

Impacto da exposição ao ruído e tolueno na audição de trabalhadores de uma indústria do ramo de calçados

Impact of noise and toluene on workers' hearing in an footwear industry

Impacto de la exposición al ruido y al tolueno en la audición de trabajadores de una industria de calçados

Recebido: 20/01/2022 | Revisado: 28/01/2022 | Aceito: 04/02/2022 | Publicado: 06/02/2022

Renato Jonatas da Silva Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0380-2215>

Fundação Centro Integrado de Apoio ao Portador de Deficiência, Brasil

E-mail: fgorenatoaraujo@gmail.com

Nancy Sotero Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3255-0288>

Instituto Santos Dumont, Brasil

E-mail: nancy.sotero.320@gmail.com

Emykaelly Kauanne Lima Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2746-1136>

Hospital Universitário Lauro Wanderley, Brasil

E-mail: mkl_kauanne@hotmail.com

Valéria de Sá Barreto Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7285-000X>

Audioclin, Brasil

E-mail: valeriagoncalves291@gmail.com

Jaims Franklin Ribeiro Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3389-5931>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: jaimsribeiro@gmail.com

Wagner Teobaldo Lopes de Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8600-2327>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: wagner_teobaldo@yahoo.com.br

Resumo

Introdução: O ruído pode trazer consigo outros fatores agravantes, como o tolueno, no ambiente ocupacional. Estudos sugerem que a exposição concomitante a ambos os agentes pode causar alterações auditivas mais severas, do que a apenas um deles. **Objetivo:** Investigar o impacto da exposição ao ruído e tolueno na saúde auditiva de trabalhadores de uma indústria do ramo de calçados e materiais esportivos. **Método:** Foram analisados os dados audiométricos de 729 trabalhadores de uma indústria calçadista e de materiais esportivos, que possui Programa de Prevenção de Perdas Auditivas (PPPA) implantado e em execução, com três grupos de trabalhadores: (1) expostos ao ruído e ao tolueno, (2) expostos apenas ao ruído e (3) não expostos. Realizou-se cruzamento entre as variáveis, tipo e tempo de exposição aos agentes e sexo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital Universitário Lauro Wanderley sob parecer nº 2.164.722. **Resultados:** Não foi encontrada relação estatisticamente significativa entre a média dos limiares auditivos e os grupos estudados. Entre os trabalhadores expostos, houve correlação positiva, porém desprezível, entre o tempo e os limiares auditivos, sendo este último significativamente maior, nos indivíduos do sexo masculino. **Conclusão:** Na indústria estudada, não foram identificadas diferenças significativas na audição de trabalhadores expostos apenas a ruído, expostos a ruído e tolueno e não expostos.

Palavras-chave: Ruído; Tolueno; Ototoxicidade; Perda auditiva ocupacional.

Abstract

Introduction: The noise can bring with itself other aggravating factors, such as toluene in occupational environment. Studies suggest that concomitant exposure to both agents may cause more severe hearing changes than only one. **Aim:** To investigate the impact of noise and toluene on workers' auditory health in an industry of footwear and sports materials. **Method:** The study was done through audiometric data of 729 workers of a footwear and sports materials industry, who had a Hearing Loss Prevention Program (HLPP) deployed and under execution, with three groups: (1) exposed to toluene and noise, (2) exposed to noise alone and (3) non exposed. A cross-over between variables, type and time of exposure to agents and sex was performed. The study was approved by Ethical Committee of Hospital Universitário Lauro Wanderley under number 2.164.722. **Results:** There was no statistically significant relationship

between the mean auditory thresholds and the groups studied. Among the exposed workers, there was a positive but negligible correlation between time and auditory thresholds, the latter being significantly higher in males. Conclusion: In the studied industry, there was no significant differences in hearing of workers exposed to noise alone, exposed to noise and toluene, and not exposed.

Keywords: Noise; Toluene; Ototoxicity; Occupational hearing loss.

Resumen

Introducción: El ruido puede traer consigo otros agravantes, como el tolueno, en el ambiente laboral. Los estudios sugieren que la exposición concomitante a ambos agentes puede causar cambios auditivos más severos que a uno solo de ellos. **Objetivo:** Investigar el impacto de la exposición a ruido y tolueno en la salud auditiva de trabajadores de una industria de calzados y artículos deportivos. **Método:** Se analizaron los datos audiométricos de 729 trabajadores de una industria de calzados y artículos deportivos, que tiene implementado y en ejecución un Programa de Prevención de Pérdidas Auditivas (PPPA), con tres grupos de trabajadores: (1) expuestos a ruido y tolueno, (2) expuestos solo al ruido y (3) no expuestos. Se realizó un cruce entre las variables, tipo y tiempo de exposición a los agentes y sexo. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital Universitario Lauro Wanderley bajo el protocolo número 2.164.722. **Resultados:** No se encontró relación estadísticamente significativa entre los umbrales de audición medios y los grupos estudiados. Entre los trabajadores expuestos, hubo una correlación positiva, pero insignificante, entre el tiempo y los umbrales de audición, siendo este último significativamente mayor en los hombres. **Conclusión:** En la industria estudiada no se identificaron diferencias significativas en la audición de los trabajadores expuestos solo a ruido, expuestos a ruido y tolueno y no expuestos.

Palabras clave: Ruido; Tolueno; Ototoxicidad; Hipoacusia ocupacional.

1. Introdução

A perda auditiva ocupacional vem sendo debatida há algum tempo, sempre trazendo à tona os perigos que os agentes nocivos à saúde auditiva podem trazer. O ruído, maior causador de perda auditiva nesse campo, também traz consigo outros alçozes, como os agentes químicos, dentre eles, o tolueno. O estudo de ambos apresenta uma importante relevância no conhecimento dos mecanismos que provocam perdas auditivas em ambientes ocupacionais. Um estudo australiano concluiu, em uma amostra de cinco mil trabalhadores, que 19,5% dos homens e 2,8% laboravam em ambiente ruidoso e que 57,3% dos homens e 25,3% das mulheres estavam expostos a produtos químicos ototóxicos no ambiente de trabalho (Lewkowski et al., 2019).

O ruído, agente físico causador de perda auditiva ocupacional, provoca dano auditivo, relacionado à sua intensidade, frequência e tempo de exposição. Além disso, outros fatores podem estar associados ao surgimento ou agravamento da alteração auditiva, como a exposição associada à vibração e ototoxicidade, doenças sistêmicas e a susceptibilidade individual do trabalhador (Fonseca et al., 2016). Estudo recente identificou relação estatisticamente significativa entre os níveis de tolueno e maior possibilidade de acometimento de perda auditiva nas altas frequências (Staudt et al., 2019). Além disso, sabe-se que a exposição a fatores combinados (ruído e produtos químicos) costuma ser mais danosa do que a exposição exclusiva ao ruído (Schaal et al., 2018).

Os efeitos que surgem a partir da exposição frequente das pessoas com o ruído podem ser classificados em efeitos auditivos e não auditivos e ambos podem ter um importante impacto físico, psicológico e social (Silva et al., 2020; Silva et al., 2022, Pereira et al., 2022, Andrade et al., 2015). Além disso, os impactos causados pela perda auditiva não afetam apenas o indivíduo com o problema em si, mas também todos os seus parceiros de comunicação, como familiares próximos, cuidadores, cônjuges etc (Kamil & Lin, 2015).

A forte intensidade e a exposição continuada ao ruído podem causar lesões estruturais na orelha interna, acarretando na perda auditiva induzida por ruído ocupacional (PAIRO) (Barcelos & Ataíde, 2014). Tiago e Araújo (2013) expõem ainda que a PAIRO traz comprometimentos irreversíveis que afetam diretamente a qualidade de vida. Os principais efeitos auditivos são: zumbido, sensação de plenitude auricular, desconforto a sons intensos e diminuição auditiva, já entre os não auditivos estão a tontura, o estresse e a insônia, entre outras (Silva et al., 2020; Silva et al., 2022, no prelo; Pereira et al., 2022, Andrade et al., 2015).

Uma característica marcante da PAIRO são as primeiras frequências a serem atingidas, sendo elas as de 6000, 4000 e/ou 3000 Hz, podendo progredir, conforme permaneça a exposição, para as frequências de 8000, 2000, 1000, 500 e 250 Hz (Akatsu & Sá, 2013).

No Brasil, existem normas a serem seguidas pelas empresas, tais como o uso do equipamento de proteção individual auditivo (EPIA), quando identificado o risco de perda auditiva. Estas normas estão presentes no Programa de Prevenção de Perdas Auditivas (PPPA), que visa prevenir ou estabilizar a PAIRO em decorrência de exposições a níveis intensos de ruídos, que envolve um processo contínuo e dinâmico de implementação a rotinas de conservação auditiva através da antecipação e reconhecimento dos riscos ambientais existentes ou daqueles que possam existir no local de trabalho (Fonseca et al., 2016).

Entre os agentes químicos, temos o tolueno, também conhecido como metilbenzeno, um hidrocarboneto aromático, incolor e de odor característico. Possui fórmula $C_6H_5CH_3$, seu peso molecular é de 92,15 e seus vapores possuem limiar de odor de 8 mg/m^3 (Sullivan & Krieger, 1992).

Este químico está presente nos mais variados produtos do dia-a-dia, como gasolina, solventes, cola de sapateiro, entre outros (Pinto et al., 2015). Apesar disso, existe uma grande preocupação com a contaminação em ambiente ocupacional, uma vez que os trabalhadores em questão ficam mais tempo expostos ao agente, o que pode ocasionar problemas de saúde muito mais graves.

O sistema respiratório é o principal caminho por onde o tolueno pode penetrar o corpo, pois, com a grande superfície pulmonar os vapores de tolueno podem facilmente se difundir e atingir a corrente sanguínea. Outra via potencial de exposição é a pele, pois o tolueno é lipossolúvel. Neste tipo de exposição, a taxa de absorção varia de 14 a $23 \text{ mg/cm}^2/\text{h}$, podendo ocorrer ressecamento e irritação (Andrews & Snyder, 1991). Existe, ainda, uma terceira via de disseminação desse agente químico, que ocorre através do intestino (Morata et al., 1995).

O nível de tolueno em ambiente ocupacional é delimitado pela norma regulamentadora (NR) nº 15 (Ministério do Trabalho e Emprego, 1978), com valores máximos de referência de 78 ppm ou 290 mg/m^3 . Existem outros valores de referência mundialmente reconhecidos, como da American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH), que sugere através do Time Weight Average (TWP), que considera a concentração média ponderada pelo período de exposição para a jornada de 8h/dia, no tempo de 40h/semana, o valor de exposição máximo de 20 ppm (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2015).

A NR-15 também traz precauções importantes para o combate à perda auditiva induzida por agentes químicos. Entre elas, estão a utilização de máscaras, luvas impermeáveis, além do equipamento de proteção individual (EPI) necessário à proteção de outras partes do corpo (Ministério do Trabalho e Emprego, 1978).

Os efeitos causados pelo tolueno no indivíduo ao intoxicar-se, variam de acordo com o nível de intensidade a exposição e afetam o sistema nervoso central (SNC). Pode se apresentar em sua forma crônica como encefalopatia tóxica, hepatotoxicidade, nefrotoxicidade e perda auditiva. Já em sua forma aguda os efeitos são parecidos com a exposição ao etanol, estimulando e, em sequência, deprimindo o SNC (Baron, 2014).

A ototoxicidade acomete os expostos ao tolueno, mesmo que em pequenas concentrações, podendo causar lesões às células ciliadas da cóclea e provocar perda auditiva irreversível (Juárez-Pérez et al., 2014; Schäper et al., 2008; Sliwiska-Kowalska, 2007). Além disso, solventes orgânicos, como o tolueno, podem causar prejuízos às estruturas vestibulares, como utrículo, sáculo e canais semicirculares (Hsu et al., 2015), ao processamento auditivo e às estruturas retrococleares (Gopal, 2008).

A exposição concomitante a ambos os agentes (ruído e tolueno) pode causar prejuízos às células ciliadas ainda maiores que a exposição a um único desses agentes, causando consequentemente perda auditiva bem mais acentuada (Lataye & Campo, 1997; Chang et al., 2006). Uma grande dificuldade está em diferenciar através dos exames audiométricos qual dos

agentes está causando a perda auditiva, pois a audiometria em ambos os casos, apresenta-se com configuração bastante parecida (Augusto et al., 2012).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho é investigar o impacto da exposição ao ruído e tolueno na saúde auditiva de trabalhadores de uma indústria do ramo de calçados e materiais esportivos.

2. Metodologia

A pesquisa foi realizada em uma indústria do ramo calçadista e de materiais esportivos localizada na Região Metropolitana de João Pessoa/PB. Trata-se de um estudo documental de caráter analítico, observacional e transversal, em que foram analisadas as audiometrias de 729 trabalhadores de ambos os sexos.

Foram coletados dados de exposição aos agentes supracitados nos setores da empresa em questão, através da análise do seu Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). O estudo foi realizado a partir da formação de três grupos de análise:

- (1) G1 – formado por 187 trabalhadores que apresentavam exposição ao ruído (superior a 80 dB) e tolueno (exposição entre 0,3 ppm e 1 mg/m³),
- (2) G2 – composto por 490 trabalhadores que apresentavam exposição apenas ao ruído com intensidade superior a 80 dB e
- (3) GC – grupo controle, formado por 52 trabalhadores dos setores administrativos, sem exposição a ruído ou tolueno.

Todos os trabalhadores possuíam carga horária de trabalho de 8 horas diárias e 48 horas semanais.

A base de dados deste estudo foi composta pelas audiometrias realizadas durante os anos de 2016 e 2017, pela fonoaudióloga da empresa, durante o monitoramento audiológico componente do PPPA desenvolvido na empresa. Os exames audiométricos foram realizados em cabina acústica Audiosonic, com o uso de audiômetro Beta 6000 da Medical, considerando como padrão de normalidade o limiar auditivo de até 25dBNA (decibel em nível de audição).

De acordo com os parâmetros estabelecidos na Portaria 19 (Ministério do Trabalho e Emprego, 1998) e aplicados ao PPPA, as frequências testadas no exame audiométrico por via aérea foram as de 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz e, se qualquer limiar entre 500Hz e 4000Hz estivesse superior a 25 dB, foi testada a via óssea nessa faixa de frequência inteira.

Segundo a Portaria 19 (Ministério do Trabalho e Emprego, 1998), são consideradas alteradas as audiometrias que possuem limiares auditivos acima de 25 dBNA em uma ou mais frequências e são considerados casos sugestivos de PAIRO aqueles cujos audiogramas, apresentam limiares auditivos acima de 25 dBNA nas frequências de 3000 e/ou 4.000 e/ou 6000 Hz e mais elevados nestes do que nas outras frequências testadas, estando estas comprometidas ou não, tanto no teste da via aérea quanto da via óssea, em um ou em ambos os lados. Os critérios estabelecidos pela Portaria 19 foram seguidos para a determinação dos parâmetros dos resultados deste estudo.

Foram excluídos os trabalhadores que possuíam como último exame audiométrico o admissional, por não possuírem o tempo mínimo de 6 meses de trabalho e, conseqüentemente, de exposição ao ruído e/ou ao tolueno.

Foram analisadas as variáveis sexo, limiares auditivos de 500 a 8000 Hz das orelhas direita e esquerda, tipo de exposição (nenhum, apenas ruído ou ruído associado ao tolueno) e tempo de exposição. Em seqüência, foram efetuados cruzamentos entre as variáveis para verificação da correlação entre elas.

A base de dados foi construída em planilha digital e analisada de forma descritiva através do software estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 20.0. A análise considerou a distribuição absoluta e relativa dos dados de natureza categórica e nos dados de natureza quantitativa foram obtidas as medidas de tendência central e dispersão.

Para verificar diferença de médias dos limiares auditivos entre os sexos foi utilizado o teste t de Student. Já no caso da análise da diferença de médias entre os tipos de exposição aos agentes nocivos à saúde auditiva, adotou-se o teste ANOVA *one-way*. Para o cruzamento entre variáveis quantitativas foi aplicado o teste de correlação de Pearson. Para interpretação da magnitude da correlação foram considerados os seguintes parâmetros: 0,9 até 1,0 indica uma correlação muito forte; 0,7 a 0,9 positivo ou negativo indica uma correlação forte; 0,5 a 0,7 positivo ou negativo indica uma correlação moderada; 0,3 a 0,5 positivo ou negativo indica uma correlação fraca; 0 a 0,3 positivo ou negativo indica uma correlação desprezível (Hinkle et al., 2003). Para todos os testes, foi considerando o nível de significância foi de 5%.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital Universitário Lauro Wanderley sob parecer nº 2.164.722.

3. Resultados

Houve equilíbrio na distribuição da casuística de acordo com o sexo, com discreto predomínio de homens na amostra. A média de idade mostrou que a população de estudo foi composta essencialmente por indivíduos adultos jovens. A maior proporção da amostra esteve exposta apenas ao ruído e houve grande variação em relação ao tempo associado a esta exposição (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição da casuística de acordo com variáveis demográficas e de exposição ao ruído (João Pessoa, 2016-2017).

Variável	n (%)
Sexo	
Masculino	397 (54,46)
Feminino	332 (45,54)
Idade	
média ± dp	32,84 ± 8,99
mínimo-máximo	18-63
mediana (Q25-Q75)	32 (25-39)
Tipo de agentes nocivos a que estão expostos	
Ruído + Tolueno	187 (25,65)
Apenas ruído	490 (67,22)
Nenhum	52 (7,13)
Tempo de exposição ao ruído em meses	
média ± dp	63,83 ± 62,86
mínimo-máximo	8-251
mediana (Q25-Q75)	43 (12,5-95,0)

Legenda: n= número de indivíduos. dp = desvio padrão. Q25 = quartil 25%; Q75 = quartil 75%. Fonte: dados da pesquisa.

As médias dos limiares auditivos nas frequências de 500 a 8000Hz foram muito próximas nas orelhas direita e esquerda (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição da casuística de acordo com as medidas de tendência central e de variabilidade referentes aos resultados da audiometria, considerando vias aéreas nas frequências de 500 Hz a 8000Hz em orelhas direita e esquerda (João Pessoa, 2016-2017).

Variável	média ± dp	Mínimo-Máximo	Mediana (Q25-Q75)
VA OD 500Hz	19,60 ± 5,26	10-105	20 (20-20)
VA OD 1000Hz	18,03 ± 5,44	10-75	20 (15-20)
VA OD 2000Hz	15,96 ± 5,69	5-80	15 (15-20)
VA OD 3000Hz	16,88 ± 6,95	5-90	15 (15-20)
VA OD 4000Hz	18,15 ± 7,57	5-95	15 (15-20)
VA OD 6000Hz	19,16 ± 8,43	5-100	20 (15-20)
VA OD 8000Hz	18,36 ± 9,17	5-100	15 (15-20)
VA OE 500Hz	19,31 ± 5,41	10-100	20 (20-20)
VA OE 1000Hz	17,91 ± 5,83	10-95	20 (15-20)
VA OE 2000Hz	16,43 ± 7,90	5-115	15 (15-20)
VA OE 3000Hz	17,36 ± 7,16	5-95	15 (15-20)
VA OE 4000Hz	18,52 ± 8,03	5-100	15 (15-20)
VA OE 6000Hz	19,67 ± 9,08	5-105	20 (15-20)
VA OE 8000Hz	18,67 ± 9,61	5-100	15 (15-20)

Legenda: dp = desvio padrão. Hz = Hertz; OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; Q25 = quartil 25%; Q75 = quartil 75%; VA = via aérea. Fonte: Dados da pesquisa.

Os limiares da via aérea na orelha direita foram significativamente menores em mulheres nas frequências de 1000Hz, 3000Hz, 4000Hz, 6000Hz e 8000Hz. O mesmo padrão foi encontrado na frequência de 4kHz em orelha esquerda, sendo esta a única relação estatisticamente significativa encontrada neste lado (Tabela 3).

Tabela 3 – Comparação de médias das variáveis referentes aos resultados da audiometria, considerando vias aéreas nas frequências de 500Hz a 8000Hz em orelhas direita e esquerda, de acordo com o sexo (João Pessoa, 2016-2017).

Variáveis	Sexo		p
	Masculino	Feminino	
	média ± dp	média ± dp	
VA OD 500 Hz	19,69 ± 4,40	19,49 ± 6,15	0,61
VA OD 1000Hz	18,41 ± 5,08	17,58 ± 5,82	0,03*
VA OD 2000Hz	16,18 ± 5,13	15,71 ± 6,29	0,24
VA OD 3000Hz	17,37 ± 6,76	16,30 ± 7,14	0,03*
VA OD 4000Hz	18,78 ± 7,68	17,40 ± 7,38	0,01*
VA OD 6000Hz	19,80 ± 8,93	18,40 ± 7,76	0,02*
VA OD 8000Hz	18,19 ± 9,29	17,48 ± 8,97	0,01*
VA OE 500Hz	19,45 ± 4,76	19,17 ± 6,10	0,47
VA OE 1000Hz	18,20 ± 5,91	17,58 ± 5,73	0,15
VA OE 2000Hz	16,55 ± 7,38	16,30 ± 8,50	0,64
VA OE 3000Hz	17,68 ± 6,96	16,98 ± 7,40	0,18
VA OE 4000Hz	19,12 ± 8,09	17,81 ± 7,92	0,02*
VA OE 6000Hz	20,04 ± 9,14	19,23 ± 9,02	0,23
VA OE 8000Hz	19,13 ± 9,59	18,11 ± 9,63	0,15

Legenda: dp = desvio padrão. Hz = Hertz; kHz = quilohertz; OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; VA = via aérea. *p<0,05 (Teste t de Student). Fonte: Dados da pesquisa.

Não foi encontrada relação estatisticamente significativa entre a média dos limiares auditivos nos três grupos estudados. Ainda assim, percebe-se que a média dos limiares no grupo controle foi menor em todas as frequências em ambas as orelhas do que a média dos limiares dois grupos expostos (Tabela 4).

Tabela 4 – Comparação de médias das variáveis referentes aos resultados da audiometria, considerando vias aéreas nas frequências de 500Hz a 8000Hz em orelhas direita e esquerda, de acordo com o tipo de exposição aos agentes nocivos a saúde auditiva (João Pessoa, 2016-2017).

Variáveis	G1 (Ruído + Tolueno) média ± dp	G2 (Apenas ruído) média ± dp	GC (nenhum) média ± dp	p
VA OD 500 Hz	19,81 ± 7,93	19,52 ± 3,97	19,52 ± 3,86	0,80
VA OD 1000Hz	17,99 ± 6,70	18,17 ± 4,94	16,92 ± 4,86	0,29
VA OD 2000Hz	16,10 ± 6,89	16,02 ± 5,27	15,00 ± 4,53	0,44
VA OD 3000Hz	16,74 ± 7,98	16,96 ± 6,48	16,63 ± 7,39	0,90
VA OD 4000Hz	17,27 ± 8,28	18,51 ± 6,99	16,98 ± 9,76	0,16
VA OD 6000Hz	19,14 ± 9,36	19,25 ± 7,90	18,37 ± 9,93	0,77
VA OD 8000Hz	18,34 ± 9,92	18,44 ± 8,83	17,79 ± 9,72	0,89
VA OE 500Hz	20,00 ± 9,04	19,10 ± 3,29	18,94 ± 3,61	0,13
VA OE 1000Hz	18,48 ± 9,38	17,73 ± 3,87	17,69 ± 4,36	0,31
VA OE 2000Hz	16,82 ± 10,45	16,38 ± 7,03	15,58 ± 4,27	0,58
VA OE 3000Hz	17,51 ± 9,97	17,36 ± 5,84	16,83 ± 6,49	0,83
VA OE 4000Hz	18,45 ± 10,12	18,58 ± 7,12	18,27 ± 7,85	0,95
VA OE 6000Hz	19,49 ± 10,73	19,78 ± 8,39	19,33 ± 9,18	0,90
VA OE 8000Hz	18,85 ± 11,06	18,70 ± 9,06	17,69 ± 9,20	0,73

Legenda: dp = desvio padrão, Hz = Hertz; OD = orelha direita; OE = orelha esquerda; VA = via aérea (Teste ANOVA one-way). Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5, foram considerados os 677 trabalhadores expostos ao tolueno e/ou ruído, ou seja, excluindo os sujeitos do grupo controle, podendo-se observar que houve correlação positiva entre o tempo total de exposição aos agentes e todos os limiares auditivos investigados. Contudo, as correlações foram desprezíveis.

Tabela 5 – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o tempo total de exposição aos agentes e as variáveis referentes aos resultados da audiometria, considerando vias aéreas nas frequências de 500 Hz a 8000Hz em orelhas direita e esquerda (João Pessoa, 2016-2017).

Limiares auditivos	Coefficientes de correlação de Pearson
VA OD 500 Hz	0,08*
VA OD 1000 Hz	0,08*
VA OD 2000 Hz	0,10*
VA OD 3000 Hz	0,12*
VA OD 4000 Hz	0,14*
VA OD 6000 Hz	0,16*
VA OD 8000 Hz	0,18*
VA OE 500 Hz	0,02*
VA OE 1000 Hz	0,04*
VA OE 2000 Hz	0,04*
VA OE 3000 Hz	0,07*
VA OE 4000 Hz	0,13*
VA OE 6000 Hz	0,15*
VA OE 8000 Hz	0,15*

Legenda: *Correlação desprezível, com $r < 0,3$. Fonte: dados da pesquisa.

4. Discussão

Os limiares auditivos, significativamente menores entre as mulheres nas frequências de 1kHz, 3kHz, 4kHz, 6kHz e 8kHz na orelha direita e 4kHz na orelha esquerda no sexo feminino, corroboram vários estudos, entre eles, o de Lie et al.

(2016), que realizaram uma revisão sistemática nas bases de dados MEDLINE, Embase, Web of Science, Scopus e Health and Safety Abstracts, com 187 artigos, trazendo dentre outros resultados, o maior acometimento de PAIRO em homens, em relação as mulheres.

Na comparação entre as médias dos grupos G1 (exposição a ruído e tolueno), G2 (exposição apenas a ruído) e GC (grupo controle), os resultados não apresentaram diferença estatisticamente significativa, diferindo, portanto, de estudos realizados em humanos e em animais, que verificaram alteração auditiva mais significativa, quando o sujeito era exposto aos dois agentes combinados (Chang et al., 2006; Lund & Kristiansen, 2008; Schäper et al., 2008).

Os dados do PPRa mostraram que a exposição ao tolueno nos setores de produção da empresa apresentou valores de 0,3 ppm e 1 mg/m³, bem abaixo do limite preconizado pela NR-15 e pela ACGIH. Esse dado pode ser um fator determinante para os resultados encontrados. Schäper et al. (2008), em um estudo que envolveu grupos de trabalhadores com exposição ao tolueno igual ou menor que 50 ppm e/ou ruído acima de 80dB, não encontraram relação entre alterações auditivas mais significativas e presença concomitante do tolueno no ambiente, sugerindo que o limiar de exposição a este é superior a 50 ppm.

No entanto, é difícil determinar o valor mínimo de exposição ao tolueno necessária para causar alteração auditiva, uma vez que é comum no mesmo local de trabalho a combinação de exposição com o ruído (Hemmativaghef, 2020) e estudos projetados para avaliar especificamente a ototoxicidade dessa substância em modelo animal, tem se limitado a exposições a altas doses, em curto período de tempo (McWilliams et al., 2000). Além disso, é comum a combinação de exposição a mais de um agente químico nos diversos ambientes de trabalho (Hemmativaghef, 2020).

A média dos limiares auditivos do grupo controle, apesar de não apresentar diferença estatisticamente significativa em relação à média dos limiares dos grupos de trabalhadores expostos a ruído associado ou não ao tolueno, foi menor em todas as frequências testadas em ambas as orelhas, algo esperado, visto que não há exposição aos agentes já citados (Boger & Barreto, 2015; Régis et al., 2014; Guardiano et al., 2014).

5. Conclusão

Na indústria em questão, não foi identificada diferença significativa entre a audição de trabalhadores expostos apenas a ruído, expostos a ruído e tolueno e não expostos. Percebe-se, então, que as ações de prevenção aos danos auditivos realizados pela indústria têm surtido efeito preventivo nos trabalhadores.

Com a análise dos grupos aqui apresentados, pode-se constatar que o controle da exposição ao tolueno, aliado ao implemento do PPRa, podem trazer resultados positivos ao combate de alterações auditivas em ambientes ocupacionais que apresentem um ou mais agentes nocivos à audição.

Referências

- Akatsu, S. Y. & Sá, E. C. (2013). Avaliação pericial do ruído em oficina de locomotivas situada na cidade de São Paulo. *Saúde, Ética & Justiça*, 18(1), 124-127. 10.11606/issn.2317-2770.v18i1p124-127
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2015). TLVs® and BEIs®: Based on the Documentation of the Threshold Limit Values (TLVs®) for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices (BEIs®).
- Andrade, W. T. L., Lima, M. A. R. & Soares, J. F. R. (2015). Queixas auditivas de trabalhadores de uma indústria cerâmica da cidade de João Pessoa/PB. *Revista CEFAC*, 17(6), 1874-1881. 10.1590/1982-021620151765515
- Andrews, L. S. & Snyder, R. (1991). Toxic effects of solvents and vapors. In: Amdur, M. O., Doull, J. & Klaasen, C. D. (Ed.). *Casarett & Doull's toxicology: the basic science of poisons* (pp. 681-722). 4. ed. New York: Pergamon Press.
- Augusto, L. S. C., Kulay, L. A. & Franco, E. S. (2012). Audição e exposição ao tolueno – uma contribuição para o tema. *Archives of Otorhinolaryngology*, 16(2), 246-58. 10.7162/S1809-97772012000200015

- Barcelos, D. D. & Ataíde, S. G. (2014). Análise do risco ruído em indústria de confecção de roupa. *Revista CEFAC*, 16(1), 39-49. 10.1590/1982-021620149912
- Baron, N. C. (2014). *Identificação e caracterização de fungos melanizados com potencial de degradação de tolueno*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil.
- Boger, M. E. & Barreto, M. A. S. C. (2015). Zumbido e perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores expostos ao ruído ocupacional. *Revista Eletrônica Gestão & Saúde*, 6(2), 1231-1233. Retrieved from <https://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/2918/2621>
- Chang, S.-J., Chen, C.-J., Lien, C.-H. & Sung, F.-C. (2006). Hearing loss in workers exposed to toluene and noise. *Environmental Health Perspectives*, 114(8), 1283-1286. 10.1289/ehp.8959.
- Fonseca, V. R., Marques, J., Panegalli, F., Gonçalves, C. G. O. & Souza, W. (2016). Prevention of the evolution of workers' hearing loss from noise-induced hearing loss in noisy environments through a hearing conservation program. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 20(1), 43-47. 10.1055/s-0035-1551554
- Gopal, K. V. (2008). Audiological findings in individuals exposed to organic solvents: case studies. *Noise & Health*, 10(40), 74-82. 10.4103/1463-1741.44345
- Guardiano, J. A. S., Chagas, T. Z. & Slomp, H., Jr. (2014). Avaliação da perda auditiva em motoristas de ônibus de Curitiba. *Revista CEFAC*, 16(1), 50-54. 10.1590/1982-0216201410212
- Hemmatvaghef, E. (2020). Exposure to lead, mercury, styrene, and toluene and hearing impairment: evaluation of dose-response relationships, regulations, and controls. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 17(11-12), 574-597. 10.1080/15459624.2020.1842428
- Hinkle, D. E., Wiersma, W. & Jurs, S. G. (2003). *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. Houghton Mifflin.
- Hsu, P.-C., Cheng, P.-W. & Young, Y.-H. (2015). Ototoxicity from organic solvents assessed by an inner ear test battery. *Journal of Vestibular Research*, 25(3), 177-183. 10.3233/VES-150559
- Juárez-Pérez, C., Torres-Valenzuela, A., Haro-García, L. C., Borja-Aburto, V. H. & Aguillar-Madrid, G. (2014). Ototoxicity effects of low exposure to solvent mixture among paint manufacturing workers. *International Journal of Audiology*, 53, 370-376. 10.3109/14992027.2014.888597
- Kamil, R. J. & Lin, F. R. (2015). The effects of hearing impairment in older adults on communication partners: a systematic review. *Journal of the American Academy of Audiology*, 26, 155-182. 10.3766/jaaa.26.2.6
- Lataye, R. & Campo, P. (1997). Combined effects of a simultaneous exposure to noise and toluene on hearing function. *Neurotoxicology and Teratology*, 19(5), 373-82. 10.1016/s0892-0362(97)00049-4
- Lewkowski, K., Heyworth, J. S., Li, I. W., Williams, W., McCausland, K., Gray, C., Ytterstad, E., Glass, D. C., Fuente, A., Si, S., Florath, I. & Fritschi L. (2019). Exposure to noise and ototoxic chemicals in the Australian workforce. *Occupational and Environmental Medicine*, 76(5), 341-348. 10.1136/oemed-2018-105471
- Lie, A., Skogstad, M., Johannessen, H. A., Tynes, T., Mehlum, I.S., Norby, K.-C., Engdahl, B. & Tambs, K. (2016). Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 89, 351-72. 10.1007/s00420-015-1083-5
- Lund, S. P. & Kristiansen, G. B. (2008). Hazards to hearing from combined exposure to toluene and noise in rats. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21, 47-57. 10.2478/v10001-008-0008-x
- McWilliams, M. L., Chen, G.-D. & Fechter, L. D. (2000). Low-level toluene disrupts auditory function in guinea pigs. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 167, 18-29. 10.1006/taap.2000.8978
- Ministério do Trabalho e Emprego. (1978). Norma Regulamentadora (NR) nº 15: Atividades e operações insalubres. Retrieved Jan 20, 2022, from <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-atualizada-2021.pdf>
- Ministério do Trabalho e Emprego. (1998). Portaria 19. Retrieved Jan 20, 2022, from <https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinck.php?numlink=217078>
- Morata, T. C., Nylén, P., Johnson, A. C. & Dunn, D. E. (1995). Auditory and vestibular functions after single or combined exposure to toluene: a review. *Archives of Toxicology*, 69(7), 431-443. 10.1007/s002040050196
- Pereira, K. V. S., Batista, E. K. L., Souza, P. R. L., Araújo, R. J. S., Silva, N. S., Gonçalves, V. S. B., Soares, J. F. R. & Andrade, W. T. L. (2022, no prelo). Efeitos não auditivos de trabalhadores expostos a ruído e produtos químicos em segmento de calçados. *Brazilian Journal of Development*.
- Pinto, E. B. R., Morales, E. A. M., Penteadó, R. D., Macedo, M. C. N. & Santos, E. C. (2015). Estudo da linha de cola de resíduos de painéis MDF da indústria moveleira. *Congresso de extensão universitária da UNESP*, São Paulo, SP, Brasil, 8.
- Régis, A. C. F. C., Crispim, K. G. M. & Ferreira, A. P. (2014). Incidência e prevalência de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores de uma indústria metalúrgica, Manaus – AM, Brasil. *Revista CEFAC*, 16(5), 1456-1462. 10.1590/1982-0216201410813
- Schaal, N. C., Slagley, J. M., Richburg, C. M., Zreiqat, M. M. & Paschold, H. W. (2018). Chemical-induced hearing loss in shipyard workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 60(1), e55-e62. 10.1097/JOM.0000000000001186
- Schäper, M., Seeber, A. & Thriel, C. van (2018). The effects of toluene plus noise on hearing thresholds: an evaluation based on repeated measurements in the German printing industry. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21(3), 191-200. 10.2478/v10001-008-0030-z
- Silva, N. S., Batista, E. K. L., Araújo, R. J. S., Moura, K. D., Gonçalves, V. S. B., Soares, J. F. R. & Andrade, W. T. L. (2020). Queixas auditivas de trabalhadores expostos a ruído e produtos químicos em indústria de calçados. *Brazilian Journal of Health Review*, 3(3), 6488-6501. 10.34119/bjhrv3n3-197

Silva, M. M., Athayde, C. M., Walter, A. G., Gonçalves, V. S. B., Soares, J. F. R. & Andrade, W. T. L. (2022, no prelo). Efeitos auditivos em trabalhadores expostos a ruído no ramo industrial de embalagens. *Brazilian Journal of Development*.

Sliwinska-Kowalska, M. (2007). Exposure to organic solvent mixture and hearing loss: literature overview. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 20(4), 309-314. 10.2478/v10001-007-0032-2

Staudt, A. M., Whitworth, K. W., Chien, L-C., Whitehead, L. W., Porras, D. G. R. (2019). Association of organic solvents and occupational noise on hearing loss and tinnitus among adults in the U.S., 1999-2004. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 92(3), 403-413. 10.1007/s00420-019-01419-2

Sullivan, J. B., Jr. & Krieger, G. R. (1992). *Hazardous materials toxicology clinical: principles of environmental health*. Baltimore: Wilkins & Wilkins.

Tiago, J. S. & Araújo, G. F. (2013). Perfil dos trabalhadores submetidos à audiometria atendidos pelo serviço social da indústria da unidade sudoeste – Bahia. *Revista Enfermagem Contemporânea*, 2(1), 133-145. 10.17267/2317-3378rec.v2i2.280