

# **Saúde auditiva**

=

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Saúde auditiva : avaliação de riscos e prevenção /  
Thais C. Morata e Fernanda Zucki (orgs.). – São Paulo:  
Plexus Editora, 2010.

Vários autores.  
Bibliografia.  
ISBN 978-85-85689-88-9

1. Audição - Avaliação 2. Audiologia 3. Audiometria  
4. Fonoaudiologia I. Morata, Thais Catalani. II. Zucki, Fernanda.

09-13443

CDD-617.8  
NLM-WV 270

Índices para catálogo sistemático:

1. Audiologia : Medicina 617.8
2. Audiologia : Medicina WV 270



Compre em lugar de fotocopiar.  
Cada real que você dá por um livro recompensa seus autores  
e os convida a produzir mais sobre o tema;  
incentiva seus editores a encomendar, traduzir e publicar  
outras obras sobre o assunto;  
e paga aos livreiros por estocar e levar até você livros  
para a sua informação e o seu entretenimento.  
Cada real que você dá pela fotocópia não autorizada de um livro  
financia o crime  
e ajuda a matar a produção intelectual de seu país.

THAIS C. MORATA E FERNANDA ZUCKI  
(ORGS.)

# Saúde auditiva

## Avaliação de riscos e prevenção

SAÚDE AUDITIVA

Copyright © 2010 by autores

Direitos desta edição reservados para Summus Editorial

Editora executiva: Soraia Bini Cury

Assistentes editoriais: Andressa Bezerra e Bibiana Leme

Capa: Rawiski Comunicação

Projeto gráfico e diagramação: Casa de Ideias

Impressão: Sumago Gráfica Editorial

**Plexus Editora**

Departamento editorial:

Rua Itapicuru, 613 – 7ª andar

05006-000 – São Paulo – SP

Fone: (11) 3872-3322

Fax: (11) 3872-7476

<http://www.plexus.com.br>

e-mail: [plexus@plexus.com.br](mailto:plexus@plexus.com.br)

Atendimento ao consumidor:

Summus Editorial

Fone: (11) 3865-9890

Vendas por atacado:

Fone: (11) 3873-8638

Fax: (11) 3873-7085

e-mail: [vendas@summus.com.br](mailto:vendas@summus.com.br)

Impresso no Brasil

| S U M Á R I O |

*Apresentação, 9*

*Thais Catalani Morata*

**P A R T E U M** Ruído urbano em atividades de lazer e riscos auditivos, 13

**U M** Adolescência, música e ruído ambiental, 15

*Angela Maria Fontana Zocoli*

*Thais Catalani Morata*

**P A R T E D O I S** Avaliação do risco de perdas auditivas em diferentes profissões/interações do ruído, 35

**D O I S** A perda auditiva induzida pela música (PAIM) e a busca da promoção da saúde auditiva, 37

*Maria Helena Mendes Isleb*

*Lorayne Mychelle de Oliveira Santos*

*Thais Catalani Morata*

*Fernanda Zucki*

**T R Ê S** O ruído em atividades de educação física, 61

*Fernanda Zucki*

*Adriana Bender Moreira de Lacerda*

**QUATRO** Os riscos à saúde auditiva de pescadores, 77

*Adriana Bender Moreira de Lacerda*

*Michele Cristina Pains*

*Fernanda Zucki*

*Sandie Poulin*

*Lilian Cassia Bormia Jacob Corteletti*

**CINCO** A exposição ao ruído na prática da odontologia, 89

*Cláudia Giglio de Oliveira Gonçalves*

*Ângela Ribas*

*Adriana Bender Moreira de Lacerda*

*Geyza Aparecida Gonçalves*

*Evelyn Albizu*

**SEIS** O risco de perda auditiva decorrente da exposição ao ruído associada a agentes químicos, 99

*Adriana Bender Moreira de Lacerda*

*Thais Catalani Morata*

**PARTE TRÊS** Abordagens na prática da prevenção de perdas auditivas, 119

**SETE** Incorporando o conhecimento, as opiniões e as atitudes do trabalhador na promoção da saúde auditiva, 121

*Luciana Bramatti*

*Ane Gleisi Vivan*

*Fernanda Zucki*

**OITO** Estratégias para abordagem do zumbido em programas de prevenção de perda auditiva, 137

*Luciara Giacobe Steinmetz*

*Fernanda Zucki*

*Thais Catalani Morata*

*Bianca Simone Zeigelboim*

*Adriana Bender Moreira de Lacerda*

**PARTE QUATRO** Aspectos legais da prevenção de perda auditiva, 153

**NOVE** A regulamentação da exposição ao ruído no trabalho: perspectivas nacionais e internacionais, 155

*Flávia Cardoso Oliva*

*Thais Catalani Morata*

*Adriana Bender Moreira de Lacerda*

*Cláudia Giglio de Oliveira Gonçalves*

*As autoras, 169*

NORMA BRASILEIRA – NBR 10.152. *Níveis de ruídos para conforto acústico*. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

NORMA REGULAMENTADORA – NR 9. Programa de prevenção de riscos ambientais. Capítulo V, Título II, da CLT. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Portaria SSST n. 25, 29.12.1994.

NORMA REGULAMENTADORA – NR 15. Atividades e operações insalubres. Anexo I – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente. Portaria n. 3.214, 8.6.1978. In: *Segurança e medicina do trabalho*. São Paulo: Atlas, 1998, v. 16, p. 123-4.

NORMA REGULAMENTADORA – NR 17. Ergonomia. *Segurança e medicina do trabalho*. São Paulo: Atlas, 1996.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS. *International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps*. Geneva: World Health Organization, 1980.

REGAZZI, R. D. *et al.* "O risco de danos auditivos induzido por ruído ambiental, substâncias ototóxicas e o nexos causal". *O Mundo da Saúde*, v. 29, n. 2, p. 243-51, 2005.

RIBAS, A. *Reflexões sobre o ambiente sonoro da cidade de Curitiba: a percepção do ruído urbano e seus efeitos sobre a qualidade de vida de moradores dos setores especiais estruturais*. 2007. Tese (Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANTOS, U.; MORATA, T. C. "Efeitos do ruído na audição". In: SANTOS, U. *Ruído: riscos e prevenção*. São Paulo: Hucitec, 1994.

SORAINEN, E.; RYTKÖNEN, E. "High-frequency noise in industry". *American Industrial Hygiene Association Journal*, n. 63, v. 2, p. 231-3, 2002.

SOUZA, H. M. M. R. *Análise experimental dos níveis de ruído produzido por peça de mão de alta rotação em consultórios odontológicos: possibilidade de humanização do posto de trabalho do cirurgião dentista*. 1998. 107 f. (Tese de Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

ZUBICK, H. H. *et al.* "Hearing loss and the high speed dental hand-piece". *American Journal of Public Health*, v. 70, n. 6, p. 633-5, 1980.

## | S E I S |

### O risco de perda auditiva decorrente da exposição ao ruído associada a agentes químicos

Adriana Bender Moreira de Lacerda

Thais Catalani Morata

#### INTRODUÇÃO

A ototoxicidade ocasionada por medicamentos ou drogas terapêuticas tem sido objeto de estudo da audiologia há vários anos. Entretanto, apenas recentemente a ototoxicidade por agentes químicos ambientais encontrados no ar, água ou alimentos e nos locais de trabalho tornou-se interesse de audiologistas e outros profissionais da saúde.

Estudos têm mostrado que algumas toxinas podem alcançar a orelha interna por meio da corrente sanguínea. Elas foram encontradas nos fluídos da orelha interna causando danos em algumas estruturas e funções do aparelho auditivo. O dano, entretanto, não é exclusividade da cóclea: estudos indicam que efeitos retrococleares e centrais podem também estar vinculados a essas exposições (Ödkvist *et al.*, 1982 e 1987). O local da lesão, os mecanismos e a extensão do

problema causado por essas toxinas variam de acordo com os fatores de risco que incluem o tipo de agente químico, as interações com outros agentes ototóxicos, o nível e a duração da exposição, semelhantes às drogas terapêuticas.

A interação sinérgica ou a potencialização de muitas toxinas com a exposição ao ruído tem sido relatada. Além disso, a detecção e o diagnóstico precoce do efeito ototóxico é um desafio para a audiologia. Essas recentes evidências têm proposto novas diretrizes e padronizações na prevenção da perda auditiva.

Neste capítulo, a exposição a agentes químicos ototóxicos presentes nos ambientes profissionais e seu efeito no sistema auditivo serão discutidos. Recentes diretrizes e legislações – assim como estratégias alternativas na prevenção dos efeitos auditivos ocasionados pela exposição combinada do ruído com os agentes químicos ototóxicos – serão examinadas.

### PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR RUÍDO (PAIR)

A perda auditiva induzida por ruído é uma condição específica com sintomas estabelecidos e objetivos encontrados. O Bureau Americano de Estatísticas do Trabalho identificou a PAIR como uma condição principal relacionada a trabalho (Bureau of Labor Statistics, 2002).

A NR 7, em seu Anexo I do Quadro II, define a perda auditiva por

níveis de pressão sonora elevados como as alterações dos limiares auditivos, do tipo sensorineural, decorrente da exposição ocupacional sistemática a níveis de pressão sonora elevados. Tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao risco. A sua história natural mostra, inicialmente, o acometimento dos limiares auditivos em uma ou mais frequências da faixa de 3.000 a 6.000 Hz. As frequências mais altas e mais baixas

poderão levar mais tempo para serem afetadas. Uma vez cessada a exposição, não haverá progressão da redução auditiva. (Brasil, 1998)

A prevalência da PAIR relacionada ao trabalho varia consideravelmente entre grupos ocupacionais. Estima-se que com dez ou mais anos de exposição ao ruído, 8% dos trabalhadores expostos a 85 dB(A), 22% dos trabalhadores expostos a 90 dB(A), 38% dos trabalhadores expostos a 95 dB(A) e 44% expostos a 100 dB(A) poderão desenvolver prejuízos auditivos (NIH, 1990). A PAIR está entre a causa mais comum de perda auditiva adquirida. O National Institute of Health americano calcula que aproximadamente um terço de todas as perdas auditivas podem estar atribuídas, ao menos em parte, à exposição ao ruído.

A incidência e o grau da PAIR podem variar entre grupos expostos a níveis correspondentes de ruído. A causa dessa variabilidade não é totalmente compreendida, mas acredita-se que possa ser multifatorial. Alguns desses fatores são: idade, sexo, raça e estado geral de saúde, tais como pressão sanguínea e o uso de certos medicamentos. Quando se faz uma investigação da ocorrência da perda auditiva adquirida, é essencial obter essas informações por meio de um questionário médico.

A idade é um fator importante quando se examina as desordens na audição. Os efeitos do ruído e a idade são um desafio para o diagnóstico, mas parecem ser aditivos. A audição pode diminuir com a idade, mas um indivíduo saudável não exposto a agentes ototraumáticos pode ter uma audição normal aos 65 anos de idade. A média dos limiares auditivos nas frequências 1, 2, 3 e 4 kHz para pessoas com 60 anos de idade não expostas ao ruído é de 17 dB(NA) para homens e de 12 dB(NA) para mulheres (ANSI, 1996).

Características externas ao indivíduo porém intrínsecas à exposição – tais como a duração, o grau ou a intensidade do risco – também interferem no efeito na audição. Certos fatores não acústicos, no lo-

cal de trabalho, podem afetar a audição diretamente ou interagir com o ruído. Esses fatores são considerados possíveis colaboradores da variabilidade individual na suscetibilidade da PAIR (Phaneuf e Hetu, 1990; Morata, Franks e Dunn, 1994). A contribuição da vibração, das temperaturas extremas e dos agentes químicos na perda auditiva tem sido avaliada. Por exemplo, trabalhadores com a síndrome da vibração dos dedos brancos demonstraram ter maior perda auditiva que os trabalhadores expostos a níveis de ruído similares, mas sem vibração (Palmer, Griffin e Syddall, 2002).

O foco deste capítulo é a ototoxicidade de agentes químicos industriais e as suas interações com o ruído.

#### PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR AGENTES QUÍMICOS

Antes de 1980 não existiam grupos ou programas de pesquisa que investigassem a perda auditiva induzida por agentes químicos de forma sistemática: somente estudos isolados relatavam esses efeitos. Esse cenário começou a mudar no início dos anos 1980, a partir de informações de grupos dedicados a investigações das propriedades neurotóxicas dos agentes químicos em animais (Pryor *et al.*, 1983).

Resultados de experimentos químicos indicaram que o tolueno pode afetar o sistema auditivo em experimentos com animais, mesmo sem a presença de ruído excessivo (Pryor *et al.*, 1983). Desde então, vários laboratórios de pesquisa têm se envolvido em investigações com as propriedades tóxicas de agentes, tais como: tolueno, estireno, xileno, etilbenzeno, n-hexano, tricloroetileno, mistura de solventes, monóxido de carbono, cianido de hidrogênio, chumbo e mercúrio.

A incidência da perda auditiva neurossensorial foi também reportada como maior do que a esperada em trabalhadores expostos simultaneamente ao ruído e a solventes. Um estudo longitudinal sueco, num período de vinte anos, sobre a audição de 319 funcionários revelou que uma grande proporção de trabalhadores de divisão química apresentou perda auditiva indenizável (23%) quando comparada à proporção

de grupos expostos a ambientes sem a presença de agentes químicos (5% a 8%). Esse efeito foi encontrado, apesar de baixos níveis de ruído na divisão química – 80 dB(A) a 90 dB(A) – quando comparado com outras divisões – 95 dB(A) a 100 dB(A). Dessa maneira, a exposição a solventes industriais foi implicada como um fator de risco adicional para a ocorrência de perdas auditivas (Bergstrom e Nystrom, 1986).

Como os solventes orgânicos são conhecidos por seus efeitos neurotóxicos tanto para o sistema nervoso central quanto para o periférico, pesquisadores se baseiam na hipótese de que eles podem causar danos às células sensoriais e periféricas da cóclea. Um maior efeito no sistema auditivo central pode também ser observado nos indivíduos expostos aos solventes.

Recentes experimentos com animais confirmaram observações precoces: tanto tolueno, estireno, tricloroetileno, etilbenzeno, benzeno, cianeto de hidrogênio e monóxido de carbono interagem sinergicamente com o ruído ou potencializam os seus efeitos no sistema auditivo (Morata, 2003). Sabe-se também que alguns agentes químicos em altas concentrações podem afetar a audição, apesar da falta de exposição ao ruído.

Uma revisão sobre os efeitos dos solventes e suas aplicações foi publicada recentemente (Fuente e McPherson, 2006), e outras revisões anteriores também existem (Morata, 2003; Fechter e Pouyatos, 2005). Vários agentes ambientais e ocupacionais possuem propriedades ototóxicas e são, portanto, de interesse para a prática da audiologia. Eles estão descritos no quadro 1, na página seguinte.

Informações preliminares foram recebidas com ceticismo, particularmente porque os níveis de exposição necessários para observar um efeito em experimentos com animais foram bastante altos em relação aos limites de exposição permitidos. Em contraste, muitos trabalhos têm indicado que níveis bem menores observados na indústria foram suficientemente altos para ser associado com déficits auditivos (Morata *et al.*, 1993; Morioka *et al.*, 2000; Sliwinska-Kowalska *et al.*, 2003 e 2004).

**Quadro 1** – Alguns agentes químicos encontrados no meio ambiente ou em ambientes de trabalho com propriedades ototóxicas, sozinhos ou em combinação com ruído

Classe	Agente
Solventes	Estireno
	Tolueno
	Tricloroetileno
	Xileno (p-xileno)
	Etilbenzeno
	Clorobenzeno
	Etanol
	n-hexano
	n-heptano
	n-propilbenzeno
	Alpha-metil-estireno
	Trans-beta-metil-estireno
	Alilbenzeno
	Dissulfeto de carbono
Misturas de solventes	
Metais	Combustíveis
	Chumbo
	Mercurio
Asfixiantes	Manganês
	Monóxido de carbono (CO)
	Cianido de hidrogênio
Outros	Acrilonitrilo
	Bifenis policlorinados (PCBs)
	Pesticidas/inseticidas

A diferença entre o menor nível exposição necessário para causar efeito em humanos e ratos não tinha sido entendida até recentemente. Pesquisadores na França e na Dinamarca demonstraram em estu-

dos com animais de laboratório que o nível de exposição a solventes necessários para que haja efeito é muito mais baixo quando está associado a outros estressores, tais como impacto do ruído, o monóxido de carbono (CO) ou a atividade física durante a exposição química (Lataye *et al.*, 2005; Lund, Kristiansen e Campo, 2003). Isso tem sugerido que efeitos auditivos dos solventes podem ter sido observados em baixas concentrações em humanos, porque geralmente eles estão expostos aos solventes em combinação com outros fatores, enquanto os experimentos com animais envolvem tipicamente exposições a solventes isolados.

#### IDENTIFICAÇÃO DA PERDA AUDITIVA CAUSADA POR EXPOSIÇÃO AO RUÍDO ASSOCIADA À EXPOSIÇÃO A AGENTES QUÍMICOS

Uma vez que a exposição ao ruído é frequente na maior parte dos setores ocupacionais, as desordens auditivas observadas entre os trabalhadores são comumente atribuídas somente à exposição ao ruído, sem considerar a possibilidade de efeitos de outros agentes. Os termos "perda auditiva ocupacional" e "perda auditiva relacionada a trabalho" são empregados como sinônimo de "perda auditiva induzida por ruído". Atualmente, fica evidente que isso não é sempre correto, porque os agentes químicos também podem estar implicados na perda auditiva ligada às condições de trabalho.

Em vários cenários o ruído coexiste com outros fatores que são potencialmente perigosos para a audição, por isso deve-se ter atenção antes de se identificar uma perda auditiva como PAIR. Ademais, quando se leva em consideração a possibilidade de que outros fatores ambientais e/ou ocupacionais podem afetar a audição, as iniciativas para a prevenção da perda auditiva ocupacional precisam ser reexaminadas e talvez ampliadas.

O teste audiológico usualmente utilizado nos estudos populacionais é a *audiometria de tom puro*. Audiogramas de pessoas expostas ao ruído frequentemente exibem perdas auditivas similares às resultan-

tes de outros tipos de exposição ocupacional e, como o ruído é um problema comum em vários locais de trabalho, a perda auditiva pode ter sido atribuída erroneamente a ele.

A comparação dos descritores gerais da perda auditiva causada pelo ruído com a causada por agentes químicos revela a dificuldade no diagnóstico diferencial e na atribuição da origem. Nos estudos sobre ototoxicidade é conhecido que o local e a extensão da lesão variam de acordo com vários fatores de risco, os quais incluem o tipo de agente químico, interações, dosagem, método e duração de exposição, presença de condições físicas e outros fatores, como é o caso do ruído.

Os quadros 2 e 3 resumem os principais descritores baseados em achados sobre agentes ototóxicos investigados até agora.

Como já indicado, os efeitos dos agentes químicos ototóxicos não estão restritos à cóclea. As implicações para os indivíduos são sérias. Os resultados da audiometria de tom puro podem ocultar dificuldades auditivas. Os sons podem ser detectados (se intensos suficientemente para serem ouvidos), mas a qualidade deles – ou seja, a discriminação de seus componentes – pode estar comprometida, particularmente com a presença de ruído de fundo.

**Quadro 2** – Descritores gerais dos efeitos ototóxicos dos agentes químicos encontrados nos experimentos com animais

Efeitos observados em diferentes espécies: ratazana, rato, porcos da Guinéa (cobaia), macacos.
Principalmente lesão coclear.
Faixa média de frequência audiométrica
Exposição ao ruído não é uma condição necessária para causar efeitos auditivos quando os animais foram expostos aos solventes, metais ou inseticidas, mas necessária quando expostos ao monóxido de carbono, cianido de hidrogênio ou acrilonitrilo.
Interação ruído/sinergismo
Efeito cumulativo entre solventes

**Quadro 3** – Descritores gerais dos efeitos ototóxicos de agentes químicos encontrados no ambiente, estudos clínicos e de campo

Exposições ambientais (água contaminada, alimentos ou poeira etc.) e exposições ocupacionais a agentes químicos podem afetar o sistema auditivo.
Efeitos auditivos relatados após inalação intencional ou envenenamento acidental
Prevalência elevada de perda auditiva, registrada em audiogramas de tom puro (perda audiométrica em alta frequência, de grau leve a moderado, bilateral).
Interação com o ruído não claramente identificada como sinérgica ou aditiva, devido às limitações na averiguação da história de exposição.
Lesões centrais, cocleares ou retrococleares
Desempenho pior do que o esperado nos testes, que avaliam a porção mais central do sistema auditivo.

Quando a audiometria de tom puro é o único teste realizado, a análise das informações do questionário sobre dificuldades de discriminação da fala ou outros problemas auditivos inconsistentes com os limiares pode ajudar a detecção de alguns efeitos dos agentes químicos no sistema auditivo.

É importante que os profissionais que realizam testes auditivos estejam atentos aos trabalhadores que se queixam de dificuldades auditivas que não são detectadas nos resultados da audiometria de tom puro e que sugiram a realização de testes complementares, tais como: audiometria de altas frequências, emissões otoacústicas (EOA), testes de fala sensibilizada, de detecção de intervalos ou *Random gap detection test* (RGDT), de potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE), entre outros. A justificativa para essa recomendação é que esses testes podem diferenciar os efeitos do ruído dos efeitos dos agentes químicos (Morata e Little, 2002).

Além dos exames complementares, um importante elemento no diagnóstico da PAIR ou da perda auditiva por agentes químicos é obtido pela informação sobre o histórico da exposição, frequentemente obtido por meio de entrevistas ou questionário. Tais instrumentos devem incluir fatores de risco médicos e não médicos asso-

ciados com a condição e a exposição a fatores de risco. As exposições ocupacionais de interesse são: ruído, agentes químicos, vibração e uso do equipamento de proteção individual.

As informações sobre as exposições não ocupacionais de interesse – como as atividades com o uso de arma de fogo, motocicleta, carros de corrida, o uso de aparelhos de amplificação sonora individual, bem como atividades extraocupacionais com exposição a solventes, asfixiantes e metais – também devem ser coletadas. A avaliação dos sintomas associados às desordens auditivas inclui perguntas sobre o estado auditivo e o equilíbrio (Morata e Little, 2002).

Perguntas sobre o status da audição podem incluir um componente de autoavaliação, com uma escala de ruim, regular, bom e excelente em situações diversas. Outras importantes questões são sobre o uso de próteses auditivas, medicação ototóxica e experiência de zumbido no ouvido. Perguntas sobre o equilíbrio focam os sintomas de vertigem, tontura, tendência a quedas, perda da consciência, náusea e vômitos, assim como pressão na cabeça. Sintomas associados com a vertigem incluem visão dupla ou borrada, sensação rotatória, cegueira, plenitude nas orelhas e dificuldade para caminhar no escuro (Morata e Little, 2002).

Poucos estudos sobre humanos têm avaliado o tempo mínimo necessário para que as exposições químicas desencadeiem efeitos auditivos, e existem ainda incertezas relativas: se é um processo agudo ou crônico. As pesquisas que avaliaram os efeitos dos solventes ao longo do tempo indicaram que a perda auditiva é observável de dois a três anos antes que a observável quando exposto somente ao ruído (Morata, 1989; Morata *et al.*, 1993). Outro estudo, no entanto, observou um efeito significativo dos solventes após cinco ou mais anos de exposição (Jacobsen *et al.*, 1993). Já o CO necessita de um tempo superior a dez anos de exposição para que algum efeito seja observado (Lacerda, 2007). Esse problema de latência certamente depende do agente ototóxico e das características da exposição; portanto, precisa de mais investigações.

## ASPECTOS LEGISLATIVOS RELACIONADOS À PREVENÇÃO DA PERDA AUDITIVA

No Brasil, a exemplo de outros países, a legislação de saúde e segurança do trabalho só reconhece o ruído como agente ototraumático e só exige monitoramento da audição dos trabalhadores expostos a níveis de ruído acima dos limites de exposição permitidos – 85 dB(A). Consequentemente, apesar de existir uma numerosa população de trabalhadores exposta a outros agentes otoagressores na presença de ruído de fundo, apenas uma parcela, cuja exposição ao ruído for considerada excessiva, estará incluída nos programas de prevenção da perda auditiva.

Considerando-se a evidência de que outros agentes ambientais e/ou ocupacionais também são nocivos para a audição, pode haver um grande número de trabalhadores com necessidades de preservação auditiva. Atualmente, somente a Comunidade Europeia possui diretrizes sobre as emissões sonoras (2003/10 EC noise, Article 4 of Section II) e requer que a interação entre o ruído e as substâncias químicas ototóxicas seja levada em conta na avaliação do risco das populações expostas, mas o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) já fez recomendações similares (Franks *et al.*, 1996; NIOSH, 1998).

Na área médico-legal, a legislação, no que diz respeito à compensação, foi modificada na Austrália (Workcover Guides for the Evaluation of Hearing Impaired, June 2002) e no Brasil (Decreto n. 3.048, de maio de 1999), e a associação entre a exposição química em locais de trabalho e a perda auditiva são aceitas em pedidos de indenização. Nas normas brasileiras de saúde e segurança do trabalho recomendadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, o anexo I da NR 7 (Portaria n. 19, 1998) reconhece que, para o diagnóstico conclusivo, o diferencial ou a definição da aptidão para o trabalho, na suspeita de PAIR, deve-se levar em consideração – na análise de cada caso, além de outros fatores – a exposição ocupacional a outros agentes de risco.

## ESTRATÉGIAS PARA PROGRAMAS DE PREVENÇÃO DE PERDA AUDITIVA EM LOCAIS DE TRABALHO

Agências de pesquisa internacionais têm identificado a exposição ao ruído associada à exposição a agentes químicos como uma prioridade na área de pesquisas, as quais terão um impacto futuro nos planos de novos estudos e na revisão de políticas preventivas (Prasher *et al.*, 2002). Nesse ínterim, algumas agências recomendam “melhores práticas” (*best practices*) para minimizar os efeitos auditivos diante de exposições a agentes físicos e químicos ototóxicos, as quais estão resumidas a seguir.

### *Avaliação e controle dos riscos*

Como a maior parte dos programas de saúde ocupacional, os passos iniciais para os Programas de Prevenção da Perda Auditiva (PPPA) são a avaliação e o controle dos riscos. Quando existe ruído ou produtos químicos no local de trabalho, medidas deverão ser tomadas para reduzir os níveis e/ou concentrações o máximo possível, para proteger os trabalhadores expostos e para monitorar a efetividade dessas intervenções.

O meio mais efetivo para prevenir as desordens auditivas causadas por agentes ambientais é remover ou atenuar a fonte de exposição do local de trabalho. Como exemplo, é possível citar os controles de engenharia ou a remoção dos trabalhadores do ambiente. Os benefícios das condições de trabalho saudável vão muito além da prevenção da doença.

### *Elegibilidade para Programas de Prevenção da Perda Auditiva*

Estratégias preventivas utilizadas para proteger os trabalhadores da exposição ao ruído não os protegerão da exposição aos agentes químicos. Quando é evidente que agentes químicos no local de trabalho podem afetar a audição, as iniciativas de prevenção da perda auditiva podem ser igualmente necessárias em locais de trabalho onde a exposição é inferior a 85 dB(A).

Em geral, o programa de prevenção de risco ambiental apresenta o mapa de risco dos agentes isoladamente, contudo o monitoramento auditivo deverá levar em conta a interação entre os agentes de risco, objetivando a prevenção e/ou agravamento da PAIR. As instituições de pesquisa como a Conferência Americana dos Higienistas Industriais Governamentais ou American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 1998-9) e o Exército Americano (US Army, 1998) recomendam a monitorização da audição dos trabalhadores expostos a contaminantes químicos industriais.

A publicação *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices (TLVs® and BELs®) da ACGIH*-desde 1998 inclui uma nota na sessão “Ruído”, em que afirma: “em ambientes onde a exposição ao tolueno, ao chumbo, ao manganês ou ao álcool n-butil ocorre, audiogramas periódicos são recomendados e devem ser cuidadosamente revisados”. Ela também lista objetivos de desenvolver recomendações específicas e difundir informações para estratégias de prevenção de perda auditiva que não estão limitadas à exposição a níveis excessivos de ruído. Uma recomendação similar pode ser encontrada na norma 1.269 da Austrália/Nova Zelândia (2005), *Occupational Noise Management/Informative Appendix on Ototoxic Agents*, que sugere testes auditivos para aqueles expostos a agentes químicos ototóxicos.

Também, desde 1998, o Exército Americano começou a exigir considerações sobre exposições a agentes químicos para inclusão em programa de conservação auditiva, particularmente quando em combinação com o ruído de fundo (US Army, 1998). Mais recentemente, o Exército Americano recomendou monitoramento audiométrico para trabalhadores com exposição aerotransportada em 50% mais rigorosos critérios para limites de exposição ocupacional ao tolueno, xileno, estireno, n-hexano, estanho, dissulfeto de carbono, mercúrio, chumbo orgânico, hidrogênio canino, diesel combustível, querosene combustível, combustível de avião, combustível JP-8, aos pesticidas organo-

fosforatos, agentes neurotóxicos da guerra química, indiferentemente do nível de ruído. O corte de 50%, embora arbitrário, assegurará a coleta de dados em níveis abaixo dos limites de exposição. Quando a exposição dérmica a esses agentes resulta em uma dose equivalente a 50% ou mais do limite de exposição ocupacional, audiogramas anuais são também recomendados. Quando um trabalhador participa de um programa de conservação da audição devido ao ruído excessivo, a revisão dos dados audiométricos é recomendada para verificação de um possível efeito aditivo, potencializador ou sinérgico entre a exposição ao ruído e a agentes químicos e, se necessário, para avaliação da necessidade da redução à exposição, ou ambas.

#### *Quando a ototoxicidade química ainda não foi testada*

A insuficiência de dados sobre ototoxicidade apresenta um desafio para os envolvidos na prevenção da perda auditiva para populações expostas a agentes químicos. Como podem os profissionais de saúde determinar se os efeitos auditivos observados são devidos a exposições a agentes químicos nos casos em que não foram testados para sua ototoxicidade? Uma proposta foi feita no Best Practices Workshop, realizado em 2002, sobre efeitos combinados de agentes químicos e ruído na audição (Morata, 2003). Recomendou-se a obtenção de informações sobre a toxicidade geral, nefrotoxicidade e neurotoxicidade do agente em questão (pois a maioria dos agentes químicos que afetam o sistema auditivo são potencialmente neurotóxicos e/ou nefrotóxicos). Além disso, devem ser obtidas informações das queixas das populações expostas, o que foi consenso entre os participantes (Morata, 2003).

A informação sobre a produção de radicais livres associada à exposição a determinado produto químico também pode ajudar na decisão de avaliar a ototoxicidade de um agente. A produção de radicais livres está relacionada a lesões celulares em diferentes sistemas orgânicos, considerados um mecanismo básico de toxicidade, fazendo parte de

um mecanismo fundamental da PAIR (Ohinata *et al.*, 2000). A glutathiona (GSH) é um importante antioxidante que limita o dano celular pelos radicais livres. Existe evidência que oferece suporte à hipótese de que a ototoxicidade da exposição ao ruído combinada com a exposição ao monóxido de carbono ou ao cianeto de hidrogênio é mediada pela formação de radicais livres (Rao *et al.*, 2001).

Em resumo, quando não existe informação a respeito do risco auditivo de exposição a um agente específico ou a uma combinação deles, devem ser buscadas informações quanto à toxicidade sobre agentes individuais existentes (exemplo: órgãos alvos comuns) ou sobre as combinações similares de exposição.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As práticas atuais para a preservação da audição não levam em conta o risco potencial para a audição proveniente da exposição química no local de trabalho. Esforços consideráveis ainda são necessários: no exame de outros agentes químicos ou classes deles concernentes ao risco auditivo; na disseminação de informações sobre esses riscos para trabalhadores, profissionais de saúde e aqueles envolvidos em políticas de saúde; no desenvolvimento de recomendações específicas; e cobrindo estratégias de prevenção da perda auditiva que não estejam limitadas a exposições a níveis excessivos de ruído. Apesar da evidência do risco, existe pouca atenção na comunidade audiológica para os riscos dos agentes químicos ambientais.

O argumento mais forte para a investigação da ototoxicidade de indústrias químicas é ainda, infelizmente, a alta ocorrência de perda auditiva ligada ao trabalho em países industrializados. Considerando o número de agentes químicos que são utilizados no ambiente de trabalho e as combinações de exposição possíveis, é necessário que clínicos e pesquisadores cada vez mais se envolvam no esforço de melhor avaliar e prevenir os riscos à audição causados pelas exposições a agentes químicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH. *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1998-1999*. Cincinnati, 1998.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE – ANSI. *American National Standard: determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment*, Nova York, S3.44, 1996.

AUSTRALIA STANDARDS/NEW ZELAND STANDARDS – AS/NZS 1.269. *Occupational Noise Management/Informative Appendix on Ototoxic Agents requiring hearing tests for those exposed to ototoxic agents*, 2005.

BERGSTROM, B.; NYSTROM, B. "Development of hearing loss during long-term exposure to occupational noise. A 20-year follow-up study". *Scandinavian Audiology*, v. 15, p. 227-34, 1986.

BRASIL. Ministério da Previdência e Assistência Social. Decreto n. 3048, 12 abr. 1999.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 7 – *Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional*. Portaria n. 19, 9 abr. 1998.

BUREAU OF LABOR STATISTICS. News Bureau of Labor Statistics USDL 02-687. United States Department of Labor, Washington, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.bls.gov/iif/oshwc/osh/os/osnr0016.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2009.

FECHTER, L. D.; POLYATOS, B. "Ototoxicity". *Environmental Health Perspectives*, v. 113, n. 7, p. A443-4, 2005.

FRANKS, J. R.; STEPHENSON, M. R.; MERRY, C. J. *Preventing occupational hearing loss – A practical guide*. Cincinnati: USDHHS, PHS, CDC, NIOSH, 1996, p. 96-110.

FUENTE, A.; MCPHERSON, B. "Organic solvents and hearing loss: The challenge for audiology". *International Journal of Audiology*, v. 45, n. 7, p. 367-81, 2006.

JACOBSEN, P. *et al.* "Mixed solvent exposure and hearing impairment: an epidemiological study of 3284 men: The Copenhagen male study". *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, v. 43, p. 180-4, 1993.

LACERDA, A. B. M. *Effets de l'exposition chronique au monoxyde de carbone et au bruit sur l'audition*. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Biomédicas) – Faculté des études supérieures, Université de Montreal.

LATAYE, R. *et al.* "Combined effects of noise and styrene on hearing: comparison between active and sedentary rats". *Noise and Health*, v. 7, n. 27, p. 49-64, 2005.

LUND, S. P.; KRISTIANSEN, G. B.; CAMPO, P. "Complex interaction determines the loss of hearing in rats exposed to chemicals and noise". *Unpublished observations, presented at the NoiseChem Meeting*. London, dez. 2003.

MORATA, T. C. "Study of the effects of the simultaneous exposure to noise and carbon disulfide on workers' hearing". *Scandinavian Audiology*, v. 18, p. 53-8, 1989.

\_\_\_\_\_. "Chemical exposure as a risk factor for hearing loss". *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, v. 45, p. 676-82, 2003.

MORATA, T. C. *et al.* "Occupational exposure to organic solvents and noise: effects on hearing". *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, v. 19, n. 4, p. 245-54, 1993.

\_\_\_\_\_. "Unmet needs in occupational hearing conservation". *The Lancet*, v. 344 (8920), p. 479, 1994.

MORATA, T. C.; LITTLE, M. B. "Suggested guidelines for studying the combined effects of occupational exposure to noise and chemicals on hearing". *Noise and Health*, v. 4, n. 14, p. 73-87, 2002.

MORIOKA, I. *et al.* "Evaluation of combined effect of organic solvents and noise by the upper limit of hearing". *Industrial Health*, v. 38, n. 2, p. 252-7, 2000.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, NIOSH. "Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to noise". *Revised criteria*. Cincinnati: USDHHS, PHS, CDC, NIOSH, 1998, p. 98-126.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. "Noise and hearing loss". NIH Consensus Development Conference. Consensus Statement, jan. 1990.

ÖDKVIST, L. M. *et al.* "Otoneurological and audiological findings in workers exposed to industrial solvents". *Acta Otolaryngologica Supplementum*, v. 386, p. 249-51, 1982.

\_\_\_\_\_. "Audiological and vestibulo-oculomotor findings in workers exposed to solvents and jet fuel". *Scandinavian Audiology*, v. 16, p. 75-81, 1987.

OHINATA, Y. *et al.* "Glutathione limits noise-induced hearing loss". *Hearing Research*, v. 146, n. 1-2, p. 28-34, 2000.

PALMER, K. T. *et al.* "Raynaud's phenomenon, vibration induced white finger, and difficulties in hearing". *Journal Occupational and Environmental Medicine*, v. 59, p. 640-2, 2002.

PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2003/10/CE, de 6 de Fevereiro de 2003. Décima sétima diretiva especial na aceção do n. 1 do artigo 16 da Diretiva 89/391/CEE. Bruxelas, 2003.

PHANEUF, R.; HETU, R. "An epidemiological perspective of the causes of hearing loss among industrial workers". *Journal of Otolaryngology*, v. 19, p. 31-40, 1990.

PRASHER, D. *et al.* "NoiseChem: An European Commission research project on the effects of exposure to noise and industrial chemicals on hearing and balance". *Noise and Health*, v. 4, n. 14, p. 41-8, 2002.

PRYOR, G. T. *et al.* "Transient cognitive deficits and high frequency hearing loss in weanling rats exposed to toluene". *Neurobehav Toxicol Teratol*, v. 5, p. 53-7, 1983.

RAO, D. B. *et al.* "Free radical generation in the cochlea during combined exposure to noise and carbon monoxide: an electrophysiological and an EPR study". *Hearing Research*, v. 161, n. 1-2, p. 113-22, 2001.

SLIWINSKA-KOWALSKA, M. *et al.* "Ototoxic effects of occupational exposure to styrene and coexposure to styrene and noise". *Journal of Occupational Environment Medicine*, v. 45, p. 15-24, 2003.

SLIWINSKA-KOWALSKA, M. *et al.* "Effects of coexposure to noise and mixture of organic solvents on hearing in dockyard workers". *Journal of Occupational Environment Medicine*, v. 46, n. 1, p. 30-8, 2004.

UNITED STATES ARMY. "Hearing Conservation Program". Dept. of the Army Pamphlet 40-501, Washington: Headquarters, Department of the Army, 1998.

WORKCOVER NEW SOUTH WALES. *WorkCover Guides for the Evaluation of Permanent Impairment*, Sydney, dez. 2001.