 | 0,05 | 0,02 | 0,14 |
| Agena | 0,17 | 0,75 | 0,79 | 0,79 | 0,25 | 0,12 | 0,21 | 0,44 |
| Bilsom | 0,64 | -0,34 | 0,99 | 0,46 | -0,12 | 0,32 | 0,44 | 0,20 |
| Média | 0,30 | ↑ eliminada | 0,79 | 0,53 | ↑ eliminada | 0,16 | 0,22 | 0,26 |

Nas questões 2 (quanto à praticidade, o protetor é *nada prático – muito prático*) e 5 (quanto à sensação de isolamento, te sentes *nada isolado – muito isolado*), ocorreram correlações positivas e negativas entre os diversos protetores. Essas questões, por isso, foram descartadas.

Os valores das pressões sobre a cabeça foram correlacionadas com os resultados do questionário de conforto – pergunta 1: Em relação à pressão exercida na cabeça, o protetor gera *Pouca pressão – Muita pressão*. O resultado indicou uma razoável correlação ($r = 0,59$), porém positiva. Como uma pressão elevada leva a uma situação de desconforto, já que ela pode levar à dor, a correlação deve ser negativa. Esses valores, assim, não explicam os resultados da questão 3: Quanto à dor, o protetor causa *Nenhuma dor – Muita dor*.

Uma possível explicação para essa discrepância pode estar no fato de que o maior grau de dor relatado pelos sujeitos, em relação ao protetor ativo, esteja relacionado também com o peso do protetor. O protetor ativo é muito mais pesado do que os demais, sendo aproximadamente 2,5 vezes mais pesado do que o akena, e 1,8 vezes mais pesado do que o Bilsom.

Determinou-se, também, através de testes ANOVA, as possíveis diferenças estatísticas entre os protetores, para os diversos itens de conforto, inclusive a questão direta *desconfortável – confortável*, utilizando-se o critério de diferença estatística quando $p < 0,05$. Esses resultados são apresentados na tabela 9, com os testes ANOVA para as questões 3 (dor) e 6 (peso), apresentados nas tabelas 10 e 11.

Tabela 9: Níveis de significância dos testes ANOVA, para os protetores

| Escala Bipolar | | <i>p</i> |
|----------------|------------------------------------|---------------|
| 1 | Pressão arco | 0,08 |
| 2 | Praticidade | 0,61 |
| 3 | Dor | 0,017 |
| 4 | Calor gerado | 0,89 |
| 5 | Sensação de isolamento | 0,39 |
| 6 | Peso | 0,0003 |
| 7 | Difícil – fácil de usar | 0,95 |
| 8 | Conforto | 0,24 |
| 9 | Facilita – dificulta a comunicação | 0,37 |

Tabela 10: resumo da tabela ANOVA para o quesito **dor**

Anova: fator único - questão 3 (dor)

RESUMO

| <i>Grupo</i> | <i>Contagem</i> | <i>Soma</i> | <i>Média</i> | <i>Variância</i> |
|--------------|-----------------|-------------|--------------|------------------|
| Ativo | 8 | 51,3 | 6,41 | 24,57 |
| Agena | 8 | 95,8 | 11,98 | 4,72 |
| Bilsom | 8 | 90,1 | 11,26 | 15,10 |

ANOVA

| <i>Fonte da variação</i> | <i>SQ</i> | <i>gl</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>valor-P</i> | <i>F crítico</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
| Entre grupos | 146,59 | 2 | 73,30 | 4,95 | 0,017 | 3,47 |
| Dentro dos grupos | 310,78 | 21 | 14,80 | | | |
| Total | 457,37 | 23 | | | | |
| d.p.entre médias Sx: | | | | | 1,36 | |
| Limite de decisão (3Sx): | | | | | 4,08 | |

Tabela 11: resumo da tabela ANOVA para o quesito **peso**

Anova: fator único - questão 6 (peso)

RESUMO

| <i>Grupo</i> | <i>Contagem</i> | <i>Soma</i> | <i>Média</i> | <i>Variância</i> |
|--------------|-----------------|-------------|--------------|------------------|
| Ativo | 8 | 43,4 | 5,43 | 11,02 |
| Agena | 8 | 106 | 13,23 | 4,84 |
| Bilsom | 8 | 81,4 | 10,18 | 13,89 |

ANOVA

| <i>Fonte da variação</i> | <i>SQ</i> | <i>gl</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>valor-P</i> | <i>F crítico</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
| Entre grupos | 247 | 2 | 123,61 | 12,46 | 0,0003 | 3,47 |
| Dentro dos grupos | 208 | 21 | 9,92 | | | |
| Total | 455 | 23 | | | | |

A única escala bipolar que satisfaz os critérios estatísticos de $p < 0,05$ e r (índice de correlação) acima de 0,45, conforme sugerido por Park e Casali, para o desenvolvimento do Índice de Conforto IC, é a da dor. A estratégia de serem eliminados os itens com pequena correlação com a escala de conforto (questão 8), e com diferenças pouco significantes, baseou-se, também, em Park e Casali (1991). Deve ser considerado, evidentemente, que com um número maior de sujeitos outros itens poderão apresentar correlações superiores a 0,45 e diferenças significativas entre si.

O item peso apresentou diferença estatística altamente significativa ($p < 0,0003$), porém com baixa correlação com o conforto. Ressalte-se que o peso foi corretamente avaliado pelos sujeitos, já que a correlação entre as respostas do questionário e os pesos dos protetores é de 0,99.

Consequentemente, para o caso estudado, o Coeficiente de Conforto, média dos itens que apresentam correlação $r > 0,45$, e com diferença estatística significativa entre as respostas relativas aos protetores, foi determinando unicamente com o item *Dor*.

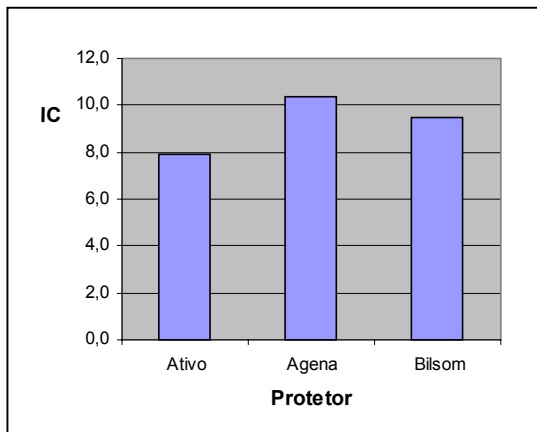


Fig. 12: Índice de Conforto (IC) determinado pela média das respostas (com exceção dos quesitos 2 e 5). $p = 0,14$

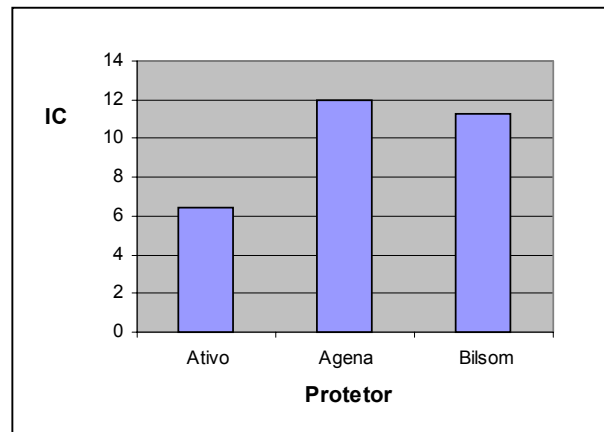


Fig. 13: Índice de Conforto (IC) determinado pelo quesito 3 (dor). $p = 0,017$

As médias gerais para todas as respostas (exceto quesitos 2 e 5) são apresentadas na figura 12, observando-se que o grau de significância p é de 0,14 ($> 0,05$), o que não confere aos resultados uma diferença estatisticamente significativa.

Esses resultados indicam que a dor foi o elemento preponderante para a classificação dos protetores testados. No item peso ocorreu diferença significativa, mas esse item não foi muito bem correlacionado com o conforto. Um maior número de sujeitos deverá possibilitar melhor discriminação entre os protetores, em relação aos demais itens de conforto.

O uso de tabelas bipolares possibilita a quantificação das respostas. O ambiente (temperatura e umidade ambiente, ventilação, tipo de trabalho) deve influenciar, também, as respostas. Note-se, por exemplo, que no quesito 8 (*desconfortável – confortável*), ocorreu melhoria nas respostas, entre os cinco primeiros testes (efetuados no verão, com temperaturas nos locais de trabalho entre 24 e 36 °C) e os últimas três testes, realizados no inverno (com temperaturas entre 18 e 24 °C). Essa variação está apresentada na tabela 12, onde são apresentados os valores médios de conforto (questão 8: *desconfortável – confortável*) e os respectivos desvios padrões. Conquanto as diferenças entre as respostas no verão e no inverno não apresentaram significância adequada, consideramos que essa tendência deve prevalecer com um número maior de amostras.

Tabela 12: respostas ao quesito 8 (conforto), conforme a época do teste

| Protetor | Testes iniciais (fev-abril) | Testes finais (julho) |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Ativo média | 5,0 | 11,0 |
| d. p. | 4,4 | 4,0 |
| Agna média | 7,8 | 12,6 |
| d. p. | 4,4 | 1,2 |
| Bilsom média | 10,4 | 12,1 |
| d. p. | 4,3 | 3,2 |

Em resumo, conclui-se que o protetor Ativo é menos confortável do que os outros dois (Agna e Bilsom), desconforto esse causado, principalmente, pelo registro, por parte dos usuários, de dor durante o seu uso ao longo de um dia de uso, em condições reais de trabalho numa fábrica. Pode-se, ainda, fazer as seguintes observações:

- a. Entre diferentes tipos de protetores tipo concha, não há diferenças significativas em alguns itens de conforto, os quais são mais inerentes ao tipo de protetor do que às suas características. É o caso da sensação de calor, praticidade, usabilidade (*difícil – fácil de usar*). Em todos esses itens questionados, as notas dadas foram iguais ou muito semelhantes.
- b. O item peso (diferença de peso entre os protetores) foi adequadamente observado pelos sujeitos, porém a correlação com o conforto foi baixa ($r = 0,16$).
- c. A sensação de calor apresentou uma correlação média ($r = 0,53$) com o conforto, indicando ser item importante na avaliação global do conforto de um protetor tipo

concha. Como todos os protetores desse tipo apresentam como inerentes ao produto o desenvolvimento de uma sensação de desconforto em dias quentes, era previsível que todos os protetores testados apresentassem uma nota baixa nesse quesito (principalmente no verão), sem diferenças maiores entre os tipos testados (as notas atribuídas foram em torno de 5, para todos eles).

Deve novamente ser ressaltado que o número de sujeitos testados não foi muito elevado (8 pessoas). Em testes dessa natureza alguns trabalhos, como o de Park e Casali (1991), reportam o uso de 40 sujeitos, o que possibilita uma grande melhoria da base estatística. O uso de um maior número de sujeitos, no caso desta monografia, foi dificultado, como já observado, pelas não existência de um número elevado de funcionários expostos à níveis elevados de ruído em baixa frequência (menos de 1000 Hz).

Análise do estresse pelo controle do cortisol urinário

Todos os testes foram realizados no primeiro turno de trabalho (6 às 14 horas), de modo a que não houvesse influência de outros fatores estressantes, que pudessem ocorrer durante o dia, antes do início do turno.

Foram sempre coletadas, em cada dia de teste, duas amostras urinárias. A primeira, logo ao levantar, e a segunda, próximo ao final do turno, por volta das 13:40 horas. As amostras foram inicialmente guardadas em isopor com gelo, e entregues, no final dos turnos, ao laboratório especializado, onde foram congeladas até o final das coletas.

Os resultados das determinações do cortisol urinário estão apresentadas na tabela 13 e na figura 14.

Tabela 13: Variações médias dos níveis de cortisol urinário ($\mu\text{g/dl}$)

| Protetor | Início dia | Fim turno | Diferença | Variação % |
|-----------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Ativo | 12,8 | 16,6 | 3,8 | 41 |
| Agna | 13,3 | 20,2 | 6,9 | 152 |
| Bilsom | 12,1 | 16,0 | 3,9 | 178 |

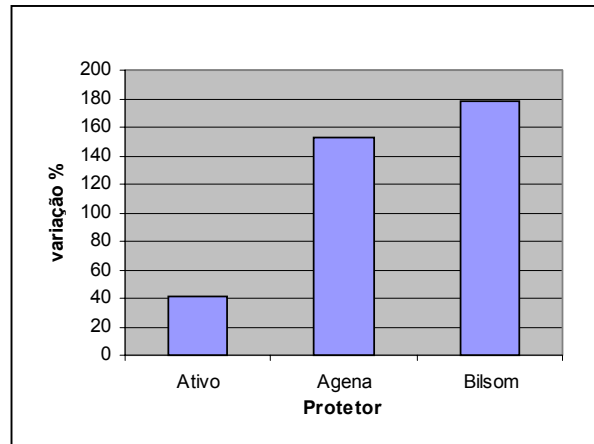


Fig. 14: variação percentual do cortisol urinário, entre o início do dia e o final da jornada

Conquanto os valores médios indicam uma menor variação para o protetor ativo, o que poderia indicar um menor estresse ao longo da jornada, esse resultado não foi estatisticamente significativo ($p = 0,54$), uma vez que dentro dos grupos as variações foram muito grande, resultando elevadas variâncias dentro dos mesmos.

Deste modo, não se pôde obter, nesse estudo, diferenças significativas entre os sujeitos, em relação às mensurações de cortisol urinário. Assim, devido talvez ao pequeno número de sujeitos amostrados, o cortisol urinário não se constituiu numa adequada ferramenta de mensuração do estresse, e de uma eventual correlação entre estresse e o conforto dos protetores, ou entre o estresse e a exposição aos diferentes níveis de ruído industrial, obtidos pelas diferentes características de atenuação dos protetores testados.

Capítulo 5 - Conclusões Finais

Na seleção de um protetor auricular deve-se levar em conta três fatores principais: atenuação, conforto e comunicação.

Conquanto que neste trabalho o fator comunicação verbal ou a sinais sonoros não foi um fator preponderante, já que não adequadamente registrado nas respostas dos sujeitos, ele nunca pode ser desprezado. Importante frisar que os dados e resultados obtidos nesse trabalho dizem respeito à situação específica encontrada no ambiente de trabalho estudado, pois as variáveis de conforto analisadas dependem de cada meio e situação. Por exemplo, numa situação onde a comunicação verbal é fundamental, esse item poderá ter relevância sobre os demais, e poderá implicar em outra seleção de protetor. Ainda, os sujeitos que testaram os protetores tinham suas audiometrias normais. Sujeitos com perdas auditivas poderão rejeitar protetores com maiores atenuações, ou atenuações elevadas nas altas frequências.

Tendo em vista, também, que a pesquisa foi realizada com poucos sujeitos, devido à dificuldade em se obter um número maior deles, no ambiente testado, os resultados com um número maior de amostras poderá mostrar outros resultados, inclusive em termos da época da realização dos testes (por isso, recomenda-se que esses testes sejam realizados em períodos ou condições ambientais diferentes).

Com relação ao desempenho, o protetor ativo testado, do tipo ANR (proActive 3000, da NCT), cuja atuação se baseia na emissão de um anti-ruído, apresentou uma atenuação moderada no ambiente testado (com predominância de ruídos na faixa de 500 Hz), superior a um protetor passivo barato e com baixa atenuação (Agena), mas inferior a um modelo passivo mais sofisticado, com elevada atenuação.

Deste modo, não há justificativa, nesse aspecto, para o elevado investimento nesse tipo de protetor (acima de US\$ 200), comparativamente a protetores passivos de alta eficiência, com custos da ordem de US\$ 30 (Bilsom).

O uso de dosímetros de ruído é um meio adequado e relativamente simples para a determinação das atenuações reais obtidas pelos protetores ativos tipo concha.

O uso de questionários de avaliação de conforto é uma ferramenta adequada e necessária para a escolha de diferentes tipos de protetores auriculares. O seu uso permite uma adequada quantificação dos resultados, de modo a se ter um bom registro de diferentes tipos e modelos de protetores.

O emprego de medições de cortisol urinário não demonstrou, pelo menos para pequenas amostras, ser um meio adequado para a determinação de diferentes condições estressantes no trabalho, em função de diferentes tipos de protetores, os quais poderiam gerar condições inadequadas de conforto e de exposição a diferentes níveis de ruído.

Trabalhos futuros

Os seguintes trabalhos poderão ser desenvolvidos, a partir desta monografia:

- a. Utilização do questionário na avaliação de diferentes protetores, inclusive de inserção (com a inclusão de algumas perguntas tipicamente relacionadas a esse tipo de protetor) numa empresa com um bom programa de conservação auditiva e grande número de empregados. Pelos resultados apresentados, poder-se-á fixar questões definidas para esse tipo de avaliação, para protetores concha e de inserção.
- b. Realizar novos testes com cortisol urinário, sob condições controladas e com um número maior de sujeitos e, talvez, no final de um período maior de uso de diferentes tipos de protetores (por exemplo, uma semana).
- c. Desenvolver dosimetrias com análises espectrais dos ruídos, para um melhor conhecimento dos ruídos a que estão expostos os funcionários (tanto protegidos quanto não protegidos).

Referências Bibliográficas

- Abel, S. e Spencer, D.; **Active Noise Reduction Versus Conventional Hearing Protection**; Canada: Scand Audiol 1997, 26: 155-167
- Azeres, P. e Miguel, A.; **Proteção Individual Auditiva: Eficiência vs. Conforto**; Lisboa: Revista Portuguesa de Ergonomia, 3 (5), p. 120-124, Fac. de Motricidade Humana, 1999
- Berger, E. *et al*; New Developments in Hearing Protection PDC #604; New Orleans: American Industrial Hygiene Association Exposition and Conference, 2001
- Billing, E. *et al*; **Psychosocial Variables in Female vs. Male Patients With Stable Angina Pectoris and Matched Healthy Controls**; Eur. J. Health, 1997, vol. 18:911-918, em Sparrenberger, F.; Associação entre Eventos Psicossociais e Mal Estar Psicológico: Um Estudo de Base Populacional, Pelotas, Rs: Pelotas: Monografia de Mestrado, Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pelotas, 2000
- Casali, J. e Mauney, D.; **Hearing Protector Attenuation: Physical vs. Psychophysical Measurement – a.k.a. MIRE vs. REAT**; Estados Unidos: Sound and Vibration, 55, pag. 20-27, 1995
- Casali, J.; Curso Internacional de Proteção Auditiva; S. Paulo: Centro Brasileiro de Segurança e Saúde Ocupacional, 1966
- Costa, E. e Kitamura, S.; **Órgãos dos Sentidos: Audição**; em Patologia do Trabalho, editado por René Mendes; Rio de Janeiro, Editora Atheneu, 1995
- Dobie, R.; **Medical-Legal Evaluation of Hearing Loss**; New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.
- Fundacentro; **Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento Técnico – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído (NHO 01)**; S. Paulo, 1999
- Gerges, S.; **Ruído – Fundamentos e Controle**; Florianópolis: NR Editora, 2^a Edição, 2000
- Hamemik, R. e Davis, R.; **Noise and Hearing Impairment – Occupational Health: Recognizing and Preventing Work Related Disease**; Edited by Levy, B. and Wegman, D; capítulo 17, Segunda Edição; Boston: Little Brown and Co., 1988
- Hiselius, P. e Hult, G.; **Los Protectores Auditivos y la Intelligibilidad del Habla**; Madrid: Mapfre Seguridad, 20 n. 79, tercer trimestre 2000

- Kwitko, A. *et al*; **Equipamento de Proteção Individual Auditivo de Atenuação Uniforme em Motoristas de Transporte Coletivo Urbano**; Trabalho patrocinado pela MAPFRE, não publicado; Porto Alegre, 1999.
- Kwitko, A.; **Tópicos em Audiometria Industrial e Programa de Conseqüência Auditiva**; S. Paulo: CIPA, 1993
- LARI – UFSC; **Anexo Informativo** constante nos laudos de determinação dos NRRSf de Protetores Auriculares; Santa Catarina, 2000
- McKinley, R. *et al*; **Estimated Reduction in Noise-Induced Hearing Loss by Application of NAR Headset**; em Abel, S. e Spencer, D.; Active Noise Reduction Versus Conventional Hearing Protection; Canada: Sound Audiol 1997, 26: 155-167
- Melamed, S. e Bruhis, S.; **The Effects of Chronic Industrial Noise Exposure on Urinary Cortisol, Fatigue, and Irritability**; USA: Journal of Occupational and Environmental Medicine, vol 38, n. 3, 1996
- Melnick, W.; **Human Temporary Threshold Shift (TTS) and Damage Risk**; USA: Journal of Acoustic Soc. of America, 1990, 147-154; em Dobie, R.; Medical-Legal Evaluation of Hearing Loss; New York: Van Nostrand Reinhold, pág 143, 1993
- Menezes, J. e Paulino, N.; **Efeitos do Ruído no Organismo**, em Manual Prático de Avaliação e Controle de Ruído – PPRA, Editado por Saliba, T.; S. Paulo: LTr Editora, 2000
- Miranda, C. e Dias, C.; **Perda Auditiva Induzida pelo Ruído em Trabalhadores em Bandas e Trios Elétricos de Salvador, Bahia**; São Paulo: Revista Brasileira de Saúde Ocupacional – Fundacentro: n. 93/94, vol. 25, dezembro 1998.
- Najem, R. *et al*; **Stressful Life Events and Risk of Symptomatic Kidney Stones**; Int. J. Epidemiol 1997, vol 26(5), 1017-1023; em Sparrenberger, F.; Associação entre Eventos Psicossociais e Mal Estar Psicológico: Um Estudo de Base Populacional, Pelotas, Rs: Pelotas: Monografia de Mestrado, Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pelotas, 2000
- NIOSH; **Criteria for a Recommended Standard – Occupational Noise Exposure**; Estados Unidos: National Institute for Occupational Safety and Health, 1998
- Park, M. e Casalli, J.; **An Empirical Study of Comfort Afforded by Various Hearing Protection Devices: Laboratory versus Field Results**; Inglaterra: Applied Acoustics vol 34, 151-159, 1991

Passchier-Vermeer, W.; **Hearing Loss Due to Exposure to Steady-State Broad Band Noise**; IG TNOReport 35; Delft, Netherland, 1968, em *The Noise Manual*, Editado por Berger *et al*, USA: AIHA, 5^a Ed. , pág 134, 2000

Patton, E.; **Ergonomic Hearing Protectors**; USA: Ergonomic in Design, Fall 2000, fls. 25-28

Schneck, M.; **Is Psychological Stress a Risk Factor for Cerebrovascular Disease?**; Neuroepidemiology 1997, vol 16, 174-179; em Sparrenberger, F.; **Associação entre Eventos Psicossociais e Mal Estar Psicológico:Um Estudo de Base Populacional**, Pelotas, Rs: Pelotas: Monografia de Mestrado, Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pelotas, 2000

Simpson, M. e Bruce, R.; **Noise in America: The Extent of Noise Problem**; Estados Unidos: U.S. Environmental Protection Agency, EPA Report n. 550/9-81-101, 1981.

Sparrenberger, F.; **Associação entre Eventos Psicossociais e Mal Estar Psicológico:Um Estudo de Base Ppulacional, Pelotas, Rs**: Pelotas: Monografia de Mestrado, Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pelotas, 2000

Ward, W. *et al*; **Anatomy and Physiology of the Ear: Normal and Damaged Hearing**; *The Noise Manual*, Editato por Berger *et al*; USA: AIHA, 5^a Edição, pag 133, 2000

WHO; **Community Noise**; Archives of the Center for Sensory Research, Edited by Berglund, B. e Lindvall, T, prepared for World Health Organization by Stockolm University, Sweden; em **The Noise Manual**; Edited by Berger et al, 4^a Edição; Fairfax, VA, Estados Unidos, AIHA Press, 2000.

Anexos

Análise dos Protetores (pág. 45): Apresenta, para cada sujeito, os resultados das medições de conforto, valores de cortisol (com diferenças entre início e final da jornada, e respectivas variações), idade do funcionário, tempo de casa (primeiro número) e na função (segundo número), ruído ambiente e ruído protegido (atenuações determinadas pelas diferenças).

Análises ANOVA (páginas 46 a 51): Apresentam os cálculos estatísticos (ANOVA) para as diferentes variáveis de conforto estudadas e das variações do cortisol urinário.

Tabelas de ruídos ambientais e protegidos, e variáveis de conforto em valores Z (pág. 52): Apresentam os valores de ruído ambiental e protegidos (e cálculo das respectivas atenuações), bem como as diferenças entre os ruídos em dB(C) e dB(A), as quais fornecem indicações da zona de frequências dos ruídos (quando $\text{dB(C)} - \text{dB(A)}$ ou $C-A > 3$, os ruídos já podem ser considerados em baixa frequência. Na segunda tabela, os valores das questões de conforto foram transformadas em valores Z, para verificação da possível ocorrência de valores além de ± 3 desvios padrões (que seriam descartados).

Equipamentos utilizados (pág. 53): Apresenta a listagem dos equipamentos utilizados nas medições de ruído.

Atenuações dos protetores testados (pág. 54): Proteções oferecidas por cada protetor, para cada frequência, e respectivos desvios padrões. Para o protetor ativo, as atenuações referem-se ao protetor com o sistema de cancelamento de ruído desligado (como protetor passivo).

Cálculo das atenuações dos protetores, pelo método longo (pág. 55): Cálculos das proteções oferecidas, conforme atenuações para cada banda de frequência. As proteções finais foram diminuídas de 25%, conforme recomendação da NIOSH (NIOSH, 1998) para esse tipo de protetor (cálculos a partir dos valores obtidos para a determinação do NRR), exceto para o protetor Pomp Plus, protetor de inserção, e cujos valores referem-se às medições *Sf* (*Subject Fit*, ou colocação pelo sujeito, sem interferência do fabricante ou do laboratório de teste). Observar que no método longo é deduzido da atenuação média dois desvios padrões, enquanto que no cálculo do NRRSf é utilizada uma dedução de apenas um desvio padrão.

Folheto do protetor ativo utilizado nos experimentos (pág. 56): folheto promocional do protetor ativo proActive 3000, da empresa Noise Cancellation Technologies, Inc, dos Estados Unidos.

Glossário (pág. 57): Glossário dos principais termos técnicos utilizados na trabalho.

ANÁLISE DOS PROTETORES

| Sujeito | Idad | T casa T funcç | Prot | Ruído Amb. | Aten. méd | R. Prot corr | Questionário sobre Conforto | | | | | | | | | | Cortisol | | | | | |
|-------------|------|-------------------|---|---------------|--------------|-----------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----------|------|-------|------|-------|-------|
| | | | | | | | -1 | 2 | -3 | -4 | 5 | -6 | 7 | 8 | -9 | -2 -5 | 3/8 | 1a9 | Inic. | Fim | Dif | Var % |
| Ismael | 33 | 3 | Ativo | 92,0 | 13,7 | 78,3 | 5,3 | 2,3 | 0,0 | 6,6 | 11,8 | 7,5 | 14,9 | 0,0 | 15,0 | 7,0 | 0,0 | 7,0 | 13,0 | 15,2 | 2,2 | 17 |
| Ismael | | 2 | Agena | 92,2 | 11,9 | 82,9 | 4,9 | 15,0 | 12,9 | 4,2 | 2,8 | 14,9 | 14,9 | 7,7 | 7,1 | 9,5 | 10,3 | 9,4 | | | | |
| Ismael | | | Bilsom | 94,9 | 29,3 | 68,2 | 0,0 | 15,0 | 5,8 | 1,9 | 8,3 | 10,6 | 15,0 | 4,9 | 14,9 | 7,6 | 5,4 | 8,5 | | | | |
| Laércio | 23 | 4 | Ativo | 90,5 | 13,6 | 79,5 | 2,9 | 10,8 | 3,7 | 3,7 | 13,0 | 3,4 | 13,4 | 10,6 | 13,1 | 7,3 | 7,2 | 8,3 | 10,2 | 18,0 | 7,8 | 76 |
| Laércio | | 3 | Agena | 89,8 | 5,5 | 86,9 | 13,7 | 12,1 | 13,5 | 5,3 | 5,1 | 12,3 | 12,6 | 9,9 | 8,6 | 10,8 | 11,7 | 10,3 | 15,0 | 18,7 | 3,7 | 25 |
| Laércio | | | Bilsom | 91,3 | 23,3 | 70,6 | 1,5 | 6,8 | 13,7 | 1,3 | 13,7 | 7,9 | 13,5 | 13,5 | 13,3 | 9,2 | 13,6 | 9,5 | 10,3 | 31,0 | 20,7 | 201 |
| Vanderlei | 31 | 5 | Ativo | 98,4 | 13,8 | 87,2 | 1,9 | 12,7 | 9,7 | 1,8 | 0,4 | 1,9 | 6,9 | 6,2 | 13,3 | 6,0 | 8,0 | 6,1 | 14,6 | 8,8 | -5,8 | -40 |
| Vanderlei | | 4 | Agena | 100,6 | 6,5 | 96,7 | 14,4 | 11,6 | 14,8 | 5,3 | 11,2 | 14,4 | 14,6 | 13,2 | 14,3 | 13,0 | 14,0 | 12,6 | 10,9 | 15,8 | 4,9 | 45 |
| Vanderlei | | | Bilsom | 100,4 | 20,0 | 83,0 | 8,6 | 10,4 | 13,7 | 2,2 | 3,9 | 14,7 | 13,0 | 13,1 | 14,8 | 11,4 | 13,4 | 10,5 | 12,9 | 10,7 | -2,2 | -17 |
| José Carlos | 39 | 9 | Ativo | 94,5 | 19,3 | 77,8 | 13,8 | 1,1 | 8,3 | 1,0 | 7,1 | 8,0 | 13,8 | 1,3 | 8,2 | 7,8 | 4,8 | 7,0 | 2,3 | 5,3 | 3,1 | 135 |
| José Carlos | | 9 | Agena | 102,1 | 11,7 | 93,0 | 13,8 | 1,0 | 8,3 | 0,9 | 7,1 | 14,6 | 13,8 | 1,3 | 8,2 | 8,7 | 4,8 | 7,7 | 1,5 | 11,4 | 9,9 | 676 |
| José Carlos | | | Bilsom | 99,1 | 32,3 | 69,4 | 13,8 | 13,5 | 13,7 | 7,9 | 13,7 | 14,6 | 13,8 | 13,8 | 8,0 | 12,2 | 13,8 | 12,5 | 1,3 | 14,1 | 12,8 | 1002 |
| Cleiton | 27 | 4 | Ativo | 95,6 | 11,1 | 87,1 | 3,4 | 11,5 | 1,4 | 1,3 | 9,3 | 5,5 | 13,3 | 7,1 | 4,3 | 5,2 | 4,3 | 6,3 | 19,6 | 37,8 | 18,2 | 93 |
| Cleiton | | 3 | Agena | 95,1 | 5,2 | 92,5 | 7,5 | 7,4 | 9,5 | 2,2 | 11,1 | 8,2 | 11,3 | 6,7 | 3,9 | 7,0 | 8,1 | 7,5 | 22,7 | 49,0 | 26,3 | 116 |
| Cleiton | | | Bilsom | 96,4 | 29,4 | 69,6 | 2,7 | 9,1 | 5,8 | 1,8 | 13,0 | 5,8 | 6,4 | 6,6 | 1,9 | 4,4 | 6,2 | 5,9 | 20,1 | 18,5 | -1,6 | -8 |
| Cláudio | 38 | 4 | Ativo | 94,9 | | | 9,8 | 3,7 | 4,0 | 11,5 | 12,9 | 1,8 | 8,6 | 6,7 | 10,3 | 7,5 | 5,4 | 7,7 | 16,1 | 7,9 | -8,2 | -51 |
| Cláudio | | 3 | Agena | 92,5 | | | 10,0 | 8,5 | 12,4 | 2,6 | 5,9 | 13,8 | 13,0 | 11,7 | 6,3 | 10,0 | 12,1 | 9,4 | 28,3 | 13,2 | -15,1 | -53 |
| Cláudio | | | Bilsom | 95,0 | | | 7,1 | 11,1 | 8,5 | 6,7 | 11,6 | 8,1 | 11,3 | 8,5 | 6,8 | 8,1 | 8,5 | 8,9 | 5,1 | 9,7 | 4,6 | 90 |
| Juraci | 32 | 3 | Ativo | 90,7 | | | 8,7 | 13,8 | 9,5 | 9,7 | 13,7 | 4,0 | 13,7 | 11,6 | 13,5 | 10,1 | 10,6 | 10,9 | 12,7 | 19,9 | 7,2 | 57 |
| Juraci | | 2 | Agena | 96,5 | | | 11,9 | 13,9 | 13,2 | 8,0 | 10,4 | 13,2 | 14,0 | 13,9 | 13,8 | 12,6 | 13,6 | 12,5 | 5,8 | 14,1 | 8,3 | 143 |
| Juraci | | | Bilsom | 93,9 | | | 7,3 | 13,8 | 14,1 | 11,6 | 12,1 | 13,6 | 13,9 | 13,3 | 13,2 | 12,4 | 13,7 | 12,5 | 13,7 | 18,5 | 4,8 | 35 |
| João Darci | 24 | 3 | Ativo | 100,1 | | | 12,8 | 14,0 | 14,7 | 7,6 | 7,0 | 11,3 | 14,0 | 14,6 | 12,8 | 12,5 | 14,7 | 12,1 | 14,1 | 20,3 | 6,2 | 44 |
| João Darci | | 3 | Agena | 95,5 | | | 12,5 | 13,8 | 11,2 | 7,9 | 7,0 | 14,4 | 14,0 | 12,2 | 5,1 | 11,0 | 11,7 | 10,9 | 8,8 | 19,0 | 10,2 | 116 |
| João Darci | | | Bilsom | 94,0 | | | 9,6 | 7,4 | 14,8 | 7,8 | 5,4 | 6,1 | 14,5 | 14,6 | 7,5 | 10,7 | 14,7 | 9,7 | 21,2 | 9,3 | -11,9 | -56 |
| Médias | 31 | 4 | 96,6 dB(A)/s prat dor cal isol peso uso conf com | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | Aten.: NPSamb-NPSint+1,3 (TFOE) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Equipamentos utilizados

Os seguintes equipamentos foram utilizados, todos de propriedade do autor:

- Sistem 824, da Larson Davis, para a determinação de NPS em bandas de 1/3 de oitavas, tipo I, com as seguintes características principais:

Microfone tipo condensador, de ½ pol com pré amplificador

Faixa de trabalho de 20 a 130 dB, com possibilidade de utilização de um ganho adicional de 20 dB (para locais com baixo nível de ruído), ou de uma redução da sensibilidade de 20 dB, para medições em locais com elevados níveis de ruído.

- Cal 2000, da Larson Davis, para a calibração do sonômetro Sistem 824, a 94 e 114 dB, a 1000 Hz.
- Dosímetros Q100, Q300 e Q400, da Quest Electronics, todos do tipo II, com as seguintes características principais:

Faixa de trabalho: 40 a 140 dB

Microfone com diâmetro de 8 mm cerâmico omnidirecional (capaz de receber sinais de todas as direções), com resposta de frequências conforme figura 15.

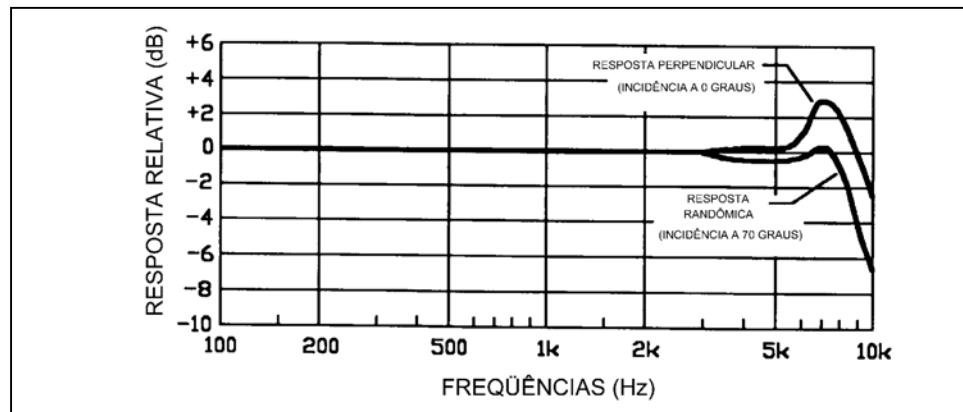


Fig. 15: Resposta dos microfones Quest utilizados, às diferentes frequências

- Calibrador QC-10, da Quest Electronics, para calibração dos dosímetros Quest, a 114 dB, em 1000 Hz.

Atenuações dos protetores testados

Protetor Pomp Plus – NRRSf: 17

| Frequência | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 3150 | 4000 | 6300 | 8000 |
|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Média (dB) | 22,1 | 21,5 | 23,9 | 23,5 | 28,1 | 30,4 | 29,2 | 32,7 | 38,4 |
| Desvio Padrão (dB) | 6,3 | 7,3 | 6,8 | 5,9 | 5,0 | 6,4 | 6,9 | 10,0 | 8,5 |

Conforme ANSI S12.6 – 1997, parte B – Laboratório de Ruído Industrial (LARI), relatório de ensaio 010/99, fornecido pelo fabricante do protetor.

Protetor Agena CA 4398 – NRR: 18

| Frequência | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 3150 | 4000 | 6300 | 8000 |
|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Média (dB) | -0,5 | 14,5 | 18,3 | 30,5 | 36,9 | 40,6 | 34,2 | 38,9 | 39,2 |
| Desvio Padrão (dB) | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 1,4 | 1,3 | 0,5 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |

Laudo 005/97 – Laboratório de Ruído Industrial (LARI), conforme página da internet, do Ministério do Trabalho e Emprego (www.mte.gov.br)

Protetor Bilsom – NRR: 27

| Frequência | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 3150 | 4000 | 6300 | 8000 |
|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Média (dB) | 26,5 | 31,2 | 36,0 | 31,7 | 31,4 | 33,6 | 36,4 | 37,3 | 37,6 |
| Desvio Padrão (dB) | 3,1 | 3,2 | 2,1 | 1,7 | 2,2 | 2,0 | 1,6 | 2,7 | 2,6 |

Conforme ANSI S3.19 – 1974. Dados informados na embalagem do produto.

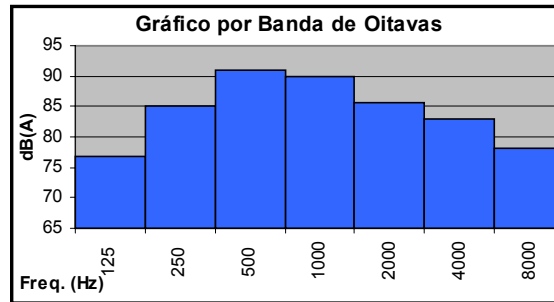
Protetor Ativo ProActive 3000 – NRR 16

| Frequência | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 3150 | 4000 | 6300 | 8000 |
|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Média (dB) | 6,2 | 13,0 | 27,5 | 35,4 | 37,3 | 41,4 | 39,2 | 39,6 | 38,7 |
| Desvio Padrão (dB) | 3,8 | 3,6 | 2,9 | 2,1 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 3,3 | 3,1 |

Conforme ANSI S3.19 – 1974. Dados conforme relatório de ensaio 0696, do LARI da UFSC, de 24/10/96

DETERMINAÇÃO DAS ATEN. DOS PROTETORES
UCHIDA 22/6/01
NPS POR BANDAS OITAVA

| Freq | Valor dB(A) |
|-----------------|----------------|
| 125 | 76,7 |
| 250 | 85,2 |
| 500 | 91,0 |
| 1000 | 89,9 |
| 2000 | 85,6 |
| 4000 | 82,9 |
| 8000 | 78,0 |
| dB total | 95,1 |



POMP PLUS - NNRSf = 17 dB

| Frequências | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Total |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|
| a Sem Protetor | 76,7 | 85,2 | 91,0 | 89,9 | 85,6 | 82,9 | 78,0 | 95,1 |
| b Atenuação | 22,1 | 21,5 | 23,9 | 23,5 | 28,1 | 29,8 | 35,6 | |
| c d. padrão | 6,3 | 7,3 | 6,8 | 5,9 | 5,0 | 6,7 | 9,3 | |
| d 2 desvios padrões | 12,6 | 14,6 | 13,6 | 11,8 | 10,0 | 13,3 | 18,5 | |
| Atenuação(98% conf) | 9,5 | 6,9 | 10,3 | 11,7 | 18,1 | 16,5 | 17,05 | |
| C/ Protetor | 67,2 | 78,3 | 80,7 | 78,2 | 67,5 | 66,4 | 61,0 | 84,3 |

ATENUAÇÃO TOTAL: 10,8

AGENA CA 4398 - NRR = 18 dB

| Frequências | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Total |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|
| a Sem Protetor | 76,7 | 85,2 | 91,0 | 89,9 | 85,6 | 82,9 | 78,0 | 95,1 |
| b Atenuação | -0,5 | 14,5 | 18,3 | 30,5 | 36,9 | 37,4 | 39,1 | |
| c d. padrão | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 1,4 | 1,3 | 0,8 | 1,3 | |
| d 2 desvios padrões | 1,6 | 1,8 | 1,2 | 2,8 | 2,6 | 1,6 | 2,5 | |
| Atenuação(98% conf) | -2,1 | 12,7 | 17,1 | 27,7 | 34,3 | 35,8 | 36,55 | |
| C/ Protetor | 78,8 | 72,5 | 73,9 | 62,2 | 51,3 | 47,1 | 41,5 | 80,8 |

ATENUAÇÃO TOTAL: 14,3 75% AT: 10,7

BILSOM - NRR = 27

| Frequências | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Total |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|
| a Sem Protetor | 76,7 | 85,2 | 91,0 | 89,9 | 85,6 | 82,9 | 78,0 | 95,1 |
| b Atenuação | 36,5 | 31,2 | 36,0 | 31,7 | 31,4 | 35,0 | 37,5 | |
| c d. padrão | 3,1 | 3,2 | 2,1 | 1,7 | 2,2 | 1,8 | 2,7 | |
| d 2 desvios padrões | 6,2 | 6,4 | 4,2 | 3,4 | 4,4 | 3,6 | 5,3 | |
| Atenuação(98% conf) | 30,3 | 24,8 | 31,8 | 28,3 | 27 | 31,4 | 32,15 | |
| C/ Protetor | 46,4 | 60,4 | 59,2 | 61,6 | 58,6 | 51,5 | 45,9 | 66,4 |

ATENUAÇÃO TOTAL: 28,7 75% AT: 21,6

ProActive 3000 - NRR = 16 (c/ passivo)


| Frequências | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Total |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|
| a Sem Protetor | 76,7 | 85,2 | 91,0 | 89,9 | 85,6 | 82,9 | 78,0 | 95,1 |
| b Atenuação | 6,2 | 13,0 | 27,5 | 35,4 | 37,3 | 40,3 | 39,2 | |
| c d. padrão | 3,8 | 3,6 | 2,9 | 2,1 | 1,5 | 1,5 | 3,2 | |
| d 2 desvios padrões | 7,6 | 7,2 | 5,8 | 4,2 | 3,0 | 2,9 | 6,4 | |
| Atenuação(98% conf) | -1,4 | 5,8 | 21,7 | 31,2 | 34,3 | 37,4 | 32,75 | |
| C/ Protetor | 78,1 | 79,4 | 69,3 | 58,7 | 51,3 | 45,5 | 45,3 | 82,1 |


ATENUAÇÃO TOTAL: 13,0 75% AT: 9,8

Em todos os cálculos, os valores das atenuações para 3150 e 4000, e 6300 e 8000 Hz, e respectivos desvios padrões, foram calculados pelas médias entre os pares de valores


Folheto do protetor ativo utilizado nos experimentos

F A C T S H E E T





The Quiet Revolution™

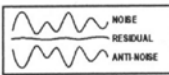


proACTIVE 3000™
This revolutionary cordless hearing protector combines a high-performance industrial ear muff with the added benefit of active low-frequency noise reduction to provide unmatched protection. The power supply and electronics are built into the headphone for maximum mobility.

Designed for maximum protection, the **proACTIVE 3000** is a true breakthrough for the industrial worker. This product combines a comfortable, high-performance industrial ear muff with the added benefit of active low-frequency noise reduction to provide the most complete level of hearing protection available. The unique design of the **proACTIVE 3000** is completely cordless--the rechargeable nickel cadmium (Ni-Cd) battery module and electronics are integrated into the ear muff, allowing for the ultimate in mobility, comfort and safety.

Why is "active" important?
 Low-frequency engine, motor, and fan noise is prevalent in many industrial settings and workers are not sufficiently protected with a standard passive muff.

Active noise reduction (ANR) technology is the only truly effective defense against low-frequency noise. Low-frequency noise consists of broadband and/or tonal waves which travel great distances. Passive barriers are easily penetrated by low-frequency noise waves. The electronic coupling of a low-frequency noise wave with its exact mirror image, called "anti-noise" cancels this noise.



Performance:

Active: ANR - Up to 20dB attenuation within a 30 to 500 Hz frequency bandwidth.

Passive: NRR - 23dB

Features:

- Electronic noise reduction
- Unique cordless, self-contained design
- Only 20 oz. including battery pack
- Rechargeable Ni-Cd battery module (full battery charge lasts at least 12 hours)
- LED on/off indicator
- Audible low battery indicator
- Input for portable audio devices
- Pivoting ear cups for optimum fit
- Comfortable, form-fitting ear cushions
- Adjustable, thickly cushioned headband for comfort
- Water-resistant materials for safety and easy maintenance

Audio input:
 Workers in repetitive jobs often listen to music through portable audio devices. In a noisy environment music must be overamplified to be audible. This interferes with communication and can lead to hearing damage. The **proACTIVE 3000** can be used in conjunction with audio devices for enhanced sound quality with background noise reduction, thereby diminishing the detrimental effects of overamplification.

Glossário

| | |
|-----------------------|--|
| CA | Certificado de Aprovação (dos Equipamentos de Proteção Individual – EPIs), expedidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Só poderão ser utilizados EPIs com o CA. |
| dB (decibel) | A unidade usada para expressar o Nível de Pressão Sonora. Por definição, $dB = 20 \log P_1/P_0$, onde P_0 é a pressão de referência ($0,00002 \text{ N/m}^2$). |
| dB(A) | Nível sonoro em decibéis, na escala A de um sonômetro. A escala A discrimina as baixas frequências (como o ouvido humano) e é a mais adequada para as medições gerais de ruído sem impacto. |
| Dosímetro | Equipamento de mensuração de ruído, que acumula os níveis de pressão sonora medidos, calculando no final a dose de ruído. Uma dose de 100% ou 1 é equivalente ao ruído acumulado máximo permitido (em relação ao nível critério de 85 dB). No Brasil, é considerado insalubre exposições acima da dose unitária, sem proteção, o que equivale a uma exposição de 85 dB(A) por oito horas. |
| Fator de dobra | Refere-se como é calculada a média da energia sonora em relação ao tempo. Utilizando-se a escala em decibel (dB), para todo o período de tempo em que a energia sonora dobra, o nível medido aumenta de 3 dB. Este valor é denominado fator de dobra. No Brasil, o fator de dobra utilizado é de 5, ou seja, a cada aumento de 5 dB no ruído médio, o tempo de exposição permitido cai à metade. Ou inversamente, a cada redução de 5 dB, o tempo permitido de exposição ao ruído dobra. |
| Leq | Nível Equivalente de Ruído, ruído médio que possui a mesma energia acústica do ruído variável ao longo do tempo medido. |
| NRR | Nível de Redução Sonora (ou de Ruído), equivalente à mesma sigla em inglês (Noise Reduction Rating). É um número único que permite avaliar a proteção oferecida pelo protetor, e o seu valor é calculado pela diferença entre um ruído rosa (com a mesma intensidade em todas as bandas de frequência, entre 125 e 8000 Hz), corrigido para a escala C, e os ruídos de exposição (com o protetor |

auricular), para cada frequência, em dB(A) (considerando-se um percentil de 98 % ou dois desvios padrões). Ao valor final calculado de exposição, em dB(A), é subtraído o valor 3, o que garante uma correção em relação à sobre-estimativa. Assim,

$$\text{NRR} = \text{Nível Sonoro Não Protegido em dB(C)} - \text{Nível Sonoro Protegido em dB(A)} - 3.$$
 Os participantes do ensaio são indivíduos treinados na utilização dos protetores, e são orientados na sua colocação, antes da realização dos ensaios. Pode-se dizer que o NRR determinado é o valor máximo possível de ser obtido na determinação da atenuação, sendo esse valor muito acima daquele obtido no mundo real.

NRRSf

A determinação do NRRSf (*NRR Subject Fit*, ou Vestido pelo Sujeito), determinado conforme a norma ANSI S12.6 – 97, método B, utiliza participantes que desconhecem o uso de protetores, assim como não podem ser orientados para a sua colocação, devendo apenas seguir as orientações que constam nas embalagens nas quais o produto é comercializado. Os valores de atenuação obtidos por essa metodologia se aproximam mais da atenuação em uso real (LARI – UFSC, 2000). Assim, esses valores são inferiores aos NRR.