

Efeitos auditivos da exposição combinada: interação entre monóxido de carbono, ruído e tabagismo

Auditory effects of combined exposure: interaction between carbon monoxide, noise and smoking

Débora Gonçalves Ferreira¹, Gracieli Lima de Oliveira¹, André Lage Meira², Adriana Lacerda³

RESUMO

Objetivo: Analisar os efeitos auditivos da exposição combinada ao monóxido de carbono (CO) e ao ruído, e o impacto do tabagismo. **Métodos:** Participaram da pesquisa 80 trabalhadores fumantes e não fumantes, do gênero masculino, oriundos de uma empresa siderúrgica, sendo que 40 estavam expostos ao CO e ao ruído e 40 somente ao ruído. Realizou-se análise retrospectiva dos dados referentes aos riscos ambientais (CO e ruído) e das informações contidas nos prontuários médicos relacionadas à saúde auditiva e às concentrações biológicas do CO no sangue (COHb). Analisou-se a audiometria tonal de referência e a última, e os limiares auditivos em função do tabagismo, do tipo de exposição (CO e ruído ou somente ao ruído), do tempo de exposição, do nível de ruído e da idade. **Resultados:** Tanto a concentração de CO como os níveis de ruído encontraram-se acima do limite de tolerância previsto na norma regulamentadora de número 15 do Ministério do Trabalho. O grupo exposto ao CO e ao ruído apresentou mais casos de PAIR (22,5%), comparativamente ao grupo exposto somente ao ruído (7,5%) e também apresentou piora significativa nos limiares auditivos de 3, 4 e 6 kHz. Foram encontradas diferenças significativas entre a idade, o tempo de serviço, o tipo de exposição, o nível de ruído e o hábito de fumar influenciando nos limiares auditivos dos participantes. O hábito de fumar potencializou o efeito tanto do CO quanto do ruído no sistema auditivo. **Conclusão:** Efeitos auditivos significativos foram identificados na audição dos trabalhadores de uma siderúrgica expostos ao CO.

Descritores: Efeitos do ruído; Compostos químicos; Exposição ocupacional; Sinergismo farmacológico; Perda auditiva; Saúde do trabalhador

INTRODUÇÃO

A perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) consiste na doença relacionada ao trabalho de caráter irreversível mais prevalente em todo o mundo, afetando o homem, simultaneamente, nos planos físico, psicológico e social. Vários são os fatores que podem desencadeá-la ou agravá-la, tais como o tabagismo, o ruído, a vibração e os contaminantes químicos ambientais (solventes, metais, asfixiantes, etc.), entre outros⁽¹⁻⁷⁾.

Dentre os contaminantes químicos que podem interagir

com o ruído, potencializando os efeitos nocivos da exposição sobre a audição e sobre a saúde em geral, destaca-se o monóxido de carbono (CO)^(3,5-13).

Da família dos asfixiantes químicos, o CO é um gás incolor e inodoro que se forma pela combustão incompleta do material orgânico, em presença deficitária de oxigênio, sendo responsável por mais de 50% das intoxicações no âmbito mundial e a causa mais comum de morte por intoxicação^(7,10). O CO esta presente nos processos industriais como alto-forno, emissões veiculares, caldeiras, carvoarias, oficinas, garagens e operações de soldagem⁽⁹⁻¹²⁾.

Os resultados de alguns estudos sobre a toxicidade do CO no sistema auditivo mostram que ele tem efeito direto sobre o funcionamento coclear⁽¹³⁾. Existem evidências demonstrando que exposição ao CO pode potencializar a PAIR. Ele, isoladamente, não seria ototóxico, mas ocorreria efeito de potencialização à ação do ruído^(13,14).

Além do mais, o CO presente nos componentes do cigarro pode reduzir os níveis de oxigênio na cóclea e resultar em vasoconstrição, aumento do fluxo sanguíneo, redução do transporte de oxigênio e dificuldade na dissociação da oxihemoglobina. A exposição ao ruído também induz uma hipóxia coclear,

Trabalho realizado na Faculdade de Estudos Administrativos de Minas Gerais – FEAD – Belo Horizonte (MG), Brasil.

Conflito de interesses: Não

(1) Curso de especialização em Audiologia, Faculdade de Estudos Administrativos de Minas Gerais – FEAD – Belo Horizonte (MG), Brasil.

(2) Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Estudos Administrativos de Minas Gerais – FEAD – Belo Horizonte (MG), Brasil.

(3) Programa de Pós-graduação em Distúrbios da Comunicação, Universidade Tuiuti do Paraná – UTP – Curitiba (PR), Brasil.

Endereço para correspondência: Débora Gonçalves Ferreira. R. Nunes Vieira, 304/100, Santo Antonio, Belo Horizonte (MG), Brasil, CEP: 30350-120. E-mail: degferreira@yahoo.com.br

Recebido em: 29/11/2011; **Aceito em:** 28/8/2012

causando lesões ou interagindo com os mecanismos da PAIR. Desse modo, a hipóxia crônica causada pelo tabagismo pode contribuir para a perda auditiva, particularmente na região basal da cóclea⁽¹⁵⁾. Estudo sugere que o tabagismo associado com a exposição ao ruído, induz a mudança temporária do limiar e que este efeito é mais atribuído ao CO do que à nicotina⁽¹⁶⁾.

Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos auditivos da exposição combinada ao monóxido de carbono (CO) e ao ruído, e o impacto do tabagismo.

MÉTODOS

O presente estudo constou de uma pesquisa de caráter exploratório observacional, realizada entre maio e julho de 2008, por meio de análise documental retrospectiva em uma siderúrgica especializada na fundição de ferro gusa, situada na região metropolitana de Belo Horizonte (MG). A empresa possui 750 empregados e apresenta grau de risco 4, segundo a Norma Regulamentadora (NR) 4 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE)⁽¹⁷⁾.

A empresa não possui um Programa de Conservação Auditiva (PCA). Atualmente os equipamentos de proteção auditiva (EPA) utilizados pelos participantes do estudo são do tipo inserção de silicone, marca e modelo Pomp Plus® e atenuação (NRRsf) de 17dB. Quanto ao tempo total de uso do EPA, não foi possível a obtenção de dados fidedignos, visto que não há registros do início do uso do EPA para todos os participantes pesquisados. Atualmente, todos os trabalhadores são obrigados a usar o EPA e também os equipamentos de proteção individual (EPI), como máscaras de proteção respiratória, avental de raspa, capacete, óculos e luvas, quando expostos também ao CO.

Foram analisados os dados referentes ao ano de 2008, relacionados aos riscos ambientais (CO e ruído) e as informações contidas nos prontuários médicos relacionadas à saúde auditiva e às concentrações biológicas do CO no sangue, verificada pelo exame laboratorial de carboxihemoglobina (COHb).

As informações referentes à análise ambiental do ruído constavam nos documentos do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) da empresa e foram analisadas. O ruído foi avaliado pelo setor de Engenharia de Segurança do Trabalho da empresa pesquisada, sendo a avaliação realizada com amostras de trabalhadores de todos os setores, durante a jornada de trabalho da empresa. Para tal, foi utilizado o dosímetro de ruído da marca Simpson®, modelo 897, calibrado acusticamente antes e após as avaliações. Os critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído atenderam ao disposto na norma NHO-01 da Fundacentro (Nível critério igual a 85 dB(A), tempo critério de 8 horas e fator de troca igual a 3).

Como as concentrações do CO no ambiente não constavam nos documentos do PPRA da empresa, as mesmas foram avaliadas pela equipe de pesquisadores, juntamente com o setor de Engenharia de Segurança do Trabalho da própria empresa, por meio de um detector de CO (carboxímetro) da marca MSA®, modelo MINI-CO. O carboxímetro foi posicionado em frente à boca do alto-forno fechado, a fim de se constatar os níveis de CO no ambiente. A avaliação do CO foi referendada pelas normas EPA RCFA 1093-093.

O alto forno é o único equipamento da empresa com produção de CO. O processo de funcionamento do alto-forno ocorre por meio da queima do carvão vegetal, que o gera a uma elevada temperatura, fazendo com que o minério de ferro que está dentro do forno seja fundido. Depois de fundido, o forno é aberto, sendo liberado o ferro gusa que será armazenado em um recipiente aquecido, ou solidificado em barras. Dentro da logística deste processo, o forneiro, o auxiliar de forneiro e o paneleiro estão expostos ao grupo CO e ruído no ambiente de trabalho. Assim, as demais funções analisadas, não expostas ao CO, foram consideradas expostas ao ruído somente.

Já os prontuários médicos, do ano de 2008, continham as informações sobre: dados de identificação (nome, idade, cargo, setor, duração da jornada de trabalho diária, tempo de trabalho na empresa atual, etc.); dados sobre o tabagismo, doenças crônicas (hipertensão arterial, diabetes) e uso de medicamentos; concentrações de COHb no sangue dos participantes expostos ao CO; e resultados das audiometrias.

O exame da COHb foi realizado em laboratório de análises clínicas, por meio da coleta de sangue do trabalhador no final da jornada de trabalho. As referências do resultado desse exame são: normal até 3,5% para não fumantes e de 4,0 a 9,0% para fumantes⁽¹⁸⁾.

Após a análise documental, a casuística foi constituída por 80 participantes do gênero masculino (40 expostos ao CO e ruído; e 40 expostos somente ao ruído). Para formar os grupos de risco, os setores pesquisados foram aqueles que apresentavam exposição ambiental ao CO e ao ruído (produção I, II e III) ou somente ao ruído (expedição; montagem e pá – carregadeira). Para o grupo CO e ruído, os cargos pesquisados foram: forneiro; auxiliar de forneiro e paneleiro. Para os trabalhadores expostos somente ao ruído, os cargos foram: operador de expedição; caixoteiro; operador de roda e operador de carregadeira.

Foram excluídos, os trabalhadores dos setores avaliados (n=80) que apresentavam, em seus audiogramas, perda auditiva do tipo condutiva ou mista e/ou com história pregressa de patologias otológicas.

Quanto à avaliação audiológica, analisou-se a audiometria de referência e o último exame audiométrico de cada participante, seguindo os parâmetros da legislação brasileira⁽¹⁹⁾.

Todos os exames foram realizados por fonoaudiólogo, em cabina acústica e os participantes apresentando repouso auditivo superior a 14 horas. Na avaliação por via aérea foram pesquisadas as frequências de 500 Hz, 1, 2, 3, 4, 6 e 8 kHz, e por via óssea as frequências de 500 Hz, 1, 2, 3 e 4 kHz, em ambas as orelhas⁽¹⁹⁾.

A análise dos resultados também foi baseada no Anexo I da NR 7⁽¹⁹⁾, nos quais foram classificados como exames normais, ou dentro dos limites aceitáveis, os que apresentavam limiares auditivos de até 25 dBNA em todas as frequências. Foram considerados como audiometria alterada, ou sugestivos de PAIR, os audiogramas apresentando perda auditiva neurosensorial bilateral, com limiares auditivos acima de 25 dBNA, predominantemente nas frequências de 3 kHz, 4 kHz e 6 kHz, tanto na via aérea quanto na via óssea. Foram excluídos da amostra os exames classificados como outras causas, por não apresentarem relação com o trabalho.

Foram considerados como desencadeamento ou agravamento, as audiometrias que na comparação com a audiometria de referência, obtiveram uma diferença entre as médias aritméticas dos limiares auditivos no grupo de frequências de 500 Hz, 1 e 2 kHz, ou no grupo de frequências de 3, 4 e 6 kHz, valor igual ou superior a 10 dB, ou valor igual ou superior a 15 dBNA em uma frequência isolada.

O método estatístico utilizado foi o modelo linear geral, em uma forma de análise de variância (ANOVA). Aplicou-se o teste t de Student, considerando-se o nível de significância de 5% ($p=0,05$).

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Estudos Administrativos de Minas Gerais (FEAD) envolvendo seres humanos, sob o protocolo número nº 44 e autorizado pelos indivíduos por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores referentes à estatística descritiva das variáveis: idade e tempo de trabalho em função dos grupos CO e ruído e somente ruído, respectivamente.

Tabela 1. Descrição das variáveis idade e tempo de serviço dos participantes (n=80)

Variável	Ruído e CO (n=40)		Ruído (n=40)	
	N	%	n	%
Idade (anos)				
20 – 30	3	7,50	10	25
31 – 40	15	37,50	7	17,50
41 – 50	13	32,50	14	35
>50	9	22,50	9	22,50
Tempo de serviço (anos)				
0 – 5	4	10	8	20
6 – 10	28	68	20	50
11 – 15	8	20	10	25
>15	0	2	2	5

Legenda: CO = monóxido de carbono

A avaliação dos níveis de ruído do grupo exposto simultaneamente ao CO e ao ruído demonstrou: paneleiro (88,7 dBA), forneiro (93,5 dBA), auxiliar de forneiro (93,5 dBA). Já a do grupo exposto somente ao ruído demonstrou: caixoteiro (86,6 dBA), operador de roda (83,3 dBA), operador de expedição (106,8 dBA), caldeireiro (88,2 dBA), e operador de carregadeira (86,7 dBA).

O resultado da avaliação do CO no alto forno, em uma jornada total de trabalho (8 horas), variou de 200 a 700 partes por milhão (ppm) Todos os participantes do grupo CO e ruído executam suas tarefas no mesmo ambiente, independente da função que exercem, e são expostos igualmente às mesmas concentrações de CO.

Os valores mínimos, máximos e a média, das dosagens de carboxihemoglobina no sangue dos trabalhadores fumantes

e não-fumantes expostos ao CO e ruído são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Dosagem de carboxihemoglobina (COHb) no sangue dos trabalhadores fumantes e não-fumantes expostos ao CO e ruído

Resultado	Não-fumantes	Fumantes
Valor mínimo (%)	0,80	0,80
Valor máximo (%)	10,20	17,30*
Média	2,96	6,30*

* Valores significativos ($p=0,000$) – Teste ANOVA

Legenda: CO = monóxido de carbono

Diferenças significativas ($p=0,000$) foram observadas nos resultados dos valores máximos e na média. Os trabalhadores fumantes apresentaram valores mais altos de COHb comparativamente aos não fumantes (Tabela 2).

Os resultados da última audiometria demonstraram que 22,5% dos participantes do grupo CO e ruído, apresentaram audiogramas sugestivos de PAIR, enquanto 7,5% dos participantes do grupo exposto ao ruído apresentaram essas características.

A Figura 1 apresenta os resultados da análise de piora dos limiares audiométricos em função dos grupos de risco (%), segundo a portaria 19 (1998).

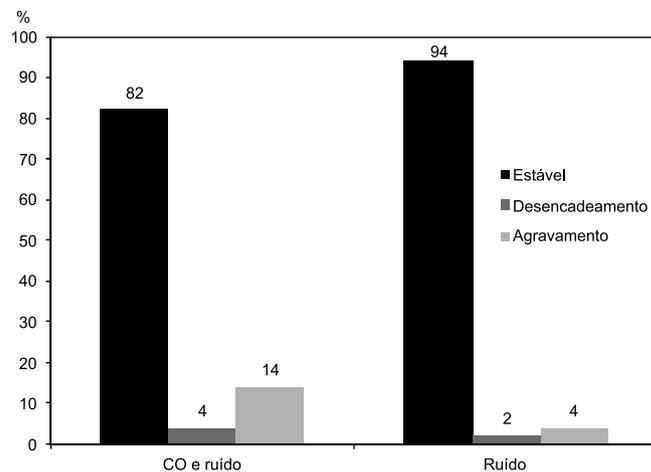
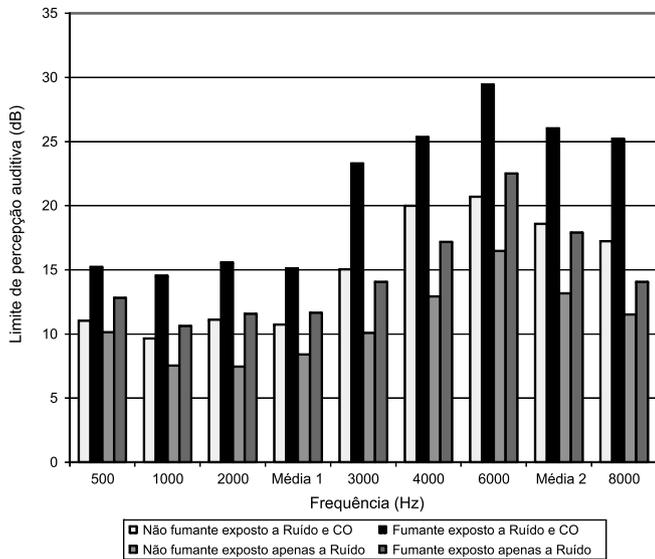


Figura 1. Resultados da análise de piora dos limiares audiométricos em função dos grupos de risco (%), segundo a portaria 19 (1998)

O desencadeamento da PAIR no grupo exposto ao CO e ao ruído foi observado em 4% dos participantes e no grupo exposto somente ao ruído, em 2%. Já o agravamento da PAIR foi observado em 14% no grupo exposto ao CO e ruído e em 4% no grupo ruído (Figura 1).

A Figura 2 demonstra a média dos limiares auditivos em função dos grupos de risco segundo o tabagismo, assim como a média tritonal tanto para frequências baixa e médias (média 1: 500 Hz, 1 e 2 kHz), quanto para frequências altas (média 2, 3, 4 e 6 kHz).

Os trabalhadores tabagistas apresentaram limiares auditivos piores se comparados aos trabalhadores não tabagistas (média 1 $p=0,003$ e média 2 $p=0,009$). Observa-se o mesmo efeito para a frequência de 8 kHz ($p=0,000$). Já os trabalhadores



Legenda: Média 1 = média dos limiares audiométricos nas frequências de 500 Hz, 1 e 2 kHz; Média 2 = média dos limiares audiométricos nas frequências de 3, 4 e 6 kHz

Figura 2. Média dos limiares audiométricos (dBNA) segundo a frequência (Hz), em função dos grupos de risco e o tabagismo

não tabagistas, expostos ao CO e ruído, apresentaram limiares auditivos piores em relação aos trabalhadores não tabagistas expostos somente ao ruído. Contudo, os trabalhadores tabagistas, expostos ao CO e ruído, apresentaram limiares auditivos piores em relação aos trabalhadores tabagistas expostos somente ao ruído e aos trabalhadores não tabagistas, independente do seu grupo de risco (Figura 2).

Assim, a análise de variância demonstrou diferenças significantes ($p=0,009$) entre o hábito de fumar e os grupos de risco (CO e ruído ou somente ruído) para as frequências baixa e médias (média 1). Para as frequências altas (média 2), além da diferença significativa entre o hábito de fumar e os grupos de risco ($p=0,000$), observou-se diferenças entre os grupos de risco e idade ($p=0,000$). Ou seja, observou-se piora nos resultados audiométricos quando o hábito de fumar estava

presente, quando os participantes eram expostos ao CO e ruído e quando apresentaram idades superiores a 40 anos.

A Tabela 3 apresenta os resultados observados entre as variáveis: idade; hábito de fumar; níveis de ruído; tempo de serviço; analisadas em função dos grupos de risco (grupos: CO e ruído; e somente ruído) usando o teste t de Student, considerando-se o nível de significância de 5% (0,05).

No estudo da análise de variância para as frequências de 500 Hz, 1 e 2 kHz, foram observadas diferenças significativas entre os limiares auditivos e: a) tabagismo e b) grupos de risco (CO e ruído; e somente ruído). No estudo das frequências 3, 4 e 6 kHz foram observadas diferenças significativas entre os limiares auditivos e: a) tabagismo, b) idade, c) nível de ruído e d) grupos de risco. Em todas as diferenças significativas observadas, verificou-se piora nos resultados audiométricos quando: a) o hábito de fumar estava presente entre os participantes, b) quando apresentavam idades superiores a 40 anos, c) quando estavam expostos ao CO e ruído e d) quando o nível de ruído era superior à 85 dBA.

A análise de variância demonstrou que para os casos sugestivos de PAIR -média 2 (perda auditiva restrita às frequências de 3, 4 e 6 kHz), diferenças significativas foram observadas de maneira isolada entre a idade ($p=0,003$), o nível de ruído ($p=0,050$), o tabagismo ($p=0,009$), os grupos de risco (CO e ruído; e de maneira associada entre o tabagismo e os grupos de risco ($p=0,003$), os grupos de risco e idade ($p=0,004$) e idade e ruído ($p=0,003$).

A análise de variância revelou que para frequência de 3 kHz, a idade ($p=0,050$), o nível de ruído ($p=0,008$), o tabagismo ($p=0,019$), os grupos de risco em função do tabagismo ($p=0,000$), da idade ($p=0,023$), os grupos em função do ruído ($p=0,050$) e a idade em função do nível de ruído ($p=0,050$) influenciaram na piora dos resultados audiométricos.

A análise de variância revelou que para frequência de 4 kHz, a idade ($p=0,008$), o nível de ruído ($p=0,029$), os grupos ($p=0,003$), o tabagismo em função dos grupos ($p=0,003$), os grupos de risco em função da idade ($p=0,004$) e o nível de ruído em função da idade ($p=0,009$) influenciaram na piora dos resultados audiométricos.

Tabela 3. Resultados observados em função dos limiares audiométricos de 500 Hz a 8 kHz

Variáveis	500 Hz	1 kHz	2 kHz	Média das frequências baixa e médias	3 kHz	4 kHz	6 kHz	Média das frequências altas	8 kHz
Idade	0,629	0,665	0,938	0,807	0,050*	0,008*	0,037*	0,003*	0,623
Neq Ruído	0,292	0,334	0,638	0,383	0,008*	0,029*	0,398	0,050*	0,985
Tabagismo	0,002*	0,003*	0,050	0,003*	0,019*	0,146	0,003*	0,009*	0,119
Grupos	0,079	0,217	0,676	0,236	0,144	0,002*	0,244	0,009*	0,746
Tabagismo X Grupos	0,032*	0,007*	0,031*	0,009*	0,000*	0,003*	0,007*	0,003*	0,000*
Grupos X Idade	0,665	0,961	0,187	0,442	0,023*	0,004*	0,049*	0,004*	0,029*
Grupos X Neq ruído	0,089	0,298	-0,615	0,260	0,050*	0,418	0,115	0,113	0,759
Idade X Neq ruído	0,559	-0,580	0,923	0,688	0,050*	0,009*	0,041*	0,003*	0,739

*Valores significativos ($p<0,05$) – Teste ANOVA

Nota: Frequências baixa e médias = 500 Hz, 1 e 2 kHz; frequências altas = 3, 4 e 6 kHz

Legenda: Neq ruído = nível equivalente de ruído

A análise de variância revelou que para frequência de 6 kHz, a idade ($p=0,037$), o tabagismo ($p=0,003$), o tabagismo em função dos grupos ($p=0,007$), os grupos de risco em função da idade ($p=0,049$) e o nível de ruído em função da idade ($p=0,041$) influenciaram na piora dos resultados audiométricos.

O estudo da variação das frequências de 3, 4 e 6 kHz, em função dos grupos de risco segundo a idade demonstraram uma piora nas médias das frequências altas nos limiares auditivos do grupo exposto ao CO e ruído, em relação ao grupo exposto somente ao ruído, com idades superiores a 40 anos.

DISCUSSÃO

Além do ruído, outros agentes otoagressores presentes no ambiente de trabalho podem afetar o sistema auditivo⁽¹⁻⁸⁾. O contaminante químico em foco neste trabalho é o CO que, associado ao ruído e ao tabagismo, causou alterações permanentes no sistema auditivo dos participantes.

Apesar da existência de estudos sobre os efeitos auditivos de exposição crônica ao CO em presença de ruído em ambientes ocupacionais^(4,7,10), a questão ainda necessita ser melhor explorada. As possíveis alterações ototóxicas induzidas pelo CO em associação ao ruído e ao tabagismo, por uma exposição crônica, e a magnitude da população exposta, subsidiaram a escolha por este estudo.

Os resultados desse estudo demonstraram que os dados ambientais, tanto a concentração de CO como os níveis de ruído (exceto para o operador de roda) medidos no ambiente de trabalho, encontram-se acima dos limites de tolerância previstos na NR-15⁽¹⁸⁾ e pela ACGIH⁽²⁰⁾, para os agentes em questão.

Para o ruído, os níveis máximos permitidos na NR-15⁽¹⁸⁾, para 8 horas diárias de exposição, seriam 85 dBA, entretanto, pelo fato dos participantes utilizarem atualmente o EPA com atenuação de 17 dB, teoricamente os níveis de ruído não seriam prejudiciais à audição dos participantes, com exceção do operador de expedição, que mesmo usando o EPA, o nível de ruído estaria acima do recomendado (89,8 dBA). Seria necessário rever a proteção auditiva para este trabalhador.

Já as concentrações ambientais de CO, segundo a NR-15⁽¹⁸⁾, não deveriam ultrapassar 39 ppm para 8 horas diárias de exposição sem proteção. No entanto, mesmo usando EPI os níveis avaliados estavam muito acima do recomendado e representam risco à saúde.

O mesmo aconteceu com a taxa máxima de carboxihemoglobina de alguns participantes não fumantes, que se apresentou superior ao recomendado (Tabela 2). Dados semelhantes relacionados à concentração de CO foram obtidos em um estudo sobre operadores de empilhadeira⁽²¹⁾. Sabe-se que diferentes fatores seriam responsáveis pelas taxas de carboxihemoglobina nos indivíduos, por exemplo, a produção endógena do CO, a fumaça do cigarro, a exposição ao diclorometano, a carga de trabalho ou ainda a exposição à elevadas concentrações de CO no ambiente⁽²²⁾.

Desse modo, observa-se neste estudo que ao menos dois, dos cinco fatores acima mencionados, poderiam ser responsáveis pelo aumento da taxa de carboxihemoglobina nos trabalhadores do grupo exposto ao CO e ao ruído, são eles: o hábito de fumar (para os trabalhadores tabagistas) e as

concentrações elevadas de CO no ambiente (especialmente para os trabalhadores não tabagistas) (Tabela 2). No entanto, esta análise fica limitada e não podemos afirmar que somente esses dois fatores seriam os responsáveis pela mudança nas taxas de carboxihemoglobina, sem investigar os demais fatores mencionados no estudo canadense⁽²²⁾. Esta questão merece ser melhor explorada em estudos futuros.

Com relação aos achados audiométricos (Figura 1), a maior ocorrência de desencadeamento e agravamento da PAIR no grupo CO e ruído sugere o efeito potencializador do CO. O fenômeno de potencialização CO na PAIR foi demonstrado em estudos realizados com animais de laboratório^(13,14,23). Os autores concluíram que a exposição ao ruído originou uma vasoconstrição coclear e que a anóxia causada pela exposição ao CO aumentou a demanda de oxigênio, ocasionando uma PAIR maior que a esperada.

Resultados semelhantes aos nossos achados (Figura 2), foram demonstrados em um estudo canadense⁽²⁴⁾, que analisou 6847 exames audiométricos realizados pelo Instituto Nacional de Saúde Pública de Québec, entre 1983 e 1996. Foram comparados dois grupos: um grupo de indivíduos expostos ao ruído de 90 dBA e ao CO e outro grupo de indivíduos expostos somente ao ruído de 90 dBA. Os resultados demonstraram diferenças significativas nos limiares auditivos dos grupos CO e ruído e somente ruído, precisamente nas frequências agudas (3, 4 e 6 kHz), indicando o efeito de potencialização da PAIR quando o CO está presente no ambiente. Nota-se, que o estudo canadense⁽²⁴⁾, devido ao tamanho da amostra, apresentou resultados mais consistentes comparativamente aos nossos achados, já que o tamanho da amostra foi uma das limitações do presente estudo.

Quanto ao tabagismo, é sabido que os componentes do cigarro também causam hipóxia e podem influenciar na perda auditiva^(15,16). Evidencia-se por meio destes achados que o hábito de fumar pode potencializar os efeitos tanto do CO quanto do ruído no sistema auditivo (Figura 2). Em concordância com os nossos achados, uma pesquisa⁽²⁵⁾ demonstrou que a idade e a exposição ao ruído são, isoladamente, associadas positivamente com a perda auditiva. Entretanto, o efeito da idade combinado à exposição ao ruído, foi mais alto que a soma dos efeitos isolados para estimar o efeito da perda auditiva. Este efeito combinado ocorreu especialmente para os participantes fumantes, com idades entre 20 e 40 anos, expostos ao ruído. Os autores concluíram que o efeito sinérgico do cigarro, a exposição ao ruído e a idade para a perda auditiva encontradas são consistentes com uma interação biológica. Entretanto, é possível que as substâncias tóxicas da composição do cigarro, associadas à idade, afetem a audição, sem necessariamente o indivíduo estar exposto ao ruído.

Foram encontradas diferenças significativas entre a idade, tempo de serviço, grupos de risco (CO e ruído; somente ruído), nível de ruído e tabagismo (Tabela 3). Desse modo, todos esses fatores de risco influenciaram, de forma isolada ou associada, na piora dos limiares auditivos dos participantes. Consistentes com os nossos achados, estudos epidemiológicos ocupacionais também demonstraram associações positivas entre os limiares auditivos e a idade^(25,26), o tempo de serviço⁽²⁷⁾, o nível de ruído⁽²⁵⁻²⁸⁾, o grupo de risco^(25,28) e o tabagismo^(25,29).

Embora os achados do nosso estudo revelem diferenças significativas entre a exposição ao CO e ruído; o hábito de fumar e a perda auditiva; a idade e o tempo de serviço; a dose limite de exposição ao CO, combinada com o nível de ruído e o tabagismo, para evitar os efeitos auditivos é ainda desconhecida. Assim como a associação dos efeitos biológicos (idade, tempo de serviço, hábitos de vida, etc.) com os riscos ocupacionais (uso de EPA, EPI, nível de ruído, agentes químicos, etc.) merece ser melhor investigada, pois pode contribuir de maneira significativa nos achados audiométricos, como verificado no presente estudo.

Portanto, torna-se imprescindível a implementação de um programa de preservação auditiva^(1,3,4) para os trabalhadores desse segmento industrial, independente do nível de ruído e da concentração de CO ao qual se encontram expostos os trabalhadores.

Acreditamos que um dos maiores desafios da saúde do trabalhador são os efeitos auditivos causados pelas exposições combinadas por diferentes agentes otoagressores. Deste modo, a exemplo de instituições de pesquisa como o NIOSH⁽³⁾ e a ACGIH⁽²⁰⁾, que recomendam a implementação de programa de preservação da audição, incluindo o monitoramento da audição dos trabalhadores expostos a contaminantes químicos industriais desde 1998⁽²⁾, sugerimos que nenhum agente otoagressor seja negligenciado e que seja realizado o monitoramento ambiental e biológico dos agentes ototóxicos, além do monitoramento audiológico de todos os trabalhadores expostos aos agentes de risco, mesmo que os níveis de ruído estejam abaixo dos limites de tolerância.

Desse modo, as ações preventivas/educativas⁽¹⁾ são fortemente recomendadas, visando identificar precocemente ou evitar o desencadeamento ou agravamento da PAIR, além de proporcionar uma melhor qualidade de vida aos trabalhadores. É necessário implementar medidas coletivas de controle dos riscos ocupacionais, além de viabilizar condições satisfatórias do uso dos EPA e EPI, tanto para exposição ao ruído quanto

aos químicos. Oficinas educativas são importantes no sentido de conscientizar a população para o auto-cuidado e para melhorias na relação saúde e trabalho⁽³⁾.

CONCLUSÃO

Efeitos auditivos significantes foram identificados na audição de 40 trabalhadores expostos ao CO quando comparados à audição de 40 trabalhadores expostos somente ao ruído. Foram encontradas correlações significativas entre a idade, o tempo de serviço, os grupos de risco (CO e ruído, e somente ruído), o nível de ruído e tabagismo, influenciando nos limiares audiométricos dos expostos ao CO e ruído. Verificou-se que o hábito de fumar pode potencializar o efeito tanto do CO quanto do ruído no sistema auditivo.

Este estudo apresentou algumas limitações importantes como: a ausência de dados sobre o início da utilização dos EPA e EPI, dificultando assim, estabelecer a relação da exposição aos agentes de risco e o tempo de serviço; a ausência de informações sobre a exposição extra ocupacional a agentes otoagressores; a ausência de análises para demonstrar como a idade e o tempo de serviço influenciaram nos achados audiométricos, sobretudo na comparação da audiometria de referência com a última. Assim como, qual foi o intervalo de tempo entre os audiogramas para se avaliar o desencadeamento ou agravamento da PAIR entre os grupos de risco.

No entanto, os resultados apresentados demonstram a importância do assunto estudado, encorajando desta forma, a continuidade desta pesquisa e a realização de novas sobre o assunto.

AGRADECIMENTOS

À empresa e aos trabalhadores que voluntariamente aceitaram participar do estudo.

ABSTRACT

Purpose: To analyze the auditory effects of the combined exposure to carbon monoxide (CO) and noise, and the impact of smoking.

Methods: Participants were 80 male workers, smokers and non-smokers, from a steel industry – 40 exposed to CO and noise simultaneously, and 40 exposed only to noise. A retrospective data analysis was conducted regarding the environmental risks (CO and noise) and the file information related to auditory health and to the biological concentrations of CO in the blood (CPHb). The first and the last pure-tone audiometry results were analyzed considering the smoking habits, the type of exposure (CO and noise or noise only), the time of exposure, the level of noise, and age. **Results:** Both the CO concentration and the noise levels were above the tolerance limits provided by the regulatory norm number 15 of the Ministry of Labor and Employment. The group of workers exposed to CO and noise presented a higher rate of noise-induced hearing loss (22.5%), when compared to the group exposed only to noise (7.5%), as well as significant worsening of the hearing thresholds of 3, 4 and 6 kHz. Age, time of exposure, type of exposure, level of noise, and smoking habit significantly influenced the auditory threshold of the participants. Smoking enhanced the effects of both CO and noise on the auditory system. **Conclusion:** The occupational exposure to noise and CO resulted in significant effects on the auditory system of workers from a steel industry.

Keywords: Noise effects; Chemical compounds; Occupational exposure; Drug synergism; Hearing loss; Occupational health

REFERÊNCIAS

1. ASHA: American Speech-Language-Hearing Association [Internet]. The Audiologist's Role in Occupational Hearing Conservation and Hearing Loss Prevention Programs [Technical Report]. [acesso em 28 de maio de 2012] Disponível em: <https://www.asha.org/docs/pdf/TR2004-00153.pdf>
2. Regazzi RD, Servilieri KM, Sartorelli EM, Lima LB, Freitas EQ, Bastos DM. O risco de danos auditivos induzidos por ruído ambiental, substâncias ototóxicas e onexo causal. *Mundo da Saúde*. 2005;29(2):243-51.
3. Morata TC. Hearing Disorders. In: Levy BS, Wegman DH, Baron SL, Sokas KR, ed. *Occupational and Environmental Health. Section IV, Adverse Health Effects*, 5th ed. Philadelphia: WB; 2006. p. 587-97.
4. Rabinowitz PM, Galuscha D, Ernest CD, Slade MD. Audiometric "early flags" occupational hearing loss. *J Occup Environ Med*. 2007;49(12):1310-6.
5. Morata TC. Promotion hearing health and the combined risk of noise induced-hearing loss and ototoxicity. *Audiol Medicine*. 2007;5:33-40.
6. Lacerda AB, Morata TC. O risco de perda auditiva decorrente da exposição ao ruído associada a agentes químicos. In: Morata TC, Zucki F. (Org). *Saúde auditiva: avaliação de riscos e prevenção*. São Paulo: Plexus; 2010. p. 99-117.
7. Vyskocil A, Truchon G, Leroux T, Lemay F, Gendron M, Gagnon Fet, al. A weight of evidence approach for the assessment of the ototoxic potential of industrial chemicals. *Toxicol Ind Health*. 2012;28(9):796-819.
8. Fechter LD. Promotion of noise-induced hearing loss by chemical contaminants. *Journal of Toxicol Environ Health A*. 2004;67(8-10):727-40.
9. Lacerda A, Leroux T, Morata TC. Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. *Pró-Fono*. 2005;17(3):403-12.
10. Telléz J, Rodríguez A, Forjado A. Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental. *Rev Salud Publica (Bogota)*. 2006;8(1):108-17.
11. Fechter LD, Chen G, Rao D. Chemical asphyxiants and noise. *Noise Health*. 2002;14(4):49-61.
12. Morata TC. Chemical exposure as a risk factor for hearing loss. *J Occup Environ Med*. 2003;45(7):676-82.
13. Fechter LD, Chen GD, Rao D. Characterizing conditions that favour potentialization of noise induced hearing loss by chemical asphyxiants. *Noise & Health*. 2000;3(9):11-21.
14. Fechter LD, Chen GD, Rao D, Larabee J. Predicting exposure conditions that facilitate the potentiation of noise-induced hearing loss by carbon monoxide. *Toxicol Sci*. 2000;58(2):315-23.
15. Chen GD. Effect of hipoxia on noise-induced auditory impairment. *Hear Res*. 2002;172(1-2):186-95.
16. Dengerink HA, Lindgren FL, Axelsson A. The interreaction of smoking and noise on temporary threshold shifts. *Acta Otolaryngol*. 1992;112(6):932-8.
17. Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora n.4 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). CLT capítulo V, título II, DOU 8 de junho de 1978.
18. Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora n.15. Atividades e operações insalubres, CLT capítulo V, título II, DOU 8 de junho de 1978.
19. Brasil. Portaria Nº.19 de 9 de abril de 1998. Estabelece diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição dos trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados. NR 7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Diário Oficial da União 30 dezembro de 1994. p. 21278.
20. Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1998-1999. In: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH. 1998. Cincinnati, OH.
21. Lacerda A, Garofani VG, Ribeiro L, Marques JM. Efeitos auditivos em operadores de empilhadeiras. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010;15(4):514-9.
22. Scarino A, Tardif R. Modélisation de l'exposition au monoxide de carbone. Rapdu l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail – IRSST, 2004. p. 27.
23. Young JS, Upchurch MB, Kaufman MJ, Fechter LD. Carbon monoxide exposure potentiates high-frequency auditory threshold shifts induced by noise. *Hear Res*. 1987;26(1):37-43.
24. Lacerda A, Leroux T, Gagné JP. The combined effect of noise and carbon monoxide on hearing thresholds of exposed workers. *The Journal of the Acoustic Society of America*. 2005;117(4):2481.
25. Ferrite S, Santana V. Joint effects of smoking, noise exposure and age on hearing loss. *Occup Med (Lond)*. 2005;55(1):48-53.
26. Dobie RA. The burdens of age-related and occupational noise-induced hearing loss in the United States. *Ear Hear*. 2008;29(4):565-77.
27. Fransen E, Topsakal V, Hendrickx JJ, Van Laer L, Huyghe JR, Van Eyken E, et al. Occupational noise, smoking, and a high body mass index are risk factors for age-related hearing impairment and moderate alcohol consumption is protective: a European population-based multicenter study. *J Assoc Res Otolaryngol*. 2008; 9(3):264-76.
28. Liu YM, Li XD, Li YS, Guo X, Xiao LW, Xiao QH, et al. Effect of environmental risk factors in occupational noise exposure to Noise-induced hearing loss. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2008;26(12):721-4.
29. Mohammadi S, Mazhari MM, Mehrparvar AH, Attarchi MS. Effect of simultaneous exposure to occupational noise and cigarette smoke on binaural hearing impairment. *Noise Health*. 2010;12(48):187-90.