

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**COMPORTAMENTO DE TRÊS PROTETORES
AURICULARES TIPO CONCHA, EM AMBIENTES
COM RUÍDOS EM BAIXA FREQUÊNCIA**

Rudolf M. Nielsen

Porto Alegre, 2001

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Comportamento de Três Protetores Auriculares Tipo Concha,
Em Ambientes com Ruídos em Baixa Frequência**

Rudolf M. Nielsen

Orientadora: Professora Lia Buarque de Macedo Guimarães Ph. D.

Banca Examinadora:

**Alberto Tamagna, Dr.
Prof. Depto. Eng. Mecânica / UFRGS**

**Anamaria de Moraes, Dra.
Prof^a. PUCRJ**

**Samir Gerges, Ph. D.
Prof. Depto. Eng. Mecânica / UFSC**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção como requisito parcial à obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Área de concentração: Gestão da Produção

Porto Alegre, agosto de 2001

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph. D.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Luís Antônio Lindau, Ph. D.

Coordenador PPGEPP/UFRGS

Banca Examinadora:

Alberto Tamagna, Dr.

Prof. Depto. Eng. Mecânica / UFRGS

Samir Gerges, Ph. D.

Prof. Depto. Eng. Mecânica / UFSC

Anamaria de Moraes, Dra.

Prof^a. PUCRJ

AGRADECIMENTOS

Àqueles que sempre me incentivaram a continuar, principalmente à minha orientadora, Prof. Lia Buarque de Macedo Guimarães.

À Primo Tedesco – Divisão de Embalagens, pela possibilidade de realizar experimentos na fábrica de Canoas.

Ao Prof. Samir Gerges, da Universidade Federal de Santa Catarina, que propiciou diversas mensurações no Laboratório de Ruído Industrial.

ÍNDICE

Capítulo 1 – Introdução	1
Objetivos do trabalho	3
Objetivos específicos	3
Hipóteses	3
O tema e sua importância	4
Justificativa	6
Escopo e delimitação do trabalho	7
Estrutura do trabalho	8
Capítulo 2 – Análise Bibliográfica	9
Capítulo 3 – Experimentações de campo – materiais e métodos	18
Escolha do local	18
Os protetores auriculares escolhidos	20
Determinação das atenuações pelo método MIRE	24
Análise de conforto – método subjetivo	25
Análise de conforto – método objetivo	28
Os sujeitos	29
Capítulo 4 – Resultados e discussão dos experimentos	30
Níveis médios de exposição e atenuação dos protetores	30
Análise subjetiva do conforto – respostas ao questionário	32
Análise do estresse pelo controle do cortisol urinário	37
Capítulo 5 – Conclusões finais	39
Trabalhos futuros	40
Referências bibliográficas	41
Anexos	44
Tabelas diversas e resultados ANOVA	45
Equipamentos utilizados	53
Atenuações dos protetores testados	54
Determinação das atenuações dos protetores	55
Folheto protetor ativo	56
Glossário	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Função de Transferência do Ouvido Aberto	17
Figura 2: Vista geral da linha de fabricação de papelão UCHIDA	18
Figura 3: Espectro de frequências do ruído junto à máquina UCHIDA	19
Figura 4: Gráfico de dosimetria em operador da máquina UCHIDA	19
Figura 5: Protetor Agena	20
Figura 6: Protetor Bilsom	21
Figura 7: Protetor Ativo	21
Figura 8: Diagrama de blocos de um sistema ANR	22
Figura 9: Equipamento para a determinação da força exercida pelo arco	23
Figura 10: Sujeito vestindo o protetor ativo e com os dosímetros	25
Figura 11: Exemplo de questão formulada, no questionário de conforto	26
Figura 12: Índice de Conforto determinado pela média das respostas	35
Figura 13: Índice de Conforto determinado pelo quesito dor	35
Figura 14: Gráfico com a variação percentual do cortisol urinário	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadro de atenuações dos protetores passivos	22
Tabela 2: Atenuações do protetor Pomp Plus	22
Tabela 3: Peso dos protetores e força exercida pelos arcos dos protetores	23
Tabela 4: Área das almofadas e pressões exercidas pelos arcos dos protetores	24
Tabela 5: Grade bipolar de avaliação do conforto	25
Tabela 6: Características dos sujeitos	29
Tabela 7: Níveis de atenuação dos protetores e ruídos protegidos	30
Tabela 8: Correlações entre os diversos parâmetros de conforto e o conforto	32
Tabela 9: Níveis de significância dos testes ANOVA para os parâmetros	33
Tabela 10: Resumo da tabela ANOVA para o quesito dor	34
Tabela 11: Resumo da tabela ANOVA para o quesito peso	34
Tabela 12: Respostas ao quesito conforto conforme a época do teste	36
Tabela 13: Variações médias dos níveis de cortisol urinário	37

RESUMO

Esta dissertação consiste no estudo comparativo entre três tipos básicos de protetores auriculares do tipo concha (modelo simples de baixo preço e baixo NRR, modelo sofisticado, de maior custo e com NRR elevado, e modelo ativo com circuito eletrônico de cancelamento de ruído), tanto quanto ao conforto quanto às reais atenuações oferecidas pelos mesmos, num ambiente industrial com elevados níveis de ruído e de baixa frequência (com predominância na faixa de 500 Hz). Para a análise dos protetores foram utilizadas a técnica MIRE (*Miniature Microphone in Real-Ear*, ou Microfone Miniatura no Ouvido Real) de avaliação do nível de atenuação, o uso de questionários de conforto, e medições de cortisol urinário, para a avaliação do estresse no trabalho. Os resultados indicaram que o protetor ativo não apresentou os resultados esperados em termos de atenuação, o que não justifica o seu elevado custo, e apresentou a pior condição de conforto entre os três tipos estudados. As medições do cortisol urinário, por sua vez, não apresentaram resultados que pudessem ser úteis na escolha do melhor modelo de protetor tipo concha.

Palavras chave: Protetor ativo, protetores tipo concha, cortisol urinário, estresse, conforto, atenuação.

ABSTRACT

This Dissertation is a comparative study between three different Hearing Protection Device (HPD) – earmuff type - (one simple, cheap and with low NRR, another more sophisticated, more expensive with high NRR, with good attenuation in low frequencies range; and an active model containing an electronic circuit for active noise reduction – ANR type). The HPD were compared according to comfort and to actual noise attenuation attained in an industrial workplace with high level of low-frequency sounds (predominantly at 500 Hz). Level of noise attenuation was measured by the Miniature Microphone in Real- Ear (MIRE) technique. For assessing comfort, a structured questionnaire was applied by a trained interviewer. Levels of cortisol were measured in urine samples for estimating stress at work. The results showed that, besides of being reported by workers as the less comfortable type for using, the active HPD failed to reach the expected degree of noise attenuation. Levels of urinary cortisol were not useful for discriminating important differences between the three HPD types. In summary, this study suggests that in terms of hearing loss protection and comfort, the high cost of the active HPD is not justified.

Key words: active noise reduction, earmuff, hearing protection device, urinary cortisol, stress, confort, noise attenuation