



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Marília

Yara Bagali Alcântara

**DESENVOLVIMENTO E APLICABILIDADE DE UM ESTÍMULO ACÚSTICO PARA
AVALIAÇÃO DO ACOUSTIC CHANGE COMPLEX EM IDOSOS COM PERDA
AUDITIVA**

Marília

2025

Yara Bagali Alcântara

**DESENVOLVIMENTO E APLICABILIDADE DE UM ESTÍMULO ACÚSTICO PARA
AVALIAÇÃO DO ACOUSTIC CHANGE COMPLEX EM IDOSOS COM PERDA
AUDITIVA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde e Comunicação Humana, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutorado em Ciências da Saúde e Comunicação Humana pela Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Marília.

Área de Concentração: Distúrbios da Comunicação Humana

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Claudia Figueiredo Frizzo

Marília

2025

A347d

Alcântara, Yara Bagali

Desenvolvimento e aplicabilidade de um estímulo acústico para avaliação do Acoustic Change Complex em idosos com perda auditiva / Yara Bagali Alcântara. -- Marília, 2025
67 f. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília

Orientadora: Ana Claudia Figueiredo Frizzo

1. Potencial evocado (Eletrofisiologia). 2. Percepção auditiva.
3. Idosos. 4. Prótese auditiva. 5. Treinamento auditivo. I. Título.

Yara Bagali Alcântara

**DESENVOLVIMENTO E APLICABILIDADE DE UM ESTÍMULO ACÚSTICO PARA
AVALIAÇÃO DO ACOUSTIC CHANGE COMPLEX EM IDOSOS COM PERDA
AUDITIVA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fonoaudiologia da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), como requisito
parcial para a obtenção do título de Doutorado em Ciências da Saúde e
Comunicação Humana

Área de concentração: Comunicação Humana

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Ana Claudia Figueiredo Frizzo
UNESP – Campus de Marília
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Maria Renata José
UNESP – Campus de Marília

Prof^a. Dr^a. Eliara Pinto Vieira Biaggio
UFSM - Santa Maria

Prof^a. Dr^a. Pricila Sleifer
UFRGS - Porto Alegre

Marília, 20 de fevereiro de 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar meus passos e iluminar meu caminho, e aos guias espirituais que estiveram ao meu lado, me sustentando, protegendo e orientando em todos os momentos.

Aos meus pais. À minha mãe por ser meu alicerce de força e amor incondicional e ao meu pai (*in memoriam*), sua presença continua viva no meu coração.

À Ana Frizzo, que há 10 anos compartilha comigo um pouco de quem é. Sua orientação, motivação e apoio foram fundamentais para que eu nunca desistisse. Obrigada por acreditar em mim.

Ao laboratório LAAUD e todos os membros do grupo de pesquisa. Em especial às amigas Ana Luiza e Isabela, convivemos diariamente e compartilhamos nossas angústias e conquistas. Vocês foram e continuam sendo muito importantes.

À minha família que mesmo de longe me coloca em suas orações, obrigada.

Aos amigos de Cerqueira César — Isabela, João Felipe, Luísa e Isadora — que sempre estão presentes para dar suporte nos momentos difíceis e vibrar juntos nos momentos felizes.

À Beatriz, Flora, Gabriela, Letícia, Cassio, Maria Cecília e Brena, amigos da faculdade que se tornaram amigos para a vida. É uma alegria acompanhar as conquistas de vocês e ter vocês acompanhando as minhas.

À Natália por todo o carinho, compreensão e motivação. A sua presença foi um presente que tornou tudo mais leve.

À Camila por me ajudar a encontrar as ferramentas emocionais dentro de mim para enfrentar os desafios que surgiam e crescer com cada um deles.

À Maternidade de Gota de Leite e seus funcionários, obrigada por possibilitarem minha ausência em muitos momentos para que eu pudesse cumprir com meus compromissos acadêmicos e pelo incentivo constante.

À UNESP que desde 2014 tem me acolhido e que, ao longo desses 11 anos tem me proporcionado uma formação sólida e aberto diversas possibilidades de crescimento pessoal e profissional.

Aos funcionários da pós-graduação e do CEES, meu reconhecimento pela dedicação e apoio.

Aos professores do PPG, por serem exemplo de dedicação e excelência.

Aos amigos que fiz durante a internacionalização, vocês tornaram meus dias mais leves e felizes. Em especial ao Otávio, sou grata pela nossa amizade, por tantos momentos que compartilhamos e pelo apoio mútuo.

Ao Dr. John Grose por me receber de forma acolhedora na UNC, assim como aos membros do PEARL. Obrigada pela experiência tão rica.

À Universidade da Carolina do Norte por me abrir as portas para a realização do doutorado sanduíche.

Agradeço aos membros da banca pelas valiosas contribuições a esse trabalho e pela gentileza com que as fizeram.

Aos participantes desta pesquisa que generosamente dispuseram de seu tempo e colaboraram com este estudo.

E por fim, minha gratidão a todos que passaram pela minha vida neste período. Valorizo cada troca e cada aprendizado. Cada um contribuiu de alguma forma para eu me tornar a pessoa que sou hoje e tornar esse momento possível.

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

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um estímulo acústico capaz de evocar o Acoustic Change Complex e avaliar sua aplicabilidade no monitoramento da discriminação auditiva cortical durante a reabilitação auditiva em idosos, investigando os efeitos dessas intervenções na restrição em atividades de vida diária. O estudo foi dividido em duas fases, fase 1 de desenvolvimento do estímulo acústico e fase 2 da aplicabilidade na população clínica. Na fase 1, para o desenvolvimento do estímulo, contamos com parceria internacional. Para avaliar se o estímulo seria capaz de evocar a resposta foi registrado o potencial evocado auditivo em 20 adultos com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade. O limiar de detecção para mudança na f_0 do complexo harmônico dos estímulos foi determinado por um teste comportamental de escolha forçada de três alternativas aplicado em três adultos com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade. Na fase 2, para avaliar a aplicabilidade do Acoustic Change Complex na população clínica e no monitoramento da discriminação auditiva cortical durante a reabilitação de idosos, o potencial foi registrado em sete idosos com perda auditiva; e em quatro momentos durante a reabilitação auditiva de idosos novos usuários de Aparelho de Amplificação Sonora Individual divididos em grupos que receberam ou não sessões de um treinamento auditivo. Os grupos foram Grupo Prótese Auditiva composto por três idosos que fizeram uso dos aparelhos de amplificação sonora e Grupo Treinamento Auditivo composto por quatro idosos que fizeram uso dos aparelhos auditivos de amplificação sonora e receberam 16 sessões do programa de Treinamento Auditivo Musical. Foi aplicado um questionário de autopercepção do benefício com o uso do AASI nos dois grupos, pré e pós reabilitação auditiva. Como resultados do estudo, foram desenvolvidos dois estímulos acústicos complexos com duração total de 500 milissegundos cada, um deles contendo variação de 20% na f_0 do complexo harmônico e um segundo estímulo controle, sem a variação de frequência. O estímulo desenvolvido foi capaz de evocar a resposta em adultos com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade, embora com variabilidade e amplitude menor em relação ao complexo inicial. O limiar de detecção para mudança na f_0 do complexo harmônico foi de 0,48%, o que possibilitou concluir que a mudança de pitch de 20% aplicada no estímulo é supraliminar para os ouvintes. O estímulo evocou a resposta em alguns idosos com perda auditiva. As respostas durante a reabilitação auditiva mostraram grande variabilidade, não sendo possível observar tendência de mudança do Acoustic Change Complex entre os quatro momentos de avaliação para os dois grupos. Nos dois grupos houve diminuição dos escores do questionário. A pesquisa resultou na criação de dois estímulos acústicos para evocar o Acoustic Change Complex. O estímulo eliciou a resposta em adultos, mas não foi consistente nos idosos com perda auditiva. Assim, não somos capazes de fazer inferências sobre os efeitos prolongados da reabilitação auditiva na discriminação auditiva cortical desta população. Para as duas propostas de intervenção houve diminuição dos impactos da restrição de participação em atividades de vida diária.

Palavras-chave: Idoso; Auxiliares de Audição; Percepção da Altura Sonora; Potenciais Evocados Auditivos; Percepção da fala.

ABSTRACT

The present study aimed to develop an acoustic stimulus capable of evoking the Acoustic Change Complex, evaluate its applicability in monitoring cortical auditory discrimination during auditory rehabilitation in older adults, and investigate the effects of these interventions on the quality of life of this population. This is an analytical, longitudinal, and prospective study. The study was divided into two phases: Phase 1 for developing the acoustic stimulus and Phase 2 for applicability in the clinical population. In phase 1 we had an international partnership to develop the stimulus. To assess the ability of the stimulus to evoke a response, auditory evoked potentials were recorded in 20 adult participants. The detection threshold for change in the f_0 of the harmonic complex of the stimuli was determined by a three-alternative forced-choice behavioral test applied to three hearing adults. In phase 2, to evaluate the applicability of the Acoustic Change Complex in the clinical population and in monitoring cortical auditory discrimination during the rehabilitation of older adults, the potential was recorded in seven older adults with hearing loss; and at four moments during the auditory rehabilitation of older adults new users of hearing aids divided into groups that received or did not receive additional auditory training sessions. The study included two groups: the Hearing Aid Group: three older adults who used hearing aids; and the Auditory Training Group: four older adults who used hearing aids and received 16 sessions of the Musical Auditory Training program. To evaluate the effects of the interventions on the participants' quality of life, the questionnaire on hearing handicaps was applied to both groups, pre and post-auditory rehabilitation. As a result, two complex acoustic stimuli with a total duration of 500 milliseconds each were developed, one containing a 20% variation in the f_0 of the harmonic complex and a second control stimulus, without the frequency variation. The developed stimulus successfully evoked a response in hearing adults, although with lower variability and amplitude compared to the initial complex. The detection threshold for changes in the f_0 of the harmonic complex was 0.48%, which allowed us to conclude that the 20% pitch change applied to the stimulus was suprathreshold for all listeners. The stimulus evoked a response in some older adults with hearing loss. The records during auditory rehabilitation demonstrated significant variability. No consistent trend in Acoustic Change Complex changes was observed across the four evaluation points for the two groups. In both groups, there was a decrease in the questionnaire scores. The research developed two acoustic stimuli to evoke the Acoustic Change Complex. The stimulus elicited responses in hearing adults but consistent responses were not observed in older adults with hearing loss. This inconsistency precludes definitive conclusions about the prolonged effects of auditory rehabilitation on cortical auditory discrimination in this population. Despite this, both intervention proposals resulted in a decrease in reported hearing handicaps.

Keywords: Aged; Hearing Aids; Pitch Perception; Evoked Potentials, Auditory; Speech Perception.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação de traçado do ACC.	26
Figura 2 - Representação do estímulo complexo harmônico - Shifted.	31
Figura 3- Caixa de resposta.	34
Figura 4- Traços individuais (cores claras) e traço da grande média (preto em negrito) das respostas de 20 adultos ouvintes para os estímulos Steady e Shifted e intervalo de confiança de 95% (cinza). A seta azul indica o tempo da transição do pitch. (n=20)	43
Figura 5- Respostas individuais (traços de cores claras), grande média (traço em negrito) das respostas dos idosos para os estímulos Steady e Shifted e intervalo de confiança de 95% (cinza). A seta azul indica o tempo da transição do pitch. (n=7)	46
Figura 6- Respostas individuais (traços de cores claras) e grande média (traço em negrito) das respostas do GPA e GTA evocadas com o estímulo Shifted nos quatro momentos de avaliação e intervalo de confiança de 95% (cinza).	47
Quadro 1 – Resumo dos parâmetros utilizados para a aquisição do PEA	31
Quadro 2 – Síntese dos procedimentos de coleta de dados	37
Quadro 3 – Exercícios propostos e mecanismos auditivos treinados pelo TAM	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores individuais das três estimativas do limiar de detecção para a mudança na frequência fundamental do estímulo acústico. n=3	42
Tabela 2 – Perfil da amostra de idosos	42
Tabela 3 – Distribuição de frequência dos participantes de GPA e GTA	43
Tabela 4 – Média e desvio padrão dos escores do questionário de autoavaliação	45
Tabela 5 – Escores individuais do questionário de autoavaliação	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC	<i>Acoustic Change Complex</i>
AASI	Aparelho de Amplificação Sonora Individual
APHAB	<i>Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit</i>
FFR	<i>Frequency Following Response</i>
HHIE	<i>Hearing Handicap Inventory Elderly</i>
HHIE-S	<i>Hearing Handicap Inventory Elderly – Screening</i>
IC	Intervalo de Confiança
LACE	<i>Listening and Auditory Communication Enhancement Training</i>
LRSS	Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Silêncio
LRSR	Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído
MMN	<i>Mismatch Negativity</i>
MoCA-B	<i>Montreal Cognitive Assessment – Basic</i>
MSNV	Memória para Sons Não Verbais
N1	Pico negativo um do Potencial Evocado Auditivo Cortical
P1	Pico positivo um do Potencial Evocado Auditivo Cortical
P2	Pico positivo dois do Potencial Evocado Auditivo Cortical
PEA	Potencial Evocado Auditivo
PEAC	Potencial Evocado Auditivo Cortical
TAM	Treinamento Auditivo Musical

LISTA DE SÍMBOLOS

f_0	Frequência fundamental
%	Porcentagem
dB	Decibels
dB NA	Decibels nível de audição
dB NPS	Decibels nível de pressão sonora
Hz	Hertz
kHz	Quilo-hertz

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 O envelhecimento e sua relação com o processamento auditivo temporal	16
2.2 O papel do treinamento auditivo na reabilitação auditiva	20
2.3 Medidas objetivas como ferramenta de avaliação e monitoramento	24
3 OBJETIVOS	28
3.1 Objetivo geral	28
3.2 Objetivos específicos	28
4 MÉTODO	28
4.1 Método do objetivo a - Desenvolver um estímulo acústico compatível com o equipamento Bio-logic Evoked Potential (EP) System capaz de evocar o ACC em adultos ouvintes.	29
4.2 Método do objetivo b - Determinar o limiar de detecção para mudança na frequência fundamental (Δf_0) de um complexo harmônico em um teste comportamental em adultos ouvintes.	32
4.3 Método do objetivo c - Determinar se o estímulo acústico é capaz de evocar o ACC em idosos com perda auditiva e se pode ser usado para diferenciar alterações ao longo do tempo no processamento auditivo de idosos novos usuários de AASI que receberam ou não um treinamento auditivo adicional.	34
4.4 Método do objetivo d - Avaliar os efeitos das intervenções propostas na autopercepção de restrição de participação em atividades de vida diária usando um questionário.	39
5 RESULTADOS	40
5.1 Resultados do objetivo a - Desenvolver um estímulo acústico compatível com o equipamento Bio-logic Evoked Potential (EP) System capaz de evocar o ACC em adultos ouvintes.	40
5.2 Resultados do objetivo b - Para referência, determinar o limiar de detecção para mudança na frequência fundamental (Δf_0) de um complexo harmônico em um teste comportamental em adultos ouvintes	42
5.3 Resultados do objetivo c - Determinar se o estímulo acústico é capaz de evocar o ACC em idosos com perda auditiva e se pode ser usado para diferenciar alterações ao longo do tempo no processamento auditivo de idosos novos usuários de AASI que receberam ou não um treinamento auditivo adicional.	43
5.4 Resultados do objetivo d - Avaliar os efeitos das intervenções propostas autopercepção de restrição de participação em atividades de vida diária usando questionário.	46
6 DISCUSSÃO	47
7 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52
ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	63

APRESENTAÇÃO

Esta tese integra um dos requisitos para a obtenção do título de Doutorado em Ciências da Saúde e Comunicação Humana pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde e Comunicação Humana da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

O principal objeto de estudo desta tese é a avaliação eletrofisiológica da audição por meio do desenvolvimento de um estímulo acústico que será utilizado para investigar o processo de discriminação auditiva no córtex auditivo através do potencial evocado auditivo denominado Acoustic Change Complex (ACC).

As motivações para este estudo abarcam tanto as minhas experiências clínicas quanto acadêmicas. Na prática clínica com a reabilitação auditiva presenciei relatos de pacientes sobre as dificuldades decorrentes da perda auditiva, com impactos significativos na qualidade de vida, na interação social e na autoestima. Paralelamente, minha trajetória de pesquisa, desde a iniciação científica com foco nos mecanismos centrais da audição, culminou em um aprofundamento durante a dissertação do mestrado, onde já investigava a população idosa e buscava compreender melhor o processo de codificação neural e as possibilidades de reabilitação auditiva.

Esse percurso direcionou meu interesse ao presente estudo sobre a discriminação auditiva no córtex auditivo e como avaliá-la. A partir da busca de uma revisão teórica, identificamos o ACC como um método adequado para investigar essa questão. No entanto, a revisão nas bases de dados não revelou artigos nacionais que utilizassem essa metodologia. Além disso, os estímulos acústicos relatados em pesquisas internacionais não eram compatíveis com o equipamento de Potencial Evocado Auditivo disponível em nosso laboratório, evidenciando a necessidade de que um novo estímulo fosse criado para atender a esse propósito. Assim, esta pesquisa se configura como pioneira no cenário brasileiro.

Em 2022, fortalecemos a parceria científica com o Ph.D. John H Grose - professor da Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill. O que resultou na criação de dois estímulos acústicos compatíveis com o equipamento, apresentação dos resultados parciais em evento científico internacional (IERASG 2023) e no doutorado sanduíche que realizei no laboratório de pesquisa do PhD. John H. Grose entre os meses de maio a julho de 2024.

A experiência da internacionalização ampliou meus referenciais teóricos e metodológicos, possibilitando o aprimoramento técnico da metodologia aplicada e discussões reflexivas com pesquisadores de destaque na área, o que contribuiu para a elaboração da tese. Essa vivência também foi enriquecedora do ponto de vista pessoal, como primeira discente deste Programa de Pós-Graduação a participar do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior financiado pela CAPES, tive a oportunidade de representar nossa Universidade e divulgar a pesquisa brasileira no exterior. Superar desafios como estar pela primeira vez em uma viagem internacional, longe da família e amigos, imersa em uma outra cultura e me comunicando em inglês em um ambiente acadêmico colaborou para meu crescimento pessoal e profissional. O percurso desta tese reflete meu compromisso com o avanço do conhecimento na área e com o impacto direto na prática clínica, colaborando para o desenvolvimento de novas abordagens de avaliação.

1 INTRODUÇÃO

A audição e a compreensão da fala desempenham um papel significativo na comunicação diária. Para que a fala seja bem compreendida, o sistema auditivo deve ser capaz de processar as características sutis da informação acústica. Estudos apontam que para uma compreensão de fala eficiente, especialmente na presença de ruído competitivo, é importante que o sistema auditivo central discrimine as características das informações acústicas do envelope temporal, e principalmente da estrutura temporal fina (MOON; HONG, 2014). Como exemplo dessas informações, podemos citar a frequência fundamental (f_0), que possibilita a percepção de pitch, que por sua vez é uma pista importante para a identificação do falante em ambientes ruidosos (OXENHAM, 2012).

Com o processo de envelhecimento a discriminação auditiva se torna um desafio, que se intensifica ainda mais quando há a presença de perdas auditivas. O envelhecimento causa prejuízos na memória de trabalho, localização sonora e atenção auditiva. Além de déficits na percepção da estrutura temporal fina, afetando a discriminação e detecção de frequências (ANDERSON et al., 2012; WINGFIELD; TUN; MCCOY, 2005). Estudos mostram redução na sincronia neural, com piores respostas entre os idosos em tarefas perceptivas e testes eletrofisiológicos (CLINARD; TREMBLAY; KRISHNAN, 2010; ESPINOZA-VARAS; JANG, 2006; HE; MILLS; DUBNO, 2007).

Além disso, o envelhecimento frequentemente está acompanhado por uma diminuição na acuidade auditiva, condição conhecida como perda auditiva relacionada à idade. Esse tipo de perda auditiva é uma das condições crônicas de saúde mais comuns e afeta aproximadamente 1,5 bilhão de pessoas no mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021).

As dificuldades na comunicação e na interação social decorrentes da perda auditiva podem impactar significativamente a qualidade de vida dos idosos, levando ao isolamento social, que está associado a um aumento no sentimento de solidão, ansiedade e depressão (BOTT; SAUNDERS, 2021; JAYAKODY et al., 2022). Além disso, quando não tratada, a perda de audição pode levar ao declínio cognitivo, sendo considerada um importante fator de risco para a demência, embora essa condição

seja possivelmente modificável com o uso de Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI) (LIVINGSTON et al., 2020).

Neste cenário, a reabilitação auditiva torna-se uma estratégia essencial para minimizar os efeitos negativos da perda auditiva e melhorar a qualidade de vida dessa população. A utilização de AASI tem se mostrado uma abordagem eficaz para compensar a perda auditiva, ao fornecer audibilidade. Contudo, em alguns casos a eficácia do uso exclusivo desses dispositivos pode não ser suficiente para sanar as queixas de compreensão de fala dos idosos, principalmente em ambientes com ruído competitivo e possivelmente, devido aos declínios no processamento temporal característicos do envelhecimento (HARRIS et al., 2010; ROSS et al., 2010; WALTON, 2010).

Nessa perspectiva, a combinação do uso do AASI com abordagens como os treinamentos auditivos vem sendo estudada e recomendada como uma alternativa promissora de otimizar os resultados da reabilitação auditiva em idosos com dificuldade de percepção de fala no ruído (ANDERSON et al., 2011; HEIDARI et al., 2020; VAN WILDERODE et al., 2023). As alterações significativas que a reabilitação auditiva provoca no sistema auditivo central, através da reorganização do córtex auditivo e da melhoria das conexões neurais, têm sido associadas a uma melhor percepção de fala. Estudos demonstraram que a reabilitação com AASI e treinamento auditivo associado pode levar a uma recuperação funcional significativa da audição e da função cognitiva e neural (KARAWANI; JENKINS; ANDERSON, 2018; STROPAHL; BESSER; LAUNER, 2019).

Uma forma de avaliar esses aspectos é por meio da análise do Acoustic Change Complex (ACC), um exame eletrofisiológico que permite avaliar a qualidade da discriminação auditiva cortical. Este potencial é eliciado por meio de uma modificação nos parâmetros tradicionais de registro do Potencial Evocado Auditivo Cortical (PEAC), com uma alteração no estímulo sonoro em andamento, que pode envolver alterações na frequência, intensidade, periodicidade, gaps, pitch, entre outras variações em estímulos verbais (DIMITRIJEVIC et al., 2008; HARRIS; MILLS; DUBNO, 2007; MOORE; MOORE, 2003; SOHIER; BARDY; CHING, 2021). Esse teste permite a análise das respostas do córtex auditivo às mudanças no estímulo (OSTROFF; MARTIN; BOOTHROYD, 1998). Estudos têm apontado o ACC como uma medida útil para avaliar informações discrimináveis ao nível do córtex auditivo em diversas populações e com diferentes tipos de estímulos acústicos (CHING et al.,

2023; HE et al., 2015; MARTINEZ; EISENBERG; BOOTHROYD, 2013; SHEHORN et al., 2023; SHETTY; MANJULA, 2012; SOHIER; BARDY; CHING, 2021).

O ACC, como um método para avaliar a discriminação auditiva cortical, pode ser útil no monitoramento da reabilitação auditiva. Dado que é um exame objetivo e sensível a mudanças nos estímulos acústicos, como variações de frequência, intensidade e outras características dos sons, permitindo avaliar como sistema auditivo central responde a essas alterações, que são essenciais para a compreensão e a percepção da fala (MEEHAN et al., 2025).

Após uma revisão da literatura nacional, não identificamos artigos que tenham utilizado o ACC em sua metodologia. Dessa forma, o presente estudo propõe um método inovador ao acrescentar o ACC como avaliação eletrofisiológica da audição. Preenchendo uma lacuna identificada na literatura acadêmica nacional e contribuindo para futuras pesquisas na área.

Este estudo busca desenvolver um novo estímulo para gerar o ACC que seja compatível com um equipamento de potencial evocado auditivo amplamente utilizado por pesquisadores brasileiros. Além disso, busca responder questões acerca do uso do ACC como um método para a avaliação dos mecanismos centrais da audição no processo de reabilitação auditiva, bem como investigar os benefícios proporcionados por essa reabilitação auditiva na vida diária de idosos com queixa de compreensão de fala no ruído.

A primeira hipótese desse estudo é de que o estímulo desenvolvido será capaz de eliciar o ACC tanto em jovens ouvintes quanto em idosos com perda auditiva. Além disso, tem como segunda hipótese que a avaliação eletrofisiológica do ACC, utilizando o estímulo desenvolvido, pode ser uma ferramenta útil para avaliar a evolução da discriminação auditiva cortical ao longo do processo de reabilitação auditiva de idosos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O envelhecimento e sua relação com o processamento auditivo temporal

O envelhecimento é um processo natural que causa diversas modificações biológicas, fisiológicas e psicológicas, afetando diversos sistemas do corpo humano, incluindo o sistema auditivo. Entre as mudanças mais comuns associadas ao envelhecimento, destaca-se a perda auditiva periférica, que afeta aproximadamente

1,5 bilhão de pessoas globalmente, tornando-se uma das condições crônicas mais prevalentes em adultos e pessoas idosas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021).

Além das alterações periféricas, o envelhecimento também está relacionado a prejuízos no processamento auditivo central. O que afeta diversas habilidades essenciais para a compreensão dos sons no cérebro. Um dos principais impactos é a redução da sincronia neural, que prejudica a transmissão das informações auditivas. Alterações no córtex auditivo, bem como nas habilidades cognitivas de atenção e memória comprometem a compreensão de fala em ambientes ruidosos. A capacidade de localizar sons e de direcionar a atenção auditiva para a fonte sonora desejada com outros estímulos competitivos também apresentam declínio nos idosos (ANDERSON et al., 2012; GROSE; MAMO, 2010; TREMBLAY; PISKOSZ; SOUZA, 2003; WONG et al., 2009).

Os declínios na capacidade auditiva relacionados a déficits nas habilidades de processamento auditivo temporal, geralmente afetam a compreensão da fala em situações ruidosas, uma queixa que é comum entre os idosos, mesmo na ausência de perda auditiva periférica (GORDON-SALANT, 2006; PICHORA-FULLER; SOUZA, 2003). Quando há perda de audição associada, esses declínios são ainda mais agravados.

O processamento auditivo temporal é a capacidade do sistema auditivo de perceber as variações nas características temporais de um som ou a alteração das características de duração em um intervalo de tempo definido. Também pode ser entendido como o processamento das características temporais dos sons que se desenrolam ao longo do tempo (MUSIEK et al., 2005). A percepção auditiva requer um processamento preciso das estruturas temporais do sinal acústico verbal ou não verbal. Essas pistas são essenciais para a percepção de fala, tanto no silêncio quanto no ruído, visto que a fala apresenta variações rápidas nas características espectrais e temporais (DU et al., 2011b; PICHORA-FULLER; MACDONALD, 2007).

Uma maneira de decompor os sinais auditivos é através de dois tipos de informação temporal: a estrutura temporal fina e o envelope temporal. A estrutura temporal fina se refere às mudanças rápidas na amplitude da forma de onda próximas à frequência central da banda. O envelope temporal é caracterizado pelas variações lentas na amplitude do sinal sobrepostas a estrutura temporal fina (MOORE, 2008).

As pistas do envelope temporal transmitem informações linguísticas importantes como, informações sobre o vozeamento, que auxiliam na identificação

das vogais e no contraste das consoantes. Além disso, também fornecem informações sobre a prosódia, ritmo e ênfases da fala, facilitando a identificação da sílaba tônica que pode carregar distinções de significado (ROSEN, 1992). Estudos têm demonstrado declínios no processamento temporal e no envelope temporal relacionados ao envelhecimento. Os estudos realizaram avaliações por meio de testes perceptuais e encontraram entre os idosos pior detecção de gap (HARRIS et al., 2010; ROSS et al., 2010; WALTON, 2010), pior discriminação de duração (GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1999) e pior discriminação dos contrastes do *voice onset time* (TREMBLAY; PISKOSZ; SOUZA, 2003).

As pistas fornecidas pelo envelope temporal são suficientes para proporcionar uma boa inteligibilidade de fala no silêncio, mas na presença de ruído de fundo não são suficientes para segregar perceptualmente a mistura de sons. Estudos sugerem que nos casos com ruído de fundo ou mensagem competitiva, as informações da estrutura temporal fina são necessárias para uma boa percepção da fala (MOON; HONG, 2014).

No entanto, a percepção da estrutura temporal fina também está prejudicada em idosos. Estudos que utilizaram tarefas perceptivas para discriminação de frequências e detecção de modulação de frequências encontraram piores respostas para essa população (CLINARD; TREMBLAY; KRISHNAN, 2010; ESPINOZA-VARAS; JANG, 2006; HE; MILLS; DUBNO, 2007).

Em testes eletrofisiológicos também foram observados déficits, os idosos demonstraram redução na sincronia neural em comparação aos jovens, apresentando redução das respostas do *Frequency Following Response* (FFR) e aumento dos limiares de discriminação de frequência (CLINARD; TREMBLAY; KRISHNAN, 2010), além de amplitudes mais baixas e atrasos no tempo de offset do FFR (VANDER WERFF; BURNS, 2011). Esses achados reforçam que as dificuldades de percepção da fala no ruído podem surgir da resolução temporal prejudicada no sistema auditivo central, que é crucial para captar as rápidas variações acústicas da fala (ANDERSON et al., 2011; FENG et al., 2010; GORDON-SALANT; FITZGIBBONS, 1993).

Outro atributo da estrutura temporal fina que tem sido muito investigado é a f_0 , que é a frequência mais baixa de um harmônico. Estudos indicam que idosos com audição normal tem uma redução na recepção e codificação neural da f_0 , resultando em déficits na percepção do pitch e, conseqüentemente, em uma pior percepção da fala no ruído (ANDERSON et al., 2011; HEIDARI et al., 2020).

Os sons da fala são geralmente harmônicos, formados por componentes espectrais de frequência que são múltiplos inteiros da f_0 . Esses sons são percebidos como um único objeto auditivo em vez de vários tons puros concorrentes, induzindo a percepção de um único pitch, que corresponde à f_0 (DU et al., 2011b). O pitch é uma pista importante para a identificação do falante, pois ajuda a distinguir quais informações pertencem ao alvo ou ao som competitivo (BAUMANN; BELIN, 2010; OXENHAM, 2012). É mais fácil para os ouvintes reconhecerem sons de fala competitivos quando a diferença da f_0 entre as vozes dos falantes é maior (CULLING; DARWIN, 1993; DU et al., 2011a). Os estudos sugerem a inclusão de treinamento auditivo para fortalecer essa discriminação no processamento auditivo central em idosos com dificuldade de percepção de fala no ruído (ANDERSON et al., 2011; HEIDARI et al., 2020).

Além de todas as alterações mencionadas, é importante considerar outros fatores que contribuem para as dificuldades de compreensão da fala no ruído entre os idosos. As mudanças cerebrais relacionadas ao envelhecimento, como a perda neuronal e a atrofia cerebral (NORDON et al., 2009), e os declínios na cognição, como a redução na velocidade de processamento e memória de trabalho (ANDERSON et al., 2011) podem estar associados e acentuar as dificuldades.

Mesmo em graus leves, os danos periféricos da perda auditiva induzem a reorganização em regiões do cérebro ao longo da via auditiva, incluindo o núcleo coclear, complexo olivar superior, colículo inferior, núcleo geniculado medial (tálamo) e córtex auditivo (AUERBACH; RODRIGUES; SALVI, 2014; HERRMANN; BUTLER, 2021; KNIPPER et al., 2013; SALVI et al., 2017). Na tentativa de compensar os déficits presentes no processamento auditivo, ocorre o recrutamento de outros sistemas sensoriais (CARDON; SHARMA, 2018; DAVIS et al., 2014). Essa reorganização do cérebro pode levar a efeitos em cascata ao gerar um esforço cognitivo adicional, afetando a percepção, compreensão e memória do que foi ouvido, e impactando a comunicação desses indivíduos (PEELLE; WINGFIELD, 2016).

Consequentemente, aspectos psicossociais também estão envolvidos, correlacionando-se com um alto risco de isolamento social e solidão entre os idosos (BOTT; SAUNDERS, 2021; SHUKLA et al., 2020). Esses fatores podem aumentar o risco de estresse, ansiedade e depressão nessa população (JAYAKODY et al., 2018; LAWRENCE et al., 2020).

2.2 O papel do treinamento auditivo na reabilitação auditiva

A primeira preocupação na reabilitação auditiva através do AASI é garantir a audibilidade, ou seja, o acesso aos sons. Isso permeia a seleção do modelo do AASI e todos os ajustes e algoritmos aplicados a ele. No entanto, como já mencionado, os déficits auditivos de idosos não são causados simplesmente pela falta de audibilidade. Em alguns casos, a queixa de dificuldade de compreensão da fala no ruído pode continuar presente sendo importante considerar não só a influência dos aspectos periféricos, mas também os centrais e comportamentais (ANDERSON et al., 2013a; HENDERSON SABES; SWEETOW, 2007; VAN WILDERODE et al., 2023).

Diversos programas de treinamento direcionados para melhorar as habilidades auditivas supra-liminares têm sido desenvolvidos como uma proposta promissora de facilitar a comunicação em situações desafiadoras. Presumindo que essa facilitação ocorra através da plasticidade neural e da generalização (ANDERSON et al., 2013b, 2022).

A plasticidade neural é a capacidade do cérebro reorganizar suas conexões em resposta a novos aprendizados e experiências (GRAFMAN, 2000). Estudos têm mostrado que a plasticidade neural dependente da atividade está presente em todas as idades (PASCUAL-LEONE et al., 2005) e que as experiências comportamentais relevantes podem remodelar os mapas córtico-sensoriais em níveis funcionais e estruturais (GANGULY; POO, 2013). Embora essa plasticidade possa diminuir com o envelhecimento, a prática de habilidades específicas, como o treinamento auditivo, pode induzir mudanças na atividade neuronal resultando em melhorias no desempenho cognitivo e nas habilidades auditivas dos idosos (ANDERSON et al., 2013b; CHERMAK; MUSIEK, 2002; ZENDEL et al., 2019; ZENDEL; ALAIN, 2014). Essa capacidade de adaptação do cérebro representa uma via importante para a reabilitação e manutenção da saúde auditiva e cognitiva na terceira idade.

A generalização ocorre quando há melhora na performance em situações de escuta diferentes das utilizadas durante o treinamento auditivo. Estudos demonstram a ocorrência dessa generalização em diversos contextos: na discriminação, incluindo aquelas que não foram treinadas (ANDERSON et al., 2022); na percepção de fala no ruído, mesmo quando o treinamento foi realizado com vogais (HEIDARI et al., 2020); em testes auditivos e cognitivos após treinamento baseado em música (PARK; PARK; HAN, 2024). Portanto, se o treinamento aprimora as habilidades perceptivo-auditivas,

essa melhora pode ser generalizada, facilitando a compreensão da fala em meio a ruídos competitivos.

Um exemplo de treinamento auditivo é o programa de treinamento de Musiek e Schochat (1998), originalmente desenvolvido para indivíduos com limiares de audibilidade normais e com transtorno do processamento auditivo. Posteriormente, esse programa começou a ser utilizado de forma adaptada para a população idosa com perda auditiva e estudos demonstraram a efetividade deste método para melhorar as habilidades auditivas. No entanto, essa adaptação tornou-se inviável para determinadas tarefas, especialmente em condições de escuta difícil, pois os idosos relataram cansaço devido ao ruído, frequentemente levando à desistência ao treino (MIRANDA et al., 2007).

Um outro exemplo de programa de treinamento auditivo que foi desenvolvido especialmente para usuários de AASI é o “*Listening and Auditory Communication Enhancement Training*” (LACE). Este programa mostrou melhorar as habilidades auditivas dessa população, mas tem a limitação de ser indicado apenas para indivíduos cuja língua materna é o inglês, pois utiliza sentenças em inglês durante os exercícios (SWEETOW; HENDERSON-SABES, 2004). O estudo de Yvonne Lai et al. (2023) mostra que, mesmo para idosos sem perda de audição, o treinamento auditivo com o LACE foi benéfico para a capacidade de comunicação.

O TAM é um programa de treinamento auditivo que foi desenvolvido no Brasil, voltado para a reabilitação de idosos com perda de audição e com o objetivo de aprimorar as habilidades auditivas de processamento temporal (resolução e ordenação temporal), atenção seletiva e o desempenho frente a eventos acústicos simultâneos (FREIRE; IORIO, 2009). Considerando que o presente estudo utilizou este programa, a seguir abordaremos as bases que o constituem e os resultados das pesquisas que o aplicaram.

O TAM une os conhecimentos de que a prática musical e a exposição à música desempenham um papel significativo no treinamento perceptivo de intervalos de duração, ritmos e diferentes parâmetros acústicos, ativando diversas regiões cerebrais (AMITAY; HAWKEY; MOORE, 2005; FREIRE; IORIO, 2009; FU; NOGAKI; GALVIN, 2005). Músicos tendem a ter um melhor desempenho em testes auditivos quando comparados a não músicos, especialmente em situações com ruído competitivo (SONCINI; COSTA, 2006).

Além disso, os benefícios proporcionados pelo treinamento musical ao longo da vida, independentemente do tipo de formação musical, parecem preservar a memória operacional auditiva, funcionando como uma “reserva cognitiva” que compensa os déficits esperados para a compreensão de fala durante o envelhecimento (ZHANG et al., 2021), podendo retardar ou evitar esse declínio (ALAIN et al., 2014).

Idosos com treinamento musical têm melhores desempenhos em diversos níveis. No nível sensório-perceptual, demonstraram um fortalecimento do processamento auditivo central, evidenciado por uma melhor discriminação de frequências (DUBINSKY et al., 2019), menor atraso nas latências das respostas do tronco cerebral evocadas pela fala (PARBERY-CLARK et al., 2012) e representações da fala mais coordenadas no tronco cerebral auditivo e no córtex (BIDELMAN; ALAIN, 2015). No nível cognitivo, idosos com experiência musical, seja de longo ou curto prazo, exibiram uma percepção de fala no ruído mais robusta, assim como uma atividade cerebral relacionada à atenção mais aprimorada (ZENDEL et al., 2019; ZENDEL; ALAIN, 2014).

Estudos que utilizaram o TAM como intervenção no processo de reabilitação de idosos usuários de AASI apresentam resultados sugestivos de melhora em vários aspectos, incluindo memória auditiva, limiar de reconhecimento de fala no ruído, ordenação temporal, nomeação dos padrões de duração e de frequência dos sons e atenção auditiva. Além disso, houve melhora na autopercepção dos impactos da perda auditiva por parte dos participantes (ALCANTARA; FRIZZO; CARNAUBA, 2020; FREIRE; IORIO, 2009; HENNIG et al., 2012; LESSA et al., 2013). No entanto, essas pesquisas diferiram na implementação do TAM, diferindo na quantidade e duração das sessões de treinamento.

O estudo de Freire e Iorio, (2009), teve 15 participantes divididos em 3 grupos. Grupo controle GI, sem intervenção, e dois grupos experimentais GIIA e GIIB (com intervenção), sendo que o GIIA, foi submetido a um total de sete sessões do TAM, de 60 minutos cada, sendo uma sessão por semana, ao longo de 7 semanas, e o GIIB durante o mesmo intervalo foi exposto passivamente à música clássica (Sonata para dois pianos em Ré maior, K448, de Mozart) e filmes sem som. Foram avaliados e reavaliados com os questionários de reavaliação Hearing Handicap Inventory Elderly (HHIE) e Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB) e com os testes comportamentais de localização sonora, Memória para Sons Não Verbais (MSNV) em

sequência para apresentação de três e quatro instrumentos, Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Silêncio (LRSS) e Limiar de Reconhecimento de Sentenças no Ruído (LRSR). Os resultados mostraram que o GIIA teve resultados significativamente melhores na reavaliação para os questionários de reavaliação e nos testes de MSNV em quatro sequências e no teste de LRSR quando comparado aos grupos GI e GII B.

Em (2012), Hennig e colaboradoras, pesquisaram os efeitos do TAM para as habilidades de ordenação temporal dos padrões de duração e frequência dos sons. Participaram 17 idosos usuários de próteses auditivas divididos em grupo controle, que somente fez uso das próteses e grupo estudo, que também incluiu aconselhamento e treinamento auditivo. Foram avaliados no momento inicial e final do estudo, por meio dos testes Padrões Sequenciais de Duração e Padrões Sequenciais de Frequência, ambos com as condições murmurado e nomeado. O TAM foi realizado num total de sete sessões de 75 minutos cada, uma vez por semana, por 7 semanas. Os resultados mostraram diferença significativa apenas para o grupo estudo, para as condições murmurado e nomeado do teste Padrões Sequenciais de Duração e nomeado do teste Padrões Sequenciais de Frequência. As autoras concluíram que o programa de reabilitação auditiva para idosos usuários de próteses auditivas proporciona evolução satisfatória no reconhecimento, ordenação temporal, e nomeação dos padrões de duração e de frequência dos sons. E sugerem que essa evolução na percepção das modificações rápidas no sinal acústico pode contribuir para uma melhor percepção de fonemas e aspectos mais abrangentes no reconhecimento da fala em situações adversas de escuta.

O estudo de Lessa et al. (2013) aplicou o TAM em idosos novos usuários de próteses auditivas. 17 participantes foram divididos em: G1, que somente fez uso das próteses auditivas, e G2 que fez uso das próteses e foi submetido ao treinamento auditivo em um total de sete sessões de 75 minutos cada, uma vez por semana, ao longo de sete semanas. Os participantes foram avaliados no momento inicial e final do estudo por meio do Teste Dicótico de Dissílabos Alternados que avalia diferentes habilidades por meio da tarefa de audição dicótica, como a integração auditiva. Somente os participantes de G2 apresentaram melhora significativa entre as avaliações. Essa melhora foi observada para as variáveis direita competitiva, esquerda não competitiva, que são variáveis com a característica comum de avaliar o hemisfério esquerdo. No entanto, os autores ressaltam que encontraram uma

grande variabilidade por meio das avaliações dos aspectos qualitativos das respostas, sugerindo ampliação da amostra do estudo e um período mais longo para a reavaliação.

Em 2020, Alcântara e colaboradoras, avaliaram 8 participantes, divididos em dois grupos: Grupo Prótese Auditiva (GPA), que somente fez uso das próteses auditivas e Grupo Treinamento Auditivo (GTA), que fez uso das próteses e foi submetido a um total de 16 sessões do TAM, com duração de 30 minutos cada sessão, duas vezes por semana, ao longo de oito semanas. Foram avaliados em dois momentos: avaliação inicial e avaliação final após três meses da avaliação inicial. Além do questionário de autoavaliação do handicap auditivo e do teste de reconhecimento de sentenças no ruído, foi utilizado um teste eletrofisiológico PEAC com estímulo de fala. Os resultados demonstraram que o GTA apresentou diminuição significativa da latência do componente P3a no teste eletrofisiológico, diminuição do escore total e subtotal social quando comparadas as avaliações inicial e final. Sugerindo que o TAM gerou mudanças para a atenção e reconhecimento acústico e que reduziu os impactos da perda auditiva nas atividades de vida diária dos idosos.

O estudo de Oda e Martinelli (2021) verificou o benefício na qualidade de vida, sintomas depressivos, aspectos cognitivos, resolução temporal e limitações em atividades de vida em idosos com perda auditiva após a adaptação de próteses auditivas associadas ou não ao TAM. Participaram 5 idosos no Grupo Experimental e 5 idosos no Grupo Controle, todos com perda auditiva neurossensorial simétrica de grau moderado. Foram avaliados pelo miniteste de triagem cognitiva CASI-S, Client-Oriented Scale of Improvement (COSI), teste de resolução temporal – teste GIN, triagem para sintomas depressivos (EDG-15), questionários de qualidade de vida (SF-36) e de autoavaliação para próteses auditivas (QI-AASI). Todos receberam próteses auditivas, mas somente o GE, recebeu o treinamento auditivo musical. A avaliação foi realizada em três momentos: antes da adaptação das próteses auditivas; 11 semanas após a adaptação das mesmas, o GE foi submetido ao treinamento musical por sete semanas (sessões de aproximadamente uma hora); e quatro meses depois. De acordo com os resultados, não houve diferença entre grupos segundo idade, escolaridade ou triagem cognitiva. Todos apresentaram melhores limiares no teste de resolução temporal após a intervenção. Os escores dos testes de qualidade de vida e sintomas depressivos não foram significativamente diferentes entre grupos e avaliações. Assim, as autoras concluem que o uso efetivo de próteses auditivas,

associado ou não ao treinamento musical, melhorou a resolução temporal. Não houve melhora significativa na qualidade de vida, sintomas depressivos, cognição e COSI.

2.3 Medidas objetivas como ferramenta de avaliação e monitoramento da reabilitação auditiva

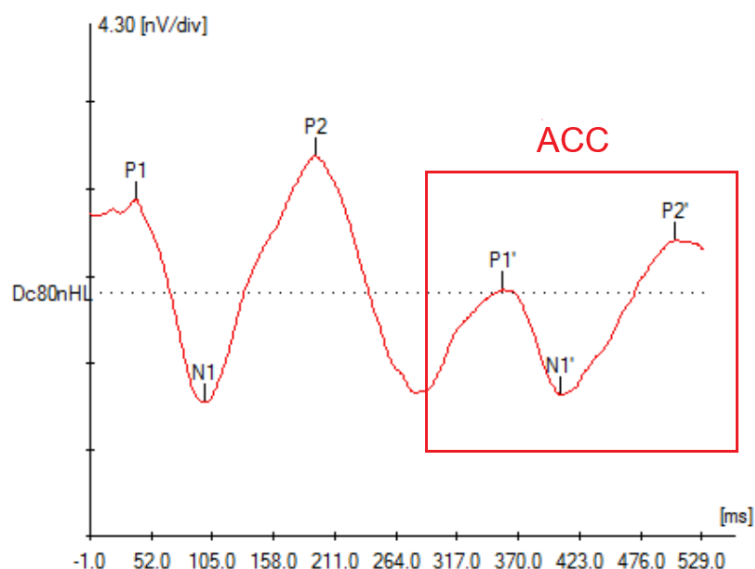
Já é sabido que para uma boa compreensão e percepção de sons complexos, como fala e música, é necessário que o sistema auditivo seja capaz de processar as pistas das características temporais e espectrais, como as variações de intensidade, frequência e pitch (MOORE; MOORE, 2003). Este capítulo explora o uso dos Potenciais Evocados Auditivos, mais especificamente o ACC, como uma ferramenta de avaliação dos mecanismos neurais subjacentes à percepção de fala.

A avaliação eletrofisiológica fornece um meio não comportamental de investigação do processamento auditivo central por meio dos Potenciais Evocados Auditivos (PEA) (HE; GROSE; BUCHMAN, 2012). Os PEA são medidas objetivas, respostas neuroelétricas geradas pelo sistema auditivo em resposta a estímulos sonoros, registrados por eletrodos posicionados no couro cabeludo. Existem vários tipos de PEA, divididos em categorias com base na latência, amplitude ou origem da resposta, cada um fornecendo informações específicas sobre diferentes níveis do sistema auditivo (HALL, 2007).

O ACC é um PEA cortical, de longa latência, gerado por uma mudança dentro de um estímulo sonoro em andamento e tem se mostrado uma medida útil para avaliar a codificação neural de informações discrimináveis ao nível do córtex auditivo (OSTROFF; MARTIN; BOOTHROYD, 1998). Em comparação com outros PEA, como P300 e *Mismatch Negativity* (MMN), que também são usados para investigar a habilidade de discriminação auditiva, o ACC elicia respostas com maiores amplitudes e melhores relações sinal-ruído, exigindo menos tempo e menos apresentações de estímulos para o registro da resposta (MARTIN; BOOTHROYD, 1999).

A figura 1 mostra um exemplo do traçado do ACC e sua morfologia. O primeiro complexo de ondas, P1-N1-P2, é evocado em resposta ao início do estímulo acústico, enquanto o segundo complexo, denominado ACC (e identificado aqui como P1'-N1'-P2') é gerado em resposta a uma mudança no estímulo em andamento, refletindo como se dá a discriminação auditiva ao nível do córtex auditivo.

Figura 1 - Representação de traçado do ACC.



Fonte: Elaboração própria.

Nas pesquisas iniciais com o ACC, observou-se que, em resposta às mudanças de pitch e intensidade, era gerado outro complexo de ondas P1-N1-P2, chamados de ACC, diferente do complexo inicial gerado pelo início do estímulo acústico. Esses componentes também puderam ser observados quando se começou a aplicar estímulos naturais contendo mudanças como transição da frequência formante dentro de uma vogal, sílabas consoante-vogal ou de duas sílabas CV (OSTROFF; MARTIN; BOOTHROYD, 1998; TREMBLAY et al., 2006; WHITING; MARTIN; STAPPELLS, 1998). Assim, o ACC pode ser eliciado usando tanto estímulos verbais quanto não verbais (MARTIN; BOOTHROYD, 1999; OSTROFF; MARTIN; BOOTHROYD, 1998). Com o uso de um estímulo não verbal, o ACC pode ser evocado após uma mudança de frequência, intensidade, periodicidade, gaps ou de pitch dentro do estímulo em andamento (DIMITRIJEVIC et al., 2008; HARRIS; MILLS; DUBNO, 2007; MOORE; MOORE, 2003; SOHIER; BARDY; CHING, 2021).

Estudos que analisaram o ACC em resposta a diferentes modulações de intensidade e de gap mostraram consistentemente que o ACC pode ser eliciado a partir de pequenas mudanças de intensidade de 2–3 dB (DIMITRIJEVIC et al., 2009; FRIESEN; TREMBLAY, 2006; MARTIN; BOOTHROYD, 2000) e gaps de 5 ms (HE; GROSE; BUCHMAN, 2012; MICHALEWSKI et al., 2005). Para as mudanças de frequência, há uma maior variabilidade entre os estudos, com o ACC sendo evocado a partir de mudanças de 0,6% da frequência base (para tom puro de 500Hz) (HE;

GROSE; BUCHMAN, 2012). Outros estudos mostram que uma mudança de frequência de 2% eliciou o ACC em apenas 20 a 33% dos participantes (em tons puros de 250 e 4000 Hz) e que com uma mudança de 10% o ACC esteve presente em 93% dos participantes (DIMITRIJEVIC et al., 2009, 2011). Esses estudos mostraram que independentemente do tipo de modulação realizada, as amplitudes do ACC tendem a aumentar de acordo com a magnitude da mudança.

As pesquisas com o ACC tem sido realizadas em diferentes populações, como em bebês e crianças (CHING et al., 2023; MARTINEZ; EISENBERG; BOOTHROYD, 2013), adultos (GANAPATHY et al., 2013; SHETTY; MANJULA, 2012), idosos (HARRIS; MILLS; DUBNO, 2007), indivíduos com transtornos do espectro da neuropatia auditiva (HE et al., 2015), assim como em pessoas com perda auditiva, com e sem AASI e implantes cocleares (MCGUIRE et al., 2021; SOHIER; BARDY; CHING, 2021; VAN HETEREN et al., 2022). Esses estudos têm sugerido o ACC como uma ferramenta objetiva para dar suporte às medidas comportamentais em avaliações audiológicas (SANJU; JAIN; KUMAR, 2023).

Vários estudos sugeriram que o ACC pode ser uma medida útil na avaliação clínica da percepção da fala. Baseado nas observações de ter uma vasta aplicabilidade, boa confiabilidade teste-reteste (MARTIN et al., 2010; TREMBLAY; PISKOSZ; SOUZA, 2003) e boa concordância com as medidas comportamentais de discriminação auditiva. Como o estudo de Martin e Boothroyd (2000) que descobriu que os limiares do ACC para mudança de intensidade se comparam favoravelmente com os limiares psicofísicos. E como o estudo de Vonck et al. (2021), que encontrou correlação moderada a forte dos limiares do ACC para mudança de frequência com os limiares psicofísicos em adultos ouvintes e com perda auditiva, observando limiares maiores do ACC nos participantes com perda auditiva que se correlacionou com pior percepção de fala no ruído.

Estudos mostraram que adultos com perda auditiva também têm amplitudes reduzidas do ACC para discriminação de pitch quando comparados a adultos ouvintes (MATHEW et al., 2016; VONCK et al., 2022). Diante desses resultados, o uso do ACC tem sido recomendado para avaliar o processamento e discriminação de pistas acústicas complexas e para avaliar os benefícios da reabilitação auditiva em pessoas com perda auditiva (TREMBLAY et al., 2006).

Em idosos, as respostas de latência do ACC foram mais alongadas em comparação aos jovens ao serem evocadas para a discriminação de variações na

intensidade do estímulo (HARRIS; MILLS; DUBNO, 2007). Além disso, os idosos também apresentaram amplitudes menores e latências alongadas para discriminar contrastes de Voice Onset Time (TREMBLAY; PISKOSZ; SOUZA, 2003) e para discriminar mudanças de frequência (BIDELMAN et al., 2017). Campbell e Sharma (2013) observaram que, independentemente da presença da perda auditiva, as respostas dos idosos para discriminação de frequência apresentaram essa diferença nas medidas, mostrando que o processo de envelhecimento por si só já traz déficits ao processamento temporal.

Em pesquisas recentes, o ACC tem sido investigado como meio de prever a capacidade de discriminação de fala, como parte da avaliação clínica. O estudo de Vonck et al. (2022) investigou o ACC de adultos com perda auditiva em resposta a incrementos de frequência de 12% para as frequências base de 1, 2 e 4 kHz, e encontrou que indivíduos com latências do N1 mais curtas apresentam melhor percepção de fala em ambientes ruidosos, independentemente da perda auditiva. Os autores concluíram que a medida da latência do componente N1 do ACC é um bom preditor da capacidade de percepção de fala no ruído, se confirmado em estudos com um número maior de sujeitos. Um estudo de validação deste modelo de avaliação está sendo desenvolvido para avaliar a confiabilidade teste-reteste e para confirmar a força dessa predição em diferentes graus de perda auditiva (BIOT et al., 2024).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver um estímulo acústico capaz de evocar o ACC e avaliar sua aplicabilidade no monitoramento da discriminação auditiva cortical em idosos com perda auditiva, investigando também os efeitos dessas intervenções na restrição de participação em atividades de vida diária.

3.2 Objetivos específicos

Fase 1 - Desenvolvimento do estímulo acústico

- a) Desenvolver um estímulo acústico compatível com o equipamento *Bio-logic Evoked Potential (EP) System* capaz de evocar o ACC em adultos ouvintes.

- b) Determinar o limiar de detecção para mudança na frequência fundamental (Δf_0) de um complexo harmônico em um teste comportamental em adultos ouvintes;

Fase 2 - Aplicabilidade na população clínica

- c) Determinar se o estímulo acústico é capaz de evocar o ACC em idosos com perda auditiva e se pode ser usado para diferenciar alterações ao longo do tempo no processamento auditivo de idosos novos usuários de AASI que receberam ou não um treinamento auditivo adicional;
- d) Avaliar os efeitos das intervenções propostas na autopercepção de restrição de participação em atividades de vida diária usando um questionário.

4 MÉTODO

Tipo de estudo

Estudo piloto, analítico, longitudinal e prospectivo.

Aspectos éticos

Conforme prevê a Resolução nº 466 (12 de dezembro de 2012), o projeto encontra-se devidamente cadastrado na Plataforma Brasil e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Filosofia e Ciências – UNESP, campus de Marília, de acordo com o parecer n.º 3.032.201.

Os participantes receberam todas as informações pertinentes ao projeto, objetivos da pesquisa, explicação sobre os procedimentos, resguardo da privacidade, consentimento sobre a sua participação na pesquisa e a utilização dos dados para fins científicos, e foram convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, confirmando a anuência.

Esta sessão será organizada na sequência dos objetivos específicos para facilitar a leitura.

Fase 1 - Desenvolvimento do estímulo acústico

4.1 Método do objetivo a - Desenvolver um estímulo acústico compatível com o equipamento *Bio-logic Evoked Potential (EP) System* capaz de evocar o ACC em adultos ouvintes.

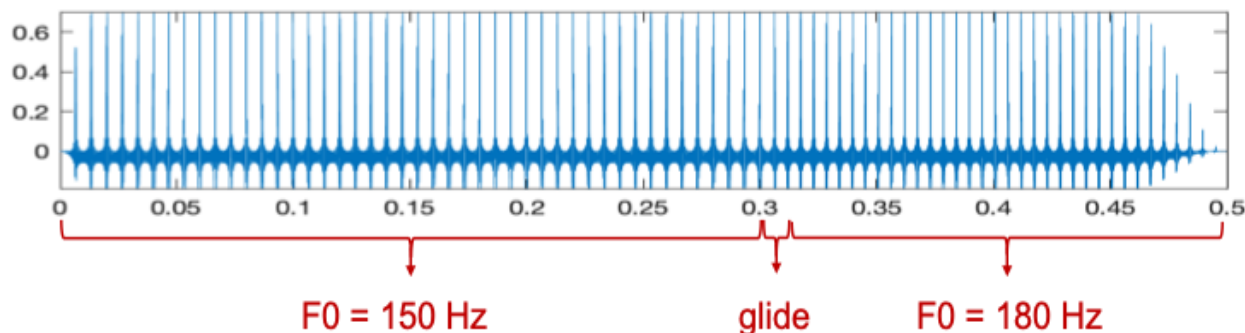
O estímulo acústico para evocar o ACC foi desenvolvido com a colaboração do Ph.D. John H Grose - Professor, Dept. Otolaryngology – Head & Neck Surgery and Professor and Assoc. Chair for Research & Scholarship, Dept. Health Sciences - University of North Carolina at Chapel Hill.

Considerando que os paradigmas usuais de registro do ACC envolvem estímulos de durações longas, houve a necessidade de criar estímulos adaptados para evocar a resposta no equipamento Bio-logic Evoked Potential System (EP), pois este só permite a inserção de arquivos customizados de até 500 ms. Dessa forma, foram desenvolvidos dois estímulos acústicos complexos que atendiam as necessidades do estudo, respeitando o tempo limite permitido pelo equipamento: um deles contendo variação de f_0 e um segundo estímulo controle, sem a variação de frequência.

A modulação de f_0 foi escolhida para ser a mudança no estímulo em andamento dada a importância dessa informação sonora para a percepção e discriminação da fala no ruído, conforme evidenciado nos capítulos anteriores.

Os estímulos customizados foram criados com duração total de 500 ms cada um. Para o estímulo experimental (Estímulo Shifted), os primeiros 300 ms consistiram em harmônicos de 1 a 12, com $f_0 = 150\text{Hz}$ - pois está na média entre frequência fundamental de vozes típicas masculinas e femininas (COLTON; CASPER; LEONARD, 2006). Após esse segmento inicial há uma transição suave de 10 ms de duração para um complexo harmônico com $f_0 = 180\text{Hz}$ (deslocamento de 20% de mudança), este segundo segmento com duração de 190 ms. A transição consistiu em deslizamentos de frequência, se caracterizando por uma transição suave e não abrupta ou descontinuada. O estímulo ao todo possui um tempo de subida (rise) de 10 ms e um tempo de descida (fall) de 40 ms - essa escolha foi ditada para facilitar a eliciação do complexo inicial P1-N1-P2 pelo *onset*, mas não pelo *offset*.

Figura 2 - Representação do estímulo complexo harmônico - Shifted.



Fonte: Elaboração própria.

O estímulo referência (Steady) foi desenvolvido com um envelope semelhante, mas consistia num complexo harmônico estável com $f_0 = 150$ Hz constante pelos 500 ms, ou seja, não tem qualquer transição de frequência. A expectativa era que o estímulo Shifted provocasse um ACC devido à mudança de tom, mas que nenhum ACC estivesse presente para o estímulo Steady.

Para o teste dos estímulos foi realizada a coleta de dados em adultos ouvintes no Centro de Estudos da Educação e da Saúde (CEES) da Unesp, campus de Marília, onde também se localiza o Centro Especializado em Reabilitação (CER II).

O estudo foi desenvolvido no Setor de Audiologia do CER II, da Faculdade de Filosofia e Ciências, UNESP, Campus de Marília, São Paulo.

Casuística

Participaram 20 adultos com limiares auditivos dentro dos limites de normalidade (< 20 dB NA 0.25-8 kHz), com idades entre 21 e 48 anos (média de 24 anos), sendo 17 do sexo feminino e três do sexo masculino.

Os participantes foram selecionados por conveniência e foram critérios de exclusão a presença de queixas auditivas, histórico de alterações neurológicas e/ou psiquiátricas autorreferidas.

Materiais

Foi utilizado o equipamento de potencial evocado auditivo de dois canais *Biologic Evoked Potential System* (EP) (Seattle, WA/ USA) e devidos materiais de consumo como pasta abrasiva, pasta eletrolítica e eletrodos de cobre.

Procedimentos

O potencial foi registrado mediante a utilização de três eletrodos de cobre, posicionados: o eletrodo terra em Fpz, o eletrodo ativo em Cz, o eletrodo referência em A1, de acordo com o Sistema Internacional 10-20 (JASPER, 1958). Os eletrodos foram fixados com esparadrapo microporoso após a limpeza da pele com pasta abrasiva e utilizada pasta eletrolítica para melhorar a condutividade elétrica. A impedância de cada eletrodo não ultrapassou 5 Kohms e não excedeu 2 Kohms entre eles (HALL, 2006). Os participantes foram posicionados confortavelmente em poltrona reclinável em uma sala acusticamente tratada. O Quadro 1 apresenta os parâmetros utilizados para a aquisição e registro do PEA.

Quadro 1 – Resumo dos parâmetros utilizados para a aquisição do PEA

	Parâmetros	
Estímulo	Transdutor	Fone de inserção ER-3A em orelha direita
	Taxa	0.3 estímulos por segundo
	Tipo	1- Estímulo complexo harmônico com variação de pitch – Shifted 2- Estímulo complexo harmônico sem variação de pitch - Steady
	Intensidade	Fixa a 80 dB NPS
	Polaridade	Alternada
Aquisição	Canais	1 canal
	Eletrodos	Cz (+); A1 (-); Fpz
	Filtros	0,1 – 30Hz
	Amplificação do sinal	50.000 vezes
	Amostragem	150 varreduras
	Estado do paciente	Alerta, sem realização de tarefa

Fonte: Elaboração própria.

A intensidade foi fixada em 80 dB NPS para minimizar as variações durante a

coleta, porém era audível para todos os participantes.

4.2 Método do objetivo b - Determinar o limiar de detecção para mudança na frequência fundamental (Δf_0) de um complexo harmônico em um teste comportamental em adultos ouvintes.

Pesquisa do limiar de detecção de mudança na frequência fundamental (Δf_0)

Casuística

Participaram 3 adultos com limiares auditivos dentro dos limites de normalidade (< 20 dB NA 0.25-8 kHz), com idades entre 22 – 28 anos (média de 25 anos). Os participantes foram selecionados por conveniência e foram critérios de exclusão a presença de queixas auditivas, histórico de alterações neurológicas e/ou psiquiátricas autorreferidas.

Estímulos

Foram utilizados os estímulos Steady e Shifted. O estímulo padrão (Steady) foi um complexo de 12 harmônicos com uma f_0 nominal de 150 Hz. O estímulo tinha duração de 500 ms, incluindo subida de 10 ms e uma descida de 40 ms. O estímulo – alvo (Shifted) foi um complexo de 12 harmônicos que incluía um deslize de frequência de uma f_0 nominal de 150 Hz para uma f_0 mais alta. A duração do complexo inicial de f_0 nominal de 150 Hz foi de 300 ms. Este complexo harmônico deslocou-se sem problemas para uma f_0 mais alta através de um deslize de frequência de 10 ms aplicado a cada harmônico. A duração do segmento final, com f_0 mais alta, foi de 190 ms, resultando em uma duração total do estímulo de 500 ms. Embora a f_0 nominal de referência para todos os estímulos fosse de 150 Hz, a f_0 real variava aleatoriamente em uma faixa de $\pm 5\%$ entre cada tentativa do procedimento de escolha forçada (ver abaixo); o objetivo da randomização era minar o uso de uma pista tonotópica exata. Os estímulos foram gerados digitalmente a uma taxa de amostragem de 25 kHz, com novas amostras geradas para cada tentativa. Os estímulos foram apresentados monauralmente para a orelha esquerda a um nível geral de 65 dB NPS através de fones de ouvido supra-aural Sennheiser HD300 Pro.

Procedimentos

O Δf_0 de limiar foi medido com um procedimento de escolha forçada de três alternativas (3AFC – 3 alternative forced choice) que incorporava uma regra adaptativa de dois para baixo, um para cima, estimando o ponto de 71% correto na

função psicométrica. Em cada tentativa do 3AFC, o estímulo padrão foi apresentado aleatoriamente em dois dos intervalos de escuta e o estímulo-alvo foi apresentado no intervalo restante. Os intervalos de escuta dentro de uma tentativa tinham duração de 500 ms e a duração entre intervalos também era de 500 ms. Os intervalos de escuta foram marcados por luzes em uma caixa de resposta (Figura 3), e o ouvinte pressionava um botão correspondente ao intervalo em que achava que o estímulo-alvo ocorria; ou seja, o intervalo que continha o estímulo que mudava de tom. Um feedback da resposta correta foi fornecido através de uma luz piscando sobre o intervalo que realmente continha o estímulo-alvo. O Δf_0 inicial compreendia um desvio de 20%, e o fator inicial para ajustar a magnitude do Δf_0 era 2. Este fator de mudança foi reduzido pela sua raiz quadrada após cada uma das primeiras duas reversões na magnitude do Δf_0 , para seu valor final de 1,12. Uma sequência de estimativa de limiar foi finalizada após oito reversões na magnitude do Δf_0 , e a estimativa de limiar foi calculada como a média geométrica das seis últimas reversões. Três sequências de estimativas de limiar foram coletadas, e o limiar final foi tomado como a média dessas três estimativas.

Figura 3- Caixa de resposta.



Fonte: imagem cedida pelo Dr. John H. Grose.

Fase 2 - Aplicabilidade na população clínica

4.3 Método do objetivo c - Determinar se o estímulo acústico é capaz de evocar o ACC em idosos com perda auditiva e se pode ser usado para diferenciar alterações ao longo do tempo no processamento auditivo de idosos novos usuários de AASI que receberam ou não um treinamento auditivo adicional.

Coleta de dados em idosos com perda de audição

Casuística

Durante o processo de seleção dos participantes, foram avaliados 13 idosos. Desses, cinco foram excluídos com base nos critérios de exclusão estabelecidos, e um desistiu de participar durante a pesquisa. Além disso, outros pacientes do centro foram convidados a participar do estudo, porém a taxa de recusa foi elevada, tendo como principal justificativa a distância entre o CER II e a residência dos indivíduos, especialmente considerando a área de abrangência do serviço, que inclui o município de Marília e 62 municípios da região.

Dessa forma, participaram do estudo sete idosos com perda auditiva, com idades variando entre 61 e 80 anos (média de 72 anos).

Critérios de inclusão:

- Idade igual ou superior a 60 anos;
- Diagnóstico de perda auditiva sensorineural bilateral, simétrica com limiar de audibilidade tonal ≤ 40 dB NA de 0,25 – 1 kHz e ≤ 75 dB NA de 2 – 8 kHz.
- Índice percentual de reconhecimento de fala igual ou superior a 60%, bilateralmente;
- Queixa de dificuldade de compreensão de fala no ruído;
- Indicação de um médico otorrinolaringologista para a adaptação de AASI, visto que seriam incluídos na próxima etapa da pesquisa com a reabilitação auditiva.

Critérios de exclusão:

- Presença de alteração de orelha média detectado pela timpanometria, quando as curvas não eram classificadas como tipo A, definida como mobilidade normal do sistema tímpano-ossicular (JERGER; JERGER; MAULDIN, 1972);
- Rastreio positivo de comprometimento cognitivo detectado pelo instrumento *Montreal Cognitive Assessment – Basic* (MoCA-B), elaborado a partir da versão original *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA), desenvolvida por Ziad Nasreddine e adaptada à população brasileira por Daniel Apolinario, tendo como objetivo diferenciar o envelhecimento cognitivo normal e Comprometimento Cognitivo Leve (APOLINÁRIO, 2015; SARMENTO, 2009). O MoCA-B avalia os domínios cognitivos de: funções executivas, linguagem, orientação, cálculo, abstração, memória, percepção visual (em vez de habilidades visuoespaciais), atenção e concentração. O ponto de corte foi de 21 pontos para um total de 30 pontos (AMATNEEKS; HAMDAN, 2020). O instrumento MoCA-B foi aplicado após o registro do PEA levando em consideração o estudo de Goés (2019) que encontrou latências aumentadas do componente P3 após um teste de função executiva de linguagem.
- Ausência da onda V evocada com estímulos de clique durante o exame de Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) para neurodiagnóstico garantindo a integridade da transmissão do estímulo acústico ao sistema nervoso auditivo central e a ausência de perda retrococlear;
- Ter histórico de alterações neurológicas e/ou psiquiátricas autorreferidas;
- Já ter experiência prévia com o uso de AASI;
- Ter treinamento musical profissional, visto que estudos mostram que essa experiência é benéfica para a discriminação de frequências o que pode influenciar as amplitudes do ACC (LEE; HAN; LEE, 2020; LIANG

et al., 2016).

Procedimentos

Os procedimentos de coleta e parâmetros de registro foram os mesmos já descritos acima e que foram aplicados nos adultos na fase 1 do estudo.

Coleta de dados de idosos em reabilitação auditiva

A coleta de dados foi realizada durante a reabilitação auditiva para responder ao objetivo C, de determinar se o estímulo poderia ser usado para diferenciar alterações ao longo do tempo no processamento auditivo de idosos novos usuários de AASI e que receberam ou não um treinamento auditivo adicional.

Os indivíduos que participaram do estudo são oriundos do Setor de Audiologia do Centro Especializado em Reabilitação – CER II, da Faculdade de Filosofia e Ciências, UNESP, Campus de Marília, São Paulo. Desta forma, a reabilitação auditiva citada neste estudo, segue os procedimentos da Rede de Cuidados à Pessoa com Deficiência no âmbito do SUS – Instrutivo de Reabilitação Auditiva, Física, Intelectual e Visual – Ministério da Saúde, que inclui a adaptação do AASI como reabilitação auditiva.

Nesta fase de divisão por grupos, o estudo utilizou cegamento único (ou cegamento simples), uma vez que os participantes tinham conhecimento do grupo ao qual pertenciam, enquanto o avaliador responsável pelas avaliações de potencial evocado auditivo permaneceu cego quanto à alocação dos participantes nos grupos.

Casuística

Participaram deste estudo os mesmos sete idosos, entre 61 e 80 anos, que foram distribuídos em 2 grupos por alocação alternada sequencial, sendo o primeiro participante alocado no GTA, o segundo no GPA e assim sucessivamente.

- Grupo Prótese Auditiva (GPA): composto por três indivíduos que foram recém adaptados com AASI, mas sem a realização de um programa de treinamento auditivo.
- Grupo Treinamento Auditivo (GTA): composto por quatro indivíduos que participaram da reabilitação auditiva, incluindo adaptação com AASI e

treinamento auditivo.

Os participantes eram novos usuários de AASI e foram adaptados bilateralmente, com AASI mini retroauriculares do tipo B (de acordo com a classificação do Instrutivo de Reabilitação Auditiva, Física, Intelectual e Visual – Ministério da Saúde), tecnologia de adaptação aberta com mesmo processamento do sinal digital, mesma regra prescritiva NAL-NL2 e ajustadas de acordo com seus audiogramas individuais. A saída dos AASI foi verificada através de medidas com microfone sonda na orelha do participante (*Real Ear Aided Response* - REAR) garantindo que estavam no alvo para todos os participantes. A adaptação foi concluída em até um mês seguindo o protocolo referido acima.

Os procedimentos descritos no Quadro 2 foram realizados nos participantes da pesquisa em quatro momentos (M): M1 - Avaliação inicial, M2 - reavaliação após três meses da avaliação inicial, M3 - após seis meses da avaliação inicial e M4 - após 12 meses da avaliação inicial.

Quadro 2 – Síntese dos procedimentos de coleta de dados

M1 Avaliação Inicial	Período de Intervenção (média de 3 meses)	M2 Reavaliação após 3 meses	M3 Reavaliação após 6 meses	M4 Reavaliação após 12 meses
Medida objetiva Questionário de autoavaliação	Adaptação dos AASI (1 mês) GPA: intervalo equivalente ao tempo de duração do treinamento auditivo GTA: treinamento auditivo por 2 meses	Medida objetiva	Medida objetiva	Medida objetiva Questionário de autoavaliação

Legenda: M= momento; GPA = grupo prótese auditiva; GTA= grupo treinamento auditivo.

Fonte: Elaboração própria.

Medida objetiva - avaliação eletrofisiológica

Conforme já citado anteriormente, como medida objetiva de avaliação e monitoramento foi utilizado o ACC com o novo estímulo desenvolvido.

Os procedimentos de preparação e parâmetros de coleta foram os mesmos já

descritos acima.

Treinamento auditivo

Para o treinamento auditivo foi utilizado especificamente o programa de Treinamento Auditivo Musical®, desenvolvido pela Doutora Katya Guglielmi Marcondes Freire, por meio do *website* www.treinamentoauditivomusical.com.br. O TAM foi inicialmente desenvolvido em formato de DVDs, mas atualmente pode ser acessado pelo website e conta com orientações disponíveis em inglês e português. No site, as atividades mantêm os princípios da versão original e utiliza os mesmos instrumentos, mas apresenta arranjos musicais atualizados e um visual mais didático (FREIRE, 2015; FREIRE; IORIO, 2009).

O programa possui oito exercícios que contemplam aspectos de figura-fundo de sons instrumentais, de frequência e duração dos sons, escuta direcionada, ritmo, fechamento auditivo e memória. Nas tarefas que envolvem a habilidade de atenção seletiva, a fala foi substituída pelo som de um instrumento e o ruído foi substituído por uma música de fundo. Os sons instrumentais foram selecionados visando atender a faixa de frequência mais evidenciada pelo AASI, que é de 2000 a 4000 Hz. A música de fundo presente em alguns exercícios foi criada pela mixagem desses instrumentos (FREIRE, 2015; FREIRE; IORIO, 2009).

Cada exercício conta com níveis de dificuldade para estimular e desafiar o sistema auditivo. Cada nível de dificuldade é composto por dez exercícios e a recomendação da autora é que o nível de dificuldade deve aumentar quando o paciente obtiver ao menos sete acertos. Cada exercício foi realizado em duas sessões, de acordo com a seguinte ordem de apresentação exposta no Quadro 3.

Quadro 3 – Exercícios propostos e mecanismos auditivos treinados pelo TAM

Exercício	Sessões em que foi realizado	Mecanismos	Funcionamento
Figura-fundo para sons instrumentais	1 e 2	Atenção seletiva	Identificação dos sons instrumentais sobrepostos a uma música

Figura-fundo para sons sequenciais	3 e 4	Atenção seletiva e Ordenação temporal	Identificação de uma série de sons instrumentais sobrepostos a uma música
Escuta direcionada	5 e 6	Atenção seletiva e Localização	Identificação de dois sons sobrepostos com reconhecimento da fonte sonora de origem deste
Duração dos sons	7 e 8	Processamento temporal (ordenação temporal)	Identificação e nomeação de série de sons de diferentes durações
Frequência dos sons	9 e 10	Processamento Temporal (Resolução e Ordenação Temporal)	Identificação e nomeação de série de sons de diferentes frequências
Ritmo	11 e 12	Processamento Temporal (Resolução Temporal)	Identificação de estruturas rítmicas por meio de reprodução motora e de associação visual
Fechamento auditivo	13 e 14	Atenção Seletiva	Identificação de canções familiares incompletas
Memória audiovisual	15 e 16	Memória audiovisual	Identificação e reprodução da sequência de sons apresentada

Fonte: Adaptado de Freire, 2015.

O TAM foi aplicado nos participantes do GTA em sessões de trinta minutos, duas vezes por semana, durante oito semanas, totalizando 16 sessões. Sendo respeitado o intervalo de 24 horas entre as sessões para reter o aprendizado (ALAIN et al., 2015).

Foram utilizadas duas caixas de som portáteis acopladas ao computador em uma sala acusticamente tratada, a distância de um metro entre as caixas e as orelhas do participante, posicionadas uma à esquerda e outra à direita do computador, em uma posição de 45° *Azimuth* em relação ao participante. No início de todas as sessões, os AASI foram verificados quanto ao seu funcionamento.

4.4 Método do objetivo d - Avaliar os efeitos das intervenções propostas na autopercepção de restrição de participação em atividades de vida diária usando um questionário.

Foi aplicado o questionário Hearing Handicap Inventory for the Elderly Screening Version - HHIE-S (VENTRY; WEINSTEIN, 1983) que é uma versão reduzida do Hearing Handicap Inventory for the Elderly – HHIE (VENTRY; WEINSTEIN, 1982) com a finalidade de avaliar como a perda de audição afeta os aspectos emocionais e sociais dos participantes e quais seriam os efeitos das intervenções propostas neste estudo na restrição de participação em atividades de vida diária.

Para isso, o HHIE-S foi aplicado por um avaliador nos sete idosos dos grupos GPA e GTA na avaliação inicial - M1, antes da adaptação dos AASI, e na avaliação final - M4. Na avaliação final, os participantes foram instruídos a responder com base na experiência com o uso dos AASI.

O instrumento é composto por dez questões, divididas em cinco questões relativas ao aspecto social e cinco ao aspecto emocional. Para cada questão o participante deveria responder se: sim (4 pontos), às vezes (2 pontos) ou não (0 pontos). Desta forma, quanto maior a pontuação, maior a restrição da participação nas atividades de vida diária.

Análise dos dados

Os dados foram analisados pelos registros individuais e grande média das ondas do ACC a partir da extração dos 512 pontos das ondas no software ASCII e calculado o intervalo de confiança de 95%. Para o questionário, os escores foram analisados em média e desvio padrão.

5 RESULTADOS

Os dados serão apresentados em subseções de acordo com a divisão dos objetivos específicos.

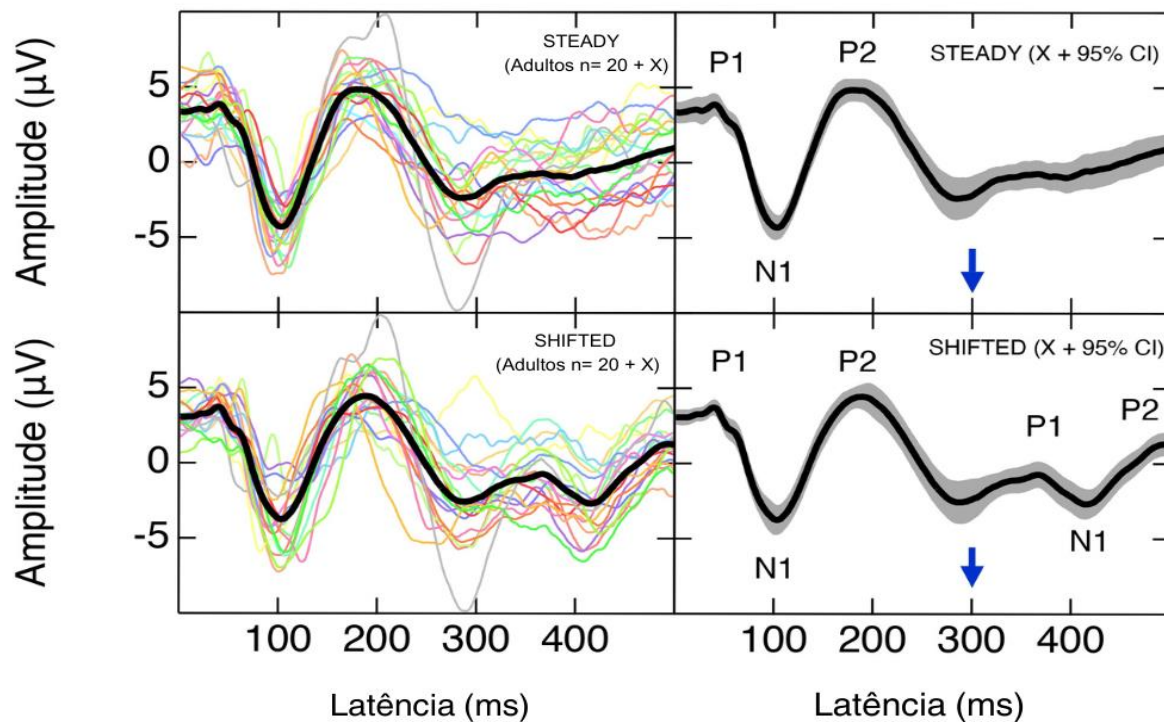
Fase 1 - Desenvolvimento do estímulo acústico

5.1 Resultados do objetivo a - Desenvolver um estímulo acústico compatível com o equipamento *Bio-logic Evoked Potential (EP) System* capaz de evocar o ACC em adultos ouvintes.

Dois estímulos acústicos customizados foram criados, cada um com duração total de 500 ms, o que os torna compatíveis com o equipamento Bio-logic EP System. Para o estímulo experimental (Estímulo Shifted), os primeiros 300 ms consistiram em harmônicos de 1 a 12, com $f_0 = 150\text{Hz}$ que mudam suavemente por 10 ms para um complexo harmônico com $f_0 = 180\text{Hz}$ (20% de mudança) com duração de 190 ms. A transição consistiu em deslizamentos de frequência. O estímulo ao todo possui um tempo de subida (rise) de 10 ms e um tempo de descida (fall) de 40 ms - para facilitar a eliciação do complexo inicial P1-N1-P2 pelo *onset*, mas não pelo *offset*. O estímulo referência (Estímulo Steady) foi desenvolvido com um envelope semelhante, mas consistia num complexo harmônico estável com $f_0 = 150\text{ Hz}$ constante pelos 500 ms, ou seja, não tem qualquer transição de frequência.

A Figura 4 apresenta as respostas individuais de 20 adultos ouvintes (traços com cores claras) juntamente com a forma de onda da grande média (traço preto em negrito) para os estímulos Steady e Shifted. As ondas da grande média são representadas novamente nos quadrantes à direita e estão delimitadas pelos intervalos de confiança de 95% (em cinza).

Figura 4- Traços individuais (cores claras) e traço da grande média (preto em negrito) das respostas de 20 adultos ouvintes para os estímulos Steady e Shifted e intervalo de confiança de 95% (cinza). A seta azul indica o tempo da transição do pitch. (n=20)



Fonte: Elaboração própria.

5.2 Resultados do objetivo b - Para referência, determinar o limiar de detecção para mudança na frequência fundamental (Δf_0) de um complexo harmônico em um teste comportamental em adultos ouvintes

A Tabela 1 apresenta os valores das três estimativas do limiar de detecção para mudança na frequência fundamental do estímulo acústico para os três participantes.

Tabela 1 – Valores individuais das três estimativas do limiar de detecção para a mudança na frequência fundamental do estímulo acústico. (n=3)

Participantes	Estimativa 1	Estimativa 2	Estimativa 3	Média
1	0.72Hz	0.96Hz	0.79Hz	0.82Hz
2	1.15Hz	0.24Hz	0.72Hz	0.70Hz

3	0.53Hz	0.59Hz	0.74Hz	0.62Hz
---	--------	--------	--------	--------

Fonte: Elaboração própria.

O limiar do Δf_0 dos três participantes variou entre 0,24 Hz e 1,15 Hz, com média de 0,72 Hz ou 0,48% de mudança. Dessa forma, o limiar Δf_0 encontrado (0,48%) é menor que o Δf_0 fixo aplicado ao estímulo para experimento de potencial evocado, que foi de 20%, garantindo a audibilidade deste.

Fase 2 - Aplicabilidade na população clínica

5.3 Resultados do objetivo c - Determinar se o estímulo acústico é capaz de evocar o ACC em idosos com perda auditiva e se pode ser usado para diferenciar alterações ao longo do tempo no processamento auditivo de idosos novos usuários de AASI que receberam ou não um treinamento auditivo adicional.

A Tabela 2 apresenta o perfil da amostra de idosos.

Tabela 2 – Perfil da amostra de idosos

Participante	Grupo	Idade	Sexo	Grau de escolaridade	MoCA	Anos de privação	Horas de uso	Média dos limiares tonais (0.25 - 1 kHz)	Média dos limiares tonais (2 - 8 kHz)
1	GPA	79	M	fundamental incompleto	26	10	7	30	73
2	GPA	70	M	fundamental incompleto	21	10	9	34	71
3	GPA	68	F	fundamental incompleto	26	3	8	24	51
4	GTA	62	F	superior completo	30	5	7	30	57
5	GTA	61	M	fundamental completo	26	3	9	35	57
6	GTA	80	M	superior completo	24	3	7	40	56
7	GTA	75	M	superior completo	28	2	8	20	54

Fonte: Elaboração própria.

Legenda: GPA= Grupo Prótese Auditiva; GTA=Grupo Treinamento Auditivo; M= masculino; F= feminino;

A partir desses dados realizamos a Tabela 3 com a distribuição de frequências dos participantes para as variáveis idade, sexo, escolaridade, pontuação do MoCA-B, tempo de privação auditiva, média diária de horas de uso do AASI de acordo com o data logging e média dos limiares auditivos tonais.

Tabela 3 – Distribuição de frequência dos participantes de GPA e GTA

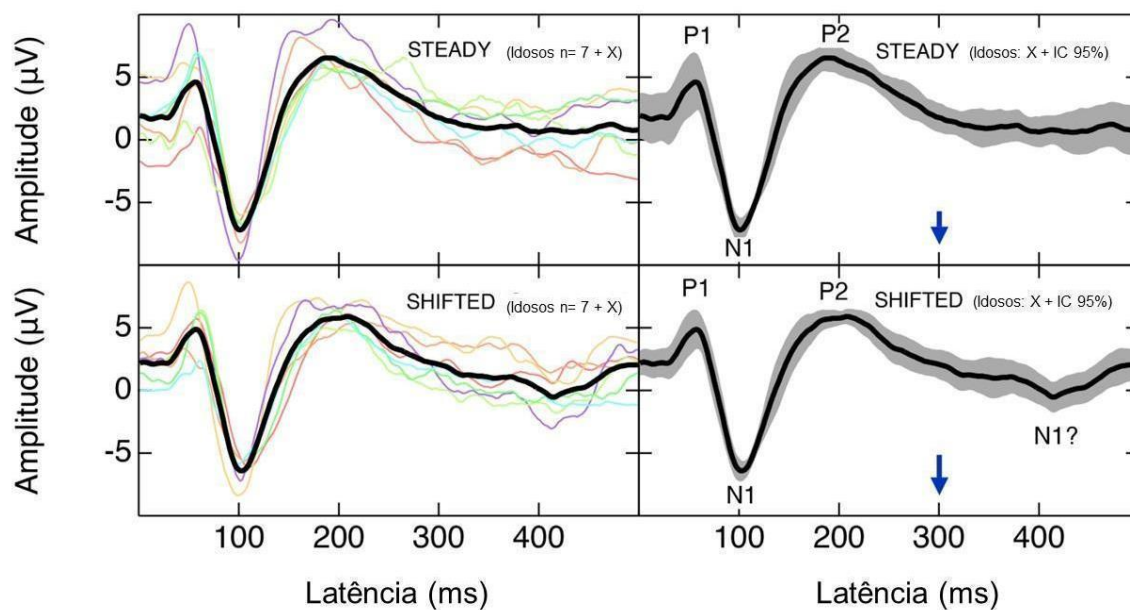
Variável	Categoria	GPA (n=3)		GTA (n=4)	
		F	%	F	%
Idade	60 a 70 anos	2	67%	2	50%
	acima de 71 anos	1	33%	2	50%
Sexo	Feminino	1	33%	1	25%
	Masculino	2	67%	3	75%
Escolaridade	Fundamental incompleto	3	100%	0	0%
	Fundamental completo	0	0%	1	25%
	Superior completo	0	0%	3	75%
Escore MoCA-B	Entre 21 e 25 pontos	1	33%	1	25%
	Entre 26 e 30 pontos	2	67%	3	75%
Tempo de privação	Até 4 anos	1	33%	3	75%
	5 anos ou mais	2	67%	1	25%
Média de horas de uso do AASI	Até 8 horas diárias	2	67%	3	75%
	9 horas diárias ou mais	1	33%	1	25%
Média dos limiares tonais (0.25- 1kHz)	Até 25 dB	1	33%	1	25%
	26 dB ou mais	2	67%	3	75%
Média dos limiares tonais (2 - 8kHz)	Até 60 dB	1	33%	4	100%
	61dB ou mais	2	67%	0	0%

Legenda: GPA= Grupo Prótese Auditiva; GTA=Grupo Treinamento Auditivo

Fonte: Elaboração própria.

A seguir, a Figura 5 apresenta as respostas individuais dos sete idosos com perda de audição, aqui, sem divisão por grupo (traços com cores claras) juntamente com a forma de onda da grande média (traço preto em negrito) para os estímulos Steady e Shifted. As ondas da grande média são representadas novamente nos quadrantes à direita e estão delimitadas pelos intervalos de confiança de 95% (cinza).

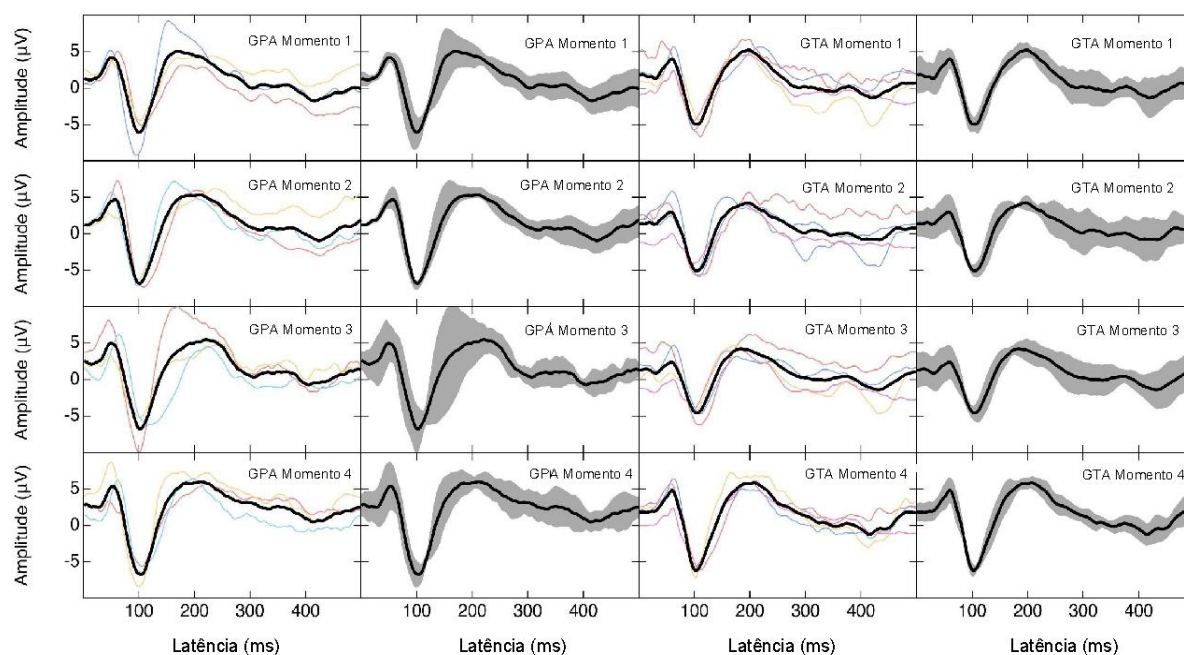
Figura 5- Respostas individuais (traços de cores claras), grande média (traço em negro) das respostas dos idosos para os estímulos Steady e Shifted e intervalo de confiança de 95% (cinza). A seta azul indica o tempo da transição do pitch. (n=7)



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 6 mostra as respostas individuais juntamente com a forma de onda da grande média (traço preto em negro) dos grupos GPA e GTA para os estímulos Steady e Shifted nos quatro momentos de avaliação. As ondas da grande média são representadas novamente delimitadas pelos intervalos de confiança de 95% (cinza).

Figura 6- Respostas individuais (traços de cores claras) e grande média (traço em negrito) das respostas do GPA e GTA evocadas com o estímulo Shifted nos quatro momentos de avaliação e intervalo de confiança de 95% (cinza).



Legenda: GPA: Grupo Prótese Auditiva. GTA: Grupo Treinamento Auditivo.

Fonte: Elaboração própria.

5.4 Resultados do objetivo d - Avaliar os efeitos das intervenções propostas autopercepção de restrição de participação em atividades de vida diária usando questionário.

A Tabela 4 descreve os valores de média e desvio padrão dos escores obtidos no questionário de autoavaliação para os grupos GPA e GTA, nos momentos de avaliação inicial e final (M1 e M4, respectivamente). Foram consideradas a pontuação total, subtotal social e subtotal emocional.

Tabela 4 – Média e desvio padrão dos escores do questionário de autoavaliação

Escore	Momento	GPA (n=3)		GTA (n=4)	
		Média	DP	Média	DP
Social	M1	12,7	3,1	12	7,3
	M4	6,7	1,2	1,5	1,9
Emocional	M1	13,4	3,1	7,5	6,6

	M4	2	2	1	1,2
Total	M1	26	5,3	19,5	13,3
	M4	8,7	3,1	2,5	3

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 5 mostra os escores individuais dos sete participantes no questionário de autoavaliação nos momentos 1 e 4.

Tabela 5 – Escores individuais do questionário de autoavaliação

Participante	Grupo	M1			M4		
		Social	Emocional	Total	Social	Emocional	Total
1	GPA	10	14	24	6	0	6
2	GPA	16	16	32	6	2	8
3	GPA	12	10	22	8	4	12
4	GTA	20	16	36	0	0	0
5	GTA	16	6	22	4	2	6
6	GTA	4	0	4	0	0	0
7	GTA	8	8	16	2	2	4

Fonte: Elaboração própria.

6 DISCUSSÃO

Na fase 1 do estudo houve o desenvolvimento dos estímulos acústicos e o teste em adultos ouvintes, assim como a determinação do limiar de detecção para Δf_0 .

Dois estímulos acústicos compatíveis com o equipamento foram desenvolvidos com sucesso. Os estímulos atendiam as necessidades do estudo, tendo o limite de tempo pré-definido atendido para que pudesse ser inserido no equipamento, e com a variação da f_0 em um dos estímulos para que fosse capaz de permitir a análise da discriminação auditiva cortical. A expectativa era que o estímulo Shifted provocasse um ACC devido à mudança de tom, mas que nenhum ACC estivesse presente para o estímulo Steady. Para avaliar se o ACC foi gerado, consideramos a morfologia da resposta eliciada com o estímulo Shifted em comparação com a resposta eliciada pelo estímulo Steady.

A partir dos achados do teste em 20 adultos ouvintes (conforme exposto na Figura 4) pudemos observar que houve variabilidade das respostas entre os participantes. Entretanto, focando nas ondas da grande média é evidente que ambos os estímulos

evocaram respostas robustas de onset P1-N1-P2 e que, conforme o esperado, somente o estímulo Shifted evocou os componentes P1-N1-P2 do ACC. Apesar da magnitude do ACC ser consideravelmente menor que a resposta do onset, sua presença demonstra que o estímulo desenvolvido foi capaz de eliciar o ACC para a discriminação de f_0 em adultos ouvintes. Apesar de a intensidade de apresentação do estímulo não ter sido controlado pelo nível de sensibilidade auditiva individual, a presença dos robustos componentes P1-N1-P2 do onset confirma que os estímulos foram detectados no córtex auditivo, logo, foram apresentados em um nível supraliminar que os tornou audíveis para todos os participantes (HYDE, 1997; MATHEW et al., 2016).

No estudo de Kalaiah et al. (2018) também foi utilizado um estímulo acústico mais curto, com duração total de 400 ms e com a mudança de frequência ocorrendo aos 200 ms. O estudo investigou a concordância entre o limiar de discriminação de frequência comportamental e o limiar do ACC para a discriminação de frequência. Para o registro dos potenciais foi utilizado um equipamento diferente do utilizado no presente estudo. Os autores encontraram resultados contrastantes com a literatura da área, observando que eram necessárias diferenças de pitch de pelo menos 50 Hz para evocar o ACC, diferindo do limiar encontrado no teste psicofísico. Os autores sugerem que esses achados podem ser justificados pelo curto intervalo entre o onset do estímulo acústico e a mudança de frequência. De acordo com a hipótese proposta por eles, em intervalos maiores os neurônios teriam tempo suficiente para se recuperar da fase refratária após responderem ao onset do estímulo. Em contrapartida, em intervalos menores, alguns neurônios ainda estariam na fase refratária quando a mudança de pitch ocorre, o que resulta em menores amplitudes de resposta do ACC, o que pode explicar nossos achados.

Um teste comportamental foi aplicado para determinar o limiar de detecção para mudança na frequência fundamental (Δf_0) do complexo harmônico, e seus achados possibilitaram concluir que a mudança de pitch aplicada no estímulo Shifted desenvolvido para o teste de potencial evocado auditivo foi audível para os participantes. Visto que o limiar Δf_0 encontrado (0,48%) é menor que o Δf_0 fixo aplicado ao estímulo Shifted para o experimento de potencial evocado, que foi de 20%. Esse valor é compatível com os valores encontrados na literatura, que descreve limiares semelhantes para a discriminação de frequências, abaixo de 2 Hz para

frequências mais baixas em ouvintes (YOON; BOREN; DIAZ, 2021). Com esse achado garantimos que a mudança de pitch do estímulo Shifted é discriminável ao nível do processamento auditivo central.

Na fase 2 do estudo, avaliamos a aplicabilidade do estímulo na população clínica alvo da pesquisa, os idosos com perda auditiva. Analisando os resultados, na Figura 5, podemos observar que entre os idosos houve variabilidade das respostas, especialmente para a morfologia do ACC, assim como no estudo de Wang e colaboradores (2024), que encontrou variabilidade nas respostas de idosos com e sem perda de audição. Apesar disso, ao focar nos traços da grande média é possível observar que os dois estímulos evocaram respostas robustas de onset P1-N1-P2 e que somente o estímulo Shifted evocou o ACC em alguns participantes, confirmando a eficácia do estímulo Shifted na eliciação da discriminação de pitch em níveis centrais da audição.

Foi possível observar que a amplitude do ACC dos idosos foi consideravelmente menor que a resposta do onset e que a resposta do ACC dos adultos. Isso corrobora com os achados de outros estudos, que encontraram entre os idosos amplitudes menores para discriminar mudanças de frequência (BIDELMAN et al., 2017; WANG et al., 2024). O estudo de Wang e colaboradores (2024) encontrou entre os idosos menores amplitudes de ACC N1'-P2' quando comparados aos jovens e menores latências de ACC N1', que segundo os autores refletem a redução da sincronia neural e do processamento temporal que se manifesta nos idosos. Segundo Campbell e Sharma (2013), independentemente da presença da perda auditiva, os idosos apresentaram respostas diferentes para discriminação de frequência, o que evidencia que o processo de envelhecimento por si só já traz déficits no processamento temporal.

A presença da resposta demonstra que o estímulo desenvolvido foi capaz de eliciar o ACC para a discriminação de f_0 em alguns idosos com perda de audição. No entanto, ao observar a morfologia dos traços individuais notamos que três idosos não apresentaram uma resposta clara do ACC. A observação visual dos resultados durante a reabilitação auditiva, na Figura 5 e os traços individuais que constituem as grandes médias, revelam que a grande variabilidade das respostas entre os participantes persistiu em todos os momentos de avaliação para os dois grupos, especialmente para a resposta do ACC. Por outro lado, não foi observado tendência de mudança do ACC entre os quatro momentos de avaliação para os grupos.

Apesar da intensidade fixa do estímulo ter sido audível conforme demonstrado pela presença do complexo P1-N1-P2, continuamos a nos questionar se a intensidade pode ter interferido na percepção das características acústicas temporais para a mudança do pitch ao longo do estímulo, especialmente para os idosos com perda auditiva. Estudos mostram que é fundamental levar em conta as diferenças na sensibilidade auditiva, visto que a perda auditiva pode ter efeitos diferentes no reconhecimento auditivo dos idosos e que deve ser considerada para uma completa compreensão acerca dos mecanismos neurais subjacentes à aprendizagem auditiva (BIEBER; GORDON-SALANT, 2021). Um estudo que utilizou nível de sensação equivalente mostrou que as amplitudes e latências do ACC N1'-P2' estão relacionados a perda de audição mas não a idade (VONCK et al., 2022)

Outros estudos utilizaram diferentes equipamentos que permitem a inserção de estímulos mais longos para evocar o ACC. Como, por exemplo, o estudo de Dimitrijevic et al. (2008) que utilizou um tom contínuo com uma mudança de frequência de 100 ms ocorrendo a cada 1400 ms; o estudo de He et al. (2012) que utilizou um estímulo com duração total de 800 ms com a mudança de frequência aos 400 ms; o estudo de Mathew et al. (2016), que teve estímulo com duração total de 600 ms sendo que a mudança de pitch ocorria no padrão A-B-A num segmento de 200ms, ou os estudos de Vonck et al. (2019, 2021) que utilizaram estímulo com duração total 3300 ms com a mudança de frequência aos 3000 ms.

A hipótese levantada pelo estudo de Kalaiah et al. (2018) de que o registro da resposta pode ter tido interferência do período refratário dos neurônios devido ao curto intervalo entre os estímulos, pode ajudar a explicar os achados do presente estudo, em que o intervalo entre onset e a mudança de pitch também foi curto. Isso poderia justificar a menor amplitude e a variabilidade nas respostas do ACC dos jovens em comparação a resposta do onset dos idosos. Também ajudaria a justificar a grande variabilidade na morfologia da resposta entre os indivíduos idosos e variabilidade entre os momentos de avaliação. Na resposta dos idosos a ocorrência do efeito da fase refratária dos neurônios pode ser ainda mais intensificada ao considerarmos os declínios na velocidade de processamento e das alterações audiológicas inerentes ao envelhecimento (ANDERSON et al., 2011).

Com relação aos resultados do questionário de autoavaliação para restrição de participação em atividades de vida diária, conforme exposto na Tabela 5, é possível observar diferenças entre os grupos desde a avaliação inicial. No entanto,

em ambos os grupos houve diminuição dos escores na avaliação final. Ao considerar a pontuação total, o GPA passou de “Percepção significativa do handicap” no M1 para “Percepção leve a moderada do handicap” no M4; e o GTA passou de “Percepção leve a moderada do handicap” no M1 para “Sem percepção do handicap” no M4 (ROSIS; SOUZA; IÓRIO, 2009). No entanto, a limitação do pequeno número da amostra não nos permite generalizar esse achado. Esse achado nos mostra a importância da adaptação dos AASI nos processos de reabilitação auditiva, visto que, houve diminuição da limitação em atividades de vida diária dos idosos com perda de audição, independente do grupo.

Acreditamos que algumas limitações do presente estudo podem ter colaborado para esses achados, como: 1) o tamanho reduzido da amostra e desafios do desenvolvimento de estudos longitudinais na população estudada, que não nos permite uma análise robusta e que possa ser generalizada; 2) a intensidade de apresentação do estímulo não ter sido controlada pelo nível de sensibilidade auditiva dos participantes idosos com perda auditiva. Embora os limiares estivessem dentro de um intervalo pré-definido, as variações dentro desse intervalo podem ter culminado em diferentes sensações auditivas da mudança de pitch; 3) não realização da reavaliação dos limiares auditivos ao longo das reavaliações realizadas durante um ano, período em que pode ter havido piora dos limiares dos participantes; 4) o equipamento utilizado para o registro do potencial evocado, visto que o ACC é comumente evocado com estímulos mais longos, o que não era compatível com o equipamento utilizado no presente estudo.

Para estudos futuros, sugerimos um maior controle desses fatores. Além disso, recomendamos que o grupo controle também seja submetido a um algum tipo de atividade, que seja diferente da modalidade auditiva, mas seguindo o mesmo padrão e tempo de exposição que o grupo estudo. A fim de responder se as possíveis mudanças que podem ocorrer nas respostas neurais do processamento auditivo sejam provenientes do treinamento auditivo ou da prática de qualquer atividade.

Acreditamos que a comparação dos registros do ACC entre idosos com perda auditiva e idosos sem perda auditiva seja interessante para uma avaliação futura. Tendo em vista que as alterações associadas ao envelhecimento podem afetar os registros de forma mais semelhante entre os idosos com e sem perda auditiva, minimizando as variáveis entre os grupos que podem interferir na nossa análise e oferecendo uma avaliação mais precisa.

Ainda assim, o desenvolvimento do presente estudo demonstra um avanço na área da eletrofisiologia da audição especialmente no contexto brasileiro, ao buscar com o desenvolvimento de um novo estímulo acústico, uma maneira de que o ACC possa ser aplicado como um teste complementar à avaliação audiológica de idosos em reabilitação auditiva, permitindo uma maior compreensão acerca da discriminação auditiva cortical e das dificuldades enfrentadas por essa população. No futuro, novas propostas para uma bateria de avaliação auditiva completar mais sensível voltada a idosos com queixas de percepção de fala no ruído podem ser implementadas visando um melhor direcionamento da reabilitação auditiva e consequentemente para a qualidade de vida desta população.

7 CONCLUSÃO

A pesquisa resultou na criação de dois estímulos acústicos, sendo um estímulo para evocar o ACC e um estímulo controle, ambos compatíveis com o equipamento *Bio-logic Evoked Potential (EP) System*.

O estímulo foi capaz de eliciar o ACC em adultos ouvintes, porém esse método de avaliação objetiva com os estímulos desenvolvidos, não foi um método consistente para avaliação nos idosos com perda auditiva. E por este motivo não somos capazes de fazer inferências a respeito dos efeitos prolongados da reabilitação auditiva com uso de AASI associado ou não ao treinamento auditivo musical na discriminação auditiva cortical de idosos com perda de audição com base nos resultados encontrados neste estudo.

Os resultados obtidos sugerem que para as duas propostas de intervenção de reabilitação auditiva utilizadas no presente estudo houve diminuição dos impactos da restrição de participação em atividades de vida diária.

REFERÊNCIAS

- ALAIN, C.; ZENDEL, B. R.; HUTKA, S.; BIDELMAN, G. M. Turning down the noise: The benefit of musical training on the aging auditory brain. **Hearing Research**, [s. l.], v. 308, p. 162–173, 2014.
- ALAIN, C.; ZHU, K. Da; HE, Y.; ROSS, B. Sleep-dependent neuroplastic changes during auditory perceptual learning. **Neurobiology of Learning and Memory**, [s. l.], v. 118, p. 133–142, 2015. . Acesso em: 6 jun. 2020.
- ALCANTARA, Y. B.; FRIZZO, A. C. F.; CARNAUBA, A. T. L. **Eficácia do treinamento auditivo musical em idosos usuários de próteses auditivas**. 2020. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Marília, 2020.
- AMATNEEKS, T. M.; HAMDAN, A. C. Sensitivity and specificity of the Brazilian version of the Montreal Cognitive Assessment – Basic (MoCA-B) in chronic kidney disease. **Trends in Psychiatry and Psychotherapy**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. 327–333, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/trends/a/VYMtC5kjdzcPH5SrDGgknCc/?lang=en>>. Acesso em: 20 maio. 2024.
- AMITAY, S.; HAWKEY, D. J. C.; MOORE, D. R. Auditory frequency discrimination learning is affected by stimulus variability. **Perception & psychophysics**, [s. l.], v. 67, n. 4, p. 691–698, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16134462/>>. Acesso em: 11 jun. 2024.
- ANDERSON, S.; DEVRIES, L.; SMITH, E.; GOUPELL, M. J.; GORDON-SALANT, S. Rate Discrimination Training May Partially Restore Temporal Processing Abilities from Age-Related Deficits. **Journal of the Association for Research in Otolaryngology**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 771–786, 2022.
- ANDERSON, S.; PARBERY-CLARK, A.; WHITE-SCHWOCH, T.; KRAUS, N. Aging affects neural precision of speech encoding. **The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience**, [s. l.], v. 32, n. 41, p. 14156–64, 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23055485>>. Acesso em: 31 maio. 2018.
- ANDERSON, S.; PARBERY-CLARK, A.; YI, H.-G.; KRAUS, N. A Neural Basis of Speech-in-Noise Perception in Older Adults. **Ear & Hearing**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 750–757, 2011.
- ANDERSON, S.; WHITE-SCHWOCH, T.; CHOI, H. J.; KRAUS, N. Training changes processing of speech cues in older adults with hearing loss. **Frontiers in Systems Neuroscience**, [s. l.], v. 7, p. 97, 2013. a. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnsys.2013.00097/abstract>>. Acesso em: 31 maio. 2018.
- ANDERSON, S.; WHITE-SCHWOCH, T.; PARBERY-CLARK, A.; KRAUS, N. Reversal of age-related neural timing delays with training. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s. l.], v. 110, n. 11, p. 4357–4362, 2013. b. . Acesso em: 13 jan. 2020.
- APOLINÁRIO, D. **Montreal Cognitive Assessment - Basic (MoCA-B) Instruções para Aplicação e Pontuação**, 2015. Disponível em: <<http://www.mocatest.org/wpcontent/uploads/2015/03/MoCA-B-Brazil-Instructions-PDF.pdf>>
- AUERBACH, B. D.; RODRIGUES, P. V.; SALVI, R. J. Central Gain Control in Tinnitus and Hyperacusis. **Frontiers in Neurology**, [s. l.], v. 5, 2014.

BAUMANN, O.; BELIN, P. Perceptual scaling of voice identity: common dimensions for different vowels and speakers. **Psychological Research Psychologische Forschung**, [s. l.], v. 74, n. 1, p. 110–120, 2010.

BIDELMAN, G. M.; ALAIN, C. Musical Training Orchestrates Coordinated Neuroplasticity in Auditory Brainstem and Cortex to Counteract Age-Related Declines in Categorical Vowel Perception. **The Journal of Neuroscience**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 1240–1249, 2015.

BIDELMAN, G. M.; LOWTHER, J. E.; TAK, S. H.; ALAIN, C. Mild Cognitive Impairment Is Characterized by Deficient Brainstem and Cortical Representations of Speech. **The Journal of Neuroscience**, [s. l.], v. 37, n. 13, p. 3610–3620, 2017.

BIEBER, R. E.; GORDON-SALANT, S. Improving older adults' understanding of challenging speech: Auditory training, rapid adaptation and perceptual learning. **Hearing Research**, [s. l.], v. 402, p. 108054, 2021. . Acesso em: 6 jun. 2024.

BIOT, L.; JACXSENS, L.; CARDON, E.; VERSNEL, H.; RHEBERGEN, K. S.; BOERBOOM, R. A.; GILLES, A.; ROMPAEY, V. Van; LAMMERS, M. J. W. Validation of the acoustic change complex (ACC) prediction model to predict speech perception in noise in adult patients with hearing loss: a study protocol. **Diagnostic and Prognostic Research**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 1, 2024. Disponível em: </pmc/articles/PMC10807087/>. Acesso em: 19 maio. 2024.

BOTT, A.; SAUNDERS, G. A scoping review of studies investigating hearing loss, social isolation and/or loneliness in adults. **International Journal of Audiology**, [s. l.], v. 60, n. sup2, p. 30–46, 2021.

CAMPBELL, J.; SHARMA, A. Compensatory changes in cortical resource allocation in adults with hearing loss. **Frontiers in Systems Neuroscience**, [s. l.], v. 7, p. 71, 2013. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnsys.2013.00071/abstract>>. Acesso em: 31 maio. 2018.

CARDON, G.; SHARMA, A. Somatosensory Cross-Modal Reorganization in Adults With Age-Related, Early-Stage Hearing Loss. **Frontiers in Human Neuroscience**, [s. l.], v. 12, p. 172, 2018. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2018.00172/full>>. Acesso em: 31 maio. 2018.

CHERMAK, G. D.; MUSIEK, F. E. Auditory Training: Principles and Approaches for Remediating and Managing Auditory Processing Disorders. **Seminars in Hearing**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 297–308, 2002. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2002-35878>>. Acesso em: 9 jan. 2020.

CHING, T. Y. C.; ZHANG, V. W.; IBRAHIM, R.; BARDY, F.; RANCE, G.; VAN DUN, B.; SHARMA, M.; CHISARI, D.; DILLON, H. Acoustic change complex for assessing speech discrimination in normal-hearing and hearing-impaired infants. **Clinical Neurophysiology**, [s. l.], v. 149, p. 121–132, 2023.

CLINARD, C. G.; TREMBLAY, K. L.; KRISHNAN, A. R. Aging alters the perception and physiological representation of frequency: Evidence from human frequency-following response recordings. **Hearing Research**, [s. l.], v. 264, n. 1–2, p. 48–55, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037859550900286X?via%3Dihub>>. Acesso em: 31 maio. 2018.

COLTON, R. H.; CASPER, J. K.; LEONARD, R. **Understanding Voice Problems: A Physiological Perspective for Diagnosis and Treatment**. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

CULLING, J. F.; DARWIN, C. J. Perceptual separation of simultaneous vowels: Within and across-formant grouping by F0. **The Journal of the Acoustical Society of America**, [s. l.], v. 93, n. 6, p. 3454–3467, 1993.

DAVIS, S. W.; ZHUANG, J.; WRIGHT, P.; TYLER, L. K. Age-related sensitivity to task-related modulation of language-processing networks. **Neuropsychologia**, [s. l.], v. 63, p. 107–115, 2014.

DE GÓES, V. B.; FRIZZO, A. C. F.; OLIVEIRA, F. R.; GARNER, D. M.; RAIMUNDO, R. D.; VALENTI, V. E. Interaction Between Cortical Auditory Processing and Vagal Regulation of Heart Rate in Language Tasks: A Randomized, Prospective, Observational, Analytical and Cross-Sectional Study. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–12, 2019. . Acesso em: 17 fev. 2020.

DIMITRIJEVIC, A.; LOLLI, B.; MICHALEWSKI, H. J.; PRATT, H.; ZENG, F.-G.; STARR, A. Intensity changes in a continuous tone: Auditory cortical potentials comparison with frequency changes. **Clinical Neurophysiology**, [s. l.], v. 120, n. 2, p. 374–383, 2009.

DIMITRIJEVIC, A.; MICHALEWSKI, H. J.; ZENG, F.-G.; PRATT, H.; STARR, A. Frequency changes in a continuous tone: Auditory cortical potentials. **Clinical Neurophysiology**, [s. l.], v. 119, n. 9, p. 2111–2124, 2008.

DIMITRIJEVIC, A.; STARR, A.; BHATT, S.; MICHALEWSKI, H. J.; ZENG, F.-G.; PRATT, H. Auditory cortical N100 in pre- and post-synaptic auditory neuropathy to frequency or intensity changes of continuous tones. **Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology**, [s. l.], v. 122, n. 3, p. 594–604, 2011.

DU, Y.; HE, Y.; ROSS, B.; BARDOUILLE, T.; WU, X.; LI, L.; ALAIN, C. Human Auditory Cortex Activity Shows Additive Effects of Spectral and Spatial Cues during Speech Segregation. **Cerebral Cortex March**, [s. l.], v. 21, p. 698–707, 2011. a. Disponível em: <<https://academic.oup.com/cercor/article/21/3/698/314736>>. Acesso em: 20 jun. 2024.

DU, Y.; KONG, L.; WANG, Q.; WU, X.; LI, L. Auditory frequency-following response: A neurophysiological measure for studying the “cocktail-party problem”. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, [s. l.], v. 35, n. 10, p. 2046–2057, 2011. b.

DUBINSKY, E.; WOOD, E. A.; NESPOLI, G.; RUSSO, F. A. Short-Term Choir Singing Supports Speech-in-Noise Perception and Neural Pitch Strength in Older Adults With Age-Related Hearing Loss. **Frontiers in Neuroscience**, [s. l.], v. 13, 2019.

ESPINOZA-VARAS, B.; JANG, H. Aging Impairs the Ability to Ignore Irrelevant Information in Frequency Discrimination Tasks. **Experimental Aging Research**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 209–226, 2006.

FENG, Y.; YIN, S.; KIEFTE, M.; WANG, J. Temporal Resolution in Regions of Normal Hearing and Speech Perception in Noise for Adults with Sloping High-Frequency Hearing Loss. **Ear & Hearing**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 115–125, 2010.

FREIRE, K. G. M. Estratégias de Avaliação e Reabilitação em Deficientes Auditivos Adultos. Em: BOÉCHAT, E. M. (Ed.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Santos Editora, 2015. p. 503–509.

FREIRE, K. G. M.; IORIO, M. C. M. **Treinamento auditivo musical: uma proposta para idosos usuários de próteses auditivas**. 2009. (Tese de Doutorado em Ciências) Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), [s. l.], 2009. Disponível em: <<http://vml029.epm.br/handle/11600/10143>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

FRIESEN, L. M.; TREMBLAY, K. L. Acoustic Change Complexes Recorded in Adult Cochlear Implant Listeners. **Ear and Hearing**, [s. l.], v. 27, n. 6, p. 678–685, 2006.

FU, Q. J.; NOGAKI, G.; GALVIN, J. J. Auditory training with spectrally shifted speech: implications for cochlear implant patient auditory rehabilitation. **Journal of the Association for Research in Otolaryngology : JARO**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 180–189, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15952053/>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

GANAPATHY, M. K.; NARNE, V. K.; KALAIAH, M. K.; MANJULA, P. Effect of pre-transition stimulus duration on acoustic change complex. **International Journal of Audiology**, [s. l.], v. 52, n. 5, p. 350–359, 2013.

GANGULY, K.; POO, M. Activity-Dependent Neural Plasticity from Bench to Bedside. **Neuron**, [s. l.], v. 80, n. 3, p. 729–741, 2013.

GORDON-SALANT, S. Speech Perception and Auditory Temporal Processing Performance by Older Listeners: Implications for Real-World Communication. **Seminars in Hearing**, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 264–268, 2006. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2006-954852>>. Acesso em: 29 maio. 2018.

GORDON-SALANT, S.; FITZGIBBONS, P. J. Temporal Factors and Speech Recognition Performance in Young and Elderly Listeners. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, [s. l.], v. 36, n. 6, p. 1276–1285, 1993.

GORDON-SALANT, S.; FITZGIBBONS, P. J. Profile of Auditory Temporal Processing in Older Listeners. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 300–311, 1999.

GRAFMAN, J. Conceptualizing functional neuroplasticity. **Journal of communication disorders**, [s. l.], v. 33, n. 4, p. 345–55; quiz 355–6, 2000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11001161>>. Acesso em: 8 jan. 2020.

GROSE, J. H.; MAMO, S. K. Processing of temporal fine structure as a function of age. **Ear and hearing**, [s. l.], v. 31, n. 6, p. 755–60, 2010. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20592614>>. Acesso em: 1 jun. 2018.

HALL, J. Overview of auditory neurophysiology: past, present, and future. Em: **New hand book of auditory evoked responses**. Boston: Pearson Education, 2007. p. 1–34.

HALL, J. W. **New Handbook for Auditory Evoked Responses**. Boston: Pearson Education, 2006.

HARRIS, K. C.; ECKERT, M. A.; AHLSTROM, J. B.; DUBNO, J. R. Age-related differences in gap detection: Effects of task difficulty and cognitive ability. **Hearing Research**, [s. l.], v. 264, n. 1–2, p. 21–29, 2010.

- HARRIS, K. C.; MILLS, J. H.; DUBNO, J. R. Electrophysiologic correlates of intensity discrimination in cortical evoked potentials of younger and older adults. **Hearing Research**, [s. l.], v. 228, n. 1–2, p. 58–68, 2007.
- HE, N.; MILLS, J. H.; DUBNO, J. R. Frequency modulation detection: Effects of age, psychophysical method, and modulation waveform. **The Journal of the Acoustical Society of America**, [s. l.], v. 122, n. 1, p. 467–477, 2007.
- HE, S.; GROSE, J. H.; BUCHMAN, C. A. Auditory discrimination: The relationship between psychophysical and electrophysiological measures. **International Journal of Audiology**, [s. l.], v. 51, n. 10, p. 771–782, 2012.
- HE, S.; GROSE, J. H.; TEAGLE, H. F. B.; WOODARD, J.; PARK, L. R.; HATCH, D. R.; ROUSH, P.; BUCHMAN, C. A. Acoustically Evoked Auditory Change Complex in Children With Auditory Neuropathy Spectrum Disorder. **Ear & Hearing**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 289–301, 2015.
- HEIDARI, A.; MOOSSAVI, A.; YADEGARI, F.; BAKHSHI, E.; AHADI, M. Effect of Vowel Auditory Training on the Speech-In-Noise Perception among Older Adults with Normal Hearing. **Iranian journal of otorhinolaryngology**, [s. l.], v. 32, n. 111, p. 229–236, 2020.
- HENDERSON SABES, J.; SWEETOW, R. W. Variables predicting outcomes on listening and communication enhancement (LACE) training. **International Journal of Audiology**, [s. l.], v. 46, n. 7, p. 374–383, 2007.
- HENNIG, T. R.; COSTA, M. J.; ROSSI, A. G.; DE MORAES, A. B. Auditory rehabilitation effects on the temporal ordering ability in elderly hearing aids users. **Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 26–33, 2012. . Acesso em: 30 mar. 2020.
- HERRMANN, B.; BUTLER, B. E. Hearing loss and brain plasticity: the hyperactivity phenomenon. **Brain Structure and Function**, [s. l.], v. 226, n. 7, p. 2019–2039, 2021.
- HYDE, M. The N1 Response and Its Applications. **Audiology and Neurotology**, [s. l.], v. 2, n. 5, p. 281–307, 1997.
- JASPER, H. H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. Em: **Electroencephalography and clinical neurophysiology**. [s.l: s.n.].
- JAYAKODY, D. M. P.; ALMEIDA, O. P.; SPEELMAN, C. P.; BENNETT, R. J.; MOYLE, T. C.; YIANNOS, J. M.; FRIEDLAND, P. L. Association between speech and high-frequency hearing loss and depression, anxiety and stress in older adults. **Maturitas**, [s. l.], v. 110, p. 86–91, 2018.
- JAYAKODY, D. M. P.; WISHART, J.; STEGEMAN, I.; EIKELBOOM, R.; MOYLE, T. C.; YIANNOS, J. M.; GOODMAN-SIMPSON, J. J.; ALMEIDA, O. P. Is There an Association Between Untreated Hearing Loss and Psychosocial Outcomes? **Frontiers in Aging Neuroscience**, [s. l.], v. 14, 2022.
- JERGER, J.; JERGER, S.; MAULDIN, L. Studies in Impedance Audiometry: I. Normal and Sensorineural Ears. **Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery**, [s. l.], v. 96, n. 6, p. 513–523, 1972.
- KALAIHAH, M. K. Acoustic change complex for frequency changes. **Hearing, Balance and Communication**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 29–35, 2018.

KARAWANI, H.; JENKINS, K.; ANDERSON, S. Restoration of sensory input may improve cognitive and neural function. **Neuropsychologia**, [s. l.], v. 114, p. 203–213, 2018. . Acesso em: 7 abr. 2020.

KNIPPER, M.; VAN DIJK, P.; NUNES, I.; RÜTTIGER, L.; ZIMMERMANN, U. Advances in the neurobiology of hearing disorders: Recent developments regarding the basis of tinnitus and hyperacusis. **Progress in Neurobiology**, [s. l.], v. 111, p. 17–33, 2013.

LAWRENCE, B. J.; JAYAKODY, D. M. P.; BENNETT, R. J.; EIKELBOOM, R. H.; GASSON, N.; FRIEDLAND, P. L. Hearing Loss and Depression in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. **The Gerontologist**, [s. l.], v. 60, n. 3, p. e137–e154, 2020.

LEE, J.; HAN, J.-H.; LEE, H.-J. Long-Term Musical Training Alters Auditory Cortical Activity to the Frequency Change. **Frontiers in Human Neuroscience**, [s. l.], v. 14, 2020.

LESSA, A. H.; HENNIG, T.; COSTA, M.; ROSSI, A. G. Resultados da reabilitação auditiva em idosos usuários de próteses auditivas avaliados com teste dicótico. **CoDAS**, [s. l.], v. 25, p. 169–75, 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/259652821>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

LIANG, C.; EARL, B.; THOMPSON, I.; WHITAKER, K.; CAHN, S.; XIANG, J.; FU, Q.-J.; ZHANG, F. Musicians Are Better than Non-musicians in Frequency Change Detection: Behavioral and Electrophysiological Evidence. **Frontiers in Neuroscience**, [s. l.], v. 10, 2016.

LIVINGSTON, G.; HUNTLEY, J.; SOMMERLAD, A.; AMES, D.; BALLARD, C.; BANERJEE, S.; BRAYNE, C.; BURNS, A.; COHEN-MANSFIELD, J.; COOPER, C.; COSTAFREDA, S. G.; DIAS, A.; FOX, N.; GITLIN, L. N.; HOWARD, R.; KALES, H. C.; KIVIMÄKI, M.; LARSON, E. B.; OGUNNIYI, A.; ORGETA, V.; RITCHIE, K.; ROCKWOOD, K.; SAMPSON, E. L.; SAMUS, Q.; SCHNEIDER, L. S.; SELBÆK, G.; TERI, L.; MUKADAM, N. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. **The Lancet**, [s. l.], v. 396, n. 10248, p. 413–446, 2020.

MARTIN, B. A.; BOOTHROYD, A. Cortical, Auditory, Event-Related Potentials in Response to Periodic and Aperiodic Stimuli with the Same Spectral Envelope. **Ear and Hearing**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 33–44, 1999.

MARTIN, B. A.; BOOTHROYD, A. Cortical, auditory, evoked potentials in response to changes of spectrum and amplitude. **The Journal of the Acoustical Society of America**, [s. l.], v. 107, n. 4, p. 2155–2161, 2000.

MARTIN, B. A.; BOOTHROYD, A.; ALI, D.; LEACH-BERTH, T. Stimulus Presentation Strategies for Eliciting the Acoustic Change Complex: Increasing Efficiency. **Ear & Hearing**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 356–366, 2010.

MARTINEZ, A.; EISENBERG, L.; BOOTHROYD, A. The Acoustic Change Complex in Young Children with Hearing Loss: A Preliminary Study. **Seminars in Hearing**, [s. l.], v. 34, n. 04, p. 278–287, 2013.

MATHEW, A. K.; PURDY, S. C.; WELCH, D.; PONTOPPIDAN, N. H.; RØNNE, F. M. Electrophysiological and behavioural processing of complex acoustic cues. **Clinical Neurophysiology**, [s. l.], v. 127, n. 1, p. 779–789, 2016.

MCGUIRE, K.; FIRESTONE, G. M.; ZHANG, N.; ZHANG, F. The Acoustic Change Complex in Response to Frequency Changes and Its Correlation to Cochlear Implant Speech Outcomes. **Frontiers in Human Neuroscience**, [s. l.], v. 15, 2021.

MEEHAN, S.; VAN DER SCHROEFF, M. P.; ADANK, M. L.; BRAMER, W. M.; VROEGOP, J. L. The Performance of the Acoustic Change Complex Versus Psychophysical Behavioral Measures: A Systematic Review of Measurements in Adults. **Ear and Hearing**, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://journals.lww.com/ear-hearing/fulltext/9900/the_performance_of_the_acoustic_change_complex.391.aspx>. Acesso em: 19 mar. 2025.

MICHALEWSKI, H. J.; STARR, A.; NGUYEN, T. T.; KONG, Y.-Y.; ZENG, F.-G. Auditory temporal processes in normal-hearing individuals and in patients with auditory neuropathy. **Clinical Neurophysiology**, [s. l.], v. 116, n. 3, p. 669–680, 2005.

MIRANDA, E. de C.; ANDRADE, A. N. De; GIL, D.; IÓRIO, M. C. M. A efetividade do treinamento auditivo formal em idosos usuários de próteses auditivas no período de aclimatação. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 316–321, 2007. . Acesso em: 1 abr. 2020.

MOON, I. J.; HONG, S. H. What Is Temporal Fine Structure and Why Is It Important? **Korean Journal of Audiology**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 1, 2014.

MOORE, B. C. J. The Role of Temporal Fine Structure Processing in Pitch Perception, Masking, and Speech Perception for Normal-Hearing and Hearing-Impaired People. **Journal of the Association for Research in Otolaryngology**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 399–406, 2008.

MOORE, B. C. J.; MOORE, G. A. Discrimination of the fundamental frequency of complex tones with fixed and shifting spectral envelopes by normally hearing and hearing-impaired subjects. **Hearing Research**, [s. l.], v. 182, n. 1–2, p. 153–163, 2003.

MUSIEK, F. E.; SHINN, J. B.; JIRSA, R.; BAMIOU, D.-E.; BARAN, J. A.; ZAIDA, E. GIN (Gaps-In-Noise) Test Performance in Subjects with Confirmed Central Auditory Nervous System Involvement. **Ear and Hearing**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 608–618, 2005.

MUSIEK, F.; SCHOCHAT, E. Auditory training and central auditory processing disorders. A case study. **Seminars in Hearings**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 357–366, 1998. Disponível em: <<https://arizona.pure.elsevier.com/en/publications/auditory-training-and-central-auditory-processing-disorders-a-cas>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

NORDON, D. G.; GUIMARÃES, R. R.; KOZONOE, D. Y.; MANCILHA, V. S.; NETO, V. S. D. Perda cognitiva em idosos. **Osteoporosis Update**, [s. l.], 2009. . Acesso em: 1 jan. 2020.

ODA, D. T. M. K.; MARTINELLI, M. C. Efeito do treinamento musical em idosos candidatos ao uso de próteses auditivas. **Distúrbios da Comunicação**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 88–102, 2021. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/50467>>. Acesso em: 21 mar. 2025.

OSTROFF, J. M.; MARTIN, B. A.; BOOTHROYD, A. Cortical Evoked Response To Acoustic Change Within A Syllable. **Ear and Hearing**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 290–297, 1998.

OXENHAM, A. J. Pitch Perception. **The Journal of Neuroscience**, [s. l.], v. 32, n. 39, p. 13335–13338, 2012.

PARBERRY-CLARK, A.; ANDERSON, S.; HITNER, E.; KRAUS, N. Musical experience strengthens the neural representation of sounds important for communication in middle-aged adults. **Frontiers in Aging Neuroscience**, [s. l.], v. 4, 2012.

PARK, S.; PARK, K. H.; HAN, W. The Effects of Music-Based Auditory Training on Hearing-Impaired Older Adults With Mild Cognitive Impairment. **Clinical and Experimental Otorhinolaryngology**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 26–36, 2024.

PASCUAL-LEONE, A.; AMEDI, A.; FREGNI, F.; MERABET, L. B. THE PLASTIC HUMAN BRAIN CORTEX. **Annual Review of Neuroscience**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 377–401, 2005. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216>>. Acesso em: 7 jan. 2020.

PEELLE, J. E.; WINGFIELD, A. The Neural Consequences of Age-Related Hearing Loss. **Trends in Neurosciences**, [s. l.], v. 39, n. 7, p. 486–497, 2016. . Acesso em: 2 jan. 2020.

PICHORA-FULLER, K.; MACDONALD, E. Auditory temporal processing deficits in older listeners: From a review to a future view of Presbycusis. **Proceedings of the International Symposium on Auditory and Audiological Research**, [s. l.], v. 1, p. 291–300, 2007. Disponível em: <<https://proceedings.isaar.eu/index.php/isaarproc/article/view/2007-28>>. Acesso em: 16 jun. 2024.

PICHORA-FULLER, M. K.; SOUZA, P. E. Effects of aging on auditory processing of speech. **International journal of audiology**, [s. l.], v. 42 Suppl 2, p. 2S11-6, 2003.

ROSEN, S. Temporal Information in Speech: Acoustic, Auditory and Linguistic Aspects. **Philosophical Transactions: Biological Sciences**, [s. l.], v. 336, n. 1278, p. 367–373, 1992. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/55906>>. Acesso em: 25 jun. 2024.

ROSIS, A. C. A. De; SOUZA, M. R. F. De; IÓRIO, M. C. M. Questionário Hearing Handicap Inventory for the Elderly - Screening version (HHIE-S): estudo da sensibilidade e especificidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 339–345, 2009.

ROSS, B.; SCHNEIDER, B.; SNYDER, J. S.; ALAIN, C. Biological Markers of Auditory Gap Detection in Young, Middle-Aged, and Older Adults. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. e10101, 2010.

SALVI, R.; SUN, W.; DING, D.; CHEN, G.-D.; LOBARINAS, E.; WANG, J.; RADZIOW, K.; AUERBACH, B. D. Inner Hair Cell Loss Disrupts Hearing and Cochlear Function Leading to Sensory Deprivation and Enhanced Central Auditory Gain. **Frontiers in Neuroscience**, [s. l.], v. 10, 2017.

SANJU, H. K.; JAIN, T.; KUMAR, P. Acoustic Change Complex as a Neurophysiological Tool to Assess Auditory Discrimination Skill: A Review. **International Archives of Otorhinolaryngology**, [s. l.], v. 27, n. 02, p. e362–e369, 2023.

SARMENTO, A. L. R. **Apresentação e aplicabilidade da versão brasileira da MoCA (Montreal Cognitive Assessment)para rastreio de Comprometimento Cognitivo Leve**. 2009. Universidade Federal de São Paulo, [s. l.], 2009. Disponível em: <<http://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/8967/Publico-00377.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 1 jan. 2020.

SHEHORN, J.; WONG, B.; MARRONE, N.; CONE, B. K. Amplification Effects on the Acoustic Change Complex in Older Adults With Sensorineural Hearing Loss. **Perspectives of the ASHA Special Interest Groups**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 1380–1391, 2023.

SHETTY, H. N.; MANJULA, P. Effect of Stimuli, Transducers and Gender on Acoustic Change Complex. **Audiology Research**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. e14, 2012.

SHUKLA, A.; HARPER, M.; PEDERSEN, E.; GOMAN, A.; SUEN, J. J.; PRICE, C.; APPLEBAUM, J.; HOYER, M.; LIN, F. R.; REED, N. S. Hearing Loss, Loneliness, and Social Isolation: A Systematic Review. **Otolaryngology–Head and Neck Surgery**, [s. l.], v. 162, n. 5, p. 622–633, 2020.

SOHIER, H.; BARDY, F.; CHING, T. Y. C. Relationship between objective measures of hearing discrimination elicited by non-linguistic stimuli and speech perception in adults. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 19554, 2021.

SONCINI, F.; COSTA, M. J. Efeito da prática musical no reconhecimento da fala no silêncio e no ruído. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 161–170, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pfono/a/C5hLQjHpF8ZHcqWtnqKmjBk/?lang=pt>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

STROPAHL, M.; BESSER, J.; LAUNER, S. Auditory Training Supports Auditory Rehabilitation. **Ear and Hearing**, [s. l.], p. 1, 2019. . Acesso em: 6 jun. 2020.

SWEETOW, R. W.; HENDERSON-SABES, J. The case for LACE Listening and auditory communication enhancement training. **The Hearing Journal**, [s. l.], v. 57, n. 3, p. 32–35, 2004.

TREMBLAY, K. L.; KALSTEIN, L.; BILLINGS, C. J.; SOUZA, P. E. The Neural Representation of Consonant-Vowel Transitions in Adults Who Wear Hearing Aids. **Trends in Amplification**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 155–162, 2006.

TREMBLAY, K. L.; PISKOSZ, M.; SOUZA, P. Effects of age and age-related hearing loss on the neural representation of speech cues. **Clinical Neurophysiology**, [s. l.], v. 114, n. 7, p. 1332–1343, 2003. . Acesso em: 6 abr. 2020.

VAN HETEREN, J. A. A.; VONCK, B. M. D.; STOKROOS, R. J.; VERSNEL, H.; LAMMERS, M. J. W. The Acoustic Change Complex Compared to Hearing Performance in Unilaterally and Bilaterally Deaf Cochlear Implant Users. **Ear and Hearing**, [s. l.], v. 43, n. 6, p. 1783, 2022. Disponível em: <[pmc/articles/PMC9592183/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39592183/)>. Acesso em: 2 jul. 2024.

VAN WILDERODE, M.; VERMAETE, E.; FRANCAERT, T.; WOUTERS, J.; VAN WIERINGEN, A. Effectiveness of Auditory Training in Experienced Hearing-Aid Users, and an Exploration of Their Health-Related Quality of Life and Coping Strategies. **Trends in Hearing**, [s. l.], v. 27, 2023.

VANDER WERFF, K. R.; BURNS, K. S. Brain Stem Responses to Speech in Younger and Older Adults. **Ear & Hearing**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 168–180, 2011.

VENTRY, I. M.; WEINSTEIN, B. E. The hearing handicap inventory for the elderly: A new tool. **Ear and Hearing**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 128–134, 1982. . Acesso em: 17 mar. 2020.

VENTRY, I. M.; WEINSTEIN, B. E. Identification of elderly people with hearing problems. **ASHA**, [s. l.], v. 25, n. 7, p. 37–42, 1983. . Acesso em: 24 mar. 2020.

VONCK, B. M. D.; LAMMERS, M. J. W.; SCHAAKE, W. A. A.; VAN ZANTEN, G. A.; STOKROOS, R. J.; VERSNEL, H. Cortical potentials evoked by tone frequency changes compared to frequency discrimination and speech perception: Thresholds in normal-hearing and hearing-impaired subjects. **Hearing Research**, [s. l.], v. 401, p. 108154, 2021.

VONCK, B. M. D.; LAMMERS, M. J. W.; VAN DER WAALS, M.; VAN ZANTEN, G. A.; VERSNEL, H. Cortical Auditory Evoked Potentials in Response to Frequency Changes with Varied Magnitude, Rate, and Direction. **Journal of the Association for Research in Otolaryngology**, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 489–498, 2019.

VONCK, B. M. D.; VAN HETEREN, J. A. A.; LAMMERS, M. J. W.; DE JEL, D. V. C.; SCHAAKE, W. A. A.; VAN ZANTEN, G. A.; STOKROOS, R. J.; VERSNEL, H. Cortical potentials evoked by tone frequency changes can predict speech perception in noise. **Hearing Research**, [s. l.], v. 420, p. 108508, 2022.

WALTON, J. P. Timing is everything: Temporal processing deficits in the aged auditory brainstem. **Hearing Research**, [s. l.], v. 264, n. 1–2, p. 63–69, 2010.

WANG, X.; NIE, S.; WEN, Y.; ZHAO, Z.; LI, J.; WANG, N.; ZHANG, J. Age-related differences in auditory spatial processing revealed by acoustic change complex. **Frontiers in Human Neuroscience**, [s. l.], v. 18, p. 1342931, 2024.

WHITING, K. A.; MARTIN, B. A.; STAPELLS, D. R. The Effects of Broadband Noise Masking on Cortical Event-Related Potentials to Speech Sounds /ba/ and /da/. **Ear and Hearing**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 218–231, 1998.

WINGFIELD, A.; TUN, P. A.; MCCOY, S. L. Hearing Loss in Older Adulthood. **Current Directions in Psychological Science**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 144–148, 2005. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1111/j.0963-7214.2005.00356.x>>. Acesso em: 1 jun. 2018.

WONG, P. C. M.; JIN, J. X.; GUNASEKERA, G. M.; ABEL, R.; LEE, E. R.; DHAR, S. Aging and cortical mechanisms of speech perception in noise. **Neuropsychologia**, [s. l.], v. 47, n. 3, p. 693–703, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19124032>>. Acesso em: 29 maio. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Deafness and hearing loss**. 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>>. Acesso em: 20 jun. 2024.

YOON, Y.-S.; BOREN, C. M.; DIAZ, B. Effect of Realistic Test Conditions on Spectral and Temporal Processing in Normal-Hearing Listeners. **American Journal of Audiology**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 160–169, 2021.

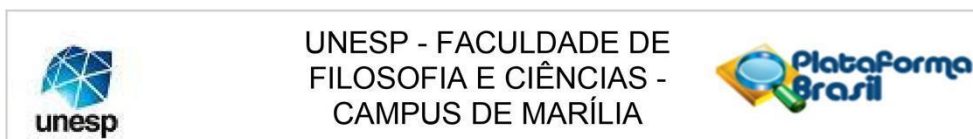
YVONNE LAI, C. Y.; NG, P. S.; CHAN, A. H. D.; WONG, F. C. K. Effects of Auditory Training in Older Adults. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, [s. l.], v. 66, n. 10, p. 4137–4149, 2023. Disponível em: <https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2023_JSLHR-22-00621?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed>. Acesso em: 6 jun. 2024.

ZENDEL, B. R.; ALAIN, C. Enhanced attention-dependent activity in the auditory cortex of older musicians. **Neurobiology of Aging**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 55–63, 2014.

ZENDEL, B. R.; WEST, G. L.; BELLEVILLE, S.; PERETZ, I. Musical training improves the ability to understand speech-in-noise in older adults. **Neurobiology of aging**, [s. l.], v. 81, p. 102–115, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31280114/>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

ZHANG, L.; FU, X.; LUO, D.; XING, L.; DU, Y. Musical Experience Offsets Age-Related Decline in Understanding Speech-in-Noise: Type of Training Does Not Matter, Working Memory Is the Key. **Ear & Hearing**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 258–270, 2021.

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da função auditiva em idosos com presbiacusia antes e após reabilitação auditiva

Pesquisador: Yara Bagali Alcântara

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 02848918.2.0000.5406

Instituição Proponente: Faculdade de Filosofia e Ciências/ UNESP - Campus de Marília

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.032.201

Apresentação do Projeto:

O envelhecimento populacional tem aumentado a porcentagem de idosos com perda auditiva decorrente do avanço da idade. Neste tipo de perda auditiva, chamada de presbiacusia, os idosos queixam-se de dificuldade no reconhecimento de fala no ruído, que pode ter como causa não só a perda auditiva periférica, mas também pode estar ligada aos déficits no processamento auditivo neural. Hoje, a reabilitação auditiva para esta população inclui a adaptação da prótese auditiva e aplicação de treinamento auditivo, para estimulação das habilidades auditivas centrais. A compreensão dos mecanismos centrais da audição que interferem nos processos de adaptação e reabilitação auditiva nesta população ainda é um desafio. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo, comparar as medidas da função auditiva em idosos com presbiacusia antes e após reabilitação auditiva. Participarão do estudo 20 indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos, com diagnóstico de presbiacusia, indicação de um médico otorrinolaringologista para a adaptação de prótese auditiva e ausência de comprometimento cognitivo. Serão divididos em dois grupos: Grupo Reabilitação Auditiva: sujeitos submetidos a reabilitação auditiva com adaptação de prótese auditiva e treinamento auditivo; Grupo Prótese Auditiva: participantes submetidos a reabilitação auditiva somente com prótese auditiva. Os procedimentos de coleta de dados que irão compor a bateria de testes da função auditiva serão o Potencial Evocado Auditivo Cortical e Teste de Percepção de Fala no Ruído. A avaliação será realizada em dois momentos, avaliação inicial e reavaliação após três meses da reabilitação auditiva.

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737

Bairro: Campus Universitário

CEP: 17.525-900

UF: SP

Município: MARÍLIA

Telefone: (14)3402-1346

E-mail: cep.marilia@unesp.br



**UNESP - FACULDADE DE
FILOSOFIA E CIÊNCIAS -
CAMPUS DE MARÍLIA**



Continuação do Parecer: 3.032.201

Objetivo da Pesquisa:

Este projeto de pesquisa pretende trazer uma melhor compreensão acerca do processamento central da informação auditiva na população idosa. E tem como objetivo comparar as medidas da função auditiva em idosos com presbiacusia antes e após reabilitação auditiva.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não se aplica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa encontra-se dentro dos critérios éticos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados e analisados os termos solicitados pelo Comitê de ética em Pesquisa com seres humanos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP da FFC da UNESP de MARÍLIA, em reunião ordinária de 21/11/2018, após acatar o parecer do membro relator previamente aprovado para o presente estudo e atendendo a todos os dispositivos das resoluções 466/2012, 510/2016 e complementares, bem como ter aprovado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido como também todos os anexos incluídos na pesquisa, resolve APROVAR o projeto de pesquisa Avaliação da função auditiva em idosos com presbiacusia antes e após reabilitação auditiva.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1210122.pdf	12/11/2018 22:05:32		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Yara_cep.pdf	12/11/2018 22:05:13	Yara Bagali Alcântara	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AUTORIZACAOCEES.pdf	12/11/2018 22:04:54	Yara Bagali Alcântara	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostopb.pdf	04/09/2018 16:54:25	Yara Bagali Alcântara	Aceito
TCLE / Termos de	TCEMESTRADO.pdf	01/09/2018	Yara Bagali	Aceito

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737

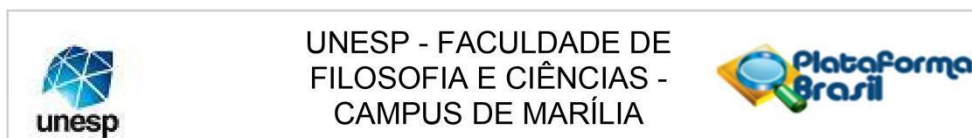
Bairro: Campus Universitário

CEP: 17.525-900

UF: SP **Município:** MARÍLIA

Telefone: (14)3402-1346

E-mail: cep.marilia@unesp.br



Continuação do Parecer: 3.032.201

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEMESTRADO.pdf	16:41:13	Alcântara	Aceito
--	------------------	----------	-----------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MARILIA, 22 de Novembro de 2018

Assinado por:
CLAUDIO ROBERTO BROCANELLI
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 17.525-900
UF: SP **Município:** MARILIA
Telefone: (14)3402-1346 **E-mail:** cep.marilia@unesp.br