

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA

CLAYTON HENRIQUE ROCHA

Investigação dos efeitos da exposição ao ruído ocupacional nas vias
auditivas periférica e central de indivíduos normo-ouvintes

São Paulo

2023

CLAYTON HENRIQUE ROCHA

Investigação dos efeitos da exposição ao ruído ocupacional nas vias
auditivas periférica e central de indivíduos normo-ouvintes

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra
Giannella Samelli

Coorientadora: Profa. Dra. Carla Gentile
Matas

São Paulo

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Rocha, Clayton Henrique
Investigação dos efeitos da exposição ao ruído
ocupacional nas vias auditivas periférica e central
de indivíduos normo-ouvintes / Clayton Henrique
Rocha. -- São Paulo, 2023.
Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências da Reabilitação.
Orientadora: Alessandra Giannella Samelli.
Coorientadora: Carla Gentile Matas.

Descritores: 1.Audição 2.Cóclea 3.Efeitos do ruído
4.Ruído ocupacional 5.Testes auditivos 6.Transtornos
da percepção auditiva

USP/FM/DBD-425/23

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

A todos os professores que fizeram parte da minha jornada.

Agradecimentos

Primeiramente, à Deus, por sempre ter me oferecido boas oportunidades e me guiado.

À toda minha família, em especial aos meus pais, Cleide e Carlos, que sempre me apoiaram e torceram por mim.

À professora Dra. Alessandra Samelli, por ser minha guia desde a graduação, sempre presente, me ensinando e incentivando a ser um profissional e uma pessoa cada vez melhor.

À profa. Dra. Carla Matas, por ter aceitado ser minha coorientadora, contribuindo com sua experiência e sempre me ensinando algo novo.

À Mariana Keiko por compartilhar o desafio do doutorado, nossas dificuldades e conquistas, com muitas reuniões, planejamentos e planos, misturado com reflexões sobre a pós, a universidade, os trabalhos, o futuro e investimentos. Obrigado por estar sempre presente e disposta a me ajudar.

Às Dra. Camila Rabelo, Dra. Ivone Neves-Lobo, Dra. Renata Moreira e Dra. Seisse Gabriela, por toda ajuda nas adequações do protocolo da pesquisa; e sempre, por todo ensinamento transmitido.

Às profas. Dra. Ana Claudia Fiorini, Dra. Katia Nerm e Dra. Renata Moreira, pela disponibilidade e importantes contribuições no exame de qualificação.

Aos alunos de graduação e pós-graduação que passaram pelo Laboratório nesses últimos anos, compartilhando conversas, refeições nos bandejões e fazendo a “hora do café”.

Aos amigos Camila Q., Maria Elisa, Natalia e Rafael, que auxiliaram com a realização deste estudo.

Aos meus amigos, alguns que o tempo (e a pandemia) distanciaram, mas que sempre torceram pelas minhas conquistas. Agora o almoço/café sai.

A todos os alunos de graduação do curso de Fonoaudiologia da FMUSP, que foram fundamentais (mais uma vez) para o meu processo de formação didática e profissional.

Aos alunos da pós-graduação e da residência multiprofissional, que tive o privilégio de conhecer, conviver e dividir minha experiência.

Aos residentes e funcionários do Hospital Universitário da USP, em especial as equipes de Fonoaudiologia, Pediatria e Enfermagem Obstetra.

A todos os docentes da Universidade de São Paulo, que foram fundamentais em mais esta etapa da minha formação.

Às secretárias do programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da FMUSP, Ana Dantas, Ana Sequeira e Audrey, por todo apoio, suporte e disponibilidade.

Aos voluntários que se dispuseram em participar do estudo, sem a participação de vocês, nada seria possível.

À Universidade de São Paulo por oferecer muito mais que uma educação de qualidade e gratuita, mas também assistência, suporte e acolhimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Rocha CH. Investigação dos efeitos da exposição ao ruído ocupacional nas vias auditivas periférica e central de indivíduos normo-ouvintes [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina; 2023.

Introdução: Recentemente, estudos vêm sugerindo que a exposição ao ruído pode comprometer outras porções da via auditiva além das células ciliadas. Estudos com cobaias encontraram alterações nas sinapses entre as células ciliadas e o nervo auditivo na presença de limiares auditivos normais e, por este motivo recebeu o nome de perda auditiva oculta (em inglês *Hidden Hearing Loss - HHL*). A confirmação da HHL em humanos pode ter implicações importantes, mas para isso, são necessários protocolos com a inclusão de procedimentos que permitam identificá-la em indivíduos normo-ouvintes expostos a ruído. **Objetivo:** Investigar os efeitos da exposição ao ruído na via auditiva periférica e central de adultos normo-ouvintes expostos ao ruído ocupacional. **Métodos:** Estudo composto por 60 indivíduos normo-ouvintes, do sexo masculino, divididos em Grupo Estudo (GE: 30 indivíduos expostos ao ruído ocupacional) e Controle (GC: 30 indivíduos não expostos ao ruído ocupacional). Todos os participantes realizaram, além da avaliação audiológica convencional, audiometria de altas frequências (AAF), Emissões otoacústicas transientes (EOAT), pesquisa do efeito inibitório da via auditiva eferente (EIVE), Gaps-in-noise (GIN), Fala no Ruído (FR), Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR), e Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE), sem e com ruído contralateral (60 e 70 dBNA). Foram realizadas análises descritivas e inferenciais, considerando significantes, valores de $p \leq 0,05$. **Resultados:** Não foram observadas diferenças significantes entre os grupos para a AAF. Na análise das amplitudes totais das EOAT, foram observadas médias significantemente menores para o GE, em ambas as orelhas (OD: $p=0,048$; OE: $p=0,045$), assim como apresentou maior número de participantes com ausência de respostas, com diferença significativa para a OD ($p=0,019$). Para o EIVE, o GE apresentou menor efeito de inibição ($p=0,009$), bem como este esteve presente em menos orelhas ($p=0,015$). No GIN, o GE apresentou menor número de intervalos detectados ($p=0,042$), com média de limiar de detecção de gap maior. Nos testes LRSR e FR, o GE apresentou desempenho inferior ao GC,

mas sem diferenças significantes. No PEATE, o GE apresentou valores médios de latência maiores para a onda V e Interpicos III-V e I-V da OE ($p=0,015$; $p=0,05$; $p=0,037$; respectivamente). Em relação às amplitudes e razão de amplitude das ondas V/I, não foram observadas diferenças entre os grupos. No PEATE com ruído contralateral a 60 dBNA, o GE apresentou média de latências maiores, com diferença para o interpico III-V da OE ($p=0,006$), mas sem diferenças nas amplitudes e razão das amplitudes V/I. Na realização do PEATE com ruído contralateral a 70 dBNA, foram observados valores médios de latências maiores para o GE, com diferença significativa para a Onda V ($p=0,042$). A razão de amplitude das ondas V/I mostrou diferença entre os grupos ($p=0,044$). **Conclusão:** O GE apresentou desempenho pior na maioria das avaliações audiológicas realizadas, sendo mais evidente nas EOAT, EIVE e PEATE. É importante que mais estudos sobre o assunto sejam desenvolvidos para que as lacunas ainda existentes nesta área sejam resolvidas, podendo contribuir para a elaboração de um protocolo específico e sensível para a sinaptopatia induzida por ruído.

Palavras-chave: Audição. Cóclea. Efeitos do ruído. Ruído ocupacional. Testes auditivos. Transtornos da percepção auditiva.

Abstract

Rocha CH. Investigation of the effects of occupational noise exposure on peripheral and central auditory pathways of normal-hearing individuals [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2023.

Introduction: Recently, studies have mentioned that noise exposure can compromise other portions of the auditory pathway in addition to the hair cells. Studies with guinea pigs found changes in the synapses between hair cells and the auditory nerve in the presence of normal hearing thresholds and, for this reason, it was named Hidden Hearing Loss (HHL). The confirmation of HHL in humans has many implications, and requires specific protocols that include procedures that allow it to be identified in normal hearing individuals exposed to noise. **Objective:** Investigate the effects of noise exposure on the peripheral and central auditory pathway of normal-hearing individuals exposed to occupational noise. **Methods:** Study composed of 60 normal-hearing individuals, male, divided into Study Group (SG: 30 individuals exposed to occupational noise) and Control Group (CG: 30 individuals not exposed to occupational noise). All participants underwent to pure tone audiometry, extend high frequency (EHF) audiometry, transient evoked otoacoustic emissions (TEOAE), research of contralateral medial olivocochlear reflex (MOC), gaps-in-noise test (GIN), speech in noise test (SN), sentence recognition threshold in noise test (SRTN), and auditory brain-stem response (ABR), with and without contralateral noise (60 and 70 dBHL). Descriptive and inferential analyzes were carried out, considering p values ≤ 0.05 as significant. **Results:** No significant differences between groups were observed for EHF. In the analysis of total TEOAE amplitudes, significantly lower means were observed for the SG, in both ears (RE: $p=0.048$; LE: $p=0.045$), as well as presenting a greater number of participants with no responses, with a significant difference for RE ($p=0.019$). For the MOC reflex, the SG showed a smaller inhibition effect ($p=0.009$), as well as this being present in fewer ears ($p=0.015$). In the GIN test, the SG had a lower number of gaps detected ($p=0.042$), with a higher average gap detection threshold. In the SRTN and SN tests, the SG performed worse than the CG, but without significant differences. In the ABR, the SG presented higher mean latency values for wave V and Interpeaks III-V and I-V of the LE ($p=0.015$; $p=0.05$; $p=0.037$; respectively). Regarding the amplitudes and wave V/I amplitude ratio, no differences

were observed between the groups. In the ABR with contralateral noise at 60 dBHL, the SG showed higher average latencies, with a difference for the III-V interpeak of the LE ($p=0.006$), but without differences in amplitudes and wave V/I amplitude ratio. When performing the ABR with contralateral noise at 70 dBHL, higher mean latency values were observed for the SG, with a significant difference for wave V ($p=0.042$). The wave V/I amplitude ratio showed a difference between the groups ($p=0.044$). **Conclusion:** The SG results were worse in most of the audiological assessments performed, being more evident in TEOAE, MOC reflex and ABR. It is important that more studies on the subject are developed so that the gaps that still exist in this area are filled, which can contribute to the development of a specific and sensitive protocol for noise-induced synaptopathy.

Keywords: Hearing. Cochlea. Noise effects. Noise, occupational. Hearing tests. Auditory perceptual disorders.

Lista de Figuras

Figura 1 – Disposição da inervação das CCI (e CCE).	28
Figura 2 – Critérios de inclusão e exclusão do estudo	41

Lista de Quadros

Quadro 1 – Caracterização da amostra	42
Quadro 2 – Histórico de exposição ao ruído ocupacional e extra ocupacional	43

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Média dos limiares audiométricos de alta frequência.....	51
Tabela 2 – Média das Amplitudes (em dB) e presença de EOAT (porcentagem de orelhas)	52
Tabela 3 – Efeito inibitório da via auditiva eferente da orelha direita (amplitude e porcentagem de orelhas com ausência do efeito inibitório)	52
Tabela 4 – Média do limiar de detecção do GIN e quantidade de gaps detectados por grupo (em porcentagem).....	53
Tabela 5 – Distribuição (n e %) dos resultados do teste GIN para os dois grupos (n=60)	53
Tabela 6 – Médias dos LRSR para os dois grupos (R S/R em dBNA).....	54
Tabela 7 – Média da porcentagem de acertos de monossílabos no ruído em duas relações sinal/ruído	54
Tabela 8 – Médias das latências e interpicos em milissegundos (ms) obtidas na avaliação do PEATE para os dois grupos	55
Tabela 9 – Médias das amplitudes das ondas I, III e V em microvolts (μV) obtidas na avaliação do PEATE para os dois grupos	56
Tabela 10 – Média da Razão de amplitude em microvolts (μV) das ondas V/I na avaliação do PEATE	56
Tabela 11 – Médias das latências em milissegundos (ms) obtidas na avaliação do PEATE/Ruído 60 dB.....	57
Tabela 12 – Médias das amplitudes em microvolts (μV) das ondas obtidas na avaliação do PEATE/Ruído 60 dB.....	58
Tabela 13 – Média da Razão de amplitude em microvolts (μV) das ondas V/I na avaliação do PEATE/Ruído 60 dB.....	58
Tabela 14 – Médias das latências (em milissegundos – ms) obtidas na avaliação do PEATE com ruído contralateral em 70 dB.....	59
Tabela 15 – Médias das amplitudes (em microvolts – μV) das ondas obtidas na avaliação do PEATE com ruído contralateral em 70 dB.....	60
Tabela 16 – Média da Razão de amplitude das ondas V/I em microvolts (μV) na avaliação do PEATE/Ruído 70 dB.....	60

Lista de Abreviaturas e Símbolos

AAF	Audiometria de altas frequências
CCE	Células ciliadas externas
CCI	Células ciliadas internas
CEP	Comissão de Ética em Pesquisa
dB peNPS	Decibel pico equivalente de nível de pressão sonora
dB A	Decibel ponderado para escala A
dB NA	Decibel nível de audição
dB nNA	Decibel normatizado para nível de audição
EIVE	Efeito inibitório da via auditiva eferente
EOA	Emissões otoacústicas
EOAPD	Emissões otoacústicas por produto de distorção
EOAT	Emissões otoacústicas transientes
ERO	Espécies reativas de oxigênio
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
GC	Grupo controle
GE	Grupo estudo
GIN	<i>Gap-in-noise</i>
HHL	<i>Hidden Hearing Loss</i> (Perda Auditiva Oculta)
HU USP	Hospital Universitário da Universidade de São Paulo
Hz	Hertz
kHz	Quilohertz
LRSR	Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEATE	Potencial evocado auditivo de tronco encefálico
R S/R	Relação sinal/ruído
USP	Universidade de São Paulo
wav	<i>Waveform audio file format</i> (Formato de arquivo de áudio wave)

Normatização adotada

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Sistema Integrado de Bibliotecas da USP. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte IV (Vancouver) / Sistema Integrado de Bibliotecas da USP; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, coordenadora; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro et al. -3.ed. rev. ampl. mod. São Paulo: SIBi/USP, 2016. 100p.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com List of Journals Indexed in Index Medicus.

Sumário

1. Introdução.....	18
1.1. Justificativas e hipóteses.....	20
2. Objetivos.....	24
2.1. Objetivos específicos.....	24
3. Revisão da Literatura.....	26
3.1. Efeito do ruído na audição.....	26
3.2. Perda auditiva oculta.....	27
3.2.1. Perda auditiva oculta em humanos.....	30
3.3. Avaliações complementares.....	36
3.3.1. Audiometria de altas frequências e emissões otoacústicas.....	36
3.3.2. Avaliação das habilidades do processamento auditivo.....	37
3.3.3. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico.....	38
4. Metodologia.....	41
4.1. Casuística.....	41
4.2. Materiais.....	43
4.3. Procedimentos.....	44
4.3.1. Audiometria de altas frequências.....	45
4.3.2. Análise das emissões otoacústicas transientes e do efeito inibitório da via auditiva eferente.....	45
4.3.3. Avaliação das habilidades do processamento auditivo.....	46
4.3.4. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico.....	48
4.4. Análise dos dados.....	48
5. Resultados.....	51
5.1. Audiometria de altas frequências.....	51
5.2. Avaliações das emissões otoacústicas transientes.....	52
5.3. Avaliações das habilidades do processamento auditivo.....	53
5.4. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico.....	54
5.4.1. Avaliação do PEATE sem ruído contralateral.....	54
5.4.2. Avaliação do PEATE com ruído contralateral em 60 dB.....	56
5.4.3. Avaliação do PEATE com ruído contralateral em 70 dB.....	58
6. Discussão.....	62
6.1. Audiometria de altas frequências.....	63

6.2. Emissões Otoacústicas Transientes e efeito inibitório da via auditiva eferente	64
6.3. Avaliação das habilidades do processamento auditivo central.....	66
6.4. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico.....	70
6.4.1. Avaliação do PEATE sem ruído contralateral	70
6.4.2. Avaliação do PEATE com ruído contralateral	72
6.5. Considerações finais	74
7. Conclusão.....	77
Referências	78
Anexos	89

1. Introdução

1. Introdução

O ruído está presente nas mais diversas atividades de lazer e ocupacionais, o que o coloca como o segundo agente de poluição ambiental mais prevalente no nosso planeta (OMS, 2011). Em relação à exposição ocupacional, estima-se que, só nos Estados Unidos, 27 milhões de trabalhadores estejam expostos a ruído ocupacional potencialmente lesivo (Hoffman et al., 2017).

Como consequências dessa exposição, pode ocorrer efeitos auditivos, como a diminuição da acuidade auditiva, temporária ou permanente, o aparecimento do zumbido e prejuízos para a inteligibilidade de fala no ruído. Além dos efeitos auditivos, a exposição ao ruído pode causar ou agravar efeitos não-auditivos, como incômodo, fadiga, irritabilidade, estresse, distúrbios do sono, doenças cardiovasculares, alteração na atenção e concentração, entre outros (OMS, 2011; Brammer e Laroche, 2012; Hong et al, 2013; Arenas e Suter, 2014; Babisch, 2014; Molina, Miceli e Guelman, 2016; Le et al, 2017; Kerns et al., 2018; Münzel, Sørensen e Daiber, 2021).

Para minimizar os efeitos da exposição ao ruído ocupacional, legislações governamentais obrigam e orientam as empresas que adotem medidas protetivas e preventivas de saúde auditiva, por meio do controle do ruído ambiental, da proteção coletiva e individual, do acompanhamento audiométrico periódico, e de ações educativas e de treinamento para os trabalhadores (Brasil, 1978a, 1978b, 1978c; Brasil, 1998; NIOSH, 1998; Fundacentro, 2001).

Essas medidas, dentro do possível, têm conseguido evitar parte dos efeitos auditivos. Entretanto, é comum que alguns trabalhadores refiram queixas como a presença de zumbido e dificuldades de comunicação em locais ruidosos, mesmo apresentando avaliações audiométricas com resultados dentro da normalidade (Liberman, Wang e Liberman, 2011; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Vlajkovic et al., 2017; Kobel et al., 2017).

Nos últimos anos, alguns pesquisadores têm buscado compreender melhor os efeitos do ruído no sistema auditivo, avaliando suas consequências, principalmente em cobaias.

Quando essas cobaias foram induzidas à perda auditiva temporária, por exposição ao ruído, pesquisadores verificaram, por meio das emissões otoacústicas (EOAs), que ocorria a recuperação dos limiares auditivos, mas mesmo após esta recuperação, na avaliação pelo Potencial Auditivo Evocado de Tronco Encefálico (PEATE), foi verificada diminuição na amplitude da onda I. No estudo imunocitoquímico das cócleas dessas cobaias, notaram também perda de estruturas pré-sinápticas e neurodegeneração dos neurônios do gânglio espiral, apresentando a hipótese de uma sinaptopatia decorrente da exposição ao ruído (Kujawa e Liberman, 2009, 2015).

Uma possível explicação para a ocorrência dessa sinaptopatia está relacionada com os tipos de fibras auditivas que fazem sinapse com cada célula ciliada interna (CCI): fibras com altas taxas de disparos e fibras com baixas taxas de disparo espontâneo (Liberman, Wang e Liberman, 2011; Safieddine, El-Amraoui e Petit, 2012; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Moser e Starr, 2016; Eggermont, 2017; Kobel et al., 2017).

Devido às diferenças fisiológicas e metabólicas entre as fibras, pesquisadores acreditam que as fibras com baixas taxas de disparo são mais vulneráveis aos danos causados pelo ruído. Essa hipótese explicaria o motivo de, mesmo com uma redução expressiva de sinapses, não ocorrer a diminuição dos limiares auditivos, pois as fibras com altas taxas de disparo estariam funcionando normalmente (Liberman, Wang e Liberman, 2011; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Eggermont, 2017).

Os pesquisadores também ressaltam que as fibras com baixas taxas de disparo espontâneo (responsáveis pela percepção de limiares mais elevados) são particularmente importantes em ambientes ruidosos, já que as fibras com altas taxas de disparo espontâneo (responsáveis pela percepção de limiares mais baixos) saturam mais rapidamente (Schalk e Sachs, 1980; Costalupes, Young e Gibson, 1984).

Desta forma, pesquisadores sugeriram que esta possível sinaptopatia ou Perda Auditiva Oculta (*Hidden Hearing Loss*) traria prejuízos auditivos sem, no entanto, estarem relacionados à alteração dos limiares auditivos em ambiente silencioso. Estes prejuízos poderiam estar relacionados a queixas como “ouço, mas não entendo” em

ambientes com ruído competitivo, bem como dificuldades na percepção de pistas temporais, presença de zumbido, hiperacusia, e levar a transtornos auditivos centrais (Liberman, Wang e Liberman, 2011; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Vlajkovic et al., 2017; Kobel et al., 2017).

A confirmação deste tipo de alteração em humanos pode ter implicações importantes tanto na prevenção das perdas auditivas induzidas por ruído quanto no manejo de trabalhadores expostos a ruído, inclusive em termos de legislação, no que se refere aos níveis de intensidade permissíveis para o tempo de exposição ao ruído.

No entanto, para que esta confirmação possa ocorrer, é necessária a inclusão de outras formas de avaliação além da audiometria convencional (Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Kobel et al., 2017). É necessário desenvolver protocolos de pesquisa que busquem avaliar e identificar este tipo de alteração nesta população, com a inclusão de procedimentos que permitam avaliar não só a porção periférica do sistema auditivo (função coclear), mas também a transmissão do estímulo acústico para a via auditiva central.

1.1. Justificativas e hipóteses

Como já mencionado, a audiometria convencional é o principal instrumento utilizado para avaliar os limiares auditivos e detectar perdas auditivas. Contudo, ela não permite conhecer os reais danos as células ciliadas, visto que em uma perda de 80% das CCI, os limiares auditivos audiométricos continuariam dentro da normalidade (Lobarinas, Hayes e Allman, 2013; Plack et al., 2014).

Disfunções ou perda de células ciliadas decorrentes da exposição ao ruído podem causar perda auditiva, redução na seletividade de frequências e crescimento anormal da loudness com o aumento do nível da intensidade do sinal (Moore, 2007; Plack et al., 2014).

Assim, justifica-se o uso de outros meios para avaliar todas as possibilidades de danos decorrentes do ruído para o sistema auditivo. A audiometria tonal de altas frequências (AAF) e as emissões otoacústicas transientes (EOAT) permitem verificar mais detalhadamente como estão as estruturas cocleares destes indivíduos expostos

a ruído (Kemp, 2002; Lough e Plack, 2022; Le Prell, Clavier e Bao, 2023). Além disso, o estudo do efeito inibitório da via auditiva eferente permite verificar se estas possíveis alterações decorrentes da exposição ao ruído não tiveram consequências também sobre a via auditiva eferente, uma vez que alguns estudos prévios sugeriram uma possível relação entre o papel da via eferente como agente protetor contra a sinaptopatia (Reiter e Liberman, 1995; Maison e Liberman, 2000; Bramhall et al., 2022).

Alguns testes comportamentais, que para este estudo elegeu-se o *Gaps-in-noise (GIN)*, o Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR), e o Teste de Fala no Ruído (FR), possibilitam avaliar a resolução temporal e a inteligibilidade de fala no ruído. Alguns estudos demonstraram que a exposição prolongada ao ruído pode alterar o processamento auditivo central, bem como pode afetar a discriminação de sons (Kujala et al., 2004; Brattico et al., 2005; Stone, Moore e Grenish, 2008; Kumar, Ameenudin, Sangamanatha, 2012).

Já o PEATE possibilita avaliar o funcionamento da via auditiva da porção distal do nervo auditivo até o tronco encefálico, podendo detectar possíveis alterações que decorram de disfunções que afetem a cóclea e/ou fibras do nervo auditivo (Bramhall et al., 2017; Prendergast et al., 2017, Nam et al., 2021).

Além disso, considerando as questões já apresentadas, no que se refere a sinaptopatia específica para as fibras do nervo auditivo que respondem para limiares mais elevados e considerando que elas são fundamentalmente importantes em situações com ruído competitivo, no presente estudo foi testada a hipótese de que em situações com ruído competitivo contralateral, indivíduos com exposição ocupacional ao ruído, mesmo com limiares auditivos dentro da normalidade para a audiometria convencional, apresentariam respostas piores nos testes ora realizados, quando comparados a seus pares sem exposição ao ruído ocupacional.

Desta forma, considerando as hipóteses apresentadas, propusemos investigar os efeitos da exposição ao ruído ao longo da via auditiva, em indivíduos normo-ouvintes, comparando indivíduos com e sem exposição a ruído ocupacional, verificando se alguma avaliação audiológica seria capaz de identificar sinais da perda auditiva oculta, tanto em situações de silêncio quanto em situações de ruído contralateral.

Nossa hipótese inicial era de que, apesar da presença de limiares auditivos dentro da normalidade na audiometria convencional, os indivíduos expostos ao ruído apresentariam desempenho pior quando comparados aos não expostos. Esse desempenho desfavorável poderia sugerir indícios de sinaptopatia e modificações no processamento acústico ao longo da via auditiva (até tronco encefálico), e assim poderíamos indicar um protocolo de avaliação mais sensível para este tipo de alteração.

2. Objetivos

2. Objetivos

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da exposição ao ruído na via auditiva periférica e central comparando os achados entre adultos normo-ouvintes expostos e não expostos ao ruído ocupacional.

2.1. Objetivos específicos

Nossos objetivos específicos foram:

- Caracterizar os achados das avaliações audiológicas periféricas e centrais para os grupos expostos e não expostos a ruído ocupacional no silêncio;
- Caracterizar os achados das avaliações audiológicas periféricas e centrais para os grupos expostos e não expostos a ruído ocupacional na presença de ruído contralateral;
- Comparar os achados dos dois grupos.

3. Revisão da Literatura

3. Revisão da Literatura

Com o objetivo de facilitar a leitura e a compreensão, este capítulo foi escrito em seções, priorizando-se o encadeamento de ideias e, quando possível, a ordem cronológica. Desta forma, foi dividido nos seguintes subitens: Efeitos do ruído na audição, Perda auditiva oculta, Perda auditiva oculta em humanos, Avaliações complementares.

3.1. Efeito do ruído na audição

Estudos sobre a fisiopatologia das alterações causadas pela exposição ao ruído são desenvolvidos desde o início do século XX, com achados e teorias sobre o processo de destruição das células ciliadas e da cóclea. Em alguns estudos, os danos da exposição ao ruído foram caracterizados como mecânicos, ou seja, o agente físico ruído provocava a destruição das estruturas da orelha interna, em especial das células ciliadas (Henderson et al., 1976; Slepecky, 1986; Yamane et al., 1995; Hawkins e Schachat, 2005). Outros pesquisadores verificaram ainda processos isquêmicos e/ou desequilíbrio iônico nos fluídos da orelha interna decorrentes da exposição ao ruído (Ohlemiller et al., 2000; Henderson et al., 2006; Le Prell et al., 2007; Kujawa e Liberman, 2009; Pienkowski e Eggermont, 2012).

Mais recentemente, no final do século XX e início do século XXI, alguns estudos observaram alterações que podem estar relacionadas a produção exacerbada de espécies reativas de oxigênio (EROs). As EROs possuem papel importante nas atividades moleculares, uma vez que possuem alta capacidade reativa para mediar o oxigênio com as moléculas, sendo produzidas em diversos processos celulares (Ivanov et al, 2016). Contudo, quando ocorre o desequilíbrio entre a produção da ERO e sua remoção do organismo, por meio de agentes antioxidantes, o excesso irá provocar o estresse oxidativo, que possui efeito lesivo para as células (Berra, Menk e Mascio, 2006).

Acredita-se que a exposição ao ruído intenso e prolongado causa aumento da liberação de EROs que, quando não absorvido adequadamente pelo organismo,

poderá provocar a destruição das células ciliadas e de outras estruturas do sistema auditivo (Kujawa e Liberman, 2009; Pienkowski e Eggermont, 2012; Kamogashira, Fujimoto e Yamasoba, 2015; Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Falasca, Greco e Ralli, 2017; Kobel et al., 2017).

Além dos estudos sobre a ERO, outros avanços sobre os efeitos do ruído no sistema auditivo têm despertado a atenção dos pesquisadores. Até recentemente, acreditava-se que as células ciliadas (externas) da cóclea eram os elementos mais vulneráveis da orelha interna e que as perdas auditivas temporárias não traziam maiores consequências para o sistema auditivo (Kujawa e Liberman, 2009; 2015). Hoje, acredita-se que as sinapses existentes entre as células ciliadas internas e o nervo auditivo degenerariam antes mesmo das células ciliadas da cóclea. Esta degeneração neural primária (sinapses) não afetaria os limiares auditivos, mas contribuiria para outros problemas auditivos, como dificuldade na inteligibilidade de fala na presença do ruído, zumbido e hiperacusia (Kujawa e Liberman, 2015; Moser e Starr, 2016; Shi et al., 2016; Liberman et al., 2016; Vlajkovic et al., 2017; Eggermont, 2017; Kobel et al., 2017).

Por este motivo, esse achado tem recebido o nome de Perda auditiva oculta (*Hidden Hearing Loss*, em inglês) ou ainda cocleopatia ou sinaptopatia, e o acometimento ocorreria tanto em decorrência da exposição ao ruído como do envelhecimento (Liberman, Wang e Liberman, 2011; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Vlajkovic et al., 2017; Kobel et al., 2017).

3.2. Perda auditiva oculta

Como mencionado anteriormente, alguns pesquisadores têm estudado os efeitos da exposição ao ruído e do envelhecimento na audição, que estão relacionados com alterações nas sinapses entre a cóclea e o nervo auditivo.

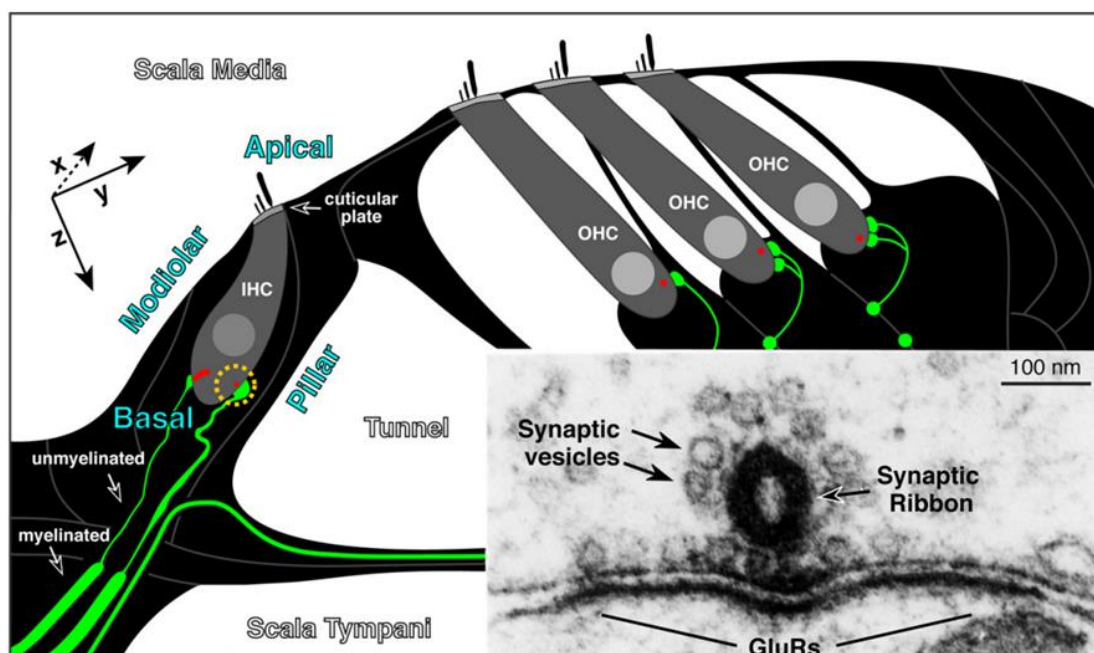
Em um desses estudos, os pesquisadores provocaram perda auditiva temporária em cobaias e observaram, por meio das emissões otoacústicas, a recuperação dos limiares auditivos. Contudo, nos estudos utilizando técnicas

imunocitoquímicas, observaram perda de estruturas pré-sinápticas e neurodegeneração dos neurônios do gânglio espiral, sugerindo uma sinaptopatia decorrente da exposição ao ruído. Estes achados foram reforçados pela diminuição da amplitude da onda I do PEATE (Kujawa e Liberman, 2009).

Em estudo posterior dos mesmos autores, também houve o desencadeamento de perda auditiva temporária em cobaias, sendo observada recuperação dos limiares auditivos pré-exposição, um indicativo de que não houve perda de células ciliadas internas ou externas. Contudo, os pesquisadores notaram que após a exposição ao ruído, houve uma perda de 40 a 50% das sinapses entre CCI e neurônios do gânglio espiral (Kujawa e Liberman, 2015).

Para tentar compreender e explicar como ocorrem essas alterações, pesquisadores têm investigado mais profundamente os tipos de fibras auditivas que fazem sinapse com as CCI, que basicamente são de dois tipos e realizam sinapses em lados opostos das CCI (Figura 1) (Liberman, Wang e Liberman, 2011; Safieddine, El-Amraoui e Petit, 2012; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Moser e Starr, 2016; Eggermont, 2017; Kobel et al., 2017).

Figura 1 – Disposição da inervação das CCI (e CCE).



Fonte: Liberman, Wang e Liberman, 2011.

Legenda: Nota-se que a fibra que realiza sinapse do lado pilar da CCI é mais robusta e possui um receptor de glutamato maior quando comparada a fibra do lado modiolar da CCI. Legenda: *IHC*: *Inner Hair Cells* (Células Ciliadas Internas); *OHC*: *Outer Hair Cells* (Células Ciliadas Externas).

As fibras com altas taxas de disparo compõem o maior número de fibras (60%) e fazem sinapse do lado pilar das CCI. Elas respondem para estímulos menos intensos, possuem maior número de mitocôndrias, são mais largas e possuem receptores de glutamato maiores. Já as fibras com baixas taxas de disparo fazem sinapse do lado modiolar das CCI, respondem para estímulos mais intensos, são mais finas, com menor número de mitocôndrias e menores receptores de glutamato (Lieberman, Wang e Liberman, 2011; Safieddine, El-Amraoui e Petit, 2012; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Moser e Starr, 2016; Eggermont, 2017; Kobel et al., 2017).

Os pesquisadores observaram que as fibras com baixas taxas de disparos (lado modiolar) são mais vulneráveis e afetadas quando expostas ao ruído, possivelmente em virtude das diferenças fisiológicas e metabólicas entre as fibras. Outra observação apontada é que, mesmo com uma redução expressiva de sinapses, não há diminuição dos limiares auditivos no silêncio, pois as fibras com altas taxas de disparo estariam funcionando normalmente (Lieberman, Wang e Liberman, 2011; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Eggermont, 2017). Assim, na avaliação dos limiares auditivos no silêncio não seria percebida nenhuma alteração.

Além disso, estudos prévios utilizando ruído mascarante demonstraram que as fibras com baixas taxas de disparo espontâneo (responsáveis pela percepção dos limiares mais elevados) são particularmente importantes em ambientes ruidosos, já que as fibras com altas taxas de disparo espontâneo (responsáveis pela percepção dos limiares mais baixos) saturam mais rapidamente (Schalk e Sachs, 1980; Costalupes et al., 1984).

Desta forma, pesquisadores sugeriram que esta sinaptopatia decorrente da perda auditiva temporária por ruído, que é específica para as fibras com baixas taxas de disparos, traria prejuízos auditivos sem, no entanto, estarem relacionados à alteração dos limiares auditivos em ambiente silencioso. Estes prejuízos, em humanos, poderiam estar relacionados a dificuldades na percepção de fala na presença de ruído ou de pistas temporais (Lieberman, Wang e Liberman, 2011; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Vlajkovic et al., 2017; Kobel et al., 2017).

3.2.1. Perda auditiva oculta em humanos

Em estudo em que foram avaliadas as habilidades de processamento auditivo (resolução temporal, padrão de duração, fala no ruído) em adultos expostos e não expostos ao ruído, todos com limiares audiométricos normais, os pesquisadores encontraram resultados piores no grupo exposto, indicando que a exposição ao ruído acarreta uma deterioração das habilidades de processamento da fala e temporal, embora todos os indivíduos sejam normo-ouvintes (Kumar, Ameenudin, Sangamanatha, 2012).

Lieberman et al. (2016) conduziram estudo avaliando adultos jovens, normo-ouvintes, com e sem exposição ao ruído. Observaram que o grupo exposto apresentou maior quantidade de queixas de sensibilidade a sons elevados, piores resultados nos testes de fala no ruído e fala comprimida, bem como limiares de AAF maiores quando comparado ao grupo sem exposição. Na avaliação das EOA com produto de distorção, não observaram diferenças entre os grupos.

Estudos também têm indicado que, além da exposição ao ruído, o envelhecimento natural promove alterações nas sinapses e em outras estruturas da orelha interna. Estudo conduzido por Wu et al. (2019) observaram, por meio de estudos em cadáveres humanos, com idades de 0 a 89 anos e que tiveram “um envelhecimento normal da audição”, que havia uma perda de 30 a 40% das CCE em todas as faixas de frequência nos indivíduos maiores que 60 anos. Em contrapartida, observaram perdas menores que 15% das CCI, para todas as faixas etárias. Contudo, na análise das estruturas neurais, observaram uma perda de axônios periféricos superiores a 60% e aumentando conforme o envelhecimento. Essa alteração não seria visível na avaliação audiométrica convencional, mas traria prejuízos auditivos para o indivíduo, principalmente em situações de ruído.

Couth et al. (2020) avaliaram os efeitos da exposição a níveis sonoros intensos de músicos jovens (idade entre 18 e 27 anos) e compararam com um grupo controle sem exposição. No PEATE, os pesquisadores observaram que a amplitude da onda I se modificou conforme a intensidade em que o exame foi realizado (amplitude maior na intensidade de 60 dBnNA quando comparada a intensidade de 80 dBnNA), mas não houve diferença entre os grupos. Em contrapartida, na avaliação da razão de amplitude das ondas V/I, o grupo de músicos apresentou razão maior que o grupo de

não-músicos. Este efeito foi causado pelas amplitudes de onda I ligeiramente maiores nos músicos e pelas amplitudes de onda V ligeiramente menores nos não-músicos (mas não significante, nos dois casos).

Dhruvakumar, Shambhu e Konadath (2022) tiveram como objetivo identificar a perda auditiva oculta em um grupo de indivíduos expostos ao ruído ocupacional (agentes de trânsito), com limiares auditivos dentro da normalidade. Utilizaram a AAF, o PEATE, e os testes para avaliar a resolução temporal, *Gap detection test* (GDT) e *Temporal Modulation Transfer Function* (TMTF), comparando os achados com um grupo controle (indivíduos sem exposição ao ruído). Na AAF, observaram diferenças significantes para todos os limiares auditivos testados. No PEATE click, não foram observadas diferenças para as latências da onda V entre os grupos. Entretanto, na realização do PEATE com estímulo *CE-chirp*, os pesquisadores observaram um aumento significativo de latência da onda V para o grupo exposto, quando comparado ao grupo controle. Nos testes GDT e TMTF, novamente, foi observada diferença entre os grupos para ambos os testes, com resultados piores para o grupo exposto ao ruído. Os pesquisadores concluíram que além da avaliação audiométrica tonal, outras medidas precisam ser incluídas na avaliação de trabalhadores expostos ao ruído, uma vez que a exposição ao ruído pode causar danos em outras estruturas do sistema auditivo. Além disso, mesmo sem alteração nos limiares audiométricos, poderá haver queixas auditivas, bem como estas podem se agravar com o passar dos anos.

Megha et al. (2021) investigaram o efeito da idade e da exposição ao ruído no sistema auditivo de indivíduos normo-ouvintes. Os pesquisadores utilizaram os exames de PEATE, EOAPD e o efeito inibitório da via auditiva eferente. Os participantes foram agrupados em três grupos, sendo o G1 grupo controle (indivíduos sem exposição ao ruído com menos de 35 anos), o G2 grupo idade (indivíduos sem exposição ao ruído com idade entre 45 e 60 anos) e o G3 grupo estudo (indivíduos expostos ao ruído ocupacional com idade menor que 35 anos). No PEATE, os pesquisadores observaram um aumento na latência das ondas I, III e V, e diminuição das amplitudes das mesmas ondas, para os grupos G2 e G3 quando comparados ao G1, sendo que esse aumento foi maior para o G2 quando comparado ao G3. Outra observação levantada pelos pesquisadores, foi que a amplitude da onda V foi mais parecida entre os grupos G1 e G3 quando o PEATE foi realizado em intensidade mais

elevadas. Em relação aos resultados da EOAPD, os autores observaram redução significativa da amplitude de frequências mais altas para os grupos G2 e G3 quando comparados ao G1. Na avaliação do efeito inibitório, também relataram diminuição nos valores médios desse efeito para os grupos G2 e G3, quando comparados com o G1. Em ambas as avaliações, os pesquisadores não encontraram diferenças entre os resultados dos grupos G2 e G3. Os autores concluíram que houve evidência dos riscos da exposição ao ruído sobre o sistema auditivo. Contudo, acreditam que mais estudos, com populações mais generalizadas, são necessários para melhor se determinar um protocolo clínico de rotina para esta população.

Nam et al. (2021) investigaram a presença da perda auditiva oculta em indivíduos jovens normo-ouvintes expostos ao ruído ocupacional (média de idade: $36,67 \pm 15,45$), comparando-os com um grupo controle sem histórico de exposição ao ruído (média de idade: $25,92 \pm 2,78$). Em relação às queixas, o grupo exposto ao ruído relatou principalmente zumbido (46,7%) e sensação subjetiva de perda auditiva (40%), embora todos tivessem limiares audiométricos dentro da normalidade. Foram analisadas, por meio do PEATE a 90 dB peNPS, as amplitudes, latências e razão de amplitude das ondas V/I. Embora o grupo controle tenha apresentado menores latências (ondas e interpicos), maiores amplitudes (ondas e razão de amplitude das ondas V/I), os pesquisadores não observaram diferenças significantes entre os grupos. Desta forma, sugerem que outros estudos utilizem outras medidas, além do PEATE, para avaliar e determinar qual medida apresenta melhor sensibilidade para detectar a perda auditiva oculta.

Suresh e Krishnan (2021) avaliaram e compararam a via auditiva de jovens (média de 22 anos) de alto risco de exposição ao ruído (banda marcial) e de baixo risco de exposição ao ruído (pouca ou nenhuma história de exposição recreacional ou profissional a sons intensos). Não observaram diferenças entre os grupos para a AAF e para as amplitudes das EOAPD. Em relação ao PEATE, realizaram dois experimentos. No primeiro, compararam os resultados de amplitudes, latências, interpicos e razão de amplitudes das ondas V/I em diferentes intensidades do estímulo click (de 30 até 90 dBnNA, com incrementos de 10 dB). Os autores relataram que não observaram diferenças para as latências absolutas entre os grupos nesse experimento, onde as médias das latências diminuía conforme a intensidade do estímulo aumentava. Quanto aos interpicos, relataram que foi possível analisar

apenas os resultados obtidos com os estímulos em 70, 80 e 90 dBnNA, uma vez que as ondas I e III não estavam visíveis na avaliação da maioria dos indivíduos, em intensidades inferiores a 60 dBnNA. Eles observaram diferenças significantes entre os grupos para os interpicos I-III e I-V, com valores médios de latências maiores para o grupo com alto risco de exposição. Na avaliação das amplitudes, novamente, a análise foi restrita para as intensidades mais elevadas. Os autores relataram que a amplitude da onda I foi significantemente maior para o grupo de baixo risco quando comparado ao grupo de alto risco e para as amplitudes das ondas III e V, observaram que houve apenas efeito da intensidade sobre o estímulo, ou seja, as amplitudes foram maiores nas intensidades de estímulos maiores, mas sem diferenças entre os grupos. Na comparação da razão das amplitudes das ondas V/I, o grupo de alto risco apresentou razão significantemente maior quando comparado ao grupo de baixo risco. Outra observação apontada foi que houve a diminuição da razão conforme a intensidade do estímulo aumentava. Nesse primeiro experimento, os pesquisadores concluíram que houve importante redução da amplitude da onda I para o grupo de alto risco.

Ainda em relação ao estudo de Suresh e Krishnan (2021), um segundo experimento foi realizado, avaliando os achados do PEATE com estímulo click, na intensidade de 70 dBnNA, com a inclusão de ruído ipsilateral de banda larga nas intensidades de 50, 60 e 70 dBNPS. Para as latências das ondas I e V e para o interpico I-V, os pesquisadores não observaram diferenças nos valores entre os grupos, mas relataram que, com o aumento do ruído, houve aumento das latências da onda V e do interpico I-V, com diferenças significantes quando comparadas com a avaliação sem ruído. Na análise das amplitudes das ondas I e V, o grupo de baixo risco apresentou amplitudes maiores que o grupo de alto risco para as situações sem ruído e com ruído a 50 dBNPS. Na comparação entre as situações, observaram uma diminuição da amplitude da onda I conforme houve o aumento do ruído, mas sem diferença significante nas situações de ruído em 60 e 70 dBNPS. Para o grupo de alto risco, a amplitude da onda I foi maior para a avaliação sem ruído quando comparada às situações com ruído. Para a onda V, os pesquisadores relataram que houve interação apenas da intensidade do ruído, ou seja, houve a diminuição da amplitude da onda V conforme o nível do ruído aumentava, de maneira semelhante para ambos os grupos. Os autores sugeriram que, com a inclusão do ruído de fundo, para a

amplitude da onda I, o grupo com baixo risco foi mais sensível, pois apresentou diminuição com maior inclinação quando comparado ao grupo com alto risco. De forma geral, os pesquisadores concluíram, com base nos dois experimentos, que as amplitudes menores da onda I para o grupo de alto risco podem sugerir alterações neurais periféricas, assim como amplitudes das ondas III e V semelhantes ao grupo de baixo risco sugerem a existência de mecanismo(s) central(ais) de ganho compensatório, pela redução da contribuição do input periférico. Já os interpicos I-III e I-V com latências maiores no grupo com alto risco podem sugerir atrasos na condução neural central, resultantes de maior tempo de integração sináptica e/ou condução neural entre o nervo auditivo (onda I), núcleo coclear (onda III) e/ou lemnisco lateral/colículo inferior (onda V). Na situação com a inclusão do ruído de fundo, o decréscimo da amplitude com o aumento do nível de ruído de fundo para a amplitude da onda I foi relativamente menor para o grupo de alto risco sem diferença na mudança de amplitude para a onda V para ambos os grupos; os autores sugeriram que os efeitos de mascaramento são reduzidos para indivíduos do grupo de alto risco, por uma provável redução das fibras (baixas/médias taxas de disparos), que podem causar uma redução no efeito de supressão do mascaramento.

Grinn e Le Prell (2022) realizaram um estudo onde avaliaram adultos jovens (idades entre 18 e 25 anos), normo-ouvintes, que utilizavam armas de fogo, com o objetivo de determinar o risco para cocleopatia. Compararam os achados com um grupo de indivíduos normo-ouvintes sem exposição ao ruído ocupacional, por meios da avaliação de AAF, EOAPD, PEATE, o teste Word-in-noise (WIN) e reflexo do músculo da orelha média. Após aplicação de diversos modelos estatísticos, as pesquisadoras realizaram comparações, considerando grupo e sexo. Também definiram a frequência de 4kHz para avaliação na audiometria de tom puro, EOAPD, PEATE e reflexo do músculo da orelha média, justificando que é a frequência mais afetada pela exposição ao ruído. No PEATE, tanto na avaliação realizada com click como com *Tone Burst* em 4 kHz, observaram o efeito de sexo, com amplitudes maiores para o feminino. Na avaliação das EOAPD, as pesquisadoras observaram menores amplitudes na frequência de 4 kHz. Não observaram diferenças significantes entre os grupos para as demais avaliações. Outra análise que as pesquisadoras realizaram, mas somente com o grupo exposto, foi a relação do uso do dispositivo de proteção auditivo (DPA) com os resultados das avaliações. Nessa situação, elas observaram que indivíduos

que não utilizavam ou utilizavam de maneira inadequada/insuficiente o DPA, apresentavam resultados fora (piores) da média quando comparados aos que utilizaram adequadamente o DPA, para as EOAPD, WIN e amplitudes do PEATE. Elas concluíram, que embora não tenham resultados significativos, acreditam que o dano coclear seja a principal consequência, e o uso do DPA tem influência nas alterações temporárias e súbitas, na população exposta ao ruído.

Pinsonnault-Skvarenina et al. (2022) investigaram as associações dos achados do PEATE e do teste Percepção de fala no ruído (*Speech perception in Noise – SpiN*) em trabalhadores normo-ouvintes expostos ao ruído ocupacional. Participaram 80 indivíduos, adultos jovens chineses, divididos em grupo exposto ao ruído ocupacional (média de idade: $28,4 \pm 5,3$) e grupo sem exposição ao ruído (média de idade: $21,1 \pm 3,7$). Todos os participantes tinham audição normal e presença de EOAPD. Para o PEATE foi utilizado o estímulo click, nas intensidades de 50, 60, 70, 80 e 90 dBnNA, enquanto para o Teste SPiN, foi utilizado o teste *Mandarin Bamford-Kowal-Bench (BKB)*. Nos achados das amplitudes e latências das ondas I e V, em todas as intensidades avaliadas, os pesquisadores encontraram diferenças entre os grupos, assim como na Razão de amplitude das ondas I/V. No Teste SPiN, foram encontrados valores piores para o grupo exposto ao ruído. Contudo, os pesquisadores acreditam que este resultado esteja mais relacionado com os aspectos socioeconômicos (diferença entre os participantes dos grupos) do que uma possível alteração auditiva. Eles ainda reforçaram que, no presente estudo, não houve indicativo de alterações auditivas no grupo avaliado.

No estudo realizado por Yuan et al. (2023), os pesquisadores avaliaram 101 adultos jovens, divididos em grupos com alto risco para exposição ao ruído (média de idade: 24 ± 5) e baixo risco para exposição ao ruído (média de idade: 24 ± 4). O grupo de alto risco foi composto principalmente por funcionários de um aeroporto, enquanto o grupo de baixo risco, por funcionários do hospital onde o estudo foi realizado. Eles realizaram, além da avaliação audiológica básica, AAF, EOAPD, PEATE e teste de reconhecimento de fala no ruído. Na AAF, encontraram diferenças significantes em três frequências (12,5kHz; 16kHz e 18kHz), com médias de limiares maiores para o grupo de alto risco. Nas EOAPD foram observadas diferenças para as frequências de 8 kHz e 10 kHz, com valores menores para o grupo de alto risco. No PEATE, não observaram diferenças na amplitude da onda I entre os grupos, bem como nas

latências das ondas I, III e V. No teste de reconhecimento de fala no ruído, foram observadas diferenças significantes em duas R S/R (-7,5dB e -5dB), com pior reconhecimento para o grupo de alto risco. Os pesquisadores concluíram que, de maneira combinada, as EOAPD e o escore de reconhecimento de fala no ruído possuem sensibilidade e especificidade para auxiliar na identificação dos efeitos da exposição ao ruído sobre o sistema auditivo.

3.3. Avaliações complementares

Como já mencionado, somente por meio da audiometria tonal liminar convencional não é possível identificar todas as alterações decorrentes da exposição ao ruído, uma vez que esse procedimento se limita a avaliar a porção periférica do sistema auditivo (Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Kobel et al., 2017).

Assim, com o emprego de outros métodos, é possível avaliar a transmissão da informação auditiva por toda a via, periférica e central, em busca de outras possíveis alterações, tanto na primeira porção como ao longo da via auditiva. Além disso, a aplicação de testes que avaliem habilidades do processamento auditivo também pode dar indícios de alterações comportamentais que estariam interligadas com possíveis alterações no processamento da informação sonora ao longo da via auditiva (Krishnan, 2006; Plack et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Plack et al., 2016).

3.3.1. Audiometria de altas frequências e emissões otoacústicas

Em virtude de todas as possibilidades de danos decorrentes do ruído para o sistema auditivo, é importante que a AAF, bem como as EOAs sejam realizadas em indivíduos expostos a ruído, verificando mais detalhadamente como estão as estruturas cocleares.

A AAF pode ser utilizada na prevenção e monitoramento dos efeitos da exposição ao ruído por ser mais sensível que a audiometria tonal convencional na identificação de alterações pré-clínicas em trabalhadores expostos a ruído.

Pesquisadores observaram que trabalhadores expostos ao ruído apresentaram diminuição dos limiares auditivos na AAF quando comparados a indivíduos sem esta exposição (Somma et al., 2008; Mehrparvar et al., 2011; Mehrparvar et al., 2014).

Da mesma forma, as EOAs podem ser utilizadas para avaliação do funcionamento das CCE, dando indicativos de alterações cocleares antes mesmo de comprometimentos dos limiares auditivos audiométricos convencionais (Lalaki, 2001; Torre et al., 2014). Alguns estudos avaliaram indivíduos normo-ouvintes expostos e não expostos ao ruído e observaram ausência de EOAs no grupo exposto (Vinck et al., 1999; Sliwinska-Kowalska et al., 1999).

Além das amplitudes das EOAs, alguns pesquisadores ressaltam a importância de estudar a via auditiva eferente olivococlear que, até então, acreditava-se que tinha apenas a função de proteção das células ciliadas contra a exposição ao ruído. No entanto, com a descoberta da vulnerabilidade das sinapses entre células ciliadas e nervo auditivo, alguns estudos ressaltaram o papel protetor do sistema eferente contra a sinaptopatia (Maison et al., 2013; Yin et al., 2014).

Em estudos que avaliaram o efeito inibitório da via auditiva eferente, utilizando a supressão das EOAT, os pesquisadores observaram aumento da sinaptopatia em cobaias expostas ao ruído (Maison et al., 2013) e em cobaias “idosas” (Yin et al., 2014) após a secção do feixe eferente.

Segundo Carvallo et al. (2015), a diminuição ou ausência do efeito inibitório da via auditiva eferente podem ser marcadores de risco para alterações auditivas.

3.3.2. Avaliação das habilidades do processamento auditivo

Pesquisadores que avaliaram compreensão de fala com ruído de fundo, comparando indivíduos normo-ouvintes expostos e não expostos ao ruído, concluíram que o grupo exposto apresentou menor número de acertos, indicando um prejuízo na comunicação em situações de escuta desfavoráveis (Alvord, 1983; Kujala et al., 2004).

Em outras situações, onde foi avaliada a discriminação de estímulos compostos por ruído de banda estreita, detecção da modulação de amplitude, teste de padrão de duração e reconhecimento de fala com ruído de fundo, os autores também verificaram pior desempenho nos indivíduos expostos ao ruído quando comparados aos não

expostos, embora todos fossem normo-ouvintes (Stone, Moore e Grenish, 2008; Kumar, Ameenudin, Sangamanatha, 2012).

Alguns estudos têm apontado que a exposição prolongada ao ruído pode alterar o processamento cortical, afetando a velocidade, força e topografia das respostas auditivas centrais, bem como do discurso, desempenho cognitivo e memória de curto prazo. Além disso, pode também afetar a discriminação de sons verbais e não-verbais (Kujala et al., 2004; Brattico et al., 2005; Massa et al., 2012).

3.3.3. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico

Os potenciais evocados auditivos podem ser de curta, média e longa latência. Entre os de curta latência, o mais utilizado é o PEATE, que possibilita avaliar a integridade da via auditiva, da porção mais distal no nervo auditivo até o tronco encefálico (Hall, 2007).

Na análise tradicional do PEATE, os principais parâmetros utilizados são as latências das ondas I, III e V, e os interpicos I-III, I-V e III-V, uma vez que as amplitudes das ondas apresentam grande variabilidade individual. As latências fornecem informações sobre a velocidade da transmissão e do processamento da informação acústica, onde quanto menor o valor da latência, maior será a velocidade de transmissão (Hall, 1992).

As amplitudes por sua vez fornecem informações sobre o número de neurônios que participam da transmissão da informação. Quanto maior a amplitude, mais neurônios estão participando das sinapses envolvidas na transmissão da informação acústica (Hall, 1992).

Nos estudos que utilizaram o PEATE para identificar alterações ocasionadas pela exposição ao ruído, em cobaias, o principal achado dos pesquisadores foi a redução da amplitude da onda I em níveis supraliminares, sem alterações nas amplitudes das demais ondas (Kujawa e Liberman, 2009; Furman et al., 2013; Hickox e Liberman, 2014).

Em estudo realizado com humanos, com queixa de zumbido, os pesquisadores também observaram uma diminuição da amplitude da onda I no grupo de indivíduos

com a queixa, mas sem diferença entre os grupos para a amplitude da onda V, com estímulo supraliminar (Schaette e McAlpine, 2011).

Assim, os pesquisadores acreditam que a redução da amplitude da onda I sem alteração da amplitude das demais ondas, com apresentação de estímulos em níveis supraliminares, pode indicar dano nas fibras do nervo auditivo que respondem para os limiares mais intensos (as fibras com baixas taxas de disparos) (Schalk e Sachs, 1980; Costalupes et al., 1984; Young e Barta, 1986; Joris e Yin, 1992; Plack et al., 2014).

Alguns autores também relataram que o sistema auditivo eferente pode ter participação nos resultados encontrados no PEATE. Estudos prévios que realizaram PEA na presença de ruído contralateral em indivíduos normo-ouvintes verificaram diminuição das amplitudes das ondas, bem como o aumento das latências, reforçando que estes achados estariam relacionados com a influência do sistema eferente (Schochat et al., 2012).

4. Metodologia

4. Metodologia

Este estudo foi realizado no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional (FoFiTO) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), com aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) da FMUSP, parecer número 2.435.259 (CAAE: 79905317.7.0000.0065) (Anexo A).

Foram convidados para participar do estudo trabalhadores expostos e não expostos ao ruído que, após os esclarecimentos e a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo B), aceitaram participar voluntariamente.

4.1. Casuística

O estudo foi composto por uma amostra de conveniência, obtida a partir do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais da universidade e a análise de seus prontuários do setor de Audiologia. Previamente ao agendamento, os participantes foram triados pelo telefone, em relação aos seguintes critérios de inclusão e exclusão:

Figura 2 – Critérios de inclusão e exclusão do estudo

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<ul style="list-style-type: none"> • Faixa etária acima dos 18 anos; • Limiares auditivos dentro dos limites de normalidade pela audiometria convencional; • Sexo masculino; • Exposição ao ruído ocupacional acima de 85 dBA para o grupo estudo, avaliada pelo relatório do Serviço Especializado em Segurança e em Medicina do Trabalho da Universidade de São Paulo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração na avaliação do meato acústico externo; • Perda auditiva uni ou bilateral; • Histórico de doenças e cirurgias otológicas; • Ter realizado tratamento quimioterápico ou radioterápico; • Exposição a produtos químicos; • Exposição ao ruído ocupacional para o grupo controle

Foram avaliados 60 indivíduos, divididos em dois grupos:

- Grupo Estudo (GE): composto por 30 indivíduos expostos ao ruído ocupacional, com média de idade de $35,6 \pm 7,1$ anos;
- Grupo Controle (GC): composto por 30 indivíduos não expostos ao ruído ocupacional, com média de idade de $35,37 \pm 7,56$ anos.

O GE foi composto por indivíduos que trabalhavam na manutenção da universidade, e o GC era composto por indivíduos que trabalhavam em outros departamentos da universidade sem ruído (basicamente, funcionários administrativos) (Quadro 1).

Quadro 1 – Caracterização da amostra

		Grupo Estudo (n=30)	Grupo Controle (n=30)
Faixa etária (em anos)	Média	35,60	35,37
	Desvio Padrão	7,10	7,56
	Mínimo	23,00	22,00
	Máximo	50,00	49,00
Escolaridade (n e porcentagem)	Ensino Médio	14 (46,67%)	6 (20%)
	Ensino Técnico	3 (10%)	1 (3,33%)
	Ensino Superior Incompleto	7 (23,33%)	2 (6,67%)
	Ensino Superior Completo	6 (20%)	21 (70%)
Queixas e Histórico Otológico (n e porcentagem)	Hiperacusia	3 (10%)	0
	Zumbido	3 (10%)	0
	Tontura	1 (3,3%)	3 (10%)
	Prurido	3 (10%)	5 (17%)
	Dificuldade para ouvir no ruído	3 (10%)	0

Os participantes do GE foram expostos a ruído intermitente (nível médio de pressão sonora durante um período de tempo: média: 88 dBA; mínimo: 75 dBA, máximo: 111 dBA; 69% da dose diária) durante a jornada de trabalho de 8 horas por dia. Todos usavam proteção auditiva durante a jornada de trabalho (Quadro 2).

Em relação a exposição extra ocupacional, ambos os grupos relataram exposição, sendo o mais frequente, para ambos os grupos, o uso de fone de ouvido (Quadro 2).

Quadro 2 – Histórico de exposição ao ruído ocupacional e extra ocupacional

		Grupo Estudo (n=30)	Grupo Controle (n=30)
Exposição ao ruído ocupacional atual e progresso (em anos)	Média	13,86	NSA
	Desvio Padrão	8,33	
	Mínimo	1,00	
	Máximo	34,00	
Exposição extra ocupacional a sons intensos	Fone de ouvido	17 (56,7%)	14 (46,7%)
	Estádios/Autódromos	5 (16,7%)	5 (16,7%)
	Igreja	12 (40%)	7 (23,3%)
	Shows/Festas	5 (16,7%)	13 (43,3%)

Legenda: NSA – Não se aplica.

4.2. Materiais

Os materiais e equipamentos utilizados para a realização das avaliações encontram-se descritos a seguir:

- Protocolo de anamnese clínico/ocupacional (Anexo C);
- Otoscópio Mini 3000[®], marca Heine[®];
- Analisador de orelha média modelo AT235[®], marca Interacoustic[®];
- Cabina acústica;
- Audiômetro modelo MA42[®], marca Maico[®], com fones de ouvido supra aurais modelo HDA300[®], marca Sennheiser[®];
- Notebook modelo *Aspire 5*[®], marca Acer[®], com cabo RCAxP2 conectado ao audiômetro;
- Mídia no formato *wav* do teste *Gaps-in-Noise* (GIN) (Musiek et al., 2005);
- Mídia no formato *wav* com as Lista de Sentenças em Português (LSP) para o teste limiar de reconhecimento de sentenças no ruído (LRSR) (Costa, Lório, Mangabeira-Albernaz, 1997);
- Mídia no formato *wav* do teste Fala no Ruído (Pereira e Schochat, 1997);
- Equipamento modelo ILO 292[®]; marca Otodynamics[®], com sondas UGD TE+DPOAE Probe[®];

- Equipamento modelo Smart EP®; marca Intelligent Hearing System®, com fones de inserção ER-3A®;
- Eletrodos de superfície do tipo disco de ouro, pasta eletrolítica, pasta abrasiva e fita microporosa.

4.3. Procedimentos

Todas as avaliações foram realizadas em sala acústica e eletricamente tratada. A duração da avaliação completa foi de aproximadamente quatro horas, o que o tornava cansativo para o participante. Assim, no agendamento, era oferecido ao participante realizar todos os procedimentos em um único período, com uma pausa de aproximadamente 15 minutos; ou dividir as avaliações em dois dias diferentes, desde que o retorno fosse agendado em até 15 dias após a primeira avaliação. No retorno, previamente a realização das avaliações, o meato acústico externo era inspecionado, e uma breve entrevista era aplicada para levantar queixas auditivas ou situações de riscos recentes que poderiam alterar o resultado das avaliações.

Inicialmente, todos os participantes realizaram a avaliação audiológica convencional, composta por:

- Anamnese Audiológica Ocupacional;
- Meatoscopia;
- Medidas de imitância acústica, com a realização da timpanometria e da pesquisa dos reflexos acústicos;
- Audiometria Tonal por via aérea (VA) nas frequências de 250 Hz a 8000 Hz. Caso o participante apresentasse limiares audiométricos superiores a 25 dBNA, foi realizada a busca dos limiares audiométricos por via óssea (VO), nas frequências de 500 Hz a 4000 Hz (OMS, 2020).
- Audiometria Vocal por meio dos testes Limiar de Reconhecimento de Fala (LRF) e Índice Percentual de Reconhecimento de Fala (IPRF).

Nos casos em que os resultados de um ou mais exames se encontraram fora dos padrões da normalidade, o participante foi excluído do estudo. Nos casos em que a alteração necessitava de avaliação e conduta médica, os participantes foram encaminhados para o ambulatório de Otorrinolaringologia do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HUUSP).

Após a realização dos procedimentos preliminares, os participantes que se enquadraram nos critérios do estudo foram convidados para realizar as próximas avaliações, descritas a seguir.

4.3.1. Audiometria de altas frequências

Avaliação similar à audiometria tonal, contudo foram avaliadas as frequências de 9.000, 10.000, 11.200, 12.500, 14.000 e 16.000Hz. Nesta avaliação, o participante foi orientado a responder para todos os estímulos sonoros que ouvisse, para assim determinar seus limiares nas frequências citadas. Ressalta-se que não existe uma padronização de normalidade para a audiometria de altas frequências; portanto, os resultados foram comparados entre os grupos.

4.3.2. Análise das emissões otoacústicas transientes e do efeito inibitório da via auditiva eferente

Utilizando um módulo de EOA conectado ao notebook, foi possível obter os valores das amplitudes das emissões otoacústicas, por meio da introdução de uma sonda na porção inicial do meato acústico externo.

Inicialmente foi realizada a pesquisa das EOAT, com a apresentação de um estímulo clique não linear, na intensidade de 80 dB peNPS, avaliando as respostas das frequências de 1kHz, 1.4 kHz, 2 kHz, 2.8 kHz e 4 kHz. As emissões foram consideradas presentes quando a R S/R foi ≥ 3 dBNPS em três frequências consecutivas (Gorga et al., 1997). Por ser uma avaliação objetiva, os participantes foram orientados a permanecerem imóveis durante a reprodução do estímulo sonoro.

Os participantes que apresentaram respostas presentes nas EOAT foram submetidos à avaliação do efeito inibitório da via auditiva eferente. Para isso, foram

apresentados estímulos do tipo clique lineares a 60 dBNPS, na presença e ausência de ruído branco a 60 dBNPS com intervalos de 10 segundos entre cada um deles. Para o cálculo do efeito inibitório, os resultados das EOAT na ausência e presença de ruído foram transformados em microPascal (μPa) e, em seguida, foi obtida a diferença entre as emissões nestas duas situações. Foi considerada como presença do efeito inibitório da via auditiva eferente diferenças que resultaram em valores positivos (Ryan e Kemp, 1996). Além disso, foi calculada a porcentagem deste efeito inibitório. Uma vez que existe uma vantagem da orelha direita sobre a esquerda no que se refere ao efeito inibitório da via eferente, já descrita na literatura (Bidelman e Bhagat, 2015), considerou-se apenas os resultados da orelha direita para esta análise.

4.3.3. Avaliação das habilidades do processamento auditivo

As avaliações das habilidades do processamento auditivo foram realizadas por meio de um notebook, que continha as mídias dos testes no formato *wav*, conectado por meio de um cabo P2/RCA a um audiômetro de dois canais.

O teste Gaps-in-noise (GIN) foi realizado com um fone de ouvido TDH-50, que apresentou o estímulo sonoro em uma intensidade de 50 dBNS. O teste foi realizado apenas na orelha direita, utilizando a Faixa 1 para o treino e a Faixa 2 para o teste. A Faixa 2 é composta por 35 sequências de estímulos, que apresentam ruído branco com pequenos intervalos de silêncio, chamados de *gaps*, com durações que variam de 2 a 20 milissegundos (ms). Cada sequência apresenta diferentes número de gaps (um, dois ou três), distribuídos aleatoriamente. O participante foi orientado a responder, apertando a pêra de respostas, todas as vezes que percebesse o intervalo. Para adultos, é considerado normal reconhecer gaps com duração de no mínimo 5 ms (Samelli e Schochat, 2008).

Para avaliar o limiar de reconhecimento de sentenças no ruído (LRSR), foi apresentado ao participante, por meio de fones TDH-50, listas de sentenças no ruído (espectro de fala). A aplicação foi monótica, ou seja, as sentenças e o ruído foram apresentados simultaneamente na mesma orelha, primeiro na orelha direita, e, em seguida, na orelha esquerda.

Foram utilizadas as Faixas 2 e 3 (Listas 1B e 2B) para a orelha direita e esquerda, respectivamente, sendo que cada faixa é composta por dez listas de sentenças, diferentes, foneticamente balanceadas para o português brasileiro, e que possuem extensão da frase e número de palavras equilibradas entre si (Costa, Lório e Albernaz, 2000; Santos, Daniel e Costa, 2009). Em relação ao ruído, este foi elaborado pela autora do teste, e gravado no canal 2 da mídia digital em formato *wav* (Costa et al., 1998). A autora ressalta que há uma diferença de 7 dBNA entre a intensidade do ruído e das listas de sentenças, sendo corrigida previamente à aplicação no próprio audiômetro.

O teste foi realizado com o ruído fixo na intensidade de 65 dBNA, enquanto as listas de sentenças iniciaram em 68 dBNA. Os participantes foram orientados a repetir cada sentença da maneira que compreendessem, sendo que para cada repetição adequada, a intensidade da fala decrescia em 4 dBNA, até o participante errar uma ou mais palavras da sentença. A partir desse ponto, as próximas listas sofriam variações de intensidade em 2 dBNA, onde recebiam incrementos nos erros e, no caso de acerto, a intensidade decrescia. Esse procedimento foi realizado até a décima lista para cada faixa (Costa, Daniel e Santos, 2011).

Para obter o LRSR, foi calculada a média aritmética das intensidades em que as listas foram aplicadas, considerando para a soma dessa média as intensidades da lista onde ocorreu o primeiro erro até a décima lista.

Em seguida, para estabelecer a Relação Sinal/Ruído (R S/R), foi realizada a subtração do LRSR pelo nível de ruído (65 dBNA). Nessa avaliação, quanto mais negativa for a R S/R, melhor desempenho o participante teve em situações de escuta desfavoráveis, visto que o ruído estava em uma intensidade maior que os estímulos de fala.

Por fim, para a realização do Teste Fala no Ruído (FR), foi apresentado ao participante, por meio de um sistema de campo livre, duas listas com 25 monossílabas cada (Pen e Mangabeira-Albernaz, 1973), com ruído branco competitivo.

A aplicação foi diótica, ou seja, as monossílabas e o ruído foram apresentados simultaneamente, sendo que as caixas acústicas com o sinal do ruído estavam posicionadas a azimute 90° para cada orelha, e a caixa acústica com o sinal de fala a azimute 0°, a aproximadamente 100 cm do paciente.

A intensidade do sinal de fala (Monossílabas) foi fixada em 70 dBA. A primeira lista de monossílabas foi apresentada com R S/R 0, e em seguida, a segunda lista foi apresentada com RS/R -10. Foi calculada a porcentagem de acertos para cada R S/R, onde cada acerto de monossílaba correspondeu a 4%, totalizando 100% para as 25 palavras.

4.3.4. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico

Inicialmente, foi realizada a limpeza da pele com pasta abrasiva nos locais de fixação dos eletrodos, conforme norma internacional IES 10-20 (Jasper, 1956) que, para o PEATE, são as posições do vértex (Cz), frente (FPz), mastoide esquerda (M1) e direita (M2). Para promover e melhorar a condução elétrica, os eletrodos foram fixados à pele do indivíduo utilizando pasta eletrolítica e fita microporosa; e os valores de impedância dos eletrodos permaneceram abaixo de 5kOhms ($k\Omega$).

Foi avaliada a integridade das vias auditivas, iniciando pela orelha direita, e em seguida a orelha esquerda, utilizando estímulos acústicos do tipo clique, por fones de inserção, na intensidade de 80 dBnNA. No protocolo utilizado, foram apresentados 19 cliques por segundos, com duração de 0,1 milissegundos cada, no total de 2000 estímulos (Schochat et al., 2012; Hickox e Liberman, 2014). Para cada orelha, foram realizadas duas coletas, para confirmar a reprodutibilidade das ondas.

Em seguida, os mesmos procedimentos foram realizados com a presença de ruído branco na orelha contralateral, nas intensidades de 60 dBNA e 70 dBNA (Schochat et al., 2012).

Foram analisados as amplitudes e latências das ondas I, III e V, os interpicos I-III, III-V e I-V, segundo os valores de normalidade para o equipamento (Jacobson, 1985), e a razão de amplitude V/I (Ankmal-Veeranna, Allan, Allen, 2019).

4.4. Análise dos dados

Os dados foram analisados por meio de análises descritivas e inferenciais. Inicialmente foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para avaliar se os dados apresentavam distribuição normal.

Para as análises inferenciais, nos casos de dados com distribuição normal, foram aplicados o teste Análise de Variância (ANOVA) para verificar se há diferença entre distribuição de uma medida entre grupos (amostras independentes). Quando os dados não apresentaram distribuição normal, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (amostras independentes).

Para dados nominais, foi utilizado o teste Qui-quadrado (ou exato de Fisher, quando pertinente).

Foi adotado como significativo, valores de p menores ou iguais a 5% (*).

5. Resultados

5. Resultados

5.1. Audiometria de altas frequências

Na avaliação audiométrica de altas frequências, não foram observadas diferenças significantes entre os grupos (Tabela 1).

Tabela 1 – Média dos limiares audiométricos de alta frequência.

Frequência	Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Kruskal-Wallis)
9 kHz	OD	Controle	6,00	7,59	0,981
		Estudo	5,83	7,89	
	OE	Controle	7,33	8,28	
		Estudo	5,67	6,26	
10 kHz	OD	Controle	11,00	9,14	0,251
		Estudo	14,00	10,03	
	OE	Controle	10,50	8,13	
		Estudo	13,00	8,77	
11,2 kHz	OD	Controle	11,67	12,06	0,222
		Estudo	14,00	10,94	
	OE	Controle	11,50	12,12	
		Estudo	11,67	9,50	
12,5 kHz	OD	Controle	12,17	16,38	0,135
		Estudo	16,33	15,37	
	OE	Controle	12,83	14,12	
		Estudo	14,33	11,12	
14 kHz	OD	Controle	21,33	20,59	0,457
		Estudo	24,50	20,02	
	OE	Controle	18,67	20,47	
		Estudo	22,67	19,51	
16 kHz	OD	Controle	35,00	24,32	0,853
		Estudo	35,17	19,93	
	OE	Controle	33,17	25,71	
		Estudo	36,67	21,35	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda; KHz – quilohertz.

5.2. Avaliações das emissões otoacústicas transientes

Na análise das EOAT, foram observadas médias de amplitudes totais menores para o GE, com diferenças significantes em ambas as orelhas. Em relação a ausência das emissões, o GE apresentou maior número de participantes com ausência de respostas, com diferença significativa para a OD (Tabela 2).

Tabela 2 – Média das Amplitudes (em dB) e presença de EOAT (porcentagem de orelhas)

	Orelha	Grupo	Média	Desvio Padrão	Valor de p
Total de resposta das EOAT	OD	Controle	12,28	3,4	0,048 * ¹
		Estudo	10,38	4,18	
	OE	Controle	10,05	4,24	0,045 * ¹
		Estudo	7,66	4,8	
% de emissões ausentes	OD	Controle	6,66	-	0,019 * ²
		Estudo	30	-	
	OE	Controle	13,33	-	0,319 ²
		Estudo	23,33	-	

Legenda: ¹ ANOVA; ² Qui-quadrado; OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda. * Significância estatística. Foi adotado como nível de significância, valor de p menor que 5%.

Na avaliação do efeito inibitório das emissões otoacústicas, foi observado que o GE apresenta menor efeito de inibição das EOAT, bem como este efeito está presente em um número menor de orelhas (Tabela 3).

Tabela 3 – Efeito inibitório da via auditiva eferente da orelha direita (amplitude e porcentagem de orelhas com ausência do efeito inibitório)

	Grupo	Média	Desvio Padrão	Valor de p
Efeito Inibitório da via auditiva eferente (μPa)	Controle	3,24	0,69	0,009* ¹
	Estudo	2,9	0,08	
% indivíduos com ausência de efeito inibitório (dentre aqueles com presença de EOAT)	Controle (n=29)	6,89	-	0,015* ²
	Estudo (n=24)	37,5	-	

Legenda; ¹ ANOVA; ² Qui-quadrado; μPa – micropascal. *Significância estatística. Foi adotado como nível de significância, valor de p menor que 5%.

5.3. Avaliações das habilidades do processamento auditivo

No teste GIN (Tabela 4), embora o GE tenha apresentado média de limiar de detecção do gap maior que o GC, não foi observada diferença entre os grupos. No entanto, na comparação da quantidade de gaps detectados, o GE apresentou menor número de intervalos detectados, com diferença significativa (valor de $p = 0,042$).

Tabela 4 – Média do limiar de detecção do GIN e quantidade de gaps detectados por grupo (em porcentagem)

	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p
Limiar de detecção do GIN	Controle	5,20	1,24	0,148 ¹
	Estudo	5,87	1,93	
Intervalos detectados (em porcentagem)	Controle	41,67	5,44	0,042* ²
	Estudo	38,47	6,42	

Legenda: GIN – Gaps-in-Noise; ¹Kruskal-Wallis; ² ANOVA pareado. * Significância estatística. Foi adotado como nível de significância, valor de p menor que 5%.

Ainda no Teste GIN, não foi observada diferença entre os grupos em relação a quantidade de indivíduos que apresentaram normalidade no teste (Qui-quadrado com valor de p 0,091), embora o GE tenha apresentado menor quantidade de participantes com o teste GIN dentro da normalidade (Tabela 5).

Tabela 5 – Distribuição (n e %) dos resultados do teste GIN para os dois grupos (n=60)

Grupo	Alterado	Normal	Total
Controle	6 (20%)	24 (80%)	30 (50%)
Estudo	12 (40%)	18 (60%)	30 (50%)
Total	18 (30%)	42 (70%)	60 (100%)

Legenda: GIN – Gaps-in-Noise.

Para o Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR), para ambas as orelhas, não foram observadas diferenças entre os grupos (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias dos LRSR para os dois grupos (R S/R em dBNA)

Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Anova ¹)
OD	Controle	-3,07	2,22	0,541
	Estudo	-2,71	2,30	
OE	Controle	-3,00	1,66	0,653
	Estudo	-3,21	1,96	

Legenda: ¹Anova pareado; OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda.

No Teste Fala no Ruído, as porcentagens de acertos de monossílabas foram menores para o GE, em ambas as R S/R, contudo sem diferença significativa entre os grupos (Tabela 7).

Tabela 7 – Média da porcentagem de acertos de monossílabos no ruído em duas relações sinal/ruído

	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Kruskal-Wallis)
RSR 0	Controle	76,0	9,63	0,304
	Estudo	69,8	13,67	
RSR -10	Controle	54,4	20,99	0,099
	Estudo	43,3	19,00	

Legenda: RSR 0 – Relação Sinal/Ruído 0; RSR -10 – Relação Sinal/Ruído -10.

5.4. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico

As avaliações foram realizadas em três situações, sendo a primeira sem ruído, a segunda com ruído contralateral a 60 dB e a última com ruído contralateral a 70 dB.

5.4.1. Avaliação do PEATE sem ruído contralateral

Foram analisadas as latências das ondas I a V e interpicos I-III, III-V e I-V (Tabela 8), para cada orelha. Observou-se diferenças significantes para a Onda V da OE (valor de $p=0,015$) e para os interpicos III-V e I-V da OE, com latências maiores para o GE.

Tabela 8 – Médias das latências e interpicos em milissegundos (ms) obtidas na avaliação do PEATE para os dois grupos

Latência	Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	valor de p Kruskal-Wallis	
Onda (em ms)	I	OD	Controle	1,61	0,0881	0,518
			Estudo	1,63	0,1326	
		OE	Controle	1,61	0,0979	
			Estudo	1,64	0,1385	
	III	OD	Controle	3,84	0,1194	0,935
			Estudo	3,82	0,1569	
		OE	Controle	3,84	0,1292	
			Estudo	3,85	0,1734	
	V	OD	Controle	5,74	0,1517	0,254
			Estudo	5,79	0,2096	
		OE	Controle	5,75	0,1701	
			Estudo	5,86	0,2012	
Interpicos (em ms)	I-III	OD	Controle	2,22	0,128	0,343
			Estudo	2,18	0,149	
		OE	Controle	2,22	0,127	
			Estudo	2,21	0,163	
	III-V	OD	Controle	1,91	0,134	0,091
			Estudo	1,95	0,187	
		OE	Controle	1,91	0,165	
			Estudo	2,01	0,157	
	I-V	OD	Controle	4,13	0,162	0,599
			Estudo	4,16	0,202	
		OE	Controle	4,14	0,186	
			Estudo	4,22	0,21	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda. * Significância estatística. Foi adotado como nível de significância, valor de p menor que 5%.

Foram analisadas as amplitudes das ondas I, III e V; não foram verificadas diferenças significantes entre os grupos (Tabela 9).

Tabela 9 – Médias das amplitudes das ondas I, III e V em microvolts (μV) obtidas na avaliação do PEATE para os dois grupos

Amplitude (em μV)	Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	valor de p Kruskal-Wallis
Onda I	OD	Controle	0,244	0,1115	0,465
		Estudo	0,224	0,1019	
	OE	Controle	0,241	0,1186	
		Estudo	0,246	0,1198	
Onda III	OD	Controle	0,274	0,1258	0,613
		Estudo	0,26	0,0892	
	OE	Controle	0,234	0,1057	
		Estudo	0,256	0,1139	
Onda V	OD	Controle	0,349	0,1271	0,365
		Estudo	0,379	0,13	
	OE	Controle	0,381	0,1369	
		Estudo	0,348	0,1558	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda.

Ainda em relação as amplitudes, foi calculada a Razão de amplitude das ondas V/I, não sendo observada diferença entre os grupos (Tabela 10).

Tabela 10 – Média da Razão de amplitude em microvolts (μV) das ondas V/I na avaliação do PEATE

Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Kruskal-Wallis)
OD	Controle	1,87	1,71	0,196
	Estudo	2,11	1,3	
OE	Controle	2,33	2,69	0,267
	Estudo	1,67	1,18	

Legenda: OD – Orelha Direita; OE – Orelha Esquerda.

5.4.2. Avaliação do PEATE com ruído contralateral em 60 dB

Na avaliação do PEATE com ruído contralateral a 60 dB, não foram observadas diferenças significantes entre os grupos para as latências das ondas I a V. Em relação aos interpicos, foi observada diferença para os interpicos III-V da OE, com tempos maiores de latências para o GE (Tabela 11).

Tabela 11 – Médias das latências em milissegundos (ms) obtidas na avaliação do PEATE/Ruído 60 dB

Latência	Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Kruskal-Wallis)	
Onda (em ms)	I	OD	Controle	1,63	0,119	0,818
			Estudo	1,64	0,143	
		OE	Controle	1,61	0,107	
			Estudo	1,65	0,128	
	III	OD	Controle	3,86	0,119	0,959
			Estudo	3,84	0,141	
		OE	Controle	3,89	0,201	
			Estudo	3,85	0,164	
	V	OD	Controle	5,85	0,203	0,865
			Estudo	5,82	0,185	
		OE	Controle	5,79	0,191	
			Estudo	5,84	0,214	
Interpicos (em ms)	I-III	OD	Controle	2,23	0,153	0,689
			Estudo	2,21	0,15	
		OE	Controle	2,28	0,237	
			Estudo	2,19	0,203	
	III-V	OD	Controle	1,96	0,196	0,7
			Estudo	1,97	0,12	
		OE	Controle	1,9	0,143	
			Estudo	2,01	0,205	
	I-V	OD	Controle	4,2	0,232	0,888
			Estudo	4,17	0,197	
		OE	Controle	4,2	0,238	
			Estudo	4,2	0,228	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda. * Significância estatística. Foi adotado como nível de significância, valor de p menor que 5%.

Na análise das amplitudes das ondas I, III e V, não houve diferenças significantes entre os grupos (Tabela 12).

Tabela 12 – Médias das amplitudes em microvolts (μV) das ondas obtidas na avaliação do PEATE/Ruído 60 dB

	Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Kruskal-Wallis)
Onda I	OD	Controle	0,242	0,143	0,678
		Estudo	0,213	0,093	
	OE	Controle	0,247	0,119	
		Estudo	0,236	0,088	
Onda III	OD	Controle	0,269	0,148	0,625
		Estudo	0,274	0,100	
	OE	Controle	0,235	0,096	
		Estudo	0,262	0,094	
Onda V	OD	Controle	0,349	0,133	0,796
		Estudo	0,34	0,130	
	OE	Controle	0,357	0,160	
		Estudo	0,326	0,123	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda.

Em relação a Razão da amplitude das ondas V/I, não foram observadas diferenças entre os grupos (Tabela 13).

Tabela 13 – Média da Razão de amplitude em microvolts (μV) das ondas V/I na avaliação do PEATE/Ruído 60 dB

	Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Kruskal-Wallis)
OD		Controle	1,89	1,152	0,953
		Estudo	1,82	0,884	
OE		Controle	1,75	1,088	0,595
		Estudo	1,63	1,004	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda.

5.4.3. Avaliação do PEATE com ruído contralateral em 70 dB

Na avaliação do PEATE com ruído contralateral a 70 dB, foram observadas médias de latências maiores para o GE, com diferenças significantes para a Onda II na OD e na Onda V na OE. Em relação aos interpicos, não foram observadas diferenças entre os grupos (Tabela 14).

Tabela 14 – Médias das latências (em milissegundos – ms) obtidas na avaliação do PEATE com ruído contralateral em 70 dB

Latência	Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Kruskal-Wallis)	
Onda (em ms)	I	OD	Controle	1,63	0,1303	0,557
			Estudo	1,66	0,1606	
		OE	Controle	1,61	0,1062	
			Estudo	1,67	0,1347	
	III	OD	Controle	3,87	0,1191	0,066
			Estudo	3,96	0,1005	
		OE	Controle	3,86	0,1265	
			Estudo	3,93	0,0966	
	V	OD	Controle	5,85	0,1814	0,109
			Estudo	5,92	0,1229	
		OE	Controle	5,81	0,1486	
			Estudo	5,93	0,1533	
Interpicos (em ms)	I-III	OD	Controle	2,25	0,1426	0,54
			Estudo	2,3	0,154	
		OE	Controle	2,26	0,1617	
			Estudo	2,26	0,1493	
	III-V	OD	Controle	1,98	0,1253	0,77
			Estudo	1,96	0,1141	
		OE	Controle	1,94	0,1064	
			Estudo	2	0,073	
	I-V	OD	Controle	4,22	0,1827	0,73
			Estudo	4,26	0,156	
		OE	Controle	4,2	0,1716	
			Estudo	4,26	0,1868	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda. * Significância estatística. Foi adotado como nível de significância, valor de p menor que 5%.

Na análise das amplitudes das ondas I, III e V, não houve diferenças significantes entre os grupos (Tabela 15).

Tabela 15 – Médias das amplitudes (em microvolts – μV) das ondas obtidas na avaliação do PEATE com ruído contralateral em 70 dB

	Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Anova ¹)
Onda I	OD	Controle	0,231	0,113	0,153
		Estudo	0,31	0,156	
	OE	Controle	0,241	0,099	0,366
		Estudo	0,279	0,090	
Onda III	OD	Controle	0,278	0,135	0,639
		Estudo	0,304	0,100	
	OE	Controle	0,266	0,106	0,612
		Estudo	0,245	0,074	
Onda V	OD	Controle	0,323	0,108	0,378
		Estudo	0,286	0,062	
	OE	Controle	0,374	0,112	0,305
		Estudo	0,33	0,051	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda. ¹ Anova a um fator (paramétrica).

Em relação a Razão da amplitude das ondas V/I (Tabela 16), foi observada diferença entre os grupos para a OD (valor de $p=0,044$).

Tabela 16 – Média da Razão de amplitude das ondas V/I em microvolts (μV) na avaliação do PEATE/Ruído 70 dB

Orelha	Grupo	Média	Desvio-padrão	Valor de p (Kruskal-Wallis)
OD	Controle	1,82	1,153	0,044*
	Estudo	1,21	0,989	
OE	Controle	1,81	0,971	0,063
	Estudo	1,32	0,63	

Legenda: OD – Orelha direita; OE – Orelha esquerda. * Significância estatística. Foi adotado como nível de significância, valor de p menor que 5%.

6. *Discussão*

6. Discussão

A exposição a longos períodos ao ruído intenso pode causar danos auditivos, como a perda auditiva induzida por ruído. Nos últimos anos, estudos têm procurado compreender se essa exposição pode acarretar outros prejuízos ao sistema auditivo, nos casos em que os limiares auditivos permaneçam dentro dos limites da normalidade. Alguns pesquisadores constataram em cobaias alterações na transmissão das sinapses entre as CCI e o nervo auditivo e/ou ao longo da via auditiva central, sendo denominada como sinaptopatia, cocleopatia ou Perda auditiva oculta, (Liberman, Wang e Liberman, 2011; Bharadwaj et al., 2014; Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Vlajkovic et al., 2017; Kobel et al., 2017).

A confirmação deste tipo de alteração em humanos pode ter implicações importantes no cuidado dos trabalhadores expostos a ruído. Contudo, para isso, é necessário que sejam incluídos outros procedimentos para avaliação além da audiometria convencional (Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Kobel et al., 2017).

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da exposição ao ruído na via auditiva periférica e central comparando os achados entre adultos normo-ouvintes expostos e não expostos ao ruído ocupacional.

Neste capítulo, os dados serão discutidos de acordo com os resultados apresentados:

- a) Audiométrica de altas frequências;
- b) Emissões otoacústicas transientes e efeito inibitório da via auditiva eferente;
- c) Habilidades do processamento auditivo;
- d) Potencial evocado auditivo de tronco encefálico.

6.1. Audiometria de altas frequências

Realizamos a avaliação das frequências de 9 kHz a 16 kHz, em ambas as orelhas. Nossa hipótese inicial era que o GE apresentaria valores médios dos limiares maiores quando comparado ao GC. Embora isso tenha ocorrido, os valores obtidos nos nossos achados não tiveram diferenças significantes entre os grupos (Tabela 1).

Este resultado corrobora o estudo de Grinn e Le Prell (2022), que avaliaram usuários de arma de fogo com um grupo controle sem exposição ao ruído, no qual também não foram observadas diferenças nos limiares da AAF entre os grupos.

Por outro lado, outros estudos encontram diferenças na avaliação da AAF. Liberman et al. (2016) avaliaram adultos jovens com alto risco de exposição ao ruído (alunos de música) comparando com um grupo com baixo risco de exposição. Observou-se que os limiares da AAF foram significativamente maiores para o grupo com alto risco de exposição. Achados semelhantes foram descritos por Dhruvakumar, Shambhu e Konadath (2022), que compararam policiais de trânsito com um grupo controle; os autores verificaram que os limiares audiométricos eram mais elevados para o grupo de policiais, com diferenças significantes para as frequências de 8 kHz até 16 kHz (Dhruvakumar, Shambhu e Konadath, 2022).

No estudo de Yuan et al. (2023), em que foram avaliados indivíduos com alto risco de exposição (trabalhadores de um aeroporto) e comparados com indivíduos com baixo risco (trabalhadores de um hospital), verificou-se na AAF diferenças significantes para as frequências de 12,5 kHz, 16 kHz e 18 kHz (Yuan et al., 2023).

É importante ressaltar que as frequências mais altas (acima de 8 kHz) são as primeiras a serem atingidas pela exposição ao ruído, antes mesmo dos limiares auditivos na audiometria convencional serem prejudicados, podendo assim serem utilizadas como marcadores de alterações pré-clínicas (Lee et al. 2012; Rodríguez-Valiente et al. 2014; Rodríguez-Valiente et al. 2016).

No entanto, deve-se enfatizar que as respostas para a AAF sofrem influências de calibração, colocação dos fones, ressonância do meato acústico externo e do processo de envelhecimento e, desta forma, é necessário cuidado durante sua realização (Feghali e Bernstein, 1991; Souza et al., 2014; Bharadwaj et al., 2019; Lough e Plack, 2022). Além disso, não há padronização da normalidade para os

limiares auditivos de altas frequências (Antonioli, Momensohn-Santos e Benaglia, 2016; Oppitz et al., 2017) e, assim, é importante que o monitoramento seja feito longitudinalmente em relação ao próprio indivíduo (Somma et al., 2008; Antonioli, Momensohn-Santos e Benaglia, 2016; Lough e Plack, 2022).

Em relação ao processo natural de envelhecimento, alguns pesquisadores referem que este processo tende a aumentar o limiar auditivo para as altas frequências (Somma et al., 2008; Mishra, Saxena e Rodrigo, 2022). Com o objetivo de minimizar as variáveis incluídas no estudo, buscamos parear as idades dos dois grupos, bem como avaliar apenas indivíduos do sexo masculino. Sendo assim, acreditamos que tanto a possível influência de sexo quanto de idade entre os grupos foi minimizada na comparação entre os diversos procedimentos, incluindo a AAF.

Por fim, embora não tenhamos encontrado diferenças significantes entre os grupos com e sem exposição ao ruído ocupacional, enfatizamos que a aplicação da AAF tem grande importância clínica, principalmente no monitoramento em longo prazo de trabalhadores expostos ao ruído, como forma de prever uma possível alteração que possa ocorrer devido a exposição ao ruído, mesmo na presença de limiares audiométricos convencionais dentro da normalidade.

6.2. Emissões Otoacústicas Transientes e efeito inibitório da via auditiva eferente

Assim como a AAF, o uso das EOAs permite avaliar o funcionamento das células ciliadas externas, em busca de possíveis lesões (Kemp, 2002; Nadon e Voix, 2018). Atualmente, os dois tipos de avaliações mais utilizados são as EOAPD e as EOAT.

Neste estudo, optamos por utilizar as EOAT, em virtude do equipamento disponível para fazer a coleta, para a pesquisa do efeito inibitório da via auditiva eferente. Nossos achados mostraram que o GE apresentou valor médio de amplitude total das EOAT menores quando comparado ao GC, com diferenças significantes para ambas as orelhas (valor de $p=0,048$ [OD] e $0,045$ [OE]).

Em relação à ausência das emissões, ou seja, a quantidade de participantes que não apresentaram as respostas para avaliação, o GE apresentou maior número de participantes com ausência de respostas (30%), com diferença significativa para a OD (valor de $p=0,019$) quando comparado ao GC (Tabela 2), evidenciando que o grupo exposto ao ruído ocupacional apresenta maior comprometimento das CCE mesmo na presença de limiares auditivos dentro da normalidade na audiometria convencional e enfatizando a importância desta avaliação no segmento desta população, para a identificação precoce de tais danos (Blioskas et al., 2018; Dhruvakumar, Shambhu e Konadath, 2022; Nadon e Voix, 2022).

Muitos estudos utilizaram as emissões otoacústicas para avaliar o efeito do ruído sobre as CCE, alguns com resultados semelhantes aos nossos, enquanto outros não encontram diferença entre os grupos.

Novamente no estudo de Dhruvakumar, Shambhu e Konadath (2022), com a utilização das EOAPD, os pesquisadores observaram valores de amplitudes menores para o grupo exposto ao ruído, com diferenças significantes para as frequências acima de 1500 Hz. Yuan et al. (2023) observaram, também com o uso das EOAPD, diferenças significantes para as frequências de 8 kHz e 10 kHz.

Por outro lado, Grinn e Le Prell (2022), embora tenham observado diminuição das amplitudes e maior porcentagem de ausência das EOAPD para o grupo estudo, com exposição ao ruído, não observaram diferenças significantes quando comparado ao grupo controle.

Em relação à avaliação do efeito inibitório da via auditiva eferente, ressaltamos que esta avaliação foi possível apenas nos participantes com EOAT presentes e feita apenas na OD, já que existe uma vantagem da orelha direita sobre a esquerda no que se refere a este efeito (Bidelman e Bhagat, 2015). Foi verificado um efeito inibitório da via eferente menor para o GE quando comparado ao GC, bem como este efeito esteve ausente para 37,5% dos indivíduos do GE contra 6,89% do GC (Tabela 3).

Acredita-se que a via auditiva eferente tem importante papel na percepção sonora em ambiente ruidoso, bem como é agente protetor do sistema auditivo quando expostos a sons intensos (Guinan, 2018; Lopez-Poveda, 2018). Mais recentemente, estudos prévios sugeriram uma possível relação entre o papel da via eferente como

agente protetor contra a sinaptopatia (Reiter e Liberman, 1995; Maison et al., 2013; Yin et al., 2014; Maison e Liberman, 2000; Bramhall et al., 2022).

O efeito da inibição da via auditiva eferente ocorre quando um ruído competitivo é apresentado ipsi ou contralateralmente, reduzindo a atividade das células ciliadas externas, e, portanto, diminuindo a amplitude de resposta das emissões otoacústicas, pela ação do sistema olivococlear medial eferente. A ausência ou uma inibição menor pode ser um indicativo de disfunção da via eferente (Guinan et al., 2003; Guinan, 2014).

Assim sendo, podemos sugerir que nossos achados sugerem que nos indivíduos do GE, há uma hipofunção do sistema eferente quando comparados aos indivíduos do GC, que pode estar relacionada à exposição ao ruído, hipotetizando que esta possível disfunção possa contribuir para a presença da sinaptopatia.

6.3. Avaliação das habilidades do processamento auditivo central

Em alguns estudos da literatura, é citado que uma das principais queixas dos participantes expostos a ruído é a dificuldade de compreender a fala no ruído (Kujawa e Liberman, 2015; Shi et al., 2016; Eggermont, 2017; Vlajkovic et al., 2017; Kobel et al., 2017). Além disso, outros estudos mostraram pior desempenho na discriminação auditiva, detecção da modulação de amplitude e teste de padrão de duração em indivíduos expostos ao ruído quando comparados a indivíduos não expostos (Stone, Moore e Grenish, 2008; Kumar, Ameenudin, Sangamanatha, 2012).

Por este motivo e como nossa hipótese inicial era de que a exposição ao ruído ocupacional pudesse ocasionar alterações na avaliação comportamental e ao longo da via auditiva, escolheu-se três testes para avaliar algumas habilidades do processamento auditivo.

Para o teste GIN, que avalia a resolução temporal, não observamos diferenças entre os grupos em relação ao limiar de detecção de gap (Tabela 4). Entretanto, o GE apresentou desempenho pior do que o GC no geral (valor de $p=0,042$), quando se verifica a quantidade de gaps detectados durante o teste (Tabela 4), indicando que o

funcionamento desta habilidade no grupo exposto ao ruído está aquém do funcionamento no grupo não exposto.

Ainda no Teste GIN, não foram observadas diferenças entre os grupos em relação a quantidade de indivíduos que apresentaram alteração no teste (Qui-quadrado com valor de $p=0,091$), embora o GE tenha apresentado o dobro de participantes com o teste GIN alterado (Tabela 5).

Kumar, Ameenudin, Sangamanatha (2012) e Liberman et al. (2016) utilizaram testes para avaliar a detecção de modulação e padrão de duração e verificaram piores resultados no processamento auditivo temporal em indivíduos expostos ao ruído quando comparados aos não expostos. Eles sugeriram que esses resultados mostram uma tendência à diminuição das habilidades de processamento temporal em indivíduos expostos ao ruído, indicando que o ruído pode prejudicar o processamento de pistas temporais supraliminares, o que tornaria ainda mais difícil a escuta em situações adversas (Kumar, Ameenudin, Sangamanatha, 2012).

Achados semelhantes foram relatados por Dhrruvakumar, Shambhu e Konadath (2022), que avaliaram a resolução temporal, por meio dos testes GDT e TMTF, comparando agentes de trânsito expostos ao ruído e indivíduos não expostos com limiares audiométricos convencionais dentro da normalidade. Eles relataram que o grupo de agentes de trânsito apresentou desempenho inferior ao grupo controle na habilidade auditiva de processamento temporal, levantando a hipótese de que a exposição ao ruído pode causar danos ao sistema auditivo central, resultando numa reorganização hemisférica.

Como mencionado, embora na avaliação do teste GIN não tenhamos observado diferenças entre os grupos, o desempenho pior para o GE, evidenciado pela menor quantidade de gaps detectados, pode ser um indicativo dessas alterações decorrentes da exposição ao ruído, mencionadas nos estudos citados anteriormente.

Para avaliar o reconhecimento de fala no ruído, foram utilizados os testes Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR) e Fala no Ruído (FR).

No teste LRSR, onde o participante deve repetir uma sentença com ruído competitivo em situação de escuta difícil (R S/R negativa), não foram observadas diferenças significativas entre os grupos, embora o GE tenha tido pior desempenho na OD (Tabela 6).

Tabela 6 Valderrama et al. (2018) também utilizaram sentenças (Teste LiSN-HC) para avaliar indivíduos normo-ouvintes (média de idade de 43,36+6,94 anos). Realizando uma análise com modelo de regressão linear, eles observaram que os resultados do teste de sentença não mantiveram correlação com a idade, tempo de exposição ao ruído, média dos limiares audiométricos para frequências mais altas ou altas frequências (acima de 8 kHz), mas houve interação significativa para as frequências baixas (250 Hz a 2 kHz) e para as latências e amplitudes das ondas I e V do PEATE. Os autores sugeriram que a atenção seletiva e a troca atencional são fatores cruciais na percepção de fala no ruído, bem como a idade não se mostrou como fator significativo na performance de fala no ruído. Ressaltaram também que a condução neural em tronco encefálico, medida pelos interpicos das ondas I e V foram importantes preditores da capacidade de percepção de fala no ruído.

No Teste FR, as porcentagens de acertos das monossílabas foram menores para o GE, tanto na R S/R 0 como na R S/R -10, contudo sem diferença significativa entre os grupos (Tabela 7).

Tabela 7 Liberman et al. (2016) avaliaram a fala no ruído (utilizando o teste NU-6) em diferentes situações, comparando os achados entre um grupo com alto risco de exposição ao ruído e um grupo de baixo risco. Inicialmente, no silêncio, os pesquisadores não observaram nenhuma diferença entre os grupos para o reconhecimento das palavras. Quando foi aplicado o ruído branco ipsilateral, em ambas as R S/R (5 dB e 0 dB), o grupo com alto risco apresentou pior desempenho quando comparado ao grupo com menor risco. A mesma situação foi observada nas situações em que o teste foi realizado com compressão de tempo e reverberação. Os pesquisadores concluíram que os resultados poderiam estar relacionados com déficits nas habilidades auditivas decorrentes da exposição ao ruído.

Grinn e Le Prell (2022) também utilizaram o teste NU-6 para avaliar a performance de reconhecimento de palavras no ruído. Não observaram diferenças entre o grupo de usuários de arma de fogo e o grupo controle; contudo, na análise do uso do DPA pelos indivíduos, aqueles que referiram não utilizar/utilizar de maneira inadequada apresentaram pior desempenho quando comparados ao grupo com uso adequado do DPA.

Em estudo realizado por Rocha et al. (2021), os pesquisadores avaliaram e compararam a inteligibilidade de fala no ruído de um grupo de trabalhadores normo-ouvintes expostos ao ruído (GN) e um grupo de trabalhadores com PANS (GPANS) com um grupo controle sem exposição ao ruído (GC). Os pesquisadores utilizaram uma metodologia similar ao do nosso estudo para o teste fala no ruído (monossílabos em campo com diferentes R S/R). Fazendo a comparação do GN com o GC (ou seja, apenas normo-ouvintes), eles observaram diferenças significantes para a R S/R -10, verificando menores porcentagens de acertos para o GN quando comparado ao GC. Os pesquisadores acreditam que esta diferença dos resultados entre os grupos pode estar relacionada ao efeito da exposição ao ruído no grupo GN.

Couth et al. (2020) comparam músicos (idades entre 18 e 26 anos) com não músicos (idades entre 18 e 27 anos), por meio do teste *SPiN*. Os pesquisadores não observaram diferenças significantes entre os grupos, levantando as hipóteses de que a exposição ao ruído não foi o suficiente para desencadear alterações perceptíveis no teste de fala, e/ou os músicos, por conta do treino auditivo, acabaram desenvolvendo compensações para os possíveis prejuízos da exposição ao ruído.

Pinsonnault-Skvarenina et al. (2022) também utilizaram o teste *SPiN* adaptado para o Mandarim, mas diferente do estudo mencionado anteriormente, os pesquisadores encontraram diferença significativa entre o grupo exposto ao ruído e não exposto. Contudo, eles levantaram a hipótese de que o resultado obtido esteja relacionado ao nível socioeconômico mais baixo dos participantes do grupo exposto, quando comparado ao grupo controle.

No caso dos achados do presente estudo, apesar do desempenho um pouco melhor do GC, porém sem diferença significativa entre os grupos, podemos sugerir que os possíveis danos causados pelo ruído ao sistema auditivo do GE não foram suficientes para interferir no reconhecimento de fala no ruído, pelo menos em situação de avaliação. No entanto, cabe ressaltar que, baseando-se em estudos prévios, este tipo de avaliação é importante para o acompanhamento de indivíduos expostos a ruído. Além disso, verificamos que o desempenho do GE para a habilidade auditiva de resolução temporal foi pior do que o GC, sugerindo que algumas habilidades auditivas podem ser afetadas pela exposição ao ruído a longo prazo.

6.4. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico

As avaliações do PEATE foram realizadas com estímulo click a 80 dBnNA, em situações sem ruído e com ruído contralateral a 60 dBNA e 70 dBNA. Em todas as situações, para cada orelha, foram analisadas as latências das ondas I, III e V, e dos interpicos I-III, III-V e I-V; bem como as amplitudes das Ondas I, III e V, e a Razão entre as amplitudes das ondas V/I.

O PEATE foi utilizado para avaliar o funcionamento da via auditiva na porção distal do nervo auditivo até tronco encefálico e, baseando-se em achados de estudos prévios, a introdução do ruído contralateral poderia nos auxiliar a obter informações mais precisas a respeito das fibras do nervo auditivo que respondem para limiares mais intensos e que são fundamentais para a codificação da informação acústica de intensidades mais elevadas com ruído de fundo, já que nestes níveis as fibras que possuem limiares mais baixos já estão saturadas (Schalk e Sachs, 1980; Costalupes et al., 1984; Young e Barta, 1986; Joris e Yin, 1992; Plack et al., 2014).

6.4.1. Avaliação do PEATE sem ruído contralateral

Na análise das latências, na situação sem ruído foi observada diferença significativa apenas para a onda V da OE, com média de latência maior para o GE. Em relação aos interpicos, foi observado aumento das latências no GE, com diferença significativa para os interpicos III-V e I-V da OE (Tabela 8). Nossa hipótese inicial era de que o GE apresentaria média de latências das ondas I e V maiores quando comparado ao GC.

Em relação as amplitudes das ondas I, III e V, não observamos diferenças significantes entre os grupos (Tabela9), assim como para a razão das amplitudes de ondas V/I (Tabela 10). Nossa hipótese inicial era de que as amplitudes das ondas I e V do grupo GE fossem menores quando comparadas ao GC, como efeito da exposição ao ruído.

Assim como em nosso estudo, outros pesquisadores não observaram diferenças entre os grupos, para as amplitudes e latências das ondas I e V, na avaliação tradicional do PEATE.

Dhruvakumar, Shambhu e Konadath (2022) não observaram diferenças entre os grupos para a latência da onda V quando utilizaram o estímulo clique. Contudo, com o estímulo CE-Chirp, relataram aumento nos valores médios da latência da onda V para o grupo estudo com diferença significativa. Eles relataram que a identificação desta diferença entre os grupos foi possível, pois o estímulo CE-Chirp seria mais sensível, pois melhora a sincronia de resposta das fibras.

Para Nam et al. (2021), uma das explicações que os autores levantaram com relação aos diferentes achados observados nos estudos sobre o assunto é a variabilidade que pode interferir em alguns parâmetros do PEATE, que sofrem influências da idade, gênero, tipo de estímulo e métodos de aquisição.

No estudo de Suresh e Krishnan (2021), os pesquisadores avaliaram e compararam as latências e amplitudes das ondas do PEATE entre dois grupos de jovens adultos normo-ouvintes, um com alto risco de exposição ao ruído e outro com baixo risco de exposição. Observaram diferenças para as latências dos interpicos I-III e I-V, com maior latência para o grupo de alto risco. Na análise das amplitudes, referiram que o grupo de alto risco apresentou médias significativamente menores para as amplitudes da onda I. Os pesquisadores acreditam que menores amplitudes da onda I podem estar relacionadas com alterações neurais periféricas, assim como amplitudes das ondas III e V semelhantes ao grupo de baixo risco sugerem a existência de mecanismo(s) central(ais) de ganho compensatório, pela redução da contribuição do input periférico. Já os interpicos I-III e I-V com latências maiores no grupo com alto risco podem sugerir atrasos na condução neural central, resultantes de maior tempo de integração sináptica e/ou condução neural entre o nervo auditivo (onda I), núcleo coclear (onda III) e/ou lemnisco lateral/colículo inferior (onda V).

Grinn e Le Prell (2022) também não observaram diferenças para as amplitudes das ondas I e V no PEATE com Tone Burst na frequência de 4 kHz, embora o grupo controle tenha apresentado média de amplitudes maiores quando comparado ao grupo estudo. Novamente, esses pesquisadores realizaram uma análise correlacionando os achados eletrofisiológicos com o uso do DPA, observando valores de amplitudes menores para os indivíduos com uso inadequado ou sem uso do DPA.

Yuan et al. (2023) não encontraram diferenças para as latências das ondas I, III e V entre os grupos expostos e não expostos ao ruído. Porém, referiram que a amplitude da onda III para o grupo com alto risco para exposição ao ruído foi maior

que para o grupo com baixo risco. Apesar desta diferença, os autores acreditam que o achado não apresenta relevância para as alterações decorrentes da exposição ao ruído.

Para Pinsonnault-Skvarenina et al. (2022), que avaliaram as respostas do PEATE utilizando cliques de diferentes intensidades (50, 60, 70, 80 e 90 dBnNA), consideraram que os resultados obtidos para as amplitudes e latências das ondas I e V, sem diferenças significantes entre grupos de indivíduos normo-ouvintes com e sem exposição a ruído, poderiam estar relacionados à ausência da sinaptopatia no grupo com exposição ao ruído, ou ainda, que a metodologia do PEATE utilizado no estudo não possui sensibilidade adequada para determinar a presença dessa alteração em humanos.

6.4.2. Avaliação do PEATE com ruído contralateral

Em relação ao PEATE em indivíduos expostos ao ruído, nossa hipótese inicial era que haveria uma maior chance de verificar alterações em latências e/ou amplitudes do PEATE na presença de ruído contralateral, conforme mencionado anteriormente, uma vez que as fibras mais afetadas por uma possível sinaptopatia seriam recrutadas em situações de escuta com ruído competitivo.

No PEATE com ruído contralateral a 60 dBNA, não foram observadas diferenças entre os grupos no que se refere as latências das ondas (Tabela 11). Já na situação com ruído contralateral a 70 dBNA, o GE apresentou médias de latências maiores, com diferenças significantes para a onda V (valor de $p=0,042$) na OE (Tabela 14).

Para os interpicos com ruído contralateral a 60 dBNA, houve aumento das latências no GE, com diferença significante para o interpico III-V (valor de $p=0,006$) da OE (Tabela 11). Quando o ruído contralateral foi apresentado a 70 dBNA, não foram observadas diferenças significantes entre os grupos (Tabela 14).

Em relação às amplitudes das ondas I, III e V, não observamos diferenças significantes entre os grupos para ambos os níveis de apresentação de ruído contralateral (Tabela 12 e Tabela 15).

Em relação à razão de amplitude das ondas V/I, não observamos diferenças para a situação com ruído contralateral a 60 dBNA (Tabela 13), enquanto com o uso do ruído a 70 dBNA, foi observada diferença entre os grupos para a OD (valor de $p=0,044$), com uma razão de amplitude média menor para o GE (Tabela 16).

Poucos estudos avaliaram os achados eletrofisiológicos com o uso de ruído contralateral em indivíduos expostos ao ruído. Assim, nossas comparações incluíram estudos com outras populações, mas que incluíram apenas indivíduos com limiares auditivos dentro da normalidade.

Schochat et al. (2012) avaliaram o efeito do ruído branco apresentado contralateralmente sobre as latências do PEATE, com a participação de 25 indivíduos jovens (média de 25,3 anos de idade), normo-ouvintes, de ambos os sexos. Nas comparações das avaliações sem e com ruído contralateral, os pesquisadores observaram uma tendência de aumento da latência da onda I e aumento significativo das latências das ondas III e V quando o ruído estava presente. Na análise das amplitudes das ondas, relataram diminuição significativa da amplitude da onda I na presença do ruído, mas sem diferença para as ondas III e V. Os autores sugeriram que o ruído contralateral ativa o sistema auditivo eferente e, como consequência, modula as respostas neurais da via aferente, causando mudanças nas latências (aumento) e amplitudes (diminuição) das ondas.

Comparando com os nossos achados do GC, os resultados de forma geral, estão em concordância, já que houve discreto aumento da latência das ondas na presença do ruído contralateral. Em relação às amplitudes, para a onda I, observamos discreta diminuição para a OD e para a onda V, para ambas as orelhas.

O estudo de Mehraei et al. (2017) teve o objetivo de investigar se as mudanças na latência da onda V do PEATE, na presença de mascaramento (*forward-masking*), pode refletir a perda de fibras do nervo auditivo, especialmente a perda de fibras de baixa taxa de disparo espontâneo. Os resultados mostraram que existem diferenças individuais na recuperação da latência da onda V do PEATE e nos limites de detecção do mascaramento em jovens ouvintes sem exposição a ruído. Este estudo foi motivado pelo estudo anterior (Mehraei et al., 2016), que verificou que um efeito de mascaramento sobre a latência da onda V do PEATE mais robusto muda também a amplitude da onda I do PEATE. Além disso, observaram no estudo longitudinal, que o efeito do ruído na latência da onda V prediz a sensibilidade temporal perceptual,

sugerindo que as medidas dos efeitos do ruído sobre a latência da onda V do PEATE pode ser usado para diagnosticar sinaptopatia coclear em humanos.

Suresh e Krishnan (2021) avaliaram o efeito de diferentes intensidades de ruído de fundo nas latências e amplitudes das ondas do PEATE, comparando um grupo de jovens normo-ouvintes de alto risco para exposição ao ruído com um grupo de baixo risco. Embora os pesquisadores não tenham observado diferenças para as latências entre os grupos, com a presença do ruído de fundo, mencionaram que ocorreu o aumento da latência da onda V e do interpico I-V, com diferenças significantes quando comparadas com a avaliação sem ruído. Para a amplitude da onda I, relataram diminuição conforme o ruído de fundo era aumentado, para ambos os grupos. Na comparação entre os grupos, eles perceberam maior diminuição da amplitude da onda I para o grupo de baixo risco, que os autores acreditam que possa ter ocorrido por conta de uma provável redução das fibras (de baixas/médias taxas de disparos), que causariam uma redução no efeito de supressão do mascaramento.

De acordo com os nossos achados, poucas diferenças entre os grupos foram observadas no PEATE na presença de ruído. Podemos sugerir, com base nos estudos supramencionados, que a variabilidade individual pode ter interferido nesta questão, bem como o ruído pode não ter sido suficiente para causar o recrutamento das fibras de baixa taxa de disparo espontâneo ou, ainda, que este grupo não apresenta este tipo de alteração.

6.5. Considerações finais

Nos últimos anos, estudos têm buscado investigar os efeitos causados pelo ruído no sistema auditivo, mesmo na presença de limiares auditivos dentro da normalidade (Liberman et al., 2016; Valderrama et al., 2018; Couth et al., 2020; Grant et al., 2020; Bramhall, 2021; Nam et al., 2021; Grinn e Le Prell, 2022; Pinsonnault-Skvarenina et al., 2022; Yuan et al., 2023). Contudo, existem grandes variações nos resultados encontrados, que podem ser justificadas pelas diferentes metodologias adotadas e características da casuística dos estudos (Le Prell, Clavier e Bao, 2023).

Em relação ao nosso estudo, embora tenhamos tomado cuidados relacionados à seleção da amostra, como pareamento por idade entre os grupos, ausência de doenças graves e cirurgias otológicas, podemos citar algumas limitações.

Uma primeira limitação, pertinente ao GE, está relacionado à dose de exposição ao ruído; mesmo com acesso aos dados do SESMT, a exposição pode ser variável entre os dias, seja por conta das diferentes funções desempenhadas, como também pelo tempo e histórico de exposição ao ruído ocupacional.

Outra limitação que podemos abordar é em relação a exposição extra ocupacional, cada vez mais presente no cotidiano. Buscamos quantificar esta exposição, mas o uso corriqueiro de ferramentas domésticas (furadeira, cortador de grama, entre outras), que geram níveis elevados de ruído, e dispositivos de música pessoal, que podem ser tão prejudiciais quanto o ruído, nem sempre é tão precisa.

Por fim, também consideramos uma limitação relevante e abordado no estudo de Grinn e Le Prell (2022), refere-se ao uso dos dispositivos de proteção auditiva (DPA), que têm o papel de minimizar os efeitos que a exposição ao ruído tem sobre o sistema auditivo, principalmente evitando a perda auditiva. No estudo citado, os pesquisadores relataram que os participantes, embora normo-ouvintes, que usavam de maneira inadequada ou não utilizaram o DPA, apresentavam resultados piores nas avaliações realizadas. Ressalta-se que a amostra foi pequena, o que pode ter contribuído para tais resultados.

No presente estudo, todos os participantes do GE relataram que receberam instruções e treinamento, e utilizavam o DPA da maneira adequada, mas não realizamos nenhuma aferição quantitativa em relação ao nível de proteção auditiva individual. Desta forma, podemos, assim como Grinn e Le Prell (2022), levantar a hipótese que o uso adequado do DPA pode evitar as alterações iniciais no sistema auditivo; portanto, podemos sugerir que as discretas diferenças observadas no desempenho entre os dois grupos poderiam ser mais evidentes se o DPA não fosse utilizado ou fosse utilizado de maneira inadequada. Contudo, mais estudos são necessários, de preferência com o uso de avaliações objetivas da real atenuação do DPA, avaliando o efeito dessa variável.

7. Conclusão

7. Conclusão

Com base nos nossos achados, podemos concluir que:

- Não houve diferenças entre os grupos exposto e não exposto a ruído ocupacional para os limiares audiométricos de altas frequências;

- Em relação aos testes de processamento auditivo: não houve diferença para o limiar de detecção de gaps, mas o grupo exposto detectou menos intervalos de gaps; para os testes de fala com ruído, não houve diferenças significantes entre os grupos para o limiar de reconhecimento de sentenças no ruído e fala no ruído;

- Nas emissões otoacústicas transientes, o grupo exposto ao ruído ocupacional apresentou amplitudes significativamente menores, menor efeito inibitório da via auditiva eferente e maior número de participantes com ausência desse efeito;

- Para o potencial evocado auditivo de tronco encefálico, o grupo exposto ao ruído ocupacional apresentou maiores latências absolutas, com diferenças significantes para a onda V, e para os interpicos III-V e I-V.

- Na realização do PEATE com ruído contralateral, novamente, o grupo exposto ao ruído ocupacional apresentou latências maiores, com diferenças significantes para a onda V e menor média da razão de amplitude das ondas V/I para a OD, ambas com ruído em 70 dBNA.

Sendo assim, verificou-se que para algumas das avaliações realizadas, o grupo exposto ao ruído apresentou desempenho pior quando comparado ao grupo não exposto, sugerindo que o ruído pode afetar a via auditiva além das células ciliadas cocleares, mesmo na presença de limiares audiométricos convencionais dentro da normalidade.

Referências

Alvord LS. Cochlear dysfunction in “normal hearing” patients with history of noise exposure. *Ear Hearing*. 1983;4:247-50. <https://doi.org/10.1097/00003446-198309000-00005>.

Ankmal-Veeranna S, Allan C, Allen P. Auditory Brainstem Responses in Children with Auditory Processing Disorder. *J Am Acad Audiol*. 2019;30(10):904-17. <https://doi.org/10.3766/jaaa.18046>.

Antonioli CAS, Momensohn-Santos TM, Benaglia TAS. High-frequency Audiometry Hearing on Monitoring of Individuals Exposed to Occupational Noise: A Systematic Review. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2016;20(3):281-289. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1570072>.

Arenas JP, Suter AH. Comparison of occupational noise legislation in the Americas: An overview and analysis. *Noise Health*. 2014;16:72:306-19. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.140511>.

Babisch W. Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: a meta-analysis. *Noise Health*. 2014;16(68):1-9. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.127847>.

Berra CM, Menk CFM, Mascio PD. Estresse oxidativo, lesões no genoma e processos de sinalização no controle do ciclo celular. *Química Nova*. 2006;29(6):1340-4. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000600032>.

Bharadwaj HM, Mai AR, Simpson JM, Choi I, Heinz MG, Shinn-Cunningham BG. Non-Invasive Assays of Cochlear Synaptopathy - Candidates and Considerations. *Neuroscience*. 2019;21(407):53-66. doi: 10.1016/j.neuroscience.2019.02.031. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.02.031>.

Bharadwaj HM, Verhulst S, Shaheen L, Liberman MC, et al. Cochlear neuropathy and the coding of supra-threshold sound. *Front Syst Neurosci*. 2014;8:26. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00026>.

Bidelman G, Bhagat S. Right-ear advantage drives the link between olivocochlear efferent ‘antimasking’ and speech-in-noise listening benefits. *Neuroreport*. 2015; 26(8):483-87. <https://doi.org/10.1097/wnr.0000000000000376>.

Blioskas S, Tsalighopoulos M, Psillas G, Markou K. Utility of otoacoustic emissions and olivocochlear reflex in predicting vulnerability to noise-induced inner ear damage. *Noise Health*. 2018;20(94):101-111. https://doi.org/10.4103/nah.nah_61_17.

Bramhall NF, Konrad-Martin D, McMillan GP, Griest SE. Auditory brainstem response altered in humans with noise exposure despite normal outer hair cell function. *Ear Hear*. 2017;38:e1–e12. <https://journals.lww.com/ear-hearing/toc/2017/01000>.

Bramhall NF, Kempel SD, Reavis KM, Konrad-Martin D. “Contralateral inhibition of distortion product otoacoustic emissions in young noise-exposed Veterans,” *J. Acoust. Soc. Am*. 2022;152(6):3562–3575. <https://doi.org/10.1121/10.0016590>.

Brammer AJ, Laroche C. Noise and communication: A three-year update. *Noise Health*. 2012;14:61,281-6. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.104894>.

Brasil. Ministério do Trabalho. Portaria GM n.o 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 06 – Equipamento de Proteção Individual – EPI. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Brasília, 1978.

_____. Ministério do Trabalho. Portaria GM n.o 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 07 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Brasília, 1978.

_____. Ministério do Trabalho. Portaria GM n.o 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Brasília, 1978.

_____. Ministério do Trabalho. Portaria SSST N.o 19, de 9 de abril de 1998. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Brasília, 1998.

Brattico E, Kujala T, Tervaniemi M, Alku P, et al. Long-term exposure to occupational noise alters the cortical organization of sound processing. *Clin Neurophysiol*. 2005;116(1):190-203. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.07.030>.

Carvalho RM, Sanches SG, Ibidi SM, Soares JC, Durante AS. Efferent inhibition of otoacoustic emissions in preterm neonates. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015;81(5):491-497. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.07.008>.

Costa MJ, Daniel RC, Santos SN. Reconhecimento de sentenças no silêncio e no ruído em fones auriculares: valores de referência de normalidade. *Rev CEFAC*. 2011;13(4):685-91. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462010005000114>.

Costa MJ, Lório M, Mangabeira-Albernaz P. Reconhecimento de fala: desenvolvimento de uma lista de sentenças em português. *Acta AWHO*. 1997;16(4):164-73.

Costa MJ, Iório MCM, Albernaz PLM, Cabral Junior EF, Magni AB. Desenvolvimento de um ruído com espectro de fala. *Acta AWHO*. 1998;17(2):84-9.

Costa MJ, Iório MCM, Albernaz PLM. Desenvolvimento de um teste para avaliar a habilidade de reconhecer a fala no silêncio e no ruído. *Pró-fono*. 2000;12(2):9-16.

Costalupes JA, Young ED, Gibson DJ. Effects of continuous noise backgrounds on rate response of auditory nerve fibers in cat. *J Neurophysiol.* 1984;51(6):1326-44. <https://doi.org/10.1152/jn.1984.51.6.1326>.

Couth S, Prendergast G, Guest H, Munro KJ, Moore DR, Plack CJ, Ginsborg J, Dawes P. Investigating the effects of noise exposure on self-report, behavioral and electrophysiological indices of hearing damage in musicians with normal audiometric thresholds. *Hear Res.* 2020;15(395):108021. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2020.108021>.

Dhrruvakumar S, Shambhu T, Konadath S. Assessment of Hidden Hearing Loss in Individuals Exposed to Occupational Noise Using Cochlear, Neural, Temporal Functions and Quality of Life Measures. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2022;74(Suppl 1):524–531. <https://doi.org/10.1007/s12070-021-02373-7>.

Eggermont JJ. Effects of long-term non-traumatic noise exposure on the adult central auditory system. *Hearing problems without hearing loss. Hear Res.* 2017;352:12-22. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.10.015>.

Falasca V, Greco A, Ralli M. Noise induced hearing loss: The role of oxidative stress. *Otolaryngol Open J.* 2017;SE(5):S1-S5. <http://dx.doi.org/10.17140/OTLOJ-SE-5-101>.

Feghali JG, Bernstein RS. A new approach to serial monitoring of ultra-high frequency hearing. *Laryngoscope.* 1991;101(8):825-829. <http://doi.org/10.1288/00005537-199108000-00005>.

FUNDACENTRO. NHO 01 – Norma de Higiêne Ocupacional – Procedimento técnico: avaliação da exposição ocupacional ao ruído. 2001.

Furman AC, Kujawa SG, Liberman MC. Noise-induced cochlear neuropathy is selective for fibers with low spontaneous rates. *J Neurophysiol.* 2013;110:577-86. <https://doi.org/10.1152/jn.00164.2013>.

Gorga MP, Neely ST, Ohlrich B, Hoover B, et al. From Laboratory to Clinic: A large Scale Study of Distortion Product Otoacoustic Emissions in Ears with Normal Hearing and Ears With Hearing Loss. *Ear Hearing.* 1997;18(6):440-5. <https://doi.org/10.1097/00003446-199712000-00003>.

Grant KJ, Mepani AM, Wu P, Hancock KE, de Gruttola V, Liberman MC, Maison SF. Electrophysiological markers of cochlear function correlate with hearing-in-noise performance among audiometrically normal subjects. *J Neurophysiol.* 2020;124(2):418-431. <https://doi.org/10.1152/jn.00016.2020>.

Grinn SK, Le Prell CG. Evaluation of hidden hearing loss in normal-hearing firearm users. *Front Neurosci.* 2022;26(16):1005148. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.1005148>.

Guinan JJ Jr, Backus BC, Lilaonitkul W, Aharonson V. Medial olivocochlear efferent reflex in humans: otoacoustic emission (OAE) measurement issues and the advantages of stimulus frequency OAEs. *J Assoc Res Otolaryngol*. 2003;4(4):521-40. <https://doi.org/10.1007/s10162-002-3037-3>.

Guinan JJ Jr. Cochlear Mechanics, Otoacoustic Emissions, and Medial Olivocochlear Efferents: Twenty Years of Advances and Controversies Along with Areas Ripe for New Work. In: Popper A, Fay R. (eds), *Perspectives on Auditory Research*. Springer Handbook of Auditory Research. New York, NY: Springer; 2014. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9102-6_13

Guinan JJ Jr. Olivocochlear efferents: Their action, effects, measurement and uses, and the impact of the new conception of cochlear mechanical responses. *Hear Res*. 2018;362:38-47. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.12.012>.

Hall J. *Handbook of Auditory Evoked Responses*. Boston, MA: Allyn and Bacon; 1992.

Hall J. ABR analysis and interpretation. In J. Hall (Ed.), *New Handbook of Auditory Evoked Responses*. Boston, MA: Pearson Education, Inc.; 2007;171-211

Hawkins JE, Schacht J. Sketches of otohistory. Part 10: noise-induced hearing loss. *Audiol Neurootol*. 2005;10(6):305-9. <https://doi.org/10.1159/000087347>.

Henderson D, Bielefeld EC, Harris KC, Hu BH. The role of oxidative stress in noise-induced hearing loss. *Ear Hear*. 2006;27(1):1-19. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000191942.36672.f3>.

Henderson D, Hamernik RP, Dosanjh DS, Mills JH. *The Effects of Noise on Hearing*. New York, NY: Raven Press; 1976;309-25.

Hickox AE, Liberman MC. Is noise-induced cochlear neuropathy key to the generation of hyperacusis or tinnitus? *J Neurophysiol*. 2014;111:552-64. <https://doi.org/10.1152/jn.00184.2013>.

Hoffman HJ, Dobie RA, Losonczy KG, Themann CL, Flamme GA. Declining Prevalence of Hearing Loss in US Adults Aged 20 to 69 Years. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2017;143(3):274-285. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2016.3527>.

Hong O, Kerr MJ, Poling GL, Dhar S. Understanding and preventing noise-induced hearing loss. *Dis Mon*. 2013;59(4):110-8. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2013.01.002>.

International Organization for Standardization. *Acoustics. Reference Zero for the calibration of audiometric equipment. Part 5: reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz*. ISO 389-5:2006.

Ivanov AV, Valuev-Elliston VT, Ivanova ON, Kochetkov SN, Starodubova ES, Bartosch B, et al. Oxidative stress during HIV infection: Mechanisms and consequences. *Oxidative Med. Cell.* 2016;8910396. <https://doi.org/10.1155%2F2016%2F8910396>.

Jacobson JT. *The Auditory Brainstem Response*. Allyn and Bacon. 1985.

Jasper HA. The ten–twenty system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1956;10:371–5.

Joris PX, Yin TCT. Responses to amplitude-modulated tones in the auditory nerve of the cat. *Journal of the Acoustical Society of America.* 1992;91:215-32. <https://doi.org/10.1121/1.402757>.

Kamogashira T, Fujimoto C, Yamasoba T. Reactive Oxygen Species, Apoptosis, and Mitochondrial Dysfunction in Hearing Loss. *Biomed Res Int.* 2015;2015:617207. <https://doi.org/10.1155/2015/617207>.

Kemp DT. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *Br Med Bull.* 2002;63:223-41. <https://doi.org/10.1093/bmb/63.1.223>.

Kerns E, Masterson EA, Themann CL, Calvert GM. Cardiovascular conditions, hearing difficulty, and occupational noise exposure within US industries and occupations. *Am J Ind Med.* 2018;61(6):477-491. <http://doi.org/10.1002/ajim.22833>.

Kobel M, Le Prell CG, Liu J, Hawks JW, et al. Noise-induced cochlear synaptopathy: Past findings and future studies. *Hear Res.* 2017;349:148-54. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.12.008>.

Krishnan A. Frequency-following response. In: RF Burkard, M Don, JJ Eggermont (eds) *Auditory Evoked Potentials: Basic Principles and Clinical Application*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.

Kujala T, Shtyrov Y, Winkler I, Saher M, et al. Long-term exposure to noise impairs cortical sound processing and attention control. *Psychophysiology.* 2004;41(6):875-81. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2004.00244.x>.

Kujawa SG, Liberman MC. Adding Insult to Injury: Cochlear Nerve Degeneration after “Temporary” Noise-Induced Hearing Loss. *J Neurosci.* 2009;29(45):14077-85. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2845-09.2009>.

Kujawa SG, Liberman MC. Synaptopathy in the noise-exposed and aging cochlea: Primary neural degeneration in acquired sensorineural hearing loss. *Hear Res.* 2015;330:191-9. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.02.009>.

Kumar UA, Ameenudin S, Sangamanatha AV. Temporal and speech processing skills in normal hearing individuals exposed to occupational noise. *Noise Health.* 2012;14(58):100-105. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.97252>.

Lalaki P, Markou K, Tsalighopoulos MG, Daniilidis I. Transiently evoked otoacoustic emissions as a prognostic indicator in idiopathic sudden hearing loss. *Scand Audiol Suppl.* 2001;(52):141-145. <https://doi.org/10.1080/010503901300007344>.

Le Prell CG, Clavier OH, Bao J. Noise-induced hearing disorders: Clinical and investigational tools. *J Acoust Soc Am.* 2023;153(1):711. <https://doi.org/10.1121%2F10.0017002>.

Le Prell CG, Yamashita D, Minami SB, Yamasoba T, Miller JM. Mechanisms of Noise-Induced Hearing Loss Indicate Multiple Methods of Prevention. *Hearing research.* 2007;226(1-2):22-43. <https://doi.org/10.1016%2Fj.heares.2006.10.006>.

Le TN, Straatman LV, Lea J, Westerberg B. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2017;46(1):41. <https://doi.org/10.1186/s40463-017-0219-x>.

Lee J, Dhar S, Abel R, et al. Behavioral hearing thresholds between 0.125 and 20 kHz using depth-compensated ear simulator calibration. *Ear Hear.* 2012;33(3):315-329. <https://doi.org/10.1097/aud.0b013e31823d7917>.

Lieberman LD, Wang H, Liberman MC. Opposing gradients of ribbon size and AMPA receptor expression underlie sensitivity differences among cochlear-nerve/hair-cell synapses. *J Neurosci.* 2011;31(3):801-8. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.3389-10.2011>.

Lieberman MC, Epstein MJ, Cleveland SS, Wang H, Maison SF. Toward a Differential Diagnosis of Hidden Hearing Loss in Humans. *PLoS One.* 2016;12;11(9):e0162726. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162726>.

Lobarinas E Hayes SH, Allman BL. The gap-startle paradigm for tinnitus screening in animal models: limitations and optimization. *Hear Res.* 2013;295:150-60. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2012.06.001>.

Lopez-Poveda EA. Olivocochlear Efferents in Animals and Humans: From Anatomy to Clinical Relevance. *Front Neurol.* 2018;26(9):197. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00197>.

Lough M, Plack CJ. Extended high-frequency audiometry in research and clinical practice. *J Acoust Soc Am.* 2022;151(3):1944. <https://doi.org/10.1121/10.0009766>.

Maison SF, Liberman MC. Predicting vulnerability to acoustic injury with a noninvasive assay of olivocochlear reflex strength. *J Neurosci.* 2000;20(12):4701-4707. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.20-12-04701.2000>.

Maison SF, Usubuchi H, Liberman MC. Efferent feedback minimizes cochlear neuropathy from moderate noise exposure. *J Neurosci*. 2013;33(13):5542-52. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5027-12.2013>.

Massa CGP, Rabelo CM, Moreira RR, Matas CG, et al. P300 em trabalhadores expostos a ruído ocupacional. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2012;78(6):107-12. <https://doi.org/10.5935/1808-8694.20120042>.

Megha KN, Kappadi S, Kaverappa GM, Konadath S. Effects of Aging Versus Noise Exposure on Auditory System in Individuals With Normal Audiometric Thresholds. *J Int Adv Otol*. 2021;17(4):335-342. <https://doi.org/10.5152/iao.2021.8789>.

Mehraei G, Hickox AE, Bharadwaj HM, et al. Auditory Brainstem Response Latency in Noise as a Marker of Cochlear Synaptopathy. *J Neurosci*. 2016;36(13):3755-3764. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4460-15.2016>.

Mehraei G, Gallardo AP, Shinn-Cunningham BG, Dau T. Auditory brainstem response latency in forward masking, a marker of sensory deficits in listeners with normal hearing thresholds. *Hear Res*. 2017;346:34-44. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.01.016>.

Mehrpour AH, Mirmohammadi SJ, Davari MH, et al. Conventional Audiometry, Extended High-Frequency Audiometry, and DPOAE for Early Diagnosis of NIHL. *Iran Red Crescent Med J*. 2014;16(1):e9628. <https://doi.org/10.5812/ircmj.9628>.

Mehrpour AH, Mirmohammadi SJ, Ghoreyshi A, Mollasadeghi A, Loukazadeh Z. High-frequency audiometry: a means for early diagnosis of noise-induced hearing loss. *Noise Health*. 2011;13(55):402-406. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.90295>.

Mishra SK, Saxena U, Rodrigo H. Extended High-frequency Hearing Impairment Despite a Normal Audiogram: Relation to Early Aging, Speech-in-noise Perception, Cochlear Function, and Routine Earphone Use. *Ear Hear*. 2022;43(3):822-835. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000001140>.

Molina SJ, Miceli M, Guelman LR. Noise exposure and oxidative balance in auditory and extra-auditory structures in adult and developing animals. Pharmacological approaches aimed to minimize its effects. *Pharmacol Res*. 2016;109:86-91. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2015.11.022>.

Moore BCJ. *Cochlear hearing loss: Physiological, psychological, and technical issues* (2nd ed.). Chichester, England: Wiley; 2007.

Moser T, Starr A. Auditory neuropathy – neural and synaptic mechanisms. *Nat Rev Neurol*. 2016;12(3):135-49. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2016.10>.

Münzel T, Sørensen M, Daiber A. Transportation noise pollution and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2021;18(9):619-636. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00532-5>.

Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiou DE, et al. GIN (gaps-in-noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear Hear.* 2005;26(6):608-18. <https://doi.org/10.1097/01.aud.0000188069.80699.41>.

Nadon V, Voix J. Effects of noise exposure on hearing health evaluated through short interval otoacoustic emission monitoring: Preliminary results. *Proc Mtgs Acoust.* 2018;35(1):040001. <https://doi.org/10.1121/2.0000976>.

Nam GS, Kim JY, Hong SA, Kim SG, Son EJ. Limitation of Conventional Audiometry in Identifying Hidden Hearing Loss in Acute Noise Exposure. *Yonsei Med J.* 2021;62(7):615-621. <https://doi.org/10.3349/ymj.2021.62.7.615>.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure revised criteria. U.S. Department of Health and Human Services. Cincinnati, Ohio, Jun/1998.

Ohlemiller KK, McFadden SL, Ding DL, Lear PM, et al. Targeted mutation of the gene for cellular glutathione peroxidase (Gpx1) increases noise-induced hearing loss in mice. *J Assoc Res Otolaryngol.* 2000;1(3):243-54. <https://doi.org/10.1007/s101620010043>.

OMS – Organização Mundial da Saúde. Burden of disease from environmental noise. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2011.

OMS – Organização Mundial de Saúde. Basic Ear and Hearing Care Resource. Switzerland; 2020. Visitado em 12/10/2023. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240001480>.

Oppitz SJ, Silva LCLD, Garcia MV, Silveira AFD. High-frequency auditory thresholds in normal hearing adults. Limiars de audibilidade de altas frequências em indivíduos adultos normo-ouvintes. *Codas.* 2018;30(4):e20170165. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182017165>.

Pen M, Mangabeira-Albernaz P. Desenvolvimento de teste para logaudiometria – discriminação vocal [Test development for speech audiometry – vocal discrimination]. Lima: Congresso Pan-Americano de Otorrinolaringologia e Broncoesofagia; 1973.

Pereira LD, Schochat E. Processamento auditivo central: manual de avaliação. *Acta AWHO.* 1997;16(2):92.

Pienkowski M, Eggermont JJ. Reversible long-term changes in auditory processing in mature auditory cortex in the absence of hearing loss induced by passive, moderate-level sound exposure. *Ear Hear.* 2012;33(3):305-14. <https://doi.org/10.1097/aud.0b013e318241e880>.

Pinsonnault-Skvarenina A, Moïn-Darbari K, Zhao W, Zhang M, Qiu W, Fuente A. No effect of occupational noise exposure on auditory brainstem response and speech

perception in noise. *Front Neurosci.* 2022;22(16):915211.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2022.915211>.

Plack CJ, Barker D, Prendergast G. Perceptual consequences of “hidden” hearing loss. *Trends Hear.* 2014;18:2331216514550621.
<https://doi.org/10.1177/2331216514550621>.

Plack CJ, Leger A, Prendergast G, Guest H, et al. Towards a diagnostic test for hidden hearing loss. *Trends Hear.* 2016;20:2331216516657466.
<https://doi.org/10.1177/2331216516657466>.

Prendergast G, Guest H, Munro KJ, Kluk K, Léger A, Hall DA, Heinz MG, Plack CJ. Effects of noise exposure on young adults with normal audiograms I: Electrophysiology. *Hear Res.* 2017;344:68–81. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.10.028>.

Reiter ER, Liberman MC. Efferent-mediated protection from acoustic overexposure: relation to slow effects of olivocochlear stimulation. *J Neurophysiol.* 1995;73(2):506-514. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.73.2.506>.

Rocha CH, Lisboa G, Padilha FYOMM, Rabelo CM, Samelli AG. Effects of hearing protector devices on speech intelligibility: the importance of individualized assessment. *Int J Occup Saf Ergon.* 2022;28(2):1227-1234.
<https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1880763>.

Rodríguez Valiente A, Trinidad A, García Berrocal JR, Górriz C, Ramírez Camacho R. Extended high-frequency (9-20 kHz) audiometry reference thresholds in 645 healthy subjects. *Int J Audiol.* 2014;53(8):531-545.
<https://doi.org/10.3109/14992027.2014.893375>.

Rodríguez Valiente A, Roldán Fidalgo A, Villarreal IM, García Berrocal JR. Extended high-frequency audiometry (9,000-20,000 Hz). Usefulness in audiological diagnosis. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2016;67(1):40-44.
<https://doi.org/10.1016/j.otorri.2015.02.002>.

Ryan S, Kemp DT. The influence of evoking stimulus level on the neural suppression of transient evoked otoacoustic emissions. *Hear Res.* 1996; 94(1-2):140-7.
[https://doi.org/10.1016/0378-5955\(96\)00021-4](https://doi.org/10.1016/0378-5955(96)00021-4).

Safieddine S, El-Amraoui A, Petit C. The auditory hair cell ribbon synapse: from assembly to function. *Annu Rev Neurosci.* 2012;35:509-28.
<https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-061010-113705>.

Samelli AG, Schochat E. The gaps-in-noise test: Gap detection thresholds in normal-hearing young adults. *Int J Audiol.* 2008;47:238-45.
<https://doi.org/10.1080/14992020801908244>.

Santos SN, Daniel RC, Costa JC. Estudo da equivalência entre as listas de sentenças em português. Rev CEFAC. 2009;11(4):673-80. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462009000800016>.

Schaette R, McAlpine D. Tinnitus with a normal audiogram: physiological evidence for hidden hearing loss and computational model. J Neurosci. 2011; 31(38):13452-7. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2156-11.2011>.

Schalk TB, Sachs MB. Nonlinearities in auditory-nerve fiber responses to bandlimited noise. J Acoust Soc AM. 1980;67(3):903-13. <https://doi.org/10.1121/1.383970>.

Schochat E, Matas CG, Samelli AG, Carvallo RMM. From otoacoustic emission to late auditory potentials P300: the inhibitory effect. Acta Neurobiol Exp. 2012;72:296–308.

Shi L, Chang Y, Li X, Aiken S, et al. Cochlear Synaptopathy and Noise-Induced Hidden Hearing Loss. Neural Plast. 2016;2016:6143164. <https://doi.org/10.1155/2016/6143164>.

Slepecky N. Overview of mechanical damage to the inner ear: noise a tool to probe cochlear function. Hear Res. 1986;22:307-21. [https://doi.org/10.1016/0378-5955\(86\)90107-3](https://doi.org/10.1016/0378-5955(86)90107-3).

Sliwinska-Kowalska M, Davis A. Noise-induced hearing loss. Noise Health. 2012;14(61):274-80. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.104893>.

Somma G, Pietroiusti A, Magrini A, et al. Extended high-frequency audiometry and noise induced hearing loss in cement workers. Am J Ind Med. 2008;51(6):452-462. <https://doi.org/10.1002/ajim.20580>.

Souza NN, Dhar S, Neely ST, Siegel JH. Comparison of nine methods to estimate ear-canal stimulus levels. J Acoust Soc Am. 2014;136(4):1768-87. <https://doi.org/10.1121/1.4894787>.

Stone MA, Moore BC, Greenish H. Discrimination of envelope statistics reveals evidence of sub-clinical hearing damage in a noise-exposed population with 'normal' hearing thresholds. Int J Audiol. 2008;47:737-50. <https://doi.org/10.1080/14992020802290543>.

Suresh CH, Krishnan A. Search for Electrophysiological Indices of Hidden Hearing Loss in Humans: Click Auditory Brainstem Response Across Sound Levels and in Background Noise. Ear Hear. 2021 Jan/Feb;42(1):53-67. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000905>.

Torre P 3rd, Grace J. Changes in distortion product otoacoustic emission components after music exposure. J Am Acad Audiol. 2014;25(9):804-813. <https://doi.org/10.3766/jaaa.25.9.3>.

Valderrama JT, Beach EF, Yeend I, Sharma M, Van Dun B, Dillon H. Effects of lifetime noise exposure on the middle-age human auditory brainstem response, tinnitus and speech-in-noise intelligibility. *Hear Res.* 2018;365:36-48. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2018.06.003>.

Vinck BM, van Cauwenberge PB, Leroy L, Corthals P. Sensitivity of transient evoked and distortion product otoacoustic emissions to the direct effects of noise on the human cochlea. *Audiology.* 1999;38(1):44-52. <https://doi.org/10.3109/00206099909073001>.

Vlajkovic SM, Ambepitiya K, Barclay M, Boison D, et al. Adenosine receptors regulate susceptibility to noise-induced neural injury in the mouse cochlea and hearing loss. *Hear Res.* 2017;345:43-51. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.12.015>.

Wu PZ, Liberman LD, Bennett K, de Gruttola V, O'Malley JT, Liberman MC. Primary Neural Degeneration in the Human Cochlea: Evidence for Hidden Hearing Loss in the Aging Ear. *Neuroscience.* 2019;407:8-20. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.07.053>.

Yamane H, Nakai Y, Takayama M, Iguchi H, et al. Appearance of free radicals in the guinea pig inner ear after noise-induced acoustic trauma. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 1995;252(8):504-8. <https://doi.org/10.1007/bf02114761>.

Yin Y, Liberman LD, Maison SF, Liberman MC. Olivocochlear innervation maintains the normal modiolar-pillar and habenular-cuticular gradients in cochlear synaptic morphology. *J Assoc Res Otolaryngol.* 2014;15(4):571-583. <https://doi.org/10.1007/s10162-014-0462-z>

Young ED, Barta PE. Rate responses of auditory-nerve fibers to tones in noise near masked threshold. *J Acoust Soc Am.* 1986;79(2):426-442. <https://doi.org/10.1121/1.393530>.

Yuan H, Ma PW, Chen JW, Wang WL, Gao W, Lu PH, Ding XR, Lun YQ, Lu LJ. Development of an audiological assessment and diagnostic model for high occupational noise exposure. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2023;280(6):2763-2772. doi: 10.1007/s00405-022-07787-9. <https://doi.org/10.1007/s00405-022-07787-9>.

Anexos

Anexo A – Aprovação da Comissão de Ética em pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Perda auditiva oculta induzida por ruído: avaliação auditiva periférica e central

Pesquisador: Alessandra Giannella Samelli

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 79905317.7.0000.0065

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.435.259

Apresentação do Projeto:

Trata-se de 2ª relatoria motivada por pendência em relação ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e informações sobre a infra-estrutura do projeto.

Objetivo da Pesquisa:

Não houve modificações no objetivo da pesquisa.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não houve modificações nos riscos e benefícios do projeto.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Não se aplica.

Os pesquisadores ajustaram as informações sobre equipamentos, na Plataforma Brasil.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foi reapresentado o Termo de Consentimento com adequação da linguagem e informação sobre os horários disponíveis dos pesquisadores.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há inadequações.

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36

Bairro: PACAEMBU

CEP: 01.246-903

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3893-4401

E-mail: cep.fm@usp.br

**USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP**



Continuação do Parecer: 2.435.259

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1033107.pdf	05/12/2017 09:46:10		Aceito
Outros	Respostas_pendencias.docx	05/12/2017 09:45:42	Alessandra Giannella Samelli	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Final.docx	05/12/2017 09:45:10	Alessandra Giannella Samelli	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Geral.docx	05/12/2017 09:44:57	Alessandra Giannella Samelli	Aceito
Outros	Anexo_II.pdf	14/11/2017 10:01:54	Alessandra Giannella Samelli	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	14/11/2017 10:01:28	Alessandra Giannella Samelli	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 13 de Dezembro de 2017

Assinado por:

**Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira
(Coordenador)**

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36
Bairro: PACAEMBU **CEP:** 01.246-903
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3893-4401 **E-mail:** cep.fm@usp.br

Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE

NOME: SEXO: M F
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE: DATA NASCIMENTO:/...../.....
 ENDEREÇO Nº APTO:
 BAIRRO: CIDADE:
 CEP: TELEFONE: (.....)/(.....)

DADOS SOBRE A PESQUISA

2. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA:

Perda auditiva oculta induzida por ruído: avaliação auditiva periférica e central

PESQUISADORES RESPONSÁVEIS:

Profa. Dra. Alessandra Giannella Samelli (CRFa: 2-7614)

Profa. Dra. Carla Gentile Matas (CRFa: 2-4927).

CARGO/FUNÇÃO: Docentes do curso de Fonoaudiologia do Depto. de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

PESQUISADORES EXECUTANTES:

Fgo. Me. Clayton Henrique Rocha (CRFa: 2-18202)

Fga. Ma. Mariana Keiko Kamita (CRFa: 3-10391-2).

CARGO/FUNÇÃO: Alunos de doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da FMUSP.

UNIDADE DO HCFMUSP: Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

Este estudo passou por análise e recebeu a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo sob parecer nº 2.435.259/CAAE: 79905317.7.0000.0065.

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO X RISCO BAIXO RISCO MÉDIO RISCO MAIOR

4. DURAÇÃO DA PESQUISA: 36 meses.

5. INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

Essas informações estão sendo fornecidas para a sua participação voluntária no presente estudo, que visa avaliar toda a sua via auditiva, da orelha até o cérebro. O objetivo dessas avaliações é detectar se a exposição ao ruído causa prejuízo ao longo dessa via.

Os procedimentos serão divididos em duas etapas, sendo que inicialmente serão realizados:

- Anamnese: Serão coletados seus dados de identificação e informações sobre sua saúde geral e auditiva, além do histórico ocupacional;

- Observação do meato acústico externo: Será realizada a fim de verificar se existe excesso de cera ou algum outro impedimento para os exames;

- Avaliação audiológica básica: Indicará o quanto você ouve. Na audiometria tonal, realizado com fone de ouvido, será solicitado que você aperte o botão de resposta todas as vezes que ouvir um apito. Na audiometria vocal, utilizando o mesmo fone, você deverá repetir as palavras que o examinador solicitar. As medidas de imitação acústica irão verificar o funcionamento da parte média de sua orelha, e será realizada com um fone grande em uma orelha e outro fone menor, chamado de sonda, na outra orelha. Neste teste você irá sentir uma variação de pressão na orelha e também escutará alguns apitos, mas não precisará responder em nenhum momento.

Após as análises das avaliações iniciais, você poderá ser convidado para continuar no estudo. Caso isso ocorra, com base no seu histórico ocupacional, você fará parte de um dos seguintes grupos:

- Grupo 1: composto por indivíduos que trabalham em locais com ruído contínuo; ou
- Grupo 2: composto por indivíduos que trabalham em locais sem ruído contínuo.

Na segunda etapa da pesquisa serão realizadas as seguintes avaliações:

- Avaliação audiométrica de altas frequências: esta avaliação é muito parecida com a audiometria tonal, mas os sons avaliados serão ainda mais agudos (finos). Também será realizado com fone de ouvido, um pouco maior que o anterior, e mais uma vez será solicitado que você aperte o botão de resposta todas as vezes que ouvir um apito;

- Avaliação da resolução temporal com o teste "GIN": este teste também é realizado com o fone. Você irá ouvir um ruído contínuo, que em alguns momentos irá parar (um pequeno tempo de silêncio). O objetivo do teste é você apertar o botão de resposta todas as vezes que o ruído parar, por mais rápido que seja essa pausa;

- Avaliação do reconhecimento de frases no ruído: com os fones, você irá ouvir algumas frases, inicialmente no silêncio e depois com ruído. Você deverá repetir a frase da maneira que entender, e para cada acerto, o nível de ruído ficará mais alto, até que não seja mais possível entender a frase;

- Avaliação das emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção (EOAPD): nesta avaliação iremos colocar um outro modelo de fone na sua orelha, que irá emitir uma série de sons. O equipamento irá realizar todas as análises sozinho, portanto você não precisará fazer nada;

- Potenciais auditivos de curta e longa latência: para realizar estes testes, será necessário colocar alguns eletrodos na sua cabeça, e você irá utilizar fones nas orelhas. Estes eletrodos irão captar as respostas do seu cérebro para os estímulos aos sons. Em alguns momentos, será solicitado que você fique o mais parado e relaxado o possível, e em outros que você conte o número de vezes em que ouviu um determinado som.

Todas as avaliações terão duração de aproximadamente 150 minutos, considerando duas pausas de 15 minutos para descanso. Todas as avaliações serão realizadas no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, localizado na Cidade Universitária, São Paulo/SP.

Os testes citados neste estudo não oferecem nenhum risco ou desconforto para a sua saúde. Como benefício da sua participação no estudo, você receberá o resultado do seu exame de audição, orientações e treinamento quanto ao uso do protetor auditivo, caso utilize, e orientações sobre como cuidar da sua audição. Caso seja detectada alguma alteração nos exames realizados, você será orientado e irá receber encaminhamento para realizar o acompanhamento com o médico otorrinolaringologista, além é claro de acompanhamento fonoaudiológico se necessário.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas, lembrando que as principais investigadoras são a Dra. Alessandra Giannella Samelli e Dra. Carla Gentile Matas, que podem ser encontradas no Depto. de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP, na Rua Cipotânea, 51, Cidade Universitária, São Paulo/SP; ou ainda pelos telefones (11) 3091-8442 ou 3091-8411.

Além disso, se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (CEP-FMUSP), na **Av. Dr. Arnaldo, 251 - Cerqueira César - São Paulo - SP - 21º andar – sala 36- CEP: 01246-000**, ou pelos telefones 3893-4401 ou 3893-4407 e pelo e-mail: cep.fm@usp.br.

Reforçamos que sua participação é voluntária, e, portanto, fica garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar deste estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.

Em relação aos resultados obtidos, eles serão analisados pelos investigadores em conjunto com as de outros pacientes, e poderão ser publicados em revistas científicas e/ou apresentados em congressos profissionais, mas em nenhum momento serão divulgadas a sua identificação ou informações pessoais. Além disso, os dados e os materiais coletados nesta pesquisa não serão utilizados outros estudos.

Ressaltamos que você tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais e finais desta pesquisa, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores. Declaramos também que não há despesas pessoais para sua participação em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo "**Perda auditiva oculta induzida por ruído: avaliação auditiva periférica e central**".

Eu discuti com a Dra. Alessandra Giannella Samelli e Dra. Carla Gentile Matas sobre a minha decisão em participar nesse estudo.

Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes.

Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário.

Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

X _____
Assinatura do paciente/representante legal

Data: ____/____/____

Assinatura da testemunha
para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semianalfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

Data: ____/____/____

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo

Data: ____/____/____

Anexo C – Anamnese Clínico/Ocupacional

Data: ____/____/____

ID: _____ Grupo: GE GC

1) Identificação

Nome: _____ DN: ____/____/____ Idade: _____

Escolaridade: _____

Função atual: _____ Tempo na função: _____ Unidade: _____

Exposição ao ruído: Não Sim, qual a frequência da exposição? _____h/dia, _____ dias/semana. Utiliza DPA? Não, por quê? _____

Sim, qual? Silicone Espuma Concha DP

Exposição à produtos químicos: Não Sim, Qual a frequência da exposição? _____h/dia, _____ dias/semana. Qual(is) produto(s): _____

2) Histórico otológico

Hiperacusia, lado: _____

Tontura, tipo: _____

Prurido, frequência: _____

Zumbido, tipo: _____

Otalgia, há: _____

Cirurgias, qual? _____

Hipoacusia, defina: _____

Otorréia, há: _____

Dificuldade para ouvir no ruído

3) Características e comportamentos

Desatendo

Esquecido

Agitado

Fala alto

Desorganizado

Desastrado

Irritado

Fala baixo

4) Histórico de saúde

HAS, medicamentos: _____

AVE, há: _____; sequelas: _____

Diabetes, tipo: _____; medicamentos: _____

DST, qual? _____

Dislipidemia, medicamentos: _____

Internações, motivos: _____

Câncer, tipo: _____; tratamento: _____

Drogas: _____

Convulsão, frequência: _____

Tabagista: _____

TCE, há: _____; sequelas: _____

Álcool: _____

5) Histórico ocupacional com exposição ao ruído

Função: _____ Ramo da atividade: _____ Tempo: ____ DPA: _____

Função: _____ Ramo da atividade: _____ Tempo: ____ DPA: _____

Função: _____ Ramo da atividade: _____ Tempo: ____ DPA: _____

6) Histórico extra ocupacional

MP3, Volume: ____; ____h/dia; ____ dia/sem.

Frequenta estádios/autódromos, frequência: _____

Hobby ruidoso, qual(is)? _____

Frequenta igreja, frequência: _____

Utiliza moto, frequência: _____

Explosão, há: _____; sintomas: _____

Utiliza arma de fogo, frequência: _____

Frequenta shows/festas, frequência: _____

7) Observações finais

Anexo D – Avaliações Audiológicas

ID: _____ Nome: _____ Grupo: GE GC Data: ____/____/____

1. Avaliação Audiológica Básica (Triagem)

1.1. Meatoscopia

Orelha Direita		Orelha Esquerda	
----------------	--	-----------------	--

Apresenta cera em MAE que pode interferir nos resultados?
 Não. Continuar avaliação. Sim, encaminhar ORL

1.2. Audiometria Tonal (VA)

Equipamento: _____ Calibração: ____/____/____

	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
OD								
OE								

Limiares auditivos próximos de 20dB?
 Não. Continuar avaliação. Sim, se for GC, finalizar.

1.3. Audiometria Vocal

	SRT (dB)	IPRF (%)	IPRF (dB)		SRT (dB)	IPRF (%)	IPRF (dB)
OD				OE			

1.4. Medidas de Imatância Acústica

Equipamento: AT235 Calibração: ____/____/____

Timpanometria			
	Volume MAE	daPa	Pico (Ymt)
OD			
OE			

Pesquisas dos Reflexos Acústicos				
Ipsi OD	Contra Af. OD/EF. OE	Frequências	Ipsi OE	Contra Af. OE/EF. OD
		500 Hz		
		1000 Hz		
		2000 Hz		
		4000 Hz		

Curva Timpanométrica do Tipo A ou As?
 Sim. Continuar avaliação. Não, finalizar.

2. Avaliação Audiométrica de Altas Frequências (Equipamento: _____ Calibração: ____/____/____)

	9000 Hz	10000 Hz	11200 Hz	12500 Hz	14000 Hz	16000 Hz	18000 Hz	20000 Hz
OD								
OE								

3. Teste Fala no Ruído em Campo: *Habilidade de Fechamento Auditivo.*

Faixa 2 – Lista D1					Faixa 2 – Lista D2				
Ruído: 57 dB (Canal 1 – FF1)			Fala: 63 dB (Canal 2 – FF2)		Ruído: 67 dB (Canal 1 – FF1)			Fala: 63 dB (Canal 2 – FF2)	
1. Til		10. Mel		19. Zum	1. Chá		10. Nu		19. Boi
2. Jaz		11. Nu		20. Nhá	2. Dor		11. Pus		20. Cal
3. Rol		12. Lhe		21. Cão	3. Mil		12. Nhá		21. Rir
4. Pus		13. Cal		22. Tom	4. Tom		13. Sul		22. Cão
5. Faz		14. Mil		23. Seis	5. Zum		14. Jaz		23. Ler
6. Gim		15. Tem		24. Ler	6. Mel		15. Rol		24. Vai
7. Rir		16. Dil		25. Sul	7. Til		16. Tem		25. Seis
8. Boi		17. Dor		%	8. Gim		17. Faz		%
9. Vai		18. Chá		acertos	9. Dil		18. Lhe		acertos
Resultado: 1ª avaliação: _____					2ª avaliação: _____				

4. Teste *Gap-in-Noise* (Musiek, 2003)

Orelha avaliada: OD Intensidade: 50 dBNS + LRF = _____ dBNA

Faixa 2 – TREINO

Faixa 3 – TESTE

Duração do gap				Duração do gap				Duração do gap				Duração do gap				Duração do gap		
1	15	5	20	1	15	2	5	11	6	12	12	21	5			31	4	
2	8	8	5	2	15			12	6			22	8	20	32	4	10	
3	5			3	6	10		13	15			23	12	10	33	15	8	
4	15			4	6	20	6	14	5			24	8			34	8	8
5	5	10	10	5	4			15	3	6		25	20	2	35	12	12	
6	20	8	8	6	12			16	2	3	20	26	3	2				
7	10	10		7	3	4		17	-			27	5	15				
8	-			8	10	10		18	5	4		28	2	20	8			
9	20	15	15	9	5			19	10			29	3	4				
10	20			10	-			20	2			30	3	15	20			

Limiar	2ms	3ms	4ms	5ms	6ms	8ms	10ms	12ms	15ms	20ms	Total
Acertos	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/6	/60
LIMIAR											

5. Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR)

Obs: intensidade do ruído fixo em 65 dBNA.

5.1. TREINO – Faixa 1A

dB

Orelha Direita

70	1.	Não posso perder o ônibus.
	2.	Vamos tomar um cafezinho.
	3.	Preciso ir ao Médico.
	4.	A porta da frente está Aberta.
	5.	A comida tinha muito Sal.

	6.	Cheguei atrasado para a reunião.
	7.	Vamos conversar lá na sala.
	8.	Depois liga para mim.
	9.	Esqueci de pagar a conta.
	10.	Os preços subiram ontem.
Média do Limiar: _____ dBNA		

5.2. TESTE – Intensidade início fala: 68 dBNA

dB

Faixa 2 - Lista 1B - Orelha Direita

68	1.	O avião já está atrasado.
	2.	O preço da roupa não subiu.
	3.	O jantar da sua mãe estava bom.
	4.	Esqueci de ir ao banco.
	5.	Ganhei um carro azul lindo.
	6.	Ela não está com muita pressa.
	7.	Avisei seu filho agora.
	8.	Tem que esperar na fila.
	9.	Elas foram almoçar mais tarde.
	10.	Não pude chegar na hora.

Limiar: _____ dBNA

Relação S/R: _____ -65 dBNA = - _____

dB

Faixa 3 - Lista 2B - Orelha Esquerda

68	1.	Acabei de passar um cafezinho.
	2.	A bolsa está dentro do carro.
	3.	Hoje não é meu dia de folga.
	4.	Encontrei seu irmão na rua.
	5.	Elas viajaram de avião.
	6.	Seu trabalho está(rá) pronto amanhã.
	7.	Ainda não está na hora.
	8.	Parece que agora vai chover.
	9.	Esqueci de comprar os pães.
	10.	Ouvi uma música linda.

Limiar: _____ dBNA

Relação S/R: _____ -65 dBNA = - _____