

Avaliação do reconhecimento da fala em usuários de protetores auditivos

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

Resumo

Embora não seja o método mais adequado de combate ao ruído, o protetor auricular é o equipamento mais usado para prevenir a Perda de Audição Induzida por Ruído (PAIR). Porém, ao mesmo tempo em que protegem o trabalhador, os protetores interferem na comunicação, influenciando no entendimento da voz.

Nesta pesquisa verificou-se a influência dos protetores auriculares (plugues e conchas) na inteligibilidade da voz. Foram usadas como variáveis independentes: 5 condições de uso dos EIAs (sem protetor, 2 plugues e duas conchas); um tipo de ruído de fundo (ruído rosa); 4 níveis de teste (60, 70, 80 e 90 dB(A)); 6 relações sinal/ruído (sem ruído, +5, +10, zero, -5 e -10 dB); 5 repetições para cada caso, totalizando 600 ensaios, com 10 monossílabos em cada. A variável mensurada foi a porcentagem de acerto de palavras (monossílabos) no teste (Índice de discriminação de fala (IDF)). Os ensaios foram realizados no Laboratório de Acústica e Vibrações da Unesp, câmpus de Bauru.

Os resultados mostraram que, para os menores níveis (60 e 70 dB), os protetores diminuem a inteligibilidade da fala (quando comparada com a situação sem protetor); para os níveis de 80 e 90 dB e relações sinal/ruído desfavoráveis (0, -5 e -10 dB), os protetores melhoraram a inteligibilidade. Quanto a comparação entre protetores, os plugues oferecem uma melhor eficiência no reconhecimento da fala, chegando a melhorar em 30 % os índices em relação a situação sem protetor. Notou-se que, quanto mais plana a curva de atenuação do protetor, melhores os seus índices de inteligibilidade.

Palavras chave: Ruído, Protetor auditivo, Segurança do trabalho.

1. Introdução

O ruído é o tipo de poluição que perturba o maior número de pessoas na civilização moderna. Nos USA, em 1990, era estimado em 138 milhões o número de americanos expostos a níveis médios diários de ruído acima de 55 dB, considerado como limite de conforto para a população (BERGLUND and LINDVALL, 1990). Em países em desenvolvimento, a situação é pior: a cidade do Rio de Janeiro recebe mais de 600 reclamações mensais de perturbação por ruído (GROM, 2001), enquanto que Belo Horizonte recebeu 2021 reclamações em 1997, 1616 em 1998 e 2096 denúncias em 1999 (BARROS, 2000). A cidade de Vitória recebeu, apenas em outubro de 2000, 646 reclamações de ruído.

A Perda de Audição Induzida por Ruído é, atualmente, o maior problema de saúde ocupacional no mundo. O Serviço de Saúde Pública dos USA estima que mais de 10 milhões de americanos têm a audição prejudicada em razão da exposição ao ruído (PHS, 1991), enquanto que o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 1996) afirma que existem 30 milhões de americanos expostos a níveis de ruído acima do recomendado. Casali (1994) indica que são mais de 9 milhões de trabalhadores americanos com perda auditiva. No Brasil não existem estatísticas, mas sabe-se que nos últimos 25 anos aconteceram mais de 29 milhões de acidentes com mais de 100 mil mortos. Em 1998, os 401.254 acidentes custaram para o país R\$ 9 bilhões (R\$ 22.395,49 por acidente).

Embora não seja o método mais adequado de combate ao ruído, o protetor auricular é o equipamento de proteção individual auditivo (EPIA) mais usado para tentar prevenir a PAIR. Os dois principais tipos de EPI disponíveis no mercado são os plugues e as conchas.

Um importante aspecto na avaliação destes equipamentos é o seu efeito sobre a comunicação, particularmente quando o trabalho exige a audição e discriminação de sinais sonoros, localização de sons e, principalmente, a capacidade de entender a voz humana (inteligibilidade).

Vários autores citam que os protetores dificultam o entendimento da voz, outros citam a dificuldade em ouvir alarmes de emergência, e outros estudam o conforto dos protetores. Algumas pesquisas citam que, em ambiente ruidoso, os protetores podem melhorar a inteligibilidade da voz, existindo inclusive equipamentos no mercado que prometem melhorar a comunicação entre seus usuários.

O objetivo desta pesquisa é verificar a influência dos protetores auriculares (plugues e conchas) na inteligibilidade da voz, em sujeitos com audição normal, em situação de silêncio e com ruído ambiental.

2. Metodologia

2.1 Sujeitos

Participaram do experimento 25 jovens adultos, com idades entre 18 e 22 anos, todos do sexo masculino, com audição normal e com conhecimento fluente da língua portuguesa.

2.2 Equipamentos de Proteção Auditivos Individuais

Foram utilizados 4 tipos de protetores auriculares (2 do tipo plugue e 2 do tipo concha), de fabricação nacional, obtidos junto aos fabricantes, conforme a relação:

- Protetor auricular tipo plugue em silicone, modelo Pomp Plus (CA 5745), com NRR igual a 21 dB, tamanho único, fabricado pela empresa Multiplast Ind. e Com. Ltda;
- Protetor auricular tipo plugue em espuma moldável, modelo 1100 (CA 5674), com NRR igual a 29 dB, tamanho único, fabricado pela empresa 3M do Brasil Ltda;
- Protetor auricular tipo concha, modelo Novel 1, com NRR igual a 19 dB, tamanho único, fabricado pela empresa Plásticos Novel do Nordeste S.A.;
- Protetor auricular tipo concha, modelo Silent I (CA 7661), com NRR igual a 29 dB, tamanho único, fabricado pela empresa Air Safety Ind. e Com Ltda.

A Tabela 1 e a Figura 1 apresenta os valores médios de atenuação acústica dos 4 EPIAs usados nos ensaios, conforme dados fornecidos pelos respectivos fabricantes.

2.3 Ambiente dos testes

Os sujeitos foram testados individualmente, no Laboratório de Acústica e Vibrações da Unesp, Câmpus de Bauru. O nível de ruído de fundo em várias medições acusou valores menores que $L_{eq} = 35$ dB(A).

2.4 Equipamentos

Os equipamentos usados nos testes foram dispostos conforme a Figura 2.

Protetor	Frequências [Hz]									
	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRR
	Atenuação [dB] (1)									
Pomp Plus Multiplast (2)	28,6	29,6	31,0	32,0	36,4	37,6	37,6	49,1	49,1	21
1100 3M Ltda (3)	35,0	38,0	37,2	36,7	35,8	40,3	40,7	41,3	42,5	29
Novel I Plas Novel (3)	3,0	20,0	26,0	31,0	42,0	30,0	35,0	43,0	38,0	19
Silent 1 Air Safety (4)	13,1	18,4	27,0	36,6	35,5	---	36,0	---	37,7	29

(1) Dados fornecidos pelo fabricante e pelo CA do protetor.
 (2) Medição realizada segundo a Norma ANSI Z 24.22 – 1957.
 (3) Medição realizada segundo a Norma ANSI S3. 19 – 1974.
 (4) Medição realizada segundo a Norma EN 352-1 (Comunidade Européia).

Tabela 1 – Atenuação acústica média dos 4 EPIAs usados nos ensaios

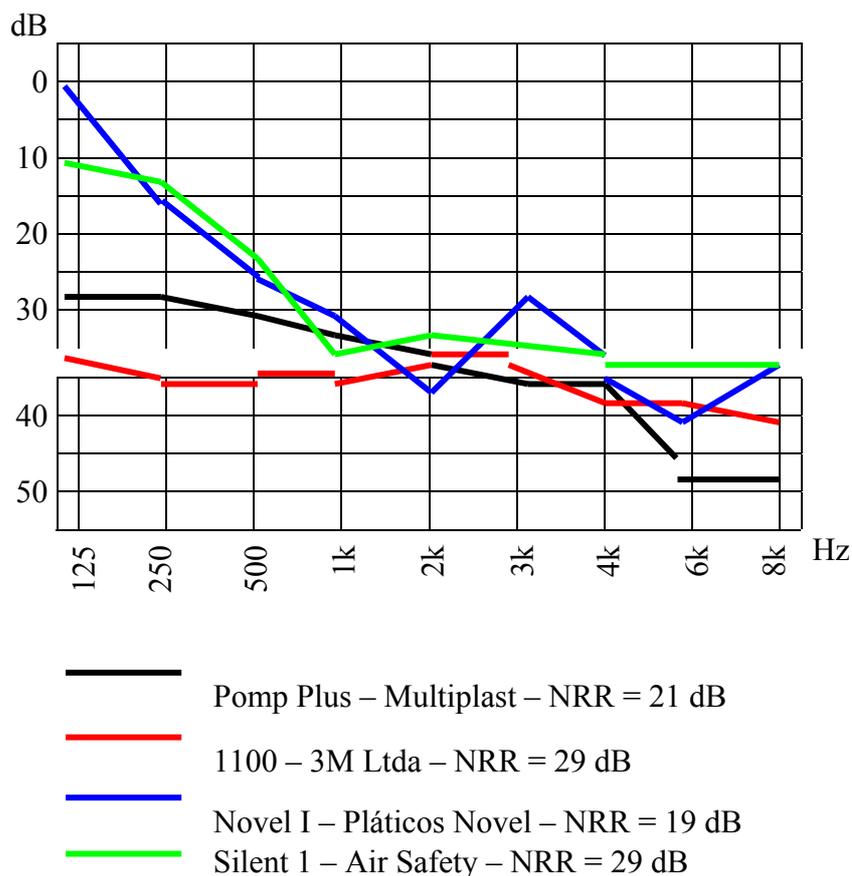


Figura 1 – Curvas de atenuação acústica média dos EPIAs usados nos ensaios.

2.5 Material sonoro de teste

Foram utilizadas 12 listas de 10 palavras monossilábicas, foneticamente balanceadas, gravadas em voz masculina com nível sonoro constante, obtidas a partir de um *compact disk*

composto por Lacerda (1976). O ruído usado como som mascarador foi o ruído rosa, por ser o tipo de ruído mais comum na natureza.

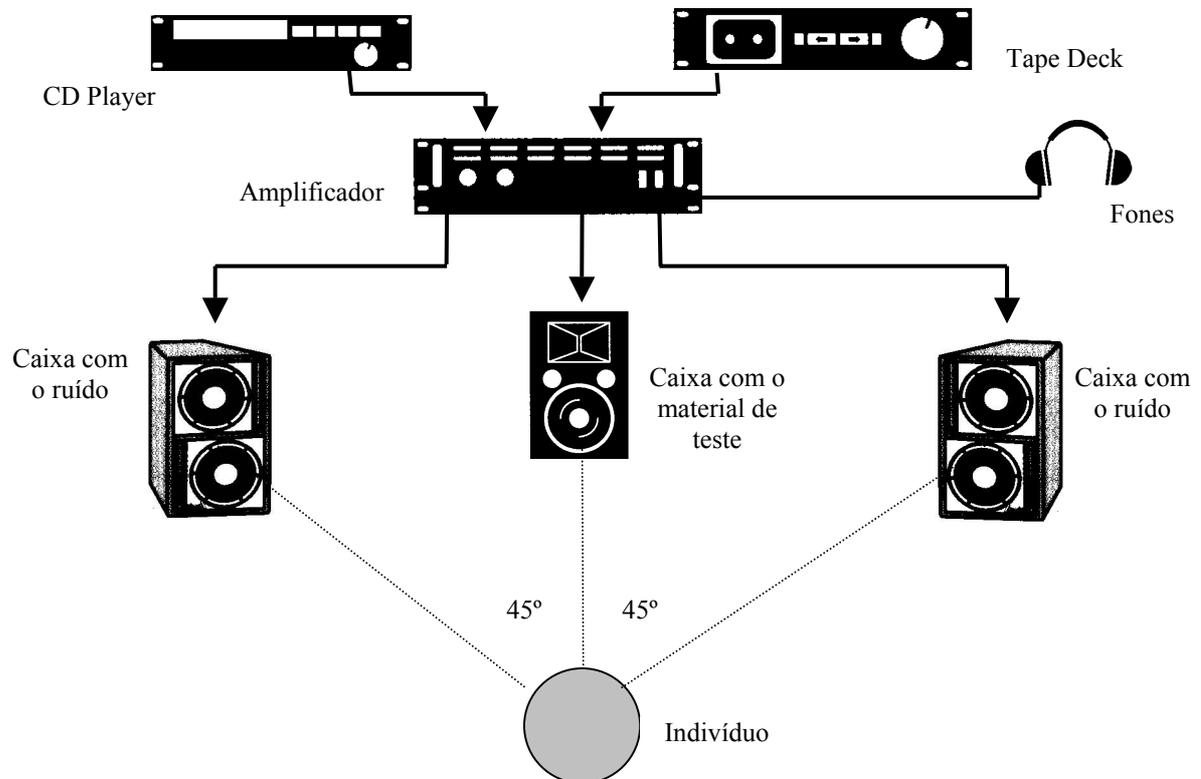


Figura 2 – Disposição dos equipamentos durante os ensaios.

2.6 Método

Os ensaios de inteligibilidade foram efetuados através do reconhecimento de grupos de 10 palavras monossilábicas apresentadas em 60, 70, 80 e 90 dB(A). O ruído competidor foi apresentado em 6 níveis: sem ruído e com valores que estabeleceram uma relação sinal/ruído de 0 dB, +5 dB, +10 dB, -5 dB e -10 dB. Estas condições foram repetidas (5 vezes) sem os protetores e com os 4 protetores. Foram, portanto, 600 ensaios, com 10 monossílabos em cada. A variável mensurada foi a porcentagem de acerto de palavras (monossílabos) no teste. Esta porcentagem foi chamada de “*Índice de discriminação de fala (IDF)*”.

2.7 Procedimentos experimentais

Os ensaios foram desenvolvidos nas seguintes etapas:

- O sujeito era conduzido ao Laboratório Acústica e Vibrações, onde eram realizados os ensaios; inicialmente lhe era explicada toda a metodologia do ensaio;
- O sujeito era submetido ao teste audiométrico, para verificação de seus limiares auditivos. Somente participaram dos ensaios os sujeitos com audição normal;
- O aplicador dos testes explicava ao sujeito a metodologia do ensaio;
- Em seguida era apresentado ao sujeito o material de teste. Primeiramente, sem o uso de protetor, ele ouvia o som das palavras (monossilábicas) em apenas um dos 4 níveis (60, 70, 80 ou 90 dB(A)), na seguinte seqüência: sem ruído, com relação sinal/ruído em 0 dB, +5 dB, +10 dB, -5 dB e -10 dB. Ao ouvir as palavras, ele anotava numa ficha padronizada;

- Em seguida, era colocado cada um dos 4 protetores auditivos no sujeito e repetido o item anterior. Ao ouvir as palavras, ele anotava numa ficha padronizada;
- A ficha de respostas era corrigida, obtendo-se os Índices de Discriminação de Fala (IDF).

2.8 Análise dos dados

As porcentagens de acerto (IDF) foram comparadas em função de cada variável independente (condições de uso, níveis sonoros, relações sinal/ruído) para determinação da influência de cada variável. Para verificação da real significação das variáveis, foram aplicados testes para análise de significância com 5 % de confiabilidade.

3. Resultados

3.1 Testes sem protetor

Os resultados destes testes serão usados como referência na avaliação da influência dos protetores na inteligibilidade da voz. Referem-se às respostas dos sujeitos sem protetor (ouvido aberto), em 4 níveis de som e com 6 relações sinal/ruído. Os dados são apresentados na Tabela 2 e representados na Figura 3.

Níveis de som [dB]	Relações sinal/ruído (S/N) em dB					
	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10	Sem ruído
60	14	36	72	78	82	100
70	18	36	70	78	88	96
80	18	40	74	84	86	98
90	14	36	72	78	82	98

Tabela 2 – Porcentagem de acerto (IDF) para a situação sem protetor.

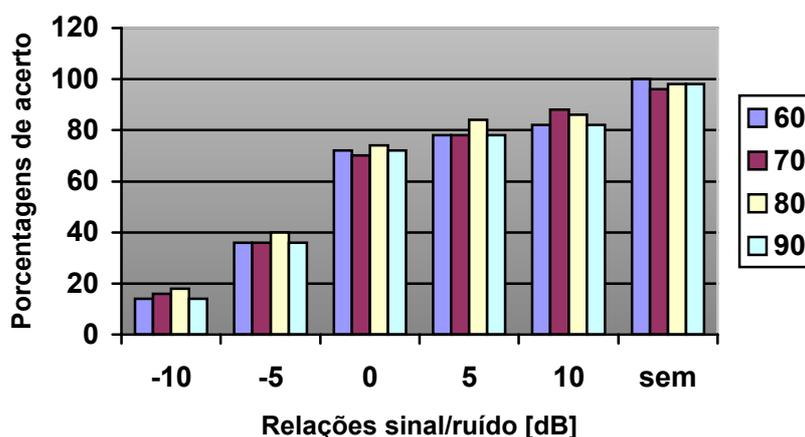


Figura 3 – Porcentagem de acerto (IDF) para a situação sem protetor.

Os resultados foram muito coerentes, pois apresentaram um IDF proporcional à relação sinal/ruído, com diferenças significativas (5%). Quanto aos níveis de som, os resultados foram muito próximos, não apresentando diferenças significativas (5%). Estes resultados obtidos são muito próximos dos dados apresentados por Meyer (1988) e por Jrenum (2000) que indica que, para uma relação S/N = 0 dB, o reconhecimento de monossílabas é de 68 %, para - 5 dB de 35 % e para - 10 dB a porcentagem de

reconhecimento de ser menor que 20 %; estes valores são muito próximos aos encontrados nesta pesquisa.

3.2 Testes com protetores

Os resultados destes testes referem às respostas dos sujeitos com os 4 protetores, em 4 níveis de som e com 6 relações sinal/ruído. A Tabela 3 e Figura 4 apresentam os valores médios das diferenças nas porcentagens para cada protetor, para as 6 relações sinal ruído, em relação à situação sem protetor.

Protetor	Relações sinal/ruído (S/N) em dB					
	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10	Sem ruído
Pump Plus	+8,0	+7,5	+5,5	0,0	0,0	-4,5
1100 – 3M	+7,5	+9,5	+4,5	+0,5	-0,5	-8,0
Novel	+4,5	+4,0	+1,5	-4,0	-5,5	-7,5
Silent	+5,0	+4,5	-0,5	-2,5	-3,5	-6,0

Tabela 3 – Diferenças médias em relação à situação ‘sem protetor’ para cada protetor em função da relação sinal ruído.

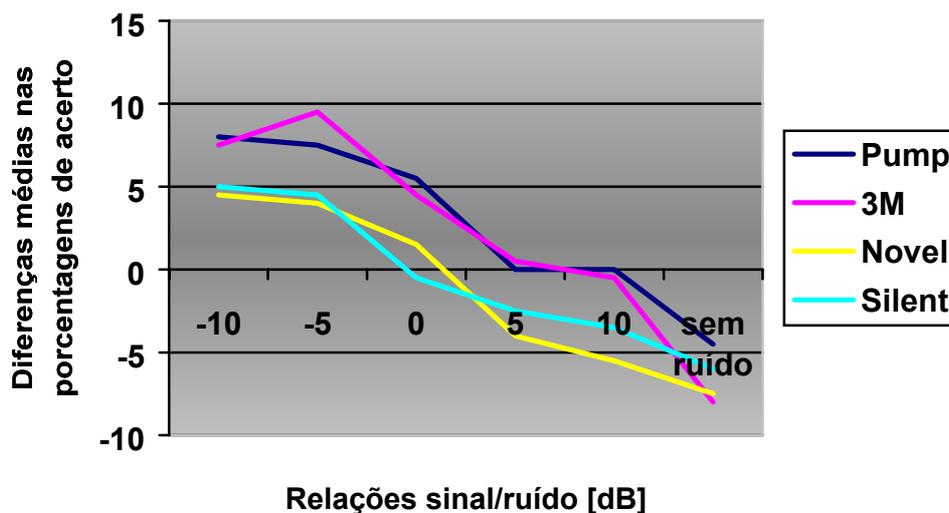


Figura 4 – Diferenças nas porcentagens de acerto (IDF) para os 4 protetores em função da relação sinal/ruído.

A Tabela 4 e Figura 5 apresentam os valores médios das diferenças nas porcentagens para cada protetor, para os 4 níveis de som, em relação à situação sem protetor. Para os 4 protetores, ocorreram diferenças significativas (5%) em relação à variável ‘relação sinal/ruído’, como também em relação ao nível sonoro. Os valores de reconhecimento de fala para os 2 plugues não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si, o mesmo ocorrendo com as conchas; quando comparados os dados dos dois plugues com os dados das duas conchas, estes apresentam diferenças significativas com 5 % de confiabilidade.

O uso do EPIA sem ruído de fundo causou uma grande diminuição da inteligibilidade, quando comparada com a condição sem protetor. Isto corresponde afirmar que, para uma situação onde não existe ruído de fundo (competidor), mas apenas o sinal de voz, o uso dos protetores deve diminuir a inteligibilidade da fala. Neste caso, todos os 4 modelos de protetores ensaiados interferiram negativamente na compreensão das palavras.

Protetor	Níveis sonoros em dB(A)			
	60	70	80	90
Pump Plus	0	+10	+18	+30
1100 – 3M	-10	+4	+40	+30
Novel	-26	0	-8	+6
Silent	-12	+6	-2	-8

Tabela 4 – Diferenças médias em relação à situação ‘sem protetor’ para cada protetor em função dos níveis sonoros.

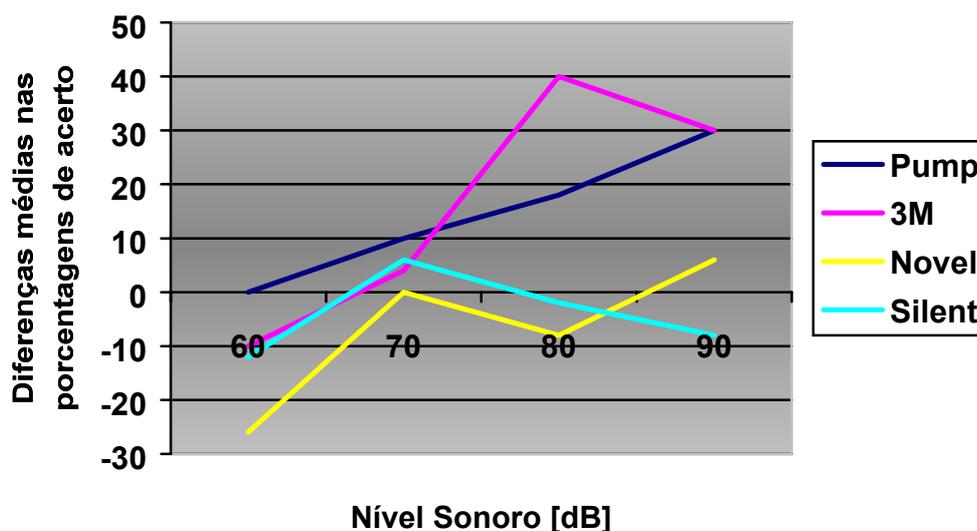


Figura 5 – Diferenças nas porcentagem de acerto (IDF) para os 4 protetores em função dos níveis sonoros.

Com o ruído de fundo competindo com a voz, a atuação dos EPIAs foi mais significativa. De um modo geral, quanto menor a relação sinal/ruído, melhor se comportaram os protetores na inteligibilidade da voz. Os 2 plugues (Pump e 3M) se mostraram mais eficientes que as conchas (Novel e Silent). Os plugues apresentaram influência negativa ou nula no reconhecimento da fala para S/N igual a +5 dB ou +10 dB; quando a S/N era igual a zero, -5 ou -10 dB os plugues melhoraram a porcentagem de reconhecimento com valores de até 10 %. As conchas apresentaram influência negativa ou nula na inteligibilidade para S/N igual a zero, +5 dB e +10 dB; quando a relação sinal/ruído era igual a -5 dB ou -10 dB as conchas melhoraram o IDF em até 5 %. Estes dados são muito importantes, pois os EPIAs se revelaram mais eficientes nas condições mais desfavoráveis e próprias para proteção de trabalhadores.

Hashimoto et al.(1996) trabalharam com níveis sonoros de 65 dBA e 85 dBA e relações sinal/ruído de zero, +5, e +10 dB, concluindo os valores de diferenças de inteligibilidade (com e sem protetor) foi muito próxima de zero. Pakkarinen et al. (1990) chegaram a resultados próximos deste trabalho, obtendo um significativo aumento nas porcentagens de acerto para relações sinal/ruído negativas. Howell e Martin (1975) testaram a inteligibilidade da fala usando dois tipos de ruídos reais abaixo de 85 dBA e concluíram que os usuários de protetores (conchas e plugues) tiveram um aumento nas porcentagens de acerto entre 3 e 4 %.

Os resultados de Pollack (1957) mostraram que, para níveis sonoros acima de 100 dB, o reconhecimento da voz era significativamente maior para os usuários de EPIAs quando

comparados com os não usuários. Coles e Rice (1965) e Acton (1970) também chegaram a resultados semelhantes, concluindo que os sujeitos que usavam protetores tiveram melhor reconhecimento da fala que os sujeitos que não usavam.

Wilkins e Martin (1982) estudaram o reconhecimento de sons industriais (sirenes, motores, tornos, furadeiras, etc.) não encontrando diferenças significativas nas respostas com e sem os protetores.

4. Conclusões

Com respeito à influência dos protetores auriculares no entendimento da voz, é possível afirmar que:

- Os protetores auriculares quando usados em ambientes sem ruído causam uma diminuição no reconhecimento da voz;
- Em ambientes com ruído competindo com a voz, os protetores aumentaram a inteligibilidade da fala apenas para os níveis sonoros de maior intensidade.
- Em ambientes com ruído competindo com a voz, houve aumento da inteligibilidade apenas para relações sinal/ruído negativas (ruído com maior intensidade que a voz);
- Os protetores tipo plugue se mostraram mais eficientes que as conchas na melhora da inteligibilidade, com um aumento de até 10 % no reconhecimento das monossílabas;

Referências

- Acton, W.I. Effects of ear protection on communication. *Annals of Occupational Hygiene*, 10, p.423-429, 1970.
- Barros, C.J.O. – Análise espacial do controle da poluição sonora em Belo Horizonte. *Anais do XIX Encontro da Sbrac*, Belo Horizonte, Vol 1, p. 380-385, 2000.
- Berglund, B. and Lindvall, T. - Noise as a Public Health Problem, vol 5, *Swedish Council for Building Research*, Stockholm, 1990.
- Casali, J.G. – Seeking the sounds of silence. *Virginia Tech Research*, vol 2, n.º1, january/february, 1994.
- Coles, R.R. e Rice, C.G. Earplugs and impaired hearing. *Journal of Sound and Vibration*, 3, p. 521-523, 1965.
- Grom – Aplicações dos equipamentos da marca Grom. Disponível em: www.grom.com.br. Acessado em janeiro de 2001.
- Hashimoto, M; Kumashiro, M; Miyake, S. Speech perception in noise when wearing hearing protectors with little low-frequency attenuation. *Industrial Ergonomics*, 18, p. 121-126, 1996.
- Howell, K. e Martin, A.M. An investigation of the effects of hearing protectors on vocal communication in noise. *Journal of Sound and Vibration*, 41 (2), p. 181-196, 1975.
- Jrenum – Improvement of Speech Intelligibility during high noise in the low frequencies when using a hearing protector. *Jrenum hearing protector*, 2000.
- Lacerda, A. P. – *Audiometria Clínica*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1976.
- Meyer Sound Laboratories “Speech Intelligibility Papers” Sections 1, 2 3, 4 e 5 - Meyer Sound Laboratories, 1998.
- NIOSH – Preventing Occupational Hearing Loss - A Practical Guide. *National Institute for Occupational Safety and Health*, october, 1996.
- PAkkarinen, E.; Viljanen, V.; Salmivalli, A., Suonpää, J. – Recognition of low-pass filtered words in a noisy and reverberant environment with and without earmuffs. *Scandinavian Audiology*, 19: 223-227, 1990.
- PHS – Health people 2000: National health promotion and disease prevention objectives. U.S. Dept. Health and Human Services, Public Health Service. 91-50212. Washington, DC: U. S. Government Printing Office, 1991.
- Pollack, I. – Speech communications at high noise levels: The roles of a noise-operated automatic gain control system and hearing protection. *Journal of the Acoustical Society of America*, 29, 1324-1327, 1957.
- Wilkins, P. e Martin, A.M. The effects of hearing protection on the perception of warning sounds. In: *Personal Hearing Protection in Industry*. New York: Ed. Raven, p. 339-369, 1982.