

# Study of the noise spectrum on high frequency thresholds in workers exposed to noise

*Estudo do espectro sonoro nos limiares de altas frequências em trabalhadores expostos ao ruído*

Aurea Oliveira Canha Ottoni<sup>1</sup>, Anadergh Barbosa-Branco<sup>2</sup>, Marlene Escher Boger<sup>3</sup>, Sérgio Luiz Garavelli<sup>4</sup>

## Keywords:

audiometry,  
hearing loss  
noise-induced,  
noise measurement,  
spectrum analysis.

## Palavras-chave:

análise espectral,  
audiometria,  
medição de ruído,  
perda auditiva  
provocada por ruído.

## Abstract

Noise level can be quantified and qualified based on sound characteristics such as intensity, type of spectrum, duration and distribution of the noise exposure during one's working hours. **Objective:** To assess noise spectrum and the audiometric configuration of workers. **Materials and Methods:** Contemporary cross-sectional cohort carried out in the Federal District - Brazil. We did an environmental analysis (spectral analysis) of the noise in companies from different industries, with audiological assessment of 347 workers. **Results:** The spectral analysis revealed peaks at different frequencies for each industry investigated (8 kHz-metallurgical, 4 kHz-stone Works and 2 kHz-wood works). We noticed that the frequencies of 14 kHz and 16 kHz had significant differences between the various industries, with a greater prevalence of the metallurgical. **Conclusion:** The use of noise pressure measuring device, coupled to a frequency analyzer and high frequency audiometric assessment yielded an early detection of hearing damage, helping better organize preventive measures.

## Resumo

O grau de nocividade do ruído pode ser quantificado e qualificado com base em algumas características do som como sua intensidade, o tipo de espectro, duração e a distribuição da exposição ao ruído durante a jornada de trabalho. **Objetivo:** Avaliar o espectro de ruído e a configuração audiométrica em trabalhadores. **Materiais e Métodos:** Estudo de coorte contemporânea com corte transversal, realizado no Distrito Federal. Realizou-se avaliação ambiental (análise espectral) do ruído em empresas de diferentes ramos de atividade econômica e avaliação audiológica em 347 trabalhadores. **Resultados:** A análise espectral revelou picos em diferentes frequências em cada ramo de atividade (8 kHz-metalúrgico, 4 kHz-marmoraria e 2 kHz-madeireira). Verificou-se que as frequências de 14 kHz e 16 kHz apresentaram diferenças significativas entre os ramos de atividade, com maior prevalência no metalúrgico. **Conclusão:** A utilização de medidor de nível de pressão sonora, acoplado a analisador de frequência e a avaliação audiométrica de altas frequências possibilita a detecção precoce de danos auditivos que, por sua vez, viabiliza melhor direcionamento das ações preventivas.

<sup>1</sup> Doutora em Ciências da Saúde - UnB (Fonoaudióloga).

<sup>2</sup> Doutora em Saúde Ocupacional (Professora da Universidade de Brasília - UnB).

<sup>3</sup> Mestre em Ciências da Saúde (Fonoaudióloga).

<sup>4</sup> Doutor em Física (Professor da Universidade Católica de Brasília - UCB).

Universidade de Brasília - UnB.

Endereço para correspondência: Aurea Oliveira Canha Ottoni. Rua Jaime Balão, 975, apto. 403. Hugo Lange. Curitiba - PR. CEP: 80040-340.

E-mail: aureaottoni@yahoo.com.br

Fundação de Apoio à Pesquisa SUS - FAP/DF Nº 193 000 051/2005 e Conselho Nacional de Pesquisa Científica - CNPq.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 4 de abril de 2012. cod. 9140.

Artigo aceito em 3 de junho de 2012.

## INTRODUÇÃO

O grau de nocividade do ruído pode ser quantificado e qualificado com base em algumas características do som, como sua intensidade, o tipo de espectro, a duração e a distribuição da exposição ao ruído durante a jornada de trabalho<sup>1</sup>.

Estas medidas podem ser obtidas com a utilização de medidores de nível de pressão sonora, acoplados a analisadores de frequência. Estes equipamentos mostram o nível de pressão sonora (NPS) correspondente à faixa de frequência selecionada (espectro sonoro). Desta forma, o monitoramento ambiental do ruído vai auxiliar na classificação acústica de unidades operacionais, permitindo a identificação dos locais e os equipamentos mais ruidosos, reunindo informações para a seleção e otimização dos protetores auditivos individuais<sup>2,3</sup>.

A avaliação audiométrica é o procedimento mais utilizado em ambientes com ruído acima de 85 dB(A). Essa avaliação visa o controle da audição do trabalhador e é essencial nos Programas de Conservação Auditiva - PCA<sup>4,20</sup>. A audiometria convencional é o registro gráfico do limiar de audibilidade a diferentes frequências do som, que variam entre 0,125 kHz e 8 kHz<sup>21-38</sup>. Porém, com a evolução da audiologia ocupacional, pesquisas mais recentes têm sugerido a utilização da audiometria de alta frequência (acima de 8 kHz) como um recurso clínico que agrega maior sensibilidade à avaliação, o que permite a detecção precoce de problemas cocleares<sup>4,5</sup>.

Ao comparar os resultados obtidos na audiometria convencional com os da audiometria de alta frequência em trabalhadores expostos e não expostos ao ruído, estudo observou que os limiares tonais encontravam-se significativamente mais elevados nas altas frequências ( $p < 0,05$ ), no grupo com exposição ao ruído, concluindo que o uso desta técnica propiciou a detecção precoce da perda auditiva entre os trabalhadores<sup>6</sup>.

Apesar de, nos últimos anos, terem sido produzidas muitas pesquisas avaliando os efeitos do ruído na saúde do trabalhador<sup>2,7-38</sup>, estudos utilizando a combinação do monitoramento ambiental com o biológico ainda são escassos. A análise do espectro de frequência no ambiente de trabalho deveria ser mais explorada. Ao verificar a decomposição dos níveis de pressão sonora em bandas de frequências, é possível obter maiores informações a respeito do ruído, possibilitando maior direcionamento do programa de conservação auditiva de trabalhador. Considerando essa lacuna, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do espectro sonoro nos limiares de audibilidade em altas frequências em trabalhadores de diferentes ramos de atividades do Distrito Federal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de corte contemporânea com corte transversal, realizado na cidade de Brasília, DF, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2010.

Os critérios utilizados para selecionar as indústrias foram: aceitar participar da pesquisa; ter localização geográfica restrita ao Distrito Federal; apresentar, predominantemente,

ambientes de trabalho com níveis de ruído em intensidade superior a 85 dB(A); constar na classificação nacional de atividades econômicas como grau de risco 3 ou 4, de acordo com a NR 4, Quadros I e II do Ministério do Trabalho e Emprego<sup>10</sup>. As empresas que atenderam aos critérios supracitados foram agrupadas segundo o tipo de suas atividades, resultando em quatro diferentes ramos: marmoraria, madeireira, metalúrgica e fabricação de cimento. Quatro marmorarias (62,5%), duas madeireiras (25,0%), uma metalúrgica (6,2%) e uma de fabricação de cimento (6,2%), totalizando 347 trabalhadores, todos do sexo masculino.

Entre os trabalhadores, foram selecionados aqueles que atendiam aos seguintes fatores de inclusão: trabalhar há pelo menos um ano na função atual numa jornada de 8 horas de trabalho por dia; não haver trabalhado em outra atividade com exposição a ruído; não trabalhar diretamente com produtos químicos; não fazer uso de medicamentos ototóxicos, não apresentar história indicativa de trauma acústico agudo, ser do sexo masculino, ter idade entre 19 e 65 anos; aceitar participar do estudo e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido.

### Avaliação Ambiental

A aferição dos níveis de pressão sonora, dose e espectro foram efetuados por uma equipe especializada em acústica ambiental. Em relação aos níveis de pressão sonora (NPS) e ao espectro de frequência, as medições foram realizadas em um ponto central das indústrias, captando o ruído geral do ambiente. Para verificar o NPS, utilizou-se o medidor de nível de pressão sonora acoplado ao analisador de frequências, modelo SIP-95, fabricado pela 01 dB Brasil. Este equipamento foi devidamente calibrado por empresa especializada, com filtros de frequência em bandas de 1/3 e 1 de oitava, operando em circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (*SLOW*), conforme estabelecido pela Portaria nº 19, de 09/04/98, do Ministério do Trabalho e Emprego<sup>11</sup>. Para a dosimetria, utilizou-se um equipamento digital, compacto, sem fio, modelo SOLO (*SIE Badge*) da 01 dB Brasil. Para a avaliação, foi selecionado um trabalhador que atua na máquina mais ruidosa de cada ramo industrial. O critério de referência que embasa os limites de exposição diária adotados para ruído contínuo ou intermitente corresponde a uma dose de 100% para exposição de oito horas ao nível de 85 dB(A)<sup>12</sup>. Consideraram-se oito horas como tempo médio de exposição diária ( $T_{exp}$ ) para uma jornada de trabalho ( $T_0$ ). O nível equivalente de ruído -  $L_{eq}$  - representa o nível equivalente de pressão sonora, conforme a definição da NBR (10.151)<sup>13</sup>: o critério de avaliação considera, além do critério de referência, o incremento de duplicação de dose ( $q$ ) igual a 5 e o  $L_{crit}$  85 dB(A)<sup>14</sup>. Para verificar se o ambiente obedecia às normas reguladoras relacionadas com o ruído, optou-se por calcular o nível equivalente de pressão sonora ( $L_{eq}$ ), que representa um nível de ruído contínuo em dB(A).

### Avaliação Audiológica

A avaliação audiométrica foi composta pelas audiometrias convencionais (0,25 kHz a 8 kHz), conforme estabelecido pelo Ministério do Trabalho e Emprego<sup>11</sup>, e pela

audiometria em altas frequências (9 kHz a 16 kHz), ambas realizadas em repouso acústico de 14 horas. Estas avaliações foram precedidas pela inspeção dos condutos auditivos externos de cada trabalhador, para afastar a presença de obstrução ou quaisquer outras condições que pudessem interferir nos resultados da avaliação.

Todos os exames foram realizados nas instalações das empresas empregadoras, em condições ambientais favoráveis ao exame (lugares silenciosos).

Para a realização da avaliação audiológica, foram utilizados os seguintes equipamentos: otoscópio da marca *Welch Allyn*, com acessórios *WA*; cabina audiométrica *Reduson* (portátil); audiômetro clínico de dois canais, marca *Interacoustic*, modelo AD 40 com fone padrão TDH 39, para a aferição do limiar tonal de 0,25 a 8 kHz. Para a avaliação das frequências acima de 8 kHz, utilizou-se o fone para altas frequências *KOSS HIPRO*.

Na audiometria convencional, o procedimento consistiu na verificação do nível mínimo de resposta para estímulos por via aérea para as frequências de 0,25 kHz a 8 kHz. O trabalhador que apresentou limiares auditivos acima de 25 dBNA nas frequências de 0,5 kHz a 4 kHz foi também submetido à aferição dos limiares por via óssea. A audiometria em altas frequências analisou os limiares audiométricos nas frequências de 9 kHz, 10 kHz, 12 kHz, 14 kHz e 16 kHz.

Os resultados da audiometria ocupacional foram agrupados conforme os critérios abaixo especificados em apenas duas categorias: audiometria normal - todas as audiometrias que apresentassem limiares tonais iguais ou inferiores a 25 dBNA em todas as frequências; e audiometria sugestiva de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) - todas as audiometrias que apresentassem entalhe superior a 25 dBNA em pelo menos uma das frequências a partir de 3 kHz. Assumiu-se como entalhe a presença de limiares acima de 25 dBNA em uma ou mais frequências isoladas, com recuperação na frequência seguinte<sup>15</sup>.

O banco de dados foi elaborado no formato *Excel*<sup>®</sup>. As análises foram desenvolvidas utilizando os pacotes *SPSS 13*<sup>®</sup> (*Statistical Package for the Social Sciences*, Chicago, IL) para *Windows*<sup>®</sup> e *SigmaStat 3.11*<sup>®</sup> para *Windows*<sup>®</sup>. O teste chi-quadrado foi utilizado para verificar as possíveis associações entre variáveis. Foram considerados os resultados de cada orelha, subdivididos em orelha direita e orelha esquerda, e os dados audiométricos foram inseridos em um modelo de análise de variância de desenho misto com os fatores ramo de atividade (quatro níveis; medida independente) e frequência (13 níveis; medida repetida). O procedimento de comparações múltiplas utilizou o método de correção de Bonferroni. Para as análises *pos hoc* adicionais, foi utilizado o teste ANOVA de uma via. O nível de significância estatística foi estabelecido em 5% ( $p < 0,05$ ). Todos os testes foram bicaudais.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, com registro 048/2004. Todos os trabalhadores participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

## RESULTADOS

### Avaliação do Ambiente

A avaliação ambiental foi realizada em três ramos de atividades econômica (madeireira, marmoraria e metalúrgica). Tais medições não puderam ser aferidas na fábrica de cimento, pois não foi autorizado pela empresa.

Assumindo-se o nível equivalente de pressão sonora ( $L_{eq}$ ) como indicador do espectro do ruído ambiental nas diferentes empresas, os resultados são apresentados na Tabela 1. A medida do  $L_{eq}$  aponta a variação na intensidade do ruído nos três ramos de atividade e no tipo de espectro encontrado: pico na frequência de 8 kHz no ramo metalúrgico, 4 kHz na marmoraria e 2 kHz na madeireira. Na metalúrgica, verificou-se medida do  $L_{eq}$  mais elevada se comparada com os demais ramos de atividade, com intensidade de 85,4 dB (Tabela 1).

**Tabela 1.** Distribuição do nível equivalente de pressão sonora ( $L_{eq}$ ) em bandas de oitava.

Banda de oitava (kHz)	Ramos de atividade econômica <sup>(1)</sup>		
	Makeireira	Marmoraria	Metalúrgica
OIT 31,5	62,4	64,2	71,5
OIT 63	60,1	63,8	71,7
OIT 125	65,8	63,1	76,6
OIT 250	72,2	66,6	82,6
OIT 500	73,9	71,0	81,8
OIT 1	78,6	73,2	81,2
OIT 2	80,5	74,9	81,0
OIT 4	73,7	79,3	82,2
OIT 8	71,0	71,7	85,4
OIT 16	58,7	62,0	77,9
$L_{eq}$ global	84,3	82,5	91,0

<sup>(1)</sup> Esse indicador não foi avaliado no ramo de fabricação de cimento.

Na avaliação da dose individual do nível de pressão sonora (NPS), verificou-se, nos três ramos de atividade econômica, que os valores ultrapassaram os limites de tolerância definidos como 100%. Dentre estes ramos, o madeireiro apresentou uma dose aproximadamente 29 vezes maior do que o estabelecido legalmente<sup>12</sup>. Em exposições a essa dose, o tempo de tolerância permitido ao trabalhador, sem o uso de protetor auditivo, é de 18,4 minutos. Vale salientar que os trabalhadores avaliados fazem uma jornada mínima de trabalho de 8 horas. Já em relação à análise do nível de pressão sonora geral, verificou-se que a intensidade do ruído foi superior a 100 dB NPS nos três ramos de atividades e o ramo madeireiro apresentou os maiores níveis de pressão sonora (108,5 dB(A)) (Tabela 2).

### Avaliação Clínica

Na anamnese, foram relatados problemas clínicos, como dificuldade para ouvir, presença de otalgia, vertigem

e zumbido, com a possibilidade de ocorrência de mais de uma queixa por trabalhador.

Os dados referentes ao uso de equipamentos de proteção individual (EPI) mostraram que 285 trabalhadores (82,1%) referem utilizá-los. Os trabalhadores do ramo madeireiro são os com menor adesão ao protetor auditivo (42,6%). Em contrapartida, os trabalhadores dos ramos metalúrgico e marmoraria destacaram-se no uso do EPI auricular.

**Tabela 2.** Nível equivalente de pressão sonora ( $L_{eq}$ ), nível de exposição diária ( $L_{exp}$ ), dose e tempo de exposição máxima tolerada segundo os ramos de atividade econômica - Distrito Federal - 2010.

Ramo de atividade	$L_{eq}$ dB(A)	$L_{exp}$ dB(A)	Dose (%)	Tempo tolerado (min)
Madeira	108,5	109,0	2924,1	18,4
Marmoraria	104,5	105,0	1679,4	32,1
Metalúrgica	103,3	103,8	1422,0	37,9

$L_{eq}$ : nível equivalente de pressão sonora;  $L_{exp}$ : nível de exposição diária.

### Avaliação Audiológica

A Tabela 3 apresenta as características gerais dos resultados audiométricos quanto aos limiares auditivos. Consideraram-se como entalhe os limiares acima de 25 dBNA em, pelo menos, uma frequência e uma orelha. Ao considerar apenas os resultados de uma audiometria convencional, 55,3% dos trabalhadores avaliados apresentaram algum tipo de entalhe auditivo sugestivo de PAIR. Porém, quando analisadas as frequências altas, a prevalência de entalhe auditivo sobe para 78,0% (Tabela 3).

Dentre as frequências que apresentaram entalhe, verificou-se maior sensibilidade nos resultados das altas frequências (92,3%) quando comparadas com as frequências convencionais (65,3%). Ao analisar cada frequência, separadamente, identificou-se maior prevalência (75,4%) na frequência de 16 kHz. Embora se tenha observado um aumento da prevalência de entalhe sugestivo de PAIR na frequência de 6 kHz (53,8%), esse dado não foi estatisticamente significativo (Tabela 3).

A análise de associação entre o ramo de atividade econômica e a presença de entalhe auditivo sugestivo de PAIR mostrou associação estatisticamente significativa entre a presença de entalhe nas frequências de 8 kHz, 12 kHz, 14 kHz e 16 kHz e o ramo de atividade econômica, com força de associação de intensidade fraca (CC\*: 0,131, 0,141, 0,162 e 0,131, respectivamente).

Nos resultados da audiometria de altas frequências, verificou-se efeito significativo da covariável idade ( $F_{1,689} = 218,235, p < 0,001$ ). A média dos resultados dos trabalhadores com mais de 40 anos foi significativamente maior em comparação aos trabalhadores com até 40 anos ( $p < 0,001$ ). Já o efeito da covariável ramo de atividade não foi significativo sobre as médias dos limiares audiométricos ( $F_{3,689} = 0,340, p = 0,796$ ), contrapondo-se à variável frequência sonora ( $F_{4,2756} = 17,317, p < 0,001$ ). O procedimento de comparações múltiplas encontrou diferenças significativas entre todas as frequências, com exceção das de 9 e 10 kHz ( $p = 0,318$ ).

**Tabela 3.** Distribuição das variáveis relacionadas aos resultados audiométricos (N = 694) dos quatro ramos de atividade econômica - Distrito Federal - 2010.

Variável	N	%	% válido
<b>Laudo</b>			
Audição normal	108	15,6	-
Perda auditiva	11	1,6	-
Entalhe	575	82,9	-
<b>Entalhe audiometria convencional</b>			
Nenhuma frequência	203	29,3	34,6
1 frequência	122	17,6	20,8
2 a 3 frequências	203	29,3	34,6
Todas as frequências	58	8,4	9,9
<b>Entalhe audiometria altas frequências</b>			
Nenhuma frequência	45	6,5	7,7
1 frequência	149	21,5	25,4
2 a 4 frequências	253	36,5	43,2
Todas as frequências	139	20,0	23,7
<b>Prevalência de alteração</b>			
0,25 kHz	42	6,1	7,2
0,5 kHz	21	3,0	3,6
1 kHz	22	3,2	3,8
2 kHz	41	5,9	7,0
3 kHz	143	20,6	24,4
4 kHz	225	32,4	38,4
6 kHz	315	45,4	53,8
8 kHz	164	23,6	28,0
9 kHz	177	25,5	30,2
10 kHz	203	29,3	34,6
12 kHz	287	41,4	49,0
14 kHz	364	52,4	62,1
16 kHz	523	75,4	89,2

% válidos se refere ao total de sujeitos que apresentou alguma alteração no exame (n = 586).

Em relação à interação entre o ramo de atividade e a frequência, foi encontrado efeito estatisticamente significativo ( $F_{1,2756} = 2,645, p = 0,011$ ). Análises *pos hoc* demonstraram diferenças significativas entre os ramos de atividade econômica nas frequências de 14 kHz ( $F_{3,690} = 3,747, p = 0,011$ ) e 16 kHz ( $F_{3,690} = 3,515, p = 0,015$ ). A marmoraria apresentou média dos limiares audiométricos menores do que a fabricação de cimento (14 kHz,  $p = 0,006$ ) e da metalurgia (14 kHz e 16 kHz,  $p = 0,003, p = 0,001$ , respectivamente).

Em relação à variável ramo de atividade econômica e à média dos limiares audiométricos, verificou-se que nas frequências de 0,25 kHz a 16 kHz, independentemente do ramo de atividade, houve semelhança no traçado audiométrico, e à medida que avançava para as altas frequências o limiar auditivo se elevava. Apesar de as frequências de 6 kHz, 9 kHz e 12 kHz apresentarem diferenças entre os

ramos de atividade, somente as frequências de 14 kHz e 16 kHz foram estatisticamente significativas ( $p = 0,011, 0,015$ , respectivamente).

Comparando a média dos limiares audiométricos e os resultados encontrados na análise espectral de cada ramo de atividade avaliado, verificou-se que o ramo metalúrgico apresentou as maiores médias de limiares audiométricos nas altas frequências em comparação com os demais ramos de atividade, além de registrar  $L_{eq}$  global mais elevado do que os demais ramos (91,0 dB) (Tabela 4).

## DISCUSSÃO

O presente estudo buscou verificar a associação entre o espectro de ruído e a configuração audiométrica em trabalhadores de diferentes ramos de atividades econômica e expostos ao ruído ocupacional, sendo possível identificar os fatores associados às condições de trabalho predisponentes à instalação de comprometimento auditivo.

A prevalência de PAIR encontrada neste estudo corrobora com grande parte dos achados da literatura<sup>2,6,8,9,16</sup>, confirmando os dados estatísticos mundiais, o que caracteriza a PAIR como um problema de saúde pública<sup>14,17,18</sup>, além de ser a segunda forma mais comum de perda auditiva neurosensorial, depois da presbiacusia<sup>7</sup>.

Observou-se que a média dos limiares audiométricos e a presença de entalhe sugestivo de PAIR<sup>6,9,20</sup> foram significativas nas altas frequências. Neste estudo, a prevalência de entalhes em altas frequências acompanha a de outros autores, que observaram maior prevalência de perda auditiva em alta frequência em trabalhadores com histórico de exposição a níveis elevados de ruído<sup>20-22</sup>.

O fato de a prevalência de entalhe auditivo sugestivo de PAIR ser mais presente nas altas frequências se explicaria em função da própria anatomia e da dinâmica de funciona-

mento da cóclea, além da falta de vascularização na região basal da cóclea<sup>15</sup>. Alguns estudos sugerem que nas altas frequências há maior sensibilidade auditiva, com o aumento da idade, do que nas frequências baixas<sup>23,24</sup>. Tais achados corroboram a literatura e indicam que a audiometria de alta frequência pode ser utilizada clinicamente para diagnóstico clínico precoce do aparecimento da PAIR<sup>20-22</sup>.

No Brasil, a NR 7 do Ministério do Trabalho e Emprego<sup>11</sup> define que o exame audiométrico deve ser realizado sempre pela via aérea nas frequências de 0,5 kHz a 8 kHz, porém, ainda não há uma padronização para a realização da audiometria de alta frequência. No entanto, a quantidade de trabalhadores expostos a níveis elevados de pressão sonora demanda a necessidade de se conhecer e se avaliar o risco que essa exposição acarreta para a saúde. Em casos de inviabilidade técnica para a realização da audiometria de alta frequência, sugere-se a realização do teste de emissões otoacústicas evocadas, o que permite avaliar a função das células ciliadas externas, podendo verificá-las em frequências de até 10 kHz, além de ser um teste objetivo e rápido<sup>25</sup>.

Dessa forma, pode-se afirmar que, sem a realização da audiometria de alta frequência, não teria sido possível detectar a perda auditiva do trabalhador no estágio inicial. Este procedimento foi, portanto, determinante para a identificação precoce de entalhe sugestivo de PAIR; fato este que também foi apontado por outros autores<sup>2,4,6,20,22</sup>. Diante do exposto, verifica-se a necessidade de repensar as diretrizes e os parâmetros de avaliação impostos na Lei, se o objetivo consistir na promoção e preservação da saúde do trabalhador.

Os resultados dos limiares audiométricos, tanto da audiometria convencional quanto da audiometria de alta frequência, apresentaram diferença significativa ( $p < 0,001$ ) nos trabalhadores com mais de 40 anos. Vale ressaltar que

**Tabela 4.** Comparação entre os limiares audiométricos e os resultados da análise espectral, segundo as bandas de oitavas de frequências e os ramos de atividade econômica - Distrito Federal - 2010.

Banda de oitava (Hz)	Ramos de atividade econômica								
	Madeireira			Marmoraria			Metalúrgica		
	$L_{eq}$ (dB)	Média (dB)	EP	$L_{eq}$ (dB)	Média (dB)	EP	$L_{eq}$ (dB)	Média (dB)	EP
31,5	62,4	-	-	64,2	-	-	71,5	-	-
63	60,1	-	-	63,8	-	-	71,7	-	-
125	65,8	-	-	63,1	-	-	76,6	-	-
250	72,2	14,4	0,6	66,6	16,3	0,3	82,6	15,8	0,5
500	73,9	12,5	0,6	71,0	13,3	0,3	81,8	12,7	0,5
1	78,6	10,4	0,7	73,2	10,7	0,4	81,2	10,9	0,5
2	80,5	12,0	0,9	74,9	11,5	0,6	81,0	10,8	0,6
4	73,7	21,6	1,5	74,3	21,1	1,3	82,2	20,8	1,1
8	71	16,5	1,3	71,7	18,9	1,2	85,4	17,8	1,1
16	58,7	41,1	1,8	62,0	38,5	1,6	77,9	45,4	1,5
$L_{eq}$ global	84,3	-	-	82,5	-	-	91	-	-

$L_{eq}$  nível equivalente de pressão sonora, média dos limiares audiométricos; EP: Erro Padrão.

o elevado nível de pressão sonora associado aos anos de profissão e/ou à idade podem comprometer não só a audição, como o bem-estar do trabalhador<sup>27</sup>.

Ao investigar a condição ambiental dos diferentes ramos de atividade econômica com o intuito de verificar possível associação com o tipo de configuração audiométrica do trabalhador em cada ambiente, verificou-se que os resultados das alterações audiológicas não coincidiram com o espectro de frequência encontrado em cada ramo de atividade analisados. Porém, na metalúrgica, o espectro de ruído encontrado apresentou pico de frequência espectral de 8 kHz. Sabe-se que esta frequência (8 kHz) está localizada em uma região próxima à de maior vulnerabilidade da cóclea<sup>2,4,8</sup>.

Nas avaliações realizadas entre os ramos de atividade econômica, foi encontrado nível de pressão sonora superior a 100 dB, com dose diária acima do permitido por Lei (100%). Tal resultado vem corroborando a literatura<sup>7,8,28</sup> e indicando que a exposição ao ruído intenso, sem proteção auditiva adequada, é um dos fatores desencadeadores de PAIR<sup>1,29</sup>. Segundo a *American Academy of Otorrhinolaryngology - Head and Neck Surgery*<sup>30</sup>, há quatro fatores que podem prejudicar a audição do trabalhador: o elevado nível de pressão sonora (NPS), a distribuição espectral do NPS, a duração e distribuição do ruído e a exposição ao ruído cumulativo em dias, semanas ou anos.

Em relação aos resultados obtidos, dois ramos de atividade se destacaram: o metalúrgico e o madeireiro. O metalúrgico por apontar, na avaliação ambiental, presença de intensidades mais elevadas do que os demais, com  $L_{eq}$  global de 91,0 dB, espectro do ruído mais agudo (pico em 8 kHz), nível de pressão sonora de 103,3 dB(A), dose acima de 100% (1422,0%). A análise estatística das avaliações efetuadas indicou associação estatisticamente significativa ( $p < 0,005$ ) da presença de entalhes nas frequências altas (12 kHz, 14 kHz e 16 kHz). Estes dados chamam atenção, pois essa indústria se destaca na adesão ao EPI. Dessa forma, tais achados suscitam alguns questionamentos: a colocação do EPI auricular estaria inadequada, ou o modelo não seria condizente com o tipo de ruído encontrado? As características físicas do ruído produzido no ramo metalúrgico seriam mais prejudiciais do que as verificadas nos demais ramos avaliados, afetando em maior proporção as altas frequências?

Já no ramo madeireiro, os trabalhadores foram os que se submeteram a níveis de pressão sonora mais elevado (108,5 dB(A)), com maior dose de ruído durante a jornada de trabalho (2.924,1%), e que apresentaram menor adesão ao uso do EPI auricular. Contrariamente ao esperado, essas indústrias (fábrica de cimento, madeireira, marmoraria e metalúrgica) foram as que apresentaram dados significativamente menores de presença de entalhe sugestivo de PAIR em comparação aos demais ramos de atividade econômica avaliados ( $p < 0,031$ ). Essa evidência talvez possa ser justificada, em parte, pelo fato de o pico de frequência do espectro encontrado neste ramo ser de 2 kHz, pois esta é uma frequência que não se localiza na base da cóclea<sup>4,6</sup>. A exposição a este tipo de ruído não deve provocar tantos danos auditivos como nas empresas em que o pico de frequência espectral seja mais alto.

A alta prevalência de entalhe auditivo sugestivo de PAIR sugere que, dependendo da frequência dominante do ruído (espectro sonoro), há uma extensão dos efeitos auditivos<sup>30,33</sup>. Um estudo realizado com trabalhadores do ramo metalúrgico expostos a níveis de pressão sonora elevados (acima de 85 dB(A)) concluiu que os problemas cocleares são mais prejudiciais quando o ruído é composto por frequências altas<sup>2</sup>.

Não foi possível estabelecer associação evidente entre a configuração audiológica e o espectro de ruído nos diferentes ramos de atividade laboral. Porém, sugere-se que o tipo de espectro de ruído possa influenciar nos resultados audiométricos e, para comprovação de tal fato, torna-se necessária a realização de um estudo que envolva uma amostra estendida a outros ramos de atividade econômica, cujo pico espectral seja em frequências baixas.

Neste estudo, a avaliação do tipo de espectro foi determinante na compreensão da alta prevalência de entalhe auditivo sugestivo de PAIR no ramo metalúrgico e na elaboração de hipótese que justificassem os resultados audiométricos encontrados na madeireira. Por isso, acredita-se que uma atenção especial deve ser dada ao tipo de medição do ruído nas empresas, pois, na maioria das vezes, quando esta aferição é efetuada, é feita mediante a utilização apenas do medidor de nível de pressão sonora e não do analisador de frequência.

Não é suficiente a existência legal de um programa de conservação auditiva. Impõe-se a adequação de suas propostas ao ambiente de trabalho, de forma mais direcionada, como, por exemplo, conhecimento do tipo de espectro de ruído e análise das altas frequências. Ademais, a informação repassada aos trabalhadores sobre o uso do EPI auricular<sup>34,35</sup> deve ser clara e a empresa deve realizar um acompanhamento individual periódico que evite o desencadear ou o agravamento de perdas auditivas<sup>36</sup>. Portanto, medidas preventivas com ênfase no monitoramento auditivo, incluindo análise de alta frequência<sup>37,38</sup>, além de controle e correção das condições ambientais da empresa com analisadores de frequências<sup>28</sup> e de acompanhamento constante da saúde dos trabalhadores, são etapas decisivas no controle dos danos que o ruído pode ocasionar à saúde do trabalhador.

Este trabalho encontrou alguns obstáculos para a sua realização, entre eles a baixa aceitação por parte das empresas para participação nesta pesquisa, a qual possivelmente contribuiu para resultados menos graves do que aqueles potencialmente apresentados pelo conjunto das empresas nesses ramos de atividade. É possível que o aceite das empresas estivesse relacionado à ideia de melhores condições de trabalho. Outro fator que dificultou a pesquisa foi a falta de autorização para realizar a avaliação espectral e a dosimetria na fábrica de cimento.

## CONCLUSÃO

Não foram encontradas associações significativas da configuração audiométrica e o padrão de espectro de ruído que permitissem verificar a influência do perfil espectral nas perdas auditivas, registradas pelas respostas audiométricas dos trabalhadores avaliados.

## REFERÊNCIAS

- Costa EA, Morata TC, Kitamura S. Patologia do ouvido relacionada com o trabalho. In: Mendes R. Patologia do trabalho. 2ª ed. São Paulo: Atheneu; 2003. p.1253-82.
- Araújo SA. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2002;68(1):47-52.
- Saliba TM. Manual prático de avaliação e controle do ruído: PPRa. 4ª ed. São Paulo: LTr; 2008.
- Farfán R, Corina, Leviante Y, Ringo, Silís F, Fresia. Audición de alta frecuencia em sujetos expuestos a ruidos. *Rev Chil Tecnol Méd.* 2005;25(1):1178-86.
- El Dib RP, Silva EM, Morais JF, Trevisani VF. Prevalence of high frequency hearing loss consistent with noise exposure among people working with sound systems and general population in Brazil: a cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2008;8:151.
- Somma G, Pietroiusti A, Magrini A, Coppeta L, Ancona C, Gardi S, et al. Extended high-frequency audiometry and noise induced hearing loss in cement workers. *Am J Ind Med.* 2008;51(6):452-62.
- Rabinowitz PM. Noise-induced hearing loss. *Am Fam Physician.* 2000;61(9):2749-56.
- Harger MRHC, Barbosa-Branco A. Efeitos auditivos decorrentes da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de marmorarias no Distrito Federal. *Rev Assoc Med Bras.* 2004;50(4):396-9.
- Boger ME. A influência do espectro de ruído na prevalência de perda auditiva induzida por ruído e zumbido em trabalhadores [dissertação]. Brasília: Universidade de Brasília; 2007.
- Costa AT. Manual de segurança e saúde no trabalho: normas regulamentadoras NRs/consultoria técnica. 2ª ed. São Caetano do Sul: Difusão; 2007.
- Brasil. Ministério do Trabalho. Portaria nº 19 GM/SSSTb, de 9 de abril de 1998. Estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados. DOU, 22 de abril de 1998.
- Giampoli E, Saad IFS, Cunha IA. Fundacentro. Normas de higiene ocupacional. São Paulo: Estrela; 2001.
- Ribeiro BMP, da Costa CA, Roldão CD, Garavelli SL. Quantificação dos níveis de pressão sonora em bandas militares. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte; 2007.
- National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH. U. S. Department of Health and Human Services - Public Health Service - Centers for Disease Control and Prevention. Preventing occupational hearing loss - A practical guide, Edited by John Franks, Mark R. Stephenson, and Carol J. Merry; June 1996/ Revised October 1996.
- Santos TMM, Russo ICP (Org). Prática da audiologia clínica. 7ª ed. São Paulo: Cortez; 2009.
- Guerra MR, Lourenço PMC, Bustamante-Teixeira MT, Alves MJM. Prevalência de perda auditiva induzida por ruído em empresa metalúrgica. *Rev Saúde Pública.* 2005;39(2):238-44.
- World Health Organization WHO. Calls on private sector to provide affordable hearing aids in developing world. 2001. Disponível em: <http://www.who.int/inf-pr-2001/en/pr2001-34.html>
- Sulkowski WJ, Szymczak W, Kowalska S, Sward-Matyja M. Epidemiology of occupational noise-induced hearing loss in Poland. *Otolaryngol Pol.* 2004;58(1):233-6.
- Burgueti FAR, Peggia AG, Carvallo RMM. Limiares de audibilidade em altas frequências em indivíduos com queixa de zumbido. *Arq Int Otorrinolaringol.* 2004;8(4):277-83.
- Castro IFC, Conde CA, Paiva APQF, Oliveira LTN, Bernardi APA. Estudo do perfil audiométrico em alta frequência em trabalhadores expostos a ruído. *Rev CEFAC.* 2004;6(2):203-8.
- Ahmed HO, Dennis JH, Badran O, Ismail M, Ballal SG, Ashoor A, et al. High frequency (10-18 kHz) hearing thresholds: reliability, and effects of age and occupational noise exposure. *Occup Med (Lond).* 2001;51(4):245-58.
- Boger ME, Barbosa-Branco A, Ottoni AC. The noise spectrum influence on Noise-Induced Hearing Loss prevalence in workers. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2009;75(3):328-34.
- Nageris BI, Attias J, Raveh E. Test-retest tinnitus characteristics in patients with noise-induced hearing loss. *Am J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010; 31(3):181-4.
- Rocha RLO, Atherino CCT, Frota SMMC. High-frequency audiometry in normal hearing military firemen exposed to noise. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2010;76(6):687-94.
- Gonçalves CGO. Saúde do trabalhador: da estruturação à avaliação de programas de preservação auditiva. 1ª ed. São Paulo: Roca; 2009.
- Sahyeb DR, Costa Filho OA, Alvarenga KF. Audiometria de alta frequência: estudo com indivíduos audiologicamente normais. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2003;69(1):93-9.
- Muluk NB, Oguztürk O. Occupational noise-induced tinnitus: does it affect workers' quality of life? *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008;37(1):65-71.
- Cavalli RCM, Morata TC, Marques JM. Auditoria dos programas de prevenção de perdas auditiva em Curitiba (PPPA). *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2004;70(3):368-77.
- Phillips SL, Henrich VC, Mace ST. Prevalence of noise-induced hearing loss in student musicians. *Int J Audiol.* 2010;49(4):309-16.
- Fouquet ML. Limiares de audibilidade nas frequências ultra-altas de 9 a 18 kHz em adultos de 18 a 30 anos [monografia]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina; 1997.
- Stelmachowicz PG, Beauchaine KA, Kalberer A, Jesteadt W. Normative thresholds in the 8- to 20-kHz range as a function of age. *J Acoust Soc Am.* 1989;86(4):1384-91.
- Henderson D, Salvi RJ, Boettcher FA, Clock AE. Correlatos neurofisiológicos da perda auditiva neurosensorial. In: Katz J. Tratado de audiologia clínica. 4ª ed. São Paulo: Manole; 1999. p.36-52.
- Mahendra Prashanth KV, Venugopalachar S. The possible influence of noise frequency components on the health of exposed industrial workers - a review. *Noise Health.* 2011;13(50):16-25.
- Stephenson MT, Witte K, Vaught C, Quick BL, Booth-Butterfield S, Patel D, et al. Using persuasive messages to encourage voluntary hearing protection among coal miners. *J Safety Res.* 2005;36(1):9-17.
- Stephenson R, Merry CJ. A comparison and contrast of workers' vs. Health and safety professionals' attitude and beliefs about preventing occupational hearing loss. NIOSH poster presented at National Hearing Conservation Association Annual Conference Feb 25 - 27, 1999. Atlanta GA. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/noise/nhca99f.ppt>
- Bramatti L, Morata TC, Marques JM. Ações educativas com enfoque positivo em programa de conservação auditiva e sua avaliação. *Rev CEFAC.* 2008;10(3):398-408.
- Souza AM, Pennacchi LPMS, Silva PCB, Ferreira VJA. Prevalência do zumbido como sintoma de perda auditiva induzida por ruído ocupacional. *Rev CEFAC.* 2002;4:195-8.
- Bicciolo G, Ruscito P, Rizzo S, Frenguelli A. Evoked otoacoustic emissions in noise-induced hearing loss. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 1993;13(6):505-15.