

Artigo Original
Original Article

Clayton Henrique Rocha¹
Isadora Altero Longo¹
Renata Rodrigues Moreira²
Alessandra Giannella Samelli¹

Avaliação do protetor auditivo em situação real de trabalho pelo método *field microphone-in-real-ear*

Evaluation of the hearing protector in a real work situation using the field-microphone-in-real-ear method

Descritores

Ruído
Perda Auditiva Provocada por Ruído
Dispositivos de Proteção das Orelhas
Programa de Prevenção de Riscos no Ambiente de Trabalho
Saúde do Trabalhador

Keywords

Noise
Hearing Loss, Noise-induced
Hearing Protection Devices
Program of Risk Prevention on Working Environment
Occupational Health

RESUMO

Objetivo: Avaliar a eficácia da atenuação de um protetor auditivo em uma situação real de trabalho utilizando o método *f-Microphone-in-real-ear (f-MIRE)*. **Métodos:** Participaram 18 indivíduos, de ambos os gêneros (média de idade 47,17±8 anos). No local de trabalho, foi realizada a avaliação do nível pessoal de atenuação do Protetor Auditivo (PA) pelo método *Field Microphone-in-Real-Ear (f-MIRE)*, seguido por orientações sobre a importância do uso do PA, higienização, armazenamento e treinamento para sua colocação efetiva. **Resultados:** As análises mostraram que houve atenuação estatisticamente significativa para todos os dados coletados (ruído total, por banda de frequência e dose) quando comparados os níveis de ruído no microfone lapela e no microfone sonda. Na comparação entre os valores de atenuação fornecidos pelo fabricante e os encontrados neste estudo, observou-se valores maiores para o fabricante em todas as bandas de frequência. Não houve diferença para os níveis de ruído nas diferentes atividades e horários avaliados. **Conclusão:** Os achados do presente estudo possibilitaram conhecer o nível pessoal de atenuação do protetor auditivo durante uma situação real de trabalho, que estava dentro dos limites de tolerância. Também foi possível coletar informações sobre o ruído do ambiente em que esses trabalhadores estão expostos, onde observamos situações nas quais esse nível ultrapassava os valores de segurança, sendo assim recomendável o uso do PA. É importante que mais estudos sejam realizados utilizando o método *f-MIRE*, pois pode ser um aliado para avaliar a eficácia da atenuação do PA no local de trabalho.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the effectiveness of the attenuation of a hearing protector (HP) in a real work situation using the field-microphone-in-real-ear method (f-MIRE). **Methods:** Eighteen individuals of both genders (mean age of 47.17±8 years) participated in this study. In the workplace, the personal attenuation level of the HP was assessed using the f-MIRE method, followed by orientation about the importance of using the HP, cleaning and storing the device, and training for effective placement. **Results:** The analyses showed a significant statistic attenuation for all of the collected data (total noise, by frequency band and dose) when the noise levels in the lapel microphone and the probe microphone were compared. In the comparison of the attenuation values provided by the manufacturer and those found in this study, we observed higher values for the manufacturer in all frequency bands. No difference was observed for the noise levels in the different activities and times evaluated. **Conclusion:** The findings of this study enabled us to know the personal level of attenuation of the HP during a real work situation, which was within the limits of tolerance. It was also possible to collect information about the environmental noise to which these workers are exposed. We noticed situations where this level exceeded the safety values, and therefore it is recommended the use of the HP. It is important that more studies are conducted using the f-MIRE method, because it may be an ally to assess the effectiveness of the HP attenuation in the workplace.

Endereço para correspondência:

Alessandra Giannella Samelli
Rua Cipotânea, 51, Cidade
Universitária, São Paulo (SP), Brasil,
CEP: 05360-160.
E-mail: alesamelli@usp.br

Recebido em: Agosto 15, 2014

Aceito em: Abril 03, 2015

Trabalho realizado no Setor de Audiologia do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo – USP - São Paulo (SP), Brasil.

¹ Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP - São Paulo (SP), Brasil.

² Hospital Universitário, Universidade de São Paulo – USP - São Paulo (SP), Brasil.

Fonte de financiamento: nenhuma.

Conflito de interesses: nada a declarar.

INTRODUÇÃO

A exposição ao ruído pode causar diversos problemas de saúde, como perda auditiva, zumbido, mudanças no sono e na função cardiovascular, prejuízo no trabalho, entre outros⁽¹⁾. A perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados (PAINPSE) é a segunda doença ocupacional mais reportada pelos trabalhadores⁽²⁾, e a segunda causa mais importante de perda auditiva neurossensorial depois da presbiacusia⁽³⁾.

Buscando evitar os danos causados pela exposição ao ruído, as empresas devem desenvolver programas de prevenção de perda auditiva (PPPA)⁽⁴⁾ que, de acordo com a legislação brasileira e de países desenvolvidos, deve incluir, entre outros aspectos, o monitoramento do ruído, o treinamento e a educação dos trabalhadores, o uso de protetor auditivo (PA) e o monitoramento audiométrico^(5,6). Para que o PPPA seja bem sucedido, os trabalhadores devem ser bem informados sobre as razões e objetivos do programa, além de serem treinados em relação à colocação dos PA^(7,8).

No entanto, a eficácia da colocação do PA normalmente não é avaliada dentro dos PPPA, o que contribui para o desconhecimento da efetividade das ações desenvolvidas nos programas. Por esse motivo, métodos que avaliam a colocação do PA são fundamentais para verificar se a proteção fornecida é adequada a um determinado indivíduo.

Estudos prévios foram realizados visando quantificar a atenuação fornecida por protetores auditivos para cada indivíduo, em condições mais próximas às situações reais⁽⁹⁾. No entanto, não se verificou correspondência entre a atenuação fornecida pelo PA em campo com os valores obtidos em laboratório, sendo que esses últimos excederam os valores de atenuação verificados em campo⁽¹⁰⁻¹²⁾.

Em virtude das discrepâncias de valores encontrados entre o campo e o laboratório, alguns autores sugeriram que avaliações individuais dos protetores auditivos sejam realizadas rotineiramente, como forma de garantir a eficácia desses dispositivos na prevenção da perda auditiva^(11,12).

Dentre os métodos de avaliação individual de colocação do PA disponíveis, conta-se com o *field Microphone-in-real-ear* (*f-MIRE*), método objetivo no qual a medição é realizada com dois microfones, um posicionado dentro do meato acústico externo (MAE), e outro na lapela, próximo ao pavilhão auricular (Figura 1). Além da objetividade desse método, a brevidade da medição é sua maior vantagem, uma vez que dois microfones captam, simultaneamente, os níveis de pressão sonora externa e interna ao PA⁽¹³⁻¹⁵⁾.

Outra vantagem desse método é a possibilidade de realizar o estudo no ambiente de trabalho, o que gera dados mais fidedignos quanto à atenuação do PA^(16,17) e fornecendo informações mais próximas à realidade sobre a atenuação do PA para funcionários e empregadores.

Além disso, o método de avaliação pode ser incorporado ao treinamento do usuário para colocação apropriada do PA; ao processo de seleção dos protetores auditivos do tipo *plug*, possibilitando considerar fatores como conforto e conveniência; ao processo de avaliação da efetividade do PPPA, entre outras^(9,11,12).



Figura 1. Posicionamento dos microfones. (A) posicionamento do microfone sonda (MS) e microfone lapela (ML); (B) posicionamento do microfone sonda (MS)

Dessa maneira, avaliar a atenuação do PA em situações reais de trabalho é de suma importância para os profissionais de saúde e segurança, já que pode fornecer diversas informações sobre a eficácia do PA, auxiliando na promoção da utilização adequada desse dispositivo e na monitorização da proteção oferecida rotineiramente. São informações como as anteriormente apresentadas que podem dirimir algumas dúvidas que envolvem trabalhadores expostos a ruído, que utilizam “adequadamente” e “rotineiramente” o PA, mas que continuam apresentando desencadeamento ou agravamento de perdas auditivas neurossensoriais uni ou bilaterais, sem outros fatores que justifiquem essas alterações.

O objetivo foi avaliar a eficácia da atenuação de um protetor auditivo em uma situação real de trabalho por meio do método *f-MIRE*.

MÉTODOS

O presente estudo foi delineado como transversal descritivo. Participaram 18 indivíduos (média de idade de 47,17 anos±8), sendo cinco do gênero masculino (média de idade de 40,8 anos±3,49, mínimo de 36, máximo de 45) e 13 do gênero feminino (média de idade de 49,83±7,91, mínimo de 39, máximo de 64), pertencentes ao quadro de funcionários de um serviço de nutrição e dietética (SND) hospitalar, se caracterizando como uma amostra de conveniência.

Todos os funcionários exerciam a mesma função (auxiliar de cozinha) e desempenhavam as mesmas atividades, sendo divididos em turnos da manhã (das 7h-13h), da tarde (13h-19h) e da noite (19h-7h). A carga horária dos funcionários era de seis horas, incluindo, também, um plantão de 12 horas para os turnos da manhã e da tarde, e de 12 por 36 horas para os funcionários do turno da noite.

Em relação ao ambiente de trabalho e às atividades desempenhadas, nas quais existe exposição a ruído, basicamente o funcionário permanece em frente a uma rampa onde os pratos

e bandejas são depositados. Essa rampa possui uma ligação com a máquina de lavar louça. O funcionário puxa o suporte com as louças e bandejas da rampa até a máquina e aguarda do outro lado, para retirar as louças e bandejas limpas, guardando-as em seguida nos carrinhos. Ressalta-se que as duas orelhas possuem níveis similares de exposição ao ruído.

Em virtude da atuação dos residentes da área de concentração de saúde do trabalhador de um Programa de Residência Multiprofissional no SND junto aos trabalhadores deste setor, bem como para aprimoramento do PPPA, em parceria com o Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT), optou-se pela escolha deste local para realização do presente estudo. Deve-se ressaltar ainda que, segundo o último programa de prevenção de riscos ambientais (PPRA) realizado para o referido setor, o nível de ruído no local atinge 85 dBA.

Os participantes foram convidados a participar de forma voluntária. Caso aceitassem, assinariam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa da instituição, sob o nº 858/08.

Todos os participantes realizaram avaliação audiológica previamente ao estudo, como parte do acompanhamento anual do PPPA. Quando necessário, eram encaminhados para o otorrinolaringologista. Cabe ressaltar que seis indivíduos apresentavam perdas auditivas com características compatíveis com a PAINPSE.

Antes do início das medições com o método *f-MIRE*, foi realizada meatoscopia para garantir que não houvesse excesso de cerúmen que pudesse interferir nos demais resultados.

As avaliações dos níveis de atenuação do PA foram realizadas no local de trabalho dos participantes, durante suas atividades com exposição a ruído. Foram realizadas nas atividades do café da manhã, almoço e jantar, em horários considerados típicos e sem alteração na rotina. Participaram nove funcionários do turno matutino, cinco do turno vespertino e quatro do noturno.

É importante mencionar que a Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO-01)⁽¹⁸⁾ indica que o conjunto de medições de ruído realizadas deve ser representativo das condições reais e habituais de exposição ocupacional do grupo de trabalhadores estudados. Dessa forma, o período de amostragem deve ser adequadamente escolhido (dentro de atividades habituais) e, se não for possível cobrir toda a jornada de trabalho, a dose determinada para o período medido deve ser projetada para a jornada diária efetiva de trabalho.

Diante disso, como não foi possível fazer a medição com o dosímetro durante toda a jornada de trabalho, dentro desse período de atividade habitual, foi selecionado um intervalo de 15 minutos para a execução da medição com cada funcionário, sendo que 16 indivíduos participaram de duas coletas em dias diferentes e dois indivíduos de apenas uma coleta (por motivos organizacionais do setor).

Para avaliar o nível de atenuação do PA, foi utilizado o equipamento audiodosímetro SV-102®, da marca Svantek®. Esse equipamento possui dois microfones, um microfone sonda (MS) e um microfone de lapela (ML), que são conectados na unidade de processamento e armazenamento das informações.

O MS é composto por um suporte plástico preso à armação dos óculos de segurança, garantindo o menor deslocamento

possível. Em uma das extremidades está o microfone conectado à sonda de silicone, que possuiu 58 milímetros de comprimento. Entretanto, apenas 28 milímetros foram inseridos no MAE dos participantes, valor adotado pelo método geométrico⁽¹⁹⁾, garantindo assim que a sonda não ficasse obstruída pelo PA, que possuía 25 mm de comprimento. Para auxiliar na colocação adequada da sonda no MAE, foi utilizado um otoscópio e uma lanterna para realização de pré-moldagem.

A sonda também possui uma marcação vermelha que permite padronizar o comprimento a ser inserido no MAE. No estudo, essa marcação ficou posicionada na direção do *antitragus*, para garantir a sua colocação em uma mesma profundidade do MAE nos diferentes indivíduos. Ressalta-se que antes de cada coleta essa marcação na sonda foi medida para conferir o comprimento (28 mm).

O SV-102® fornece diversas informações, como o nível de pressão sonora (NPS), nível equivalente de ruído (*Leq*), dose (D), dose projetada (Dproj), níveis estatísticos de prevalência de ruído e exposição por bandas de frequência. O equipamento possui um microcomputador, programado para fazer todos os ajustes e correções técnicas automaticamente.

O equipamento foi configurado seguindo as especificações técnicas do fabricante, a Norma Regulamentadora 15 (NR-15)⁽²⁰⁾ e a NHO-01⁽¹⁸⁾. Para ruídos contínuos, esses parâmetros definem que o circuito de ponderação deve ser “A”, com resposta lenta, critério de referência de 85 dB(A) para NR-15 e de 80 dB(A) para NHO-01, taxa de duplicação cinco para NR-15 e de três para NHO-01, e faixa de medição de até 115 dB. Antes de iniciar cada coleta os microfones foram calibrados.

O MS foi posicionado sempre no MAE da orelha direita, escolhida arbitrariamente para realização das medições, para aferir o nível de ruído presente na orelha com PA (Figura 2). Utilizou-se um PA do tipo plug espuma de 25 milímetros de comprimento.

O ML foi posicionado no ombro, próximo ao pavilhão auricular, para aferir o nível de ruído do ambiente de trabalho, seguindo as recomendações da NHO-01⁽¹⁸⁾. Assim, é possível ter um controle do nível de ruído do ambiente para saber se este

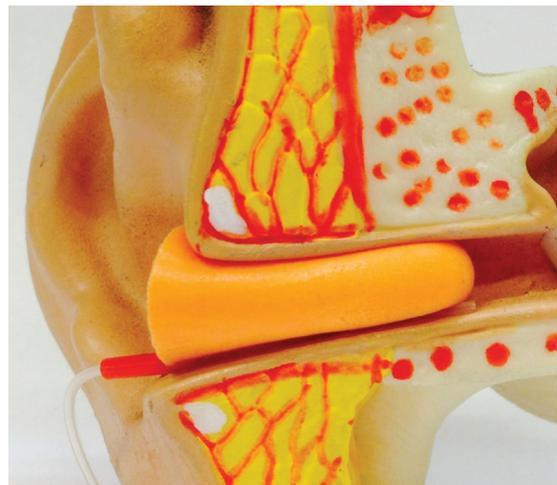


Figura 2. Posicionamento do protetor auditivo com o Microfone Sonda (MS) em modelo de MAE

foi semelhante em todas as coletas, ou se apresentava variações. Também foi utilizado para calcular o valor de atenuação do PA, realizando a subtração do valor do ML pelo valor do MS.

Durante o procedimento, os participantes utilizaram o PA fornecido pelo pesquisador em ambas as orelhas. Para diminuir as variações, o pesquisador inseriu o PA no MAE de todos os participantes em todos os momentos de coleta de dados.

Após as coletas, os funcionários receberam orientações de como utilizar, higienizar e armazenar corretamente o PA, além de informações sobre a importância do uso de protetores e informações sobre cuidados com a audição, tais como uso de haste flexível de algodão e de fones de ouvido, além da importância do acompanhamento da audição por meio de exames.

Para a análise da avaliação do nível de atenuação do PA, foi utilizado o teste paramétrico análise de variância simples, com nível de significância de 5%. Para confirmar a hipótese de que o PA era efetivo, foi utilizada a análise de variância simples pareada, comparando os achados do ML aos do MS. Para confirmar a hipótese de que o nível de ruído não se modificava por atividade, foi utilizada a análise de variância simples não pareada.

RESULTADOS

Em todas as análises realizadas os valores obtidos pelo ML foram maiores que os do MS, com diferenças estatisticamente significantes (Tabela 1).

O cálculo da dose de exposição durante os 15 minutos de coleta no ML foi de 2,89% com desvio-padrão (DP) de 1,14% maior que o MS, que registrou dose de 0,51% com DP de 0,39% (GL: 1; F: 156,32; $p < 0,001$). Quando calculada a D_{Proj} para o turno de trabalho, obteve-se o valor de 84,42% com DP de 35,71% para o ML, e de 16,11% com DP de 11,29% para o MS (GL: 1; F: 127,86; $p < 0,001$). Os dados mostraram que na comparação dos dois microfones, o MS apresentou valores inferiores ao ML, com diferença estatisticamente significativa.

Em relação aos níveis de ruído presentes em 10%, 50% e 90% do tempo das medições, foi observado que na maior parte do tempo (90%) o ruído esteve por volta de 72,22 dB(A) no ML e 56,71 dB(A) no MS. Em 10% do tempo, o ruído no ML ficou em 87,04 dB(A) e no MS em 74,14 dB(A).

Na avaliação por bandas de frequência, também foram observados valores menores no MS quando comparado ao ML, com diferença estatisticamente significativa em todas as frequências avaliadas, como pode ser observado na Tabela 2.

Na comparação entre os valores de atenuação fornecidos pelo fabricante e os encontrados neste estudo, observou-se valores maiores para o fabricante com diferença estatisticamente significativa (Tabela 3).

Quando comparados os turnos e atividades, não foram observadas diferenças nos níveis de ruído pelo ML, o que demonstra que o ruído se manteve constante durante as diferentes coletas (Tabela 4).

Tabela 1. Valores obtidos na avaliação objetiva para Leq, NPS, Max, Mín e PEAK em dBA (n=34)

	L _{eq}		NPS		MÁX		MÍN		PEAK	
	ML	MS	ML	MS	ML	MS	ML	MS	ML	MS
X	85,28	72,61	83,22	69,58	99,23	87,11	67,38	54,68	123,79	110,3
DP	2,89	4,11	6,47	8,93	5,65	6,23	4,97	4,51	6,74	7,41
F	290,76		171,91		212,21		319,57		144,34	
GL	1		1		1		1		1	
p	<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001	

Legenda: L_{eq} = nível de ruído equivalente; NPS = nível de pressão sonora; Máx = nível máximo de ruído; Mín = nível mínimo de ruído; PEAK = pico de ruído; N = número de amostras; X = média; DP = desvio padrão; F = valor de Fisher; GL = grau de liberdade; p = valor de p

Tabela 2. Comparação do ruído por bandas de frequências em dBA (n=34)

	125 Hz		250 Hz		500 Hz		1.000 Hz		2.000 Hz		4.000 Hz		8.000 Hz	
	ML	MS	ML	MS	ML	MS	ML	MS	ML	MS	ML	MS	ML	MS
X	60,28	51,07	67,82	60,57	75,78	62,18	79,07	60,89	79,58	67,32	79,61	65,1	73,62	56,49
DP	1,75	7,39	1,65	8,43	2,19	7,93	2,91	5,23	3,37	4,45	3,17	4,02	3,25	4,53
F	49		24,76		99,73		393,32		219,04		482,06		498,43	
GL	1		1		1		1		1		1		1	
p	<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001	

Legenda: Hz = hertz; ML = microfone de lapela; MS = microfone sonda; N = número de amostras; X = média; DP = desvio padrão; F = valor de Fisher; GL = grau de liberdade; p = valor de p

Tabela 3. Comparação dos valores de atenuação fornecidos pelo fabricante (F) com os valores obtidos no presente estudo (E) (em dBA)

	125 Hz		250 Hz		500 Hz		1.000 Hz		2.000 Hz		4.000 Hz		8.000 Hz		NRRsf/ L _{eq}	
	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
n	20	34	20	34	20	34	20	34	20	34	20	34	20	34	20	34
X	16,8	8,95	17,7	6,2	20,2	13,15	21,2	17,8	28,2	11,95	33,8	13,95	33,8	17,2	16	12,25
DP	6	7,67	5,3	8,49	6,6	7,94	4,1	5,35	5,7	4,83	6,5	3,85	8	4,47	6,02	4,36
F	15,36		29,73		11,19		5,98		124,65		199,71		96,21		6,99	
GL	1		1		1		1		1		1		1		1	
P	<0,0001		<0,0001		0,001		0,017		<0,0001		<0,0001		<0,0001		0,010	

Legenda: NRRsf = nível de redução de ruído subject fit; Leq = nível equivalente de ruído; F = valores fornecidos pelo fabricante de PA; E = valores obtidos no estudo; N = número de amostra; X = média; DP = desvio padrão; F = valor de Fisher; GL = grau de liberdade; p = valor de p

Tabela 4. Nível equivalente de ruído e nível de pressão sonora por atividades (L_{eq} em dB(A) e NPS em dBNPS)

	Leq - ML			Leq - MS			NPS - ML			NPS - MS		
	C	A	J	C	A	J	C	A	J	C	A	J
n	11	14	9	11	14	9	10	13	9	10	13	9
X	84,77	85,4	85,71	73,05	73,53	70,65	83,22	83,36	83,02	70,09	70,2	68,11
DP	3,31	2,65	2,96	4,25	4,21	3,48	8,17	5,63	6,3	9,27	9,41	8,75
F		0,27			1,47			0,007			0,161	
GL		2			2			2			2	
p		0,765			0,243			0,993			0,852	

Legenda: L_{eq} = nível equivalente de ruído; NPS = nível de pressão sonora; ML = microfone de lapela; MS = microfone sonda; C = café da manhã; A = almoço; J = jantar; N = número de participantes; X = média; DP = desvio padrão; F = valor de Fisher; GL = grau de liberdade; p = valor de p

DISCUSSÃO

O presente estudo buscou avaliar a eficácia da atenuação de um protetor auditivo em uma situação real de trabalho, utilizando um método objetivo (*f-MIRE*).

Os resultados do estudo mostraram que em todas as situações o PA se mostrou eficaz, uma vez que os valores aferidos pelo MS foram menores que o ML, com diferenças estatisticamente significantes para todas as análises (Tabelas 1 e 2).

Os valores de *Leq* obtidos no MS mostram que a média de ruído foi de $72,61 \pm 4,11$ dB(A) e a dose de $0,51 \pm 0,39\%$ para o período de 15 minutos. Quando foi calculada a dose projetada para o turno de trabalho, o valor foi de $16,11 \pm 11,29\%$. Esses valores mostraram que o ruído ao qual o funcionário fica exposto quando utiliza o PA adequadamente fica dentro do recomendado pela NHO-01⁽¹⁸⁾ e, também, dentro dos limites de tolerância regulamentados pela NR-15⁽²⁰⁾, garantindo um trabalho seguro em relação aos efeitos do ruído.

Na análise por bandas de frequência (Tabela 2), nota-se que as frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz apresentaram valores maiores no ML, o que pode indicar que o ruído predominante do ambiente de trabalho se encontra dentro dessas faixas de frequência. Em relação às intensidades verificadas pelo MS em cada uma das frequências (Tabela 2), devemos mencionar que a profundidade da colocação da sonda pode interferir nos resultados, devido à presença das ondas estacionárias, principalmente para as frequências mais altas⁽¹⁹⁾, podendo alterar o nível de pressão sonora mensurado em medidas de ouvido real⁽²¹⁾.

Um estudo anterior⁽²¹⁾ enfatizou que, utilizando o método de inserção constante (semelhante ao aplicado no presente estudo), a sonda ficaria localizada próxima à membrana timpânica e não haveria variação significativa nos níveis de pressão sonora mensurados para a maioria dos indivíduos, principalmente no que se refere às frequências baixas e médias; somente para alguns indivíduos com condutos mais longos e para frequências mais altas (de 3 a 6 kHz) é que poderia existir alguma variabilidade nas medidas. No entanto, a profundidade do posicionamento da sonda foi controlada no presente estudo, conforme descrito anteriormente no Método e, dessa maneira, acreditamos que essa variável não interferiu de maneira significativa nos resultados referentes à diferença observada entre os valores mensurados no MS ao longo das frequências.

Outros estudos também citaram que condições anatomofisiológicas da orelha externa e/ou orelha média, como o volume do conduto e a idade do participante poderiam influenciar na ressonância do MAE^(22,23) e nas medidas de ouvido real obtidas.

Além disso, observando as Tabelas 2 e 3, podemos verificar que a atenuação por banda de frequência fornecida pelo PA atingiu valores maiores entre 1.000 e 8.000Hz, dado semelhante ao obtido por outro estudo⁽²⁴⁾.

Essa diferença entre os valores de atenuação do PA para cada frequência era esperada, uma vez que os protetores auditivos convencionais não apresentam características de atenuação linear. PA de inserção de atenuação não linear normalmente incluem uma via sonora com impedância acústica de acordo com a velocidade da partícula. Essa impedância está relacionada com a sua resistência viscosa, que tem um componente proporcional não linear para a velocidade da partícula⁽²⁵⁾.

As características envolvidas na resistência do PA são determinadas principalmente pelas seguintes variáveis: massa do PA; características do material do PA (densidade, rigidez, amortecimento, entre outros) e interface entre o PA e o conduto⁽²⁶⁾. Essas variáveis irão determinar a maior ou menor grau de atenuação em determinadas faixas de frequência.

Deve-se ressaltar que os diferentes achados visualizados em alguns estudos da literatura com relação à atenuação de protetores auditivos podem estar ligados exatamente com as características e materiais dos diferentes tipos de protetores auditivos empregados nos vários estudos, já que estes podem determinar diferentes características acústicas⁽²⁷⁾, conforme mencionado anteriormente. Também devem ser considerados os diferentes equipamentos disponíveis, utilizados nos estudos, os quais possuem fatores de correções distintos para cada tipo de sonda e protetores auditivos avaliados.

Outro dado importante verificado neste estudo é que os desvios-padrão das medidas do ML foram pequenos para todas as frequências, diferentemente do MS, que apresentou desvios-padrão maiores, principalmente para as frequências de 125, 250 e 500 Hz, e relativamente menores para as outras frequências. Provavelmente essa diferença é um indicativo de interferência causada pela fala dos indivíduos durante as coletas; ressonância do MAE; o posicionamento da sonda no MAE, que pode variar entre os indivíduos (embora o comprimento médio da colocação tenha sido controlado) e um possível deslocamento do PA durante as coletas. Essas variáveis devem ser mais bem investigadas futuramente, pois em situações em

que haja predomínio de ruído de baixa frequência, os valores de atenuação para essas frequências podem ser menores e, assim, pode haver maior risco para subproteção, caso esses fatores não sejam controlados no dia a dia.

Quando comparamos os valores de atenuação do PA por bandas e do *Leq*, verificados no estudo com os valores fornecidos pelo fabricante (Tabela 3), encontramos uma diferença estatisticamente significativa, com valores de atenuação maiores fornecidos pelo fabricante. É importante ressaltar que a metodologia para certificação de protetores auditivos é diferente, utilizando um método subjetivo e realizado em laboratório⁽²⁸⁾.

Entretanto, as diferenças entre os valores fornecidos pelo fabricante e os valores obtidos em situações reais de trabalho devem ser levadas em consideração quando os protetores auditivos forem selecionados para ambientes com ruído, uma vez que nem sempre os valores de atenuação fornecidos pelo fabricante serão condizentes com as necessidades dos trabalhadores, havendo possibilidade de exposição a um risco importante para a saúde e segurança. No caso dos participantes do presente estudo, como o nível de ruído a que estão expostos fica próximo aos limites de tolerância regulamentados pela NR-15⁽²⁰⁾, a seleção de um PA eficaz é mais simples, mas nos ambientes com ruído mais elevado, essa questão é mais problemática e essa diferença entre os valores fornecidos pelo fabricante e a atenuação real do PA deve ser muito bem ponderada.

Em relação ao nível de ruído coletado nas diferentes atividades, a Tabela 4 mostra que não houve diferença significativa no nível de ruído entre elas. Entretanto, foi possível perceber que na atividade do almoço, o nível de ruído atingiu níveis mais elevados, possivelmente devido à maior quantidade de louças, já que esse é um horário com um maior fluxo de pessoas no restaurante.

É importante mencionar que existem poucos estudos que utilizaram o método *f-MIRE* no ambiente de trabalho, pois ainda existem dificuldades técnicas para adaptar a sonda do dosímetro ao protetor auditivo. Além dessa dificuldade, deve-se ter precaução durante as medições, pois o movimento e a conversa do trabalhador podem alterar o resultado das medições, principalmente o valor do *PEAK*. Alguns estudos constataram que o dosímetro pessoal pode fornecer valores maiores, com uma diferença, em média, de 2,5 dB(A) quando esses trabalhadores ficavam muito próximos da fonte sonora ou realizavam muitos movimentos⁽²⁹⁾.

No entanto, o referido método utilizado para avaliar o PA se mostrou confiável no presente estudo, uma vez que os valores das medições (no MS) tiveram pequenas variações, com desvios-padrão relativamente pequenos, principalmente quando comparados a estudos prévios⁽²⁴⁾. Cabe ressaltar que alguns autores têm citado o benefício de se utilizar o método *f-MIRE* para avaliar o uso do PA, principalmente para o treinamento dos trabalhadores para a sua colocação⁽³⁰⁾.

Além disso, o *f-MIRE* pode ser incorporado ao PPPA, aprimorando os esforços para a prevenção da perda auditiva em diversas aplicações, tais como: mostrar para o usuário a diferença entre a colocação correta e incorreta do PA; apoio na seleção dos protetores auditivos do tipo *plug*, considerando o conforto e a atenuação fornecida por diversos dispositivos;

determinação da suficiência da proteção ou da existência de superproteção; registro dos procedimentos que auxiliaram na seleção dos protetores auditivos; registro de atividades envolvidas no treinamento dos trabalhadores para colocação do PA (para atender às normas regulamentadoras); evidências para avaliação da efetividade do PPPA, entre outras^(9,11,12).

Como limitações do presente estudo, têm-se a amostra pequena de trabalhadores, bem como a utilização da metodologia em um único ambiente ocupacional e o uso de um único modelo de PA. Dessa maneira, sugerimos que futuros estudos sejam desenvolvidos com um número maior de indivíduos, comparando diferentes ambientes ocupacionais (e níveis diferentes de ruído), assim como comparando diferentes protetores auditivos para cada um dos indivíduos, o que possibilitaria a visualização de qual o tipo/modelo mais adequado a cada pessoa e a cada função e/ou ambiente de trabalho.

CONCLUSÃO

Os achados do presente estudo possibilitaram conhecer o nível pessoal de atenuação do PA durante uma situação real de trabalho e coletar informações sobre o nível de ruído do ambiente de trabalho ao qual esses trabalhadores estão expostos.

Concluimos que o nível de ruído que esses funcionários estavam expostos durante o estudo se encontra dentro do recomendado pela NR-15 e NHO-01, favorecendo o uso e a adaptação do PA. Entretanto, foram observadas situações em que esse nível ultrapassava os valores de segurança, sendo assim, recomendável o uso do PA. Em relação ao nível de atenuação do PA testado, este se mostrou efetivo uma vez que atenuou o ruído em todas as situações estudadas.

Por fim, é importante que mais estudos sejam realizados utilizando o método *f-MIRE*, pois o método se mostrou eficiente para avaliar o nível de atenuação do PA no local de trabalho.

REFERÊNCIAS

- Hong O, Kerr MJ, Poling GL, Dhar S. Understanding and preventing noise-induced hearing loss. *Dis Mon*. 2013;59(4):110-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.disamonth.2013.01.002>. PMID:23507351.
- Lynch ED, Kil J. Compounds for the prevention and treatment of noise-induced hearing loss. *Drug Discov Today*. 2005;10(19):1291-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S1359-6446\(05\)03561-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1359-6446(05)03561-0). PMID:16214673.
- Nor Saleha IT, Noor Hassim I. A study on compliance to hearing conservation programme among industries in Negeri Sembilan, Malaysia. *Ind Health*. 2006;44(4):584-91. <http://dx.doi.org/10.2486/indhealth.44.584>. PMID:17085919.
- Brasil. Ministério do Trabalho. Portaria SSST nº 19, de 9 de abril de 1998. *Diário Oficial da União*, Brasília, 22 de abril de 1998.
- Daniell WE, Swan SS, McDaniel MM, Camp JE, Cohen MA, Stebbins JG. Noise exposure and hearing loss prevention programmes after 20 years of regulations in the United States. *Occup Environ Med*. 2006;63(5):343-51. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2005.024588>. PMID:16551755.
- Robertson C, Kerr M, Garcia C, Halterman E. Noise and hearing protection: Latino construction workers' experiences. *AAOHN J*. 2007;55(4):153-60. <http://dx.doi.org/10.1177/216507990705500404>. PMID:17472130.
- Rocha CH, Santos LHD, Moreira RR, Neves-Lobo IF, Samelli AG. Verificação da efetividade de uma ação educativa sobre proteção auditiva para trabalhadores expostos a ruído. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2011;23(1):38-43. PMID:21552731.

8. Gonçalves CGO, Couto CM, Carraro JM, Leonelli BS. Avaliação da colocação de protetores auriculares em grupos com e sem treinamento. *Rev CEFAC*. 2009;11(2):345-52. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462009000200021>.
9. Schulz TY. Individual fit-testing of earplugs: a review of uses. *Noise Health*. 2011;13(51):152-62. <http://dx.doi.org/10.4103/1463-1741.77216>. PMID:21368441.
10. Neitzel R, Somers S, Seixas N. Variability of real-world hearing protector attenuation measurements. *Ann Occup Hyg*. 2006;50(7):679-91. <http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/mel025>. PMID:16782739.
11. Hager LD. Fit-testing hearing protectors: an idea whose time has come. *Noise Health*. 2011;13(51):147-51. <http://dx.doi.org/10.4103/1463-1741.77217>. PMID:21368440.
12. Samelli AG, Moreira RR. Saúde auditiva do trabalhador: uma intervenção necessária. In: Marchesan IQ, Silva HJ, Tomé MC. *Tratado das especialidades em Fonoaudiologia*. São Paulo: Rocca; 2014. p. 1046-52.
13. Berger EH. *Introducing F-MIRE testing: background and concepts*. Indianapolis: EAR/Aeero Technologies, EARCAL Laboratory; 2007.
14. Berger EH, Voix J, Hager LD. Methods of fit testing hearing protectors, with representative field test data. In: *Hearing Loss: 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN)*; 2008; Foxwoods, CT, USA. Proceedings. The Netherlands: ICBEN; 2008.
15. Voix J, Hager LD, Zeidan J. Experimental validation of the objective measurement of individual custom earplug field performance. *Can Acoust*. 2006;34(3):1-6.
16. Vergara EF, Steffani J, Gerges S, Pedroso M. Avaliação da exposição de operadores de teleatendimento a ruído. *Rev Bras Saúde Ocup*. 2006;31(114):161-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S0303-76572006000200014>.
17. McTague MF, Galusha D, Dixon-Ernst C, Kirsche SR, Slade MD, Cullen MR, et al. Impact of daily noise exposure monitoring on occupational noise exposures in manufacturing workers. *Int J Audiol*. 2013;52(Suppl 1):S3-8. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2012.743047>. PMID:23373740.
18. Brasil. Ministério do Trabalho e Previdência Social. FUNDACENTRO. NHO-01: norma de higiene ocupacional: procedimento técnico: avaliação da exposição ocupacional ao ruído. Brasília; 2001.
19. Campos PD, Mondelli MFCG, Ferrari DV. Comparison: real and simulated ear insertion gain. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2011;77(5):555-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-86942011000500003>. PMID:22030960.
20. Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria MTb nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 15: atividades e operações insalubres. Diário Oficial da União, Brasília, 6 de julho de 1978.
21. Dirks DD, Ahlstrom JB, Eisenberg LS. Comparison of probe insertion methods on estimates of ear canal SPL. *J Am Acad Audiol*. 1996;7(1):31-8. PMID:8718490.
22. Silva APR, Blasca WQ, Lauris JRP, Oliveira JRM. Correlação entre as características da ressonância e o envelhecimento da orelha externa. *CoDAS*. 2014;26(2):112-6. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/2014211IN>. PMID:24918503.
23. Bastos BG, Ferrari DV, Blasc WQ. Ressonância natural da orelha e sua relação com os volumes equivalentes das orelhas externa e média. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2012;16(3):365-70. PMID:25991959.
24. Casali J, Park M. Laboratory versus field attenuation of selected hearing protectors. *Sound Vibrat*. 1991;25:28-38.
25. Zimpfer V, Sarafian D. Impact of hearing protection devices on sound localization performance. *Front Neurosci*. 2004;11(8):1-10. PMID:24966807.
26. Buck K. Performance of different types of hearing protectors undergoing high-level impulse noise. *Int J Occup Saf Ergon*. 2009;15(2):227-40. <http://dx.doi.org/10.1080/10803548.2009.11076804>. PMID:19534855.
27. Alam N, Sinha V, Jalvi R, Gurnani D, Barot DA, Suryanarayan A. Comparative study of attenuation measurement of hearing protection devices by real ear attenuation at threshold method. *Indian J Otol*. 2013;19(3):127-31. <http://dx.doi.org/10.4103/0971-7749.117477>.
28. Royster JD, Berger EH, Merry CJ, Nixon CW, Franks JR, Behar A, et al. Development of a new standard laboratory protocol for estimating the field attenuation of hearing protection devices. Part I. Research of Working Group 11, Accredited Standards Committee S12, Noise. *Noise J Acoust Soc Am*. 1996;99(3):1506-26. <http://dx.doi.org/10.1121/1.414729>.
29. Silva LF. Ruído, ultrassom e infrassom. In: Mendes R. *Patologia do trabalho*. 3rd ed. São Paulo: Atheneu; 2013. p. 351-79.
30. Tsukada T, Sakakibara H. A trail of individual education for hearing protection with an instrument that measures the noise attenuation effect of wearing earplugs. *Ind Health*. 2008;46(4):393-6. <http://dx.doi.org/10.2486/indhealth.46.393>. PMID:18716388.

Contribuição dos autores

CHR elaborou a pesquisa, coletou e analisou os dados, redigiu o artigo e aprovou a versão final; IAL coletou dados, redigiu o artigo e aprovou a versão final; RRM redigiu o artigo e aprovou a versão final; AGS elaborou a pesquisa, analisou os dados, redigiu o artigo e aprovou a versão final.