ALINE ALBUQUERQUE MORAIS

A eficácia do treinamento auditivo acusticamente controlado em
idosos com transtorno do processamento auditivo

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliane Schochat

São Paulo
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Morais, Aline Albuquerque

A eficácia do treinamento auditivo acusticamente controlado em idosos com transtorno do processamento auditivo / Aline Albuquerque Moraes. -- São Paulo, 2015.

**Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.**

Programa de Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Eliane Schochat.

Descritores: 1.Audição 2.Envelhecimento 3.Transtorno da percepção auditiva 4.Estimulação acústica 5.Plasticidade neuronal 6.Potencial evocado P300

USP/FM/DBD-047/15

Nome: Aline Albuquerque Moraes

Título: A eficácia do treinamento auditivo acusticamente controlado em idosos com transtorno do processamento auditivo

Dissertação apresentada à
Faculdade de Medicina da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciência

Aprovado em:

Banca Examinadora

Profa. Dra. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Profa. Dra. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Profa. Dra. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedico à minha avó materna **Dalila Bandeira de Melo Albuquerque**, exemplo de mulher que com seus 90 anos de vida, sendo os últimos deles convivendo com uma síndrome demencial, fortalece em mim a vontade de continuar estudando, visando contribuir para o envelhecimento ativo e com qualidade de vida da sociedade.

Agradecimentos

À minha querida orientadora, **Profª. Dra. Eliane Schochat**, pela tamanha generosidade, simplicidade e prazer em ensinar. Sinto-me eternamente grata por ter me acolhido de forma tão carinhosa em seu laboratório, depositando sua confiança em mim e transmitindo com sabedoria seus conhecimentos imensuráveis em audiologia e também os que a experiência em viver lhe conferiu, acalmando por diversas vezes os meus anseios acadêmicos e pessoais.

Às minhas famílias, dos meus três lares: **Mãe, Carlão, Aninha, Belle, Pai, Lurdinha, Renan, Leo, Antônio Carlos e Yara**, agradeço por tanta paciência com a minha fase instável de pós graduanda, pela compreensão nos momentos de ausência de espírito e de corpo, pelo amor, carinho e modesto orgulho que exprimem por mim. A satisfação de vocês sempre foi o meu combustível.

Ao meu amor, **Leonardo Pons Zanatta**, por todo carinho, companheirismo, paciência e, principalmente, pela inesgotável capacidade de incentivar os meus (e os nossos) sonhos.

À **Profª. Drª. Letícia Lessa Mansur, Profª. Drª Liliane Desgualdo Pereira e Profª. Drª Ivone Ferreira Neves-Lobo** pela participação no exame de qualificação e inestimável contribuição para o aprimoramento deste estudo.

À sempre solícita **Drª. Camila Maia Rabelo**, pela participação na análise da avaliação eletrofisiológica deste estudo e, principalmente, por ter me ensinado que as coisas podem sempre piorar, mas no final de tudo, sempre darão certo. Seu otimismo e bom humor foram fundamentais nessa conquista.

Às minhas amigas do LIFPA, em especial à **Carol, Camila, Cris, Ivone, Renata e Taise**, as quais acompanharam a maior parte do processo de elaboração dessa dissertação. Sou grata a elas, pois além de terem contribuído com sugestões valiosas para o estudo, me incentivaram nos momentos de desânimo, me distraíram no momento de exaustão e ainda não pouparam esforços nos momentos de *bullying*, os quais foram fundamentais para que eu me tornasse uma pessoa mais sagaz e realista! Todas são profissionais-modelo e pessoas inspiradoras.

Aos meus **amigos**, em especial **Dani, Anna, Carol, Aline, Kelly e Dennis**, que apesar do visível contentamento ao me verem satisfeita por trabalhar no

que gosto, mostraram-me que sair um pouco do foco pode ser muito bom e produtivo! Muito obrigada pela compreensão das minhas ausências e da minha falta de assunto, pelo apoio, momentos de descontração, risadas e sequestros para a praia.

Ao **Prof. Dr. José de Oliveira Siqueira** pela orientação na análise dos resultados desse estudo e à **Dra. Caroline Nunes Rocha-Muniz**, pelo competente trabalho na execução da análise estatística.

À fonoaudióloga **Dra. Tatiane Einsecraft Zalcman**, por compartilhar sua experiência no estudo do sistema auditivo no envelhecimento, pela amizade, confiança e parceria nessa fase da minha vida.

À **Gabriella Moraes Dias** pela revisão ortográfica.

A fonoaudióloga **Dr^a. Renata Moreira** pela agradável companhia no setor de audiologia no Hospital Universitário da FMUSP durante a etapa de coleta do estudo.

Aos **funcionários** do departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP, em especial aos Sres. **Wilson** e **Wellington**, pela recepção atenciosa aos pacientes e sujeitos participantes desse estudo, às secretárias da pós-graduação **Cristina**, **Ana** e **Marilisa** pela prontidão em informar e sanar as dúvidas.

Aos **idosos** que voluntariamente compuseram a amostra desse estudo, sem os quais nada seria feito.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo** pela bolsa concedida para o suporte financeiro desse estudo.

A todos, muito obrigada!

*" Deus nos concede, a cada dia, uma página de
vida nova no livro do tempo. Aquilo que
colocarmos nela, corre por nossa conta. "*

Chico Xavier

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor até o momento da publicação:

Universidade de São Paulo. Sistema Integrado de Bibliotecas da USP. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: documento eletrônico e impresso Parte IV (Vancouver) / Sistema Integrado de Bibliotecas da USP ; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, coordenadora ... [et al.] . - 2. ed. rev. ampl. - - São Paulo : Sistema Integrado de Bibliotecas da USP, 2009.96 p. - - (Cadernos de Estudos ; 9).

RESUMO

Morais AM. *A eficácia do treinamento auditivo acusticamente controlado em idosos com transtorno do processamento auditivo*[dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2015.

Introdução: No sistema auditivo, as mudanças decorrentes do envelhecimento resultam na dificuldade que os idosos apresentam em compreender a fala, afetando a capacidade de comunicação e de participação nas relações sociais, podendo levar à piora da qualidade de vida desta população. O treinamento auditivo é uma proposta de intervenção baseada na neuroplasticidade que tem o objetivo de adequar as habilidades auditivas de indivíduos com transtorno do processamento auditivo (TPA). Esse método vem sendo cada vez mais utilizado na reabilitação auditiva de idosos e, por meio de medidas comportamentais e eletrofisiológicas, revela-se como uma ferramenta eficaz para otimizar o processamento da fala, contribuindo para um processo de envelhecimento com qualidade de vida. **Objetivos:** Verificar a eficácia de um programa de treinamento auditivo acusticamente controlado (TAAC) em idosos com TPA utilizando medidas comportamentais e eletrofisiológicas. **Método:** Participaram 16 idosos (14 mulheres, dois homens) com TPA, os quais realizaram uma avaliação inicial (avaliação 1), composta por testes comportamentais e eletrofisiológicos do processamento auditivo, e foram distribuídos em dois grupos: GP (n=8), submetidos a um treinamento placebo e GSI (n=8) que não foram submetidos a nenhuma intervenção. Após 12 semanas os indivíduos foram submetidos novamente aos testes (avaliação 2 – pré TAAC). Em seguida, todos os indivíduos foram submetidos ao TAAC e após 12 semanas realizaram a avaliação final (avaliação 3 – pós TAAC). **Resultados:** Não houve diferença significativa na análise multivariada entre as avaliações 1 e 2, tanto para os testes comportamentais quanto para o P300, sendo descartada a ocorrência de efeito placebo e efeitos teste-reteste. Na comparação entre as avaliações 2 e 3, foi constatada melhora significativa entre as condições pré TAAC e pós TAAC para a maioria das habilidades auditivas investigadas pelo método comportamental; entretanto, o mesmo resultado não foi encontrado para os parâmetros do P300 em nenhuma das condições (*tone burst* ou fala). Também não foi encontrada diferença significativa entre o P300 evocado por estímulo *tone burst* e o evocado por estímulo de fala no monitoramento das mudanças neurobiológicas decorrentes do TAAC. **Conclusões:** O TAAC foi capaz de promover uma mudança no desempenho comportamental dos idosos para a maioria das habilidades auditivas investigadas, mostrando ser um método eficaz na reabilitação auditiva de idosos com TPA. Considerando a grande vulnerabilidade aos fatores cognitivos e a variabilidade intra-sujeito que o P300 apresenta, concluímos que este potencial não parece ser a melhor ferramenta para monitorar as mudanças decorrentes do programa TAAC em idosos.

Descritores: Audição, Envelhecimento, Transtorno da Percepção Auditiva, Estimulação Acústica, Plasticidade Neuronal, Potenciais Evocados P300

ABSTRACT

Morais AM. *The efficacy of acoustically controlled auditory training in elderly with auditory processing disorder* [dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2015.

Introduction: In the hearing system, changes from aging result in the difficulty that the elderly have understanding speech, affecting their communication abilities and their social participation in the community, which can lead to a decrease of life quality in this group of people. The auditory training is an intervention procedure based on neuroplasticity that aims improving hearing abilities of individuals with auditory processing disorder (APD). This method has been used in the auditory rehab of elderly and, through behavioral and electrophysiological measures, reveals itself as an effective tool for optimizing the processing of speech contributing for an aging process with life quality. **Purpose:** Verify the efficacy of an acoustically controlled auditory training program (ACAT) in elderly patients with APD using behavioral and electrophysiological measures. **Method:** Sixteen elderly (14 women, two men) with APD, who have performed an initial evaluation (1), consisting of behavioral and electrophysiological tests of auditory processing, were divided into two groups: GP (n = 8) those who were submitted to a placebo training and GSI (n = 8) the one's not submitted to any intervention. After 12 weeks the individuals were submitted to the tests again (evaluation 2 - pre ACAT). Then, all of them were submitted to ACAT and, after 12 weeks (8 training), they were submitted to the final evaluation (3 - post ACAT). **Results:** There was no significant difference in the various analyses between evaluations 1 and 2, both in the behavioral tests as for the P300, discarding the presence of placebo effects and test-retest. Comparing the evaluations 2 and 3, a significant improvement was found between the pre and post ACAT conditions for the majority of the auditory abilities investigated by the behavioral method; however, the same result was not found for the parameters of P300 in any of the conditions (tone burst or speech). The same way, no significant difference was found between the P300 evoked by tone burst and evoked by speech stimulation during the neurobiological changes monitoring coming from ACAT. **Conclusions:** The ACAT was able to promote a change in the behavioral performance of the elderly for most investigated auditory abilities, proving to be an effective method regards hearing rehabilitation of elderly with APD. Considering the high vulnerability to the cognitive factors and intra-subject variability that the P300 presents, we conclude that this potential does not seem to be the best tool to monitor the changes that result from the ACAT program in the elderly.

Descriptors: Hearing, Aging, Auditory Perceptual Disorders, Acoustic Stimulation, Neuronal Plasticity, Event-Related Potentials P300.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

μV	microvolts
A1	Mastóide esquerda
A2	Mastóide direita
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASHA	<i>American Speech-Language_hearing Association</i>
cPEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com sons complexos
dB	Decibel
dB NA	Decibel nível de audição
dB NPS	Decibel nível de pressão sonora
dB NS	Decibel nível de sensação
DP	Desvio Padrão
DVD	<i>Digital Versatile Disc</i>
et al.	E outros
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
fMRI	Ressonância magnética funcional
GDS	<i>Geriatric Depressive Scale</i>
GIN	<i>Gap in Noise</i>
GP	Grupo Placebo
GSI	Grupo Sem Intervenção Inicial
Hz	Hertz
IC	Intervalo de Confiança
IPRF	Índice Percentual de Reconhecimento de Rala
LS	Localização Sonora
MEEM	Mini Exame do Estado Mental
MMN	<i>Mismatch Negativity</i>
ms	Milissegundo
MSNV	Memória Sequencial Não Verbal
MSV	Memória Sequencial Verbal
OD	Orelha Direita
OE	Orelha Esquerda
P300f	P300 com estímulo de fala
P300tb	P300 com estímulo tone burst
PA	Processamento Auditivo
PEA	Potencial Evocado Auditivo

PEALL	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência
PEAML	Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência
PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
PSI	<i>Pediatric Sentence Identification</i>
RGDT	<i>Random Gap Detection Test</i>
SNAC	Sistema Nervoso Auditivo Central
SNC	Sistema Nervoso Central
SSI	<i>Synthetic Sentence Identification Test</i>
SSW	<i>Staggred Spondaic Word</i>
TA	Treinamento Auditivo
TAAC	Treinamento Auditivo Acusticamente Controlado
TDD	Teste Dicótico de Dígitos
TFR	Teste Fala no Ruído
TP	Treinamento Placebo
TPF	Teste Padrão de Frequência
TPA	Transtorno do Processamento Auditivo

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Proporção entre sexo e valores de média de idade e escolaridade no grupo placebo (GP) e no grupo sem intervenção (GSI).
- Tabela 2.** Valores de média, desvio padrão e p-valor das características audiológicas do grupo placebo (GP) e do grupo sem intervenção (GSI).
- Tabela 3.** Valores de média, desvio padrão e p-valor do desempenho da avaliação comportamental obtido pelos grupos nos dois momentos inicialmente avaliados (1 e 2).
- Tabela 4.** Valores de média, desvio padrão e p-valor das medidas de latência e amplitude do P300 com estímulo *tone burst* e fala obtidos pelos grupos nos dois momentos inicialmente avaliados (1 e 2).
- Tabela 5.** Valores de média, desvio padrão e p-valor da comparação do desempenho da avaliação comportamental obtido pelo grupo de idosos (=16) nos momentos 2 (pré TAAC) e 3 (pós TAAC).
- Tabela 6.** Valores de média, desvio padrão e p-valor das medidas de latência e amplitude do P300 com estímulo *tone burst* e fala obtido pelo grupo de idosos (n=16) nas avaliações 2 (pré TAAC) e 3 (pós TAAC).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES – FIGURAS E QUADROS

- Figura 1.** Esquema para ilustrar as etapas da pesquisa
- Figura 2.** P300 obtido com estímulo de fala pré TAAC
- Figura 3.** P300 obtido com estímulo de fala pós TAAC
- Quadro 1.** Critérios de normalidade adotados para o estudo.
- Quadro 2.** Resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos 1 e 2 para os testes comportamentais.
- Quadro 3.** Resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos 1 e 2 para as medidas de latência e amplitude do P300.
- Quadro 4.** Resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos pré e pós TAAC para os testes comportamentais.
- Quadro 5.** Resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos pré e pós TAAC para as medidas de latência e amplitude do P300.
- Quadro 6.** Resultados médios e barra de erros indicando o intervalo de confiança (95%) das mudanças obtidas entre os períodos pré e pós TAAC.

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A.** Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da USP
(com mudança de título)
- Anexo B.** Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)
- Anexo C.** Folha de Registro - Avaliações

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

Lista de tabelas

Lista de ilustrações

1. Introdução	18
2. Objetivos	23
3. Revisão de literatura	25
4. Método	59
5. Resultados	78
6. Discussão	92
7. Conclusões	122
8. Anexos	124
9. Referências bibliográficas	131

1. INTRODUÇÃO

As alterações decorrentes do envelhecimento não são uniformes e atingem todo o organismo (Timo-laria, 1996).

A perda auditiva associada ao envelhecimento é um fenômeno com alta prevalência na população idosa, podendo levar a uma série de dificuldades na comunicação oral, bem como, muito frequentemente, na interação familiar e social, tornando-se assim um fator limitador à capacidade funcional do indivíduo. (Corso, 1977; Russo e Almeida, 1996; Megighian et al., 2000; Veras e Mattos, 2007).

Frequentemente, as dificuldades que os idosos apresentam para compreender a fala são incompatíveis com o comprometimento auditivo periférico que apresentam, quando apresentam, sendo comum a queixa “eu ouço, mas não entendo” (Jerger et al., 1989; Jerger et al., 1994; Gates e Mills 2005; Sanchez et al., 2008).

Isto ocorre porque, com o envelhecimento, há mudanças ao longo de toda a via auditiva. Além da degeneração coclear, podem ser observadas mudanças estruturais no nervo auditivo, nas vias centrais do tronco encefálico e no lobo temporal, resultando em disfunções do sistema auditivo periférico e central (Corso, 1977; Jerger et al., 1989; Willot, 1991; Chisolm et al., 2003; Gates e Mills, 2005).

Assim, a dificuldade de compreensão de fala no idoso pode estar associada ao transtorno do processamento auditivo – TPA (Welsh et al., 1985; Jerer et al., 1989; Cooper e Gates, 1991; Katz, 1992; Timo-laria, 1996; Pichora-Fuller e Souza, 2003; Martin e Jerger, 2005; Gates e Mills; 2005 Kraus e Anderson, 2013), o qual foi definido em 2005 pela ASHA (*American Speech-Language-Hearing Association*) como uma dificuldade no

processamento perceptual da informação auditiva no sistema nervoso central e na atividade neurobiológica que subjaz esse processamento.

As habilidades auditivas podem ser avaliadas por meio de uma bateria de testes específicos adaptados para o Brasil, e estas alterações reabilitadas por meio do Treinamento Auditivo – TA (Pereira e Schochat, 2011).

O TA é fundamentado na capacidade de plasticidade do Sistema Nervoso Central (SNC). O objetivo é provocar mudanças morfofisiológicas nas vias auditivas do SNC e no desempenho auditivo após o treinamento ou à rigorosa estimulação da audição (Musiek et al., 1998).

O TA em idosos tem se mostrado eficaz na reabilitação do processamento auditivo, inclusive para aqueles que apresentam perda auditiva (Bellis e Wilber, 2001; Chermak e Musiek, 2002; Pichora-Fuller, 2003; Gil 2006; Miranda et al., 2007 e Megale et al., 2010; Anderson et al., 2013a)

A utilização dos métodos objetivos de avaliação da audição - associados aos métodos comportamentais - vem sendo cada vez mais incorporados na prática da audiologia clínica. Os potenciais evocados auditivos constituem-se numa fonte rica e complexa de informações sobre o funcionamento das vias auditivas centrais e de suas estruturas (Jirsa, 2002).

Alguns estudos (Jirsa, 2002 e Putter-Katz et al., 2002) sugerem o uso dos testes eletrofisiológicos na avaliação dos TPA, pois esses exames avaliam todas as áreas cerebrais envolvidas no processamento auditivo (PA), sofrendo mínima influência de fatores extrínsecos – ao contrário dos testes comportamentais. Além disso, a evolução terapêutica e o prognóstico podem ser verificados e previstos, pois as mudanças neurofisiológicas são geralmente observadas anteriormente às comportamentais (Knight e Scabini, 1998).

Dos potenciais de longa latência, o P300 é um dos mais utilizados clinicamente. É constituído por uma onda positiva, com latência aproximada de 300 ms após a estimulação, sendo influenciado por funções cognitivas superiores como atenção e memória, cuja origem está nas áreas primária e secundária do córtex (Linden et al., 1999; Schochat, 2003).

O estímulo usado para evocar o P300 é geralmente do tipo *tone burst*; recentemente, porém, o uso de estímulos complexos como sons de fala no lugar de tons puros tem sido empregado com a finalidade de se criar um teste eletrofisiológico mais próximo das condições de escuta do dia a dia.

É importante que estudos intervencionistas, como os que envolvem o TA, considerem a possibilidade do efeito placebo. Ensaios clínicos placebo-controlados envolvendo diferentes tipos de reabilitação comprovam que quando o indivíduo é submetido a um tratamento, mesmo que este não seja específico para a doença (placebo), verifica-se uma melhora, mas que na maioria das vezes não é significativa (Okada et al, 2006; Teixeira, 2009; Barwood et al.; 2013).

A partir dessa constatação, elaborou-se um estudo para verificar a eficácia do treinamento auditivo formal em idosos, ou treinamento auditivo acusticamente controlado – TAAC, como será nomeado no presente estudo, considerando essas questões metodológicas, para que os resultados encontrados no TAAC pudessem ser atribuídos ao tipo de reabilitação proposta e não apenas pelo simbolismo que o tratamento exerce na perspectiva positiva do paciente (efeito placebo) ou à possibilidade de aprendizado na reaplicação de um teste (efeito teste-reteste).

Assim, o presente estudo considera três hipóteses principais:

- a) O treinamento auditivo acusticamente controlado – TAAC melhora a capacidade de percepção de fala de idosos com TPA, sendo possível verificar tal fato por meio de testes comportamentais e eletrofisiológicos do PA.
- b) A melhora no desempenho constatada em grupos controles submetidos à intervenção placebo não é diferente a de grupos controles não submetidos a nenhum tipo de intervenção.
- c) O P300 evocado com estímulo de fala é mais sensível para evidenciar as mudanças neurofisiológicas provocadas pelo TAAC em relação ao P300 evocado por estímulo *tone burst*.

Objetivos

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

Verificar a eficácia do TAAC em idosos com TPA por meio de testes comportamentais do PA e potencial evocado auditivo de longa latência (P300).

2.2. Objetivos específicos:

2.2.1. Verificar a ocorrência de efeito placebo e efeito teste-reteste;

2.2.2. Verificar mudanças nas habilidades do PA utilizando testes comportamentais e eletrofisiológicos após o TAAC.

2.2.3. Verificar se o P300 com estímulo de fala é mais sensível no monitoramento da eficácia do TAAC.

Revisão de Literatura

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os textos utilizados para embasar a fundamentação teórica deste estudo foram organizados prioritariamente conforme o encadeamento de ideias, mas sempre que possível a ordem cronológica foi mantida.

Os temas abordados foram organizados em dois tópicos:

- Audição e envelhecimento
- Plasticidade do sistema nervoso auditivo central e o treinamento auditivo

3.1. Audição e Envelhecimento

O envelhecimento é um processo natural da vida, que afeta progressivamente todo o organismo. Esse processo é influenciado por fatores biopsicossociais e resulta em diversos distúrbios que reduzem a qualidade de vida do indivíduo (Rowe e Kahn, 1987; Baltes, 1993; Santos et al., 2009; Caixeta e Teixeira, 2014).

Schuknecht (1955) descreveu os efeitos do envelhecimento na audição humana, definindo a presbiacusia como a perda auditiva em frequências agudas decorrentes de diferentes processos degenerativos na cóclea. Em 1964 o autor sugeriu uma classificação de quatro tipos diferentes de presbiacusia (sensorial, neural, metabólica e mecânica), de acordo com a região mais acometida.

Johnson e Hawkins, em 1972, sugeriram mais dois tipos considerando alterações na estria vascular e na via auditiva central.

Corso (1977) afirmou que a presbiacusia, caracterizada por uma perda auditiva neurosensorial bilateral para tons de altas frequências, ocorre devido a processos degenerativos e fisiológicos em todo sistema auditivo

com o aumento da idade, sendo dessa forma mais comum a ocorrência de uma combinação dos tipos sugeridos.

Willot (1991) se referiu à perda auditiva relacionada à idade como um problema auditivo associado a vários tipos de disfunções auditivas, periféricas e/ou centrais que acompanham o envelhecimento e não pode ser explicada excepcionalmente por condições traumáticas, genéticas ou patológicas.

Chisolm et al. (2003) mostram que a degeneração do sistema auditivo decorrente do envelhecimento pode ser observada em todas as estruturas da via auditiva, desde a região mais periférica até a central. Os autores realizaram uma extensa revisão de literatura com o objetivo de identificar as principais mudanças anatômicas e fisiológicas decorrentes desse processo na via auditiva, que podem ser observadas desde a orelha externa até o córtex auditivo. Segundo os autores, as principais mudanças na orelha externa incluem: formação de rolha de cera (devido à produção excessiva de cera em conjunto com a atividade inadequada das células epiteliais); crescimento de pelos no pavilhão (principalmente em homens); colapso do conduto auditivo (podendo resultar em uma falsa perda condutiva); mudanças nas propriedades físicas da pele, incluindo atrofia, diminuição da elasticidade e desidratação (aumentando o risco de lesões) e aumento do pavilhão auricular, (o que pode mudar as propriedades acústicas da orelha externa).

Na orelha média os autores relataram que as principais mudanças são: enrijecimento, afinamento e diminuição da vascularização da membrana timpânica, alterações articulares na cadeia ossicular, atrofia e degeneração das fibras dos músculos e ligamentos, ossificação da cartilagem de

sustentação da tuba auditiva e declínio da função do músculo de abertura da tuba auditiva.

Na orelha interna os autores destacam a degeneração das células sensoriais e de suporte, principalmente na base da cóclea, células do gânglio espiral e alterações estriais, possivelmente causadas por associação de fatores traumáticos e genéticos. No sistema auditivo central os autores enfatizam que a degeneração neuronal ocorre em toda a célula, envolvendo o soma, axônios e dendritos. Além disso, a diminuição neuronal no gânglio espiral tende a ser difusa, envolvendo os três giros cocleares, independente da perda de células ciliares. Dessa forma, os autores reforçam que os limiares tonais e reconhecimento de fala no silêncio não são bons preditores das condições do gânglio espiral.

Peelle et al. (2011) mostraram que além das mudanças fisiológicas do envelhecimento a diminuição da audição em si, pode gerar ou potencializar as mudanças funcionais e estruturais do córtex auditivo. O estudo teve como objetivo examinar os efeitos da capacidade auditiva nos processos neurais que suportam processamento da linguagem em seres humanos. Os pesquisadores usaram a ressonância magnética funcional para monitorar a atividade do cérebro enquanto os idosos com perda auditiva ouviam sentenças que variavam na demanda linguística. Os resultados revelaram que a diferença individual na capacidade auditiva foi capaz de prever o grau de recrutamento neural durante a compreensão auditiva nos giros temporais superiores bilaterais (incluindo córtex auditivo primário), tálamo e tronco cerebral. Eles ainda pesquisaram a relação da capacidade auditiva e a integridade estrutural cortical usando morfometria e puderam

demonstrar uma relação linear significativa entre a capacidade auditiva e volume de massa cinzenta no córtex auditivo primário, ou seja, quanto melhor a capacidade auditiva maior o volume de massa cinzenta. Os autores concluíram que estes resultados sugerem que mesmo os declínios moderados na audição periférica podem gerar uma regulação negativa sistemática de atividade neural durante o processamento dos aspectos de mais alto nível do discurso, e também pode contribuir para a perda de volume de substância cinzenta no córtex auditivo primário. Todas essas mudanças morfológicas e funcionais na via auditiva resultam na diminuição da percepção auditiva dos idosos.

A partir de um estudo epidemiológico longitudinal realizado com moradores da cidade de Framingham em Massachusetts, Gates et al. (1990), avaliaram a audição de 1662 idosos, com idade variando de 63 a 95 anos, a fim de verificar os efeitos do envelhecimento na audição. Os autores encontraram a prevalência de 41% de perda auditiva nesta população. Eles também constaram que a perda auditiva tende a aumentar com o avanço da idade e que a proporção é maior em homens do que em mulheres. Os autores atribuíram a diferença entre os gêneros ao fato dos homens apresentarem maior exposição aos ruídos ocupacionais ao longo da vida.

Mulrow et al. (1990) estudaram o impacto da deficiência auditiva na qualidade de vida dos idosos. Os autores afirmaram que nesta população, a perda auditiva pode influenciar negativamente as funções física, cognitiva, emocional, comportamental e social. Os autores realizaram um estudo com 194 idosos com perda auditiva a partir de 40dBNA que foram separados em dois grupos, um grupo (n=95) recebeu aparelhos auditivos e o outro grupo (n=99) deveria aguardar em uma lista de espera por 4 meses. Foram

aplicados questionários de handicap auditivo, qualidade de vida e de depressão no momento da avaliação inicial, 6 semanas depois e ao final dos 4 meses em ambos os grupos. Os resultados revelaram que no momento da avaliação inicial 82% dos indivíduos relataram efeitos adversos sobre a qualidade de vida devido à deficiência auditiva, e 24% estavam deprimidos. Durante o acompanhamento, mudanças estatisticamente significantes foram constatadas entre os grupos, sendo obtidas melhores pontuações para o grupo de usuários de aparelho auditivo.

No Brasil, Bilton et al. (1995) realizaram um estudo longitudinal com 148 idosos (com mais de 65 anos) residentes da cidade de São Paulo, dos quais 101 realizaram avaliação audiológica. Os autores encontraram a ocorrência de perda auditiva associada ao envelhecimento em 60% da população a relacionaram com diferentes níveis de limitação social no idoso.

Além da perda de audição identificada pela audiometria tonal, a diminuição do reconhecimento de fala também é característica da presbiacusia, principalmente em situações desafiantes de escuta, como na compreensão de fala na presença de ruído. Entretanto, essa dificuldade de compreensão está presente em idosos independente da presença de perda auditiva. (Jerger, 1989; Strouse et al., 1998; Veras e Mattos, 2007). Dessa forma, alguns autores (Pichora-Fuller, 2003; Kraus e Anderson, 2013) se dedicaram a pesquisar a influência de outros fatores relacionados ao envelhecimento nesta queixa, como, por exemplo, alteração no processamento auditivo.

De acordo com a ASHA (2005), de maneira geral, o processamento auditivo refere-se à eficiência e efetividade com que o sistema nervoso

central utiliza a informação auditiva. E, o transtorno do processamento auditivo (TPA) refere-se à dificuldade no processamento perceptual da informação auditiva no sistema nervoso central e na atividade neurobiológica que subjaz esse processamento, não decorrente de alterações de linguagem, cognitivas ou outros fatores relacionados.

Jerger (1989) afirmou que a diminuição do reconhecimento de fala ocorre em partes devido às mudanças que ocorrem no sistema nervoso auditivo central (SNAC) com o avanço da idade, mas o autor ressalta a influência da audição periférica e aspectos cognitivos envolvidos nesta queixa. Em seu estudo participaram 130 idosos com idades entre 51 e 91 com diferentes graus de perda auditiva neurosensorial. Os sujeitos foram submetidos à avaliação do processamento auditivo e a testes neuropsicológicos. Foi constatado que alguns testes podem sofrer influência do grau da perda auditiva, enquanto outros podem sofrer influência do status cognitivo, e que de maneira geral, o transtorno do processamento auditivo pode existir sem que haja perda auditiva ou declínio cognitivo.

A análise das propriedades acústicas dos sons da fala ocorre em todos os níveis da via auditiva (Blackburn e Sachs, 1990) e requer uma capacidade de determinar forma, detectar e discriminar modulações de amplitude e espectro de frequência e de resolução temporal (Bailey e Snowling, 2002).

Existe uma associação direta entre a percepção acústica temporal e a percepção de fala (Tallal e Newcombe, 1978). Com o envelhecimento a precisão dessa codificação mostra-se prejudicada.

Snell (1997) mostrou a influência da idade na efetividade do processamento temporal. O autor comparou os limiares de detecção de *gap*

entre adultos jovens e idosos em duas situações, com e sem ruído de fundo. Foi constatado que além de um limiar maior, o processamento temporal dos idosos sofreu mais com o efeito de ruído de fundo, revelando o comprometimento desta habilidade com o envelhecimento.

Strouse et al. (1998) compararam o processamento temporal e binaural de 12 adultos e 12 idosos com audição periférica normal por meio do teste de detecção de *Gaps* e o teste ITD (*Interaural Time Difference*). Os autores constataram um pior desempenho dos idosos nos dois testes e concluíram que existiam outros fatores relacionados à idade além da presbiacusia que contribuíam para o déficit no processamento temporal de idosos.

Com objetivo de investigar o processamento temporal para estímulos simples e complexos em idosos com dificuldade de compreensão, Phillips et al. (2000) avaliaram 20 idosos com idade entre 60 e 80 anos que foram divididos em três grupos conforme à audiometria tonal e desempenho de testes de fala no silêncio. No Grupo 1 foram incluídos os idosos sem perda auditiva e escores considerados ótimos no teste de reconhecimento de fala. O Grupo 2 foi composto por idosos que apresentaram perda auditiva neurossensorial de leve a moderada, mas com desempenho ótimo no teste de reconhecimento de fala e, por fim, no Grupo 3 foram incluídos os idosos com perda auditiva neurossensorial de grau leve a moderada e com dificuldade no teste de reconhecimento de fala. Como resultado da comparação do desempenho dos grupos de idosos com perda auditiva nos testes temporais, os autores constataram que os idosos com perda auditiva e reconhecimento de fala ruim (Grupo 3) tiveram escores piores no teste de resolução de frequência para sinais complexos do que os idosos que

apresentavam também perda auditiva, porém bom reconhecimento de fala (Grupo 2). Entretanto, os dois grupos apresentaram desempenho similar no teste de reconhecimento de sílabas no ruído e no teste de detecção de *gaps*.

No Brasil, Liporaci e Frota (2010a) avaliaram a habilidade de ordenação temporal de 65 idosos com e sem perda auditiva neurosensorial na faixa etária de 60 a 79 anos de idade os quais foram divididos em três grupos de acordo com a presença e o grau da perda auditiva. As autoras verificaram que os participantes apresentaram média de 63,1% de acertos, não sendo constatada interferência da perda auditiva.

Liporaci e Frota (2010b) avaliaram também a habilidade de resolução temporal na mesma população citada no estudo anterior e constataram que a média de acertos foi de 8,1 ms na orelha direita e 8,2 ms para orelha esquerda, sendo que a diferença entre os grupos foi estatisticamente significativa, ou seja o grau da perda auditiva elevou o limiar de detecção de *gaps*.

Cooper e Gates (1991) realizaram um estudo no qual foram aplicados os testes SSI (*Synthetic Sentence Identification Test*) e SSW (*Staggered Spondaic Word Test*) em 1018 idosos normais e constataram que 22,6% apresentavam TPA, sendo maior a prevalência nos sujeitos com idades mais avançadas.

Bellis e Wilber (2001) realizaram um estudo com 120 sujeitos com idades entre 20 a 75 anos de idade. Os autores constataram que os indivíduos com mais de 55 anos de idade apresentaram pior desempenho no teste dicótico de dígitos quando comparado com os mais novos e, essa diferença, era mais pronunciável para a orelha esquerda. No teste temporal de padrão de frequência foi constatado um declínio no desempenho na faixa

entre 40 e 55 anos de idade, e a partir dos 60 anos, observou-se uma manutenção do desempenho. Em relação aos resultados, os autores concluíram que o pior desempenho dos indivíduos mais velhos em tarefas dicóticas e testes temporais está associado a um declínio na transferência inter-hemisférica da informação auditiva.

Quintero et al. (2002) realizaram um estudo para investigar o processamento auditivo de idosos com e sem presbiacusia. Foi aplicado o teste SSW em 100 idosos que foram distribuídos em 2 grupos conforme o resultado da audiometria tonal. Apesar de não terem sido encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos, foi constatada uma tendência de pior desempenho para o grupo com presbiacusia. Dessa forma, os autores concluíram que a presbiacusia não pode ser considerada determinante para o TPA.

Pichora-Fuller (2003) ressaltou que a dificuldade dos idosos em compreender a fala provavelmente resulta da interação de três fatores: alteração auditiva periférica, alteração no sistema nervoso auditivo central e alterações cognitivas, mas que ainda não é possível determinar com precisão qual proporção cada um desses fatores afeta a compreensão de fala.

Pinheiro e Pereira (2004) avaliaram 110 idosos, na faixa de 60 a 85 anos com audição periférica normal ou com perda auditiva neurosensorial simétrica até o grau moderadamente severo. Foram aplicados os testes de localização sonora de cinco direções (LS), fusão binaural e o *Pediatric Sentence Identification* (PSI). As autoras verificaram que a maioria dos idosos apresentou pior desempenho considerando o critério de normalidade, apenas no teste de fusão binaural, enquanto que nos testes de LS e PSI o desempenho foi considerado bom. Além disso, verificaram uma correlação

positiva entre o desempenho dos testes de LS e PSI e o grau da perda auditiva.

Martin e Jerger (2005) afirmaram que a assimetria interaural constatada em tarefas dicóticas linguísticas aumenta sistematicamente com a idade e isso ocorre pelo declínio de habilidades cognitivas e da habilidade de transferência inter-hemisférica, de forma que a desvantagem da orelha esquerda aumenta e a vantagem da orelha direita diminui.

Musiek e Berge (1998) destacaram a importância do uso testes eletrofisiológicos como os Potenciais Eletrofisiológicos Auditivos – PEAs, na avaliação do processamento auditivo, complementado à avaliação comportamental, pois os testes eletrofisiológicos são mais objetivos e diretamente associados ao fenômeno fisiológico em questão.

Jirsa (2002) ainda reforça que a avaliação eletrofisiológica pode ser usada para avaliar todas as áreas envolvidas no PA sofrendo mínima influência de fatores extrínsecos.

De acordo com Hall (1990) os PEAs representam a atividade elétrica do sistema auditivo, gerada a partir de sons.

De acordo com Martin et al. (2008), os PEAs são respostas cerebrais bioelétricas eliciadas por um estímulo sonoro que fornecem informações em relação ao tempo (pelo parâmetro de latência), da magnitude (através da amplitude) e em certa medida topográfico (por meio da resposta diferentes dependendo do posicionamento de eletrodos) do processamento deste som.

Picton et al. (1974) classificaram os PEAs de acordo com o tempo de aparecimento das ondas em: precoces (Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico – PEATE); médios (Potencial Evocado Auditivo de Média

Latência – PEAML) e tardios (Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência – PEALL).

Dos potenciais de longa latência, o P300 é um dos mais utilizados clinicamente (Schochat, 2003). Este potencial, descrito por Sutton et al. em 1965, ocorre aproximadamente após 300 ms da apresentação do estímulo. É eliciado por meio do paradigma de *oddball*, o qual consiste em detectar e discriminar um estímulo raro em meio a uma sequência de estímulos frequentes. Pode sofrer influência de funções cognitivas superiores como atenção e memória e sua origem está nas áreas primária e secundária do córtex, porém os geradores exatos não são conhecidos (McPherson, 1996; Linden et al., 1999; Musiek e Lee, 2001; Schochat, 2003; Linden, 2005; Polich, 2007).

De maneira geral, os estudos com PEAs mostram que idosos apresentam pior desempenho que os jovens (Pfefferbaaum et al., 1984; McPhearson, 1996; Hirayasu et al, 2000; Matas et al., 2006; Gates et al., 2008; Kraus e Anderson, 2013).

Pfefferbaaum et al. (1984) realizaram um estudo com indivíduos com idades variando entre 18 e 90 anos nos quais foram obtidos o P300. Os autores constataram um aumento significativo da latência do potencial conforme o aumento da idade de 1-1,5 ms -ano.

McPhearson (1996), após uma revisão de seus trabalhos com P300 em indivíduos com diferentes faixas etárias, constatou que a média de latência aumentou com o avanço da idade. A média de latência nos indivíduos com idades entre 30 e 50 anos foi de 290 a 380 ms, já nos indivíduos com idades entre 50 e 70 anos, a média variou de 350 a 427 ms.

Amenedo e Díaz (1998) compararam as respostas corticais para estímulos alvos e não-alvos em indivíduos em diferentes faixas etárias e constataram que os mais velhos apresentam maior amplitude para os estímulos irrelevantes (não-alvo) quando comparados aos jovens, sugerindo uma influência do déficit dos aspectos cognitivos de memória e atenção nos potenciais evocados auditivos de longa latência em idosos.

Jerger et al. (1995) realizaram um estudo com o objetivo de comparar o desempenho de jovens e idosos em testes comportamentais e eletrofisiológicos realizados com estímulos verbais e não verbais. Quando comparado ao grupo de jovens, os idosos apresentaram um déficit estatisticamente significativo do desempenho da orelha esquerda nos testes com estímulos verbais e da orelha direita para os testes com estímulos não verbais. Na avaliação eletrofisiológica, no paradigma de *oddball* realizado com estímulos verbais para evocação do P300, foram constatadas melhores latências e amplitude para orelha direita, enquanto que no P300 evocado por estímulos não verbais constatou-se melhores valores de latência e amplitude para a orelha esquerda. Os autores afirmaram que os resultados encontrados na população idosa são semelhantes aos encontrados em indivíduos com lesão de corpo caloso. Dessa forma, concluíram que com o avanço da idade ocorre um declínio na eficiência da transferência inter-hemisférica, a qual é feita pelo corpo caloso, implicando assim em dificuldades na escuta binaural na população idosa.

Hymel et al. (1998) compararam desempenho de mulheres jovens e idosas, através da obtenção dos potenciais evocados auditivos de longa latência (N1, P2 e P300) em uma tarefa de discriminação (paradigma de *oddball*) com mensagem competitiva de fala contralateral. Os potenciais

foram gravados em 19 diferentes posições de eletrodos no couro cabeludo. Os autores encontraram menores amplitudes de N1 nos idosos quando havia fala competitiva contralateral em relação à mesma situação com as participantes jovens. Outra diferença em relação à idade foi encontrada na comparação das posições do eletrodo. Enquanto que para os jovens o P300 apresentou melhores parâmetros de latência e amplitude nos eletrodos alocados na linha média, para os idosos constatou-se melhores resultados na área parietal do hemisfério contralateral da orelha testada, indicando que os geradores da onda P300 podem variar de acordo com idade.

Bertoli et al. (2002) realizaram um estudo com o objetivo de verificar a influência da idade no processamento temporal e comparar os resultados de teste comportamentais e eletrofisiológicos do PA. Participaram 10 adultos com idades entre 19 e 30 anos e 10 idosos com idades entre 62 e 79 anos, os quais foram submetidos a um teste comportamental de detecção de intervalo de silêncio e os mesmos parâmetros foram utilizados para a obtenção dos potenciais MMN e complexo N1-P2-N2. Os autores constataram pior desempenho dos idosos nos testes eletrofisiológicos, mas não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre os grupos na avaliação comportamental.

Tremblay et al. (2004) realizaram um estudo para investigar o efeito do estímulo complexo de fala e a taxa de apresentação do estímulo nos potenciais N1 e P2 em jovens e idosos com audição normal. Foram utilizados 3 diferentes intervalos inter-estímulos (510, 910 e 1510 ms). Os autores constataram diferença entre os grupos de jovens e idosos na latência dos potenciais evocados por fala apenas na taxa de estímulo médio, não sendo encontrada nenhuma diferença quando a taxa de apresentação foi mais

lenta. Os autores concluíram que este achado pode estar associado a alterações na sincronia neural que é fundamental à percepção de pequenas pistas temporais dos sons de fala, podendo explicar parcialmente as dificuldades de compreensão de fala em idosos.

Matas et al. (2006) realizaram um estudo com objetivo de verificar a influência da idade nos potenciais evocados auditivos desde o tronco até o córtex cerebral. Foram submetidos à avaliação eletrofisiológica da audição 24 indivíduos com idades variando entre 51 e 74 anos os quais foram distribuídos em três grupos de acordo com faixa etária. As autoras encontraram diferença estatisticamente significativa entre os grupos em todos os testes realizados (Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico – PEATE, Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência – PEAML e Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência P300 – PEALL – P300), sugerindo que o processo de envelhecimento afeta progressivamente a via auditiva ao longo de todo SNAC.

Shiff et al. (2008) afirmaram que dos potenciais de longa latência N2 e P300 são os mais afetados pelo envelhecimento, pois representam estágios do processamento acústico que requerem o recrutamento de recursos cognitivos. Os autores avaliaram os aspectos cognitivos e de atenção em 72 indivíduos na faixa etária de 20 e 80 anos. Foram obtidos os potenciais MMN e P300 os quais foram analisados de acordo com o gênero, idade e nível educacional. Os autores constataram que o MMN foi menos afetado pela idade do que o P300 (que sofreu aumento da latência e diminuição da amplitude com o avanço da idade). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em relação ao gênero e a escolaridade.

Gates et al. (2008) também realizaram um estudo com idosos (idades entre 71 e 96 anos) utilizando testes comportamentais e eletrofisiológicos. Foram aplicados os testes dicótico de dígitos, SSI em tarefa de escuta monótica e dicótica. Os autores constataram que o teste SSI foi o que mais apresentou correlação com a idade. Na avaliação eletrofisiológica, não foi constatado o efeito da idade na latência de nenhuma onda dos potenciais analisados (onda V do PEATE, onda Pa do PEAML e P300).

Walton (2010) publicou uma revisão de literatura de estudos experimentais com modelos animais envolvendo o efeito da idade no processamento temporal de tronco encefálico e concluiu que há evidências de inúmeras investigações indicando a ocorrência de um declínio na codificação de aspectos temporais relacionado à idade, o que pode contribuir para as queixas de reconhecimento de fala em idosos.

Cóser et al. (2010) realizaram um estudo com 62 idosos com limiares auditivos até 40 dBNA nas frequências 1000 e 2000Hz que foram divididos em três grupos de acordo com a faixa etária (60-64; 65-69 e 70-74 anos). O P300 foi obtido com estímulo *tone burst* de ambos os lados simultaneamente. A regressão linear dos valores de latência do P300 mostrou um aumento de 2,85 ms por ano de idade.

Zalcman (2011) comparou o desempenho de idosos normais (Grupo Controle – GC) e com comprometimento cognitivo leve (Grupo Estudo – GE), ambos sem perda auditiva periférica, em avaliações comportamentais e eletrofisiológicas do PA. De maneira geral verificou-se um alto índice de alteração do PA (82%). Na comparação entre os grupos, tanto na avaliação comportamental quanto na eletrofisiológica (Complexo N1-P2 e P300), não

foram constatadas diferenças estatisticamente significantes entre o GC e o GE, apenas uma tendência de latência maior e amplitude menor para o GE. Assim, a autora concluiu que queixas auditivas podem ser justificadas por alterações no PA independente da presença de perda auditiva periférica e das condições cognitivas em idosos.

Lima (2013) realizou em estudo com 131 indivíduos com idades entre 50 e 79 anos, divididos em três grupos conforme a faixa etária. No G1 foram incluídos 63 participantes com idades entre 50-59 anos, no G2 participaram 47 indivíduos com idades entre 60-69 anos e o G3 participaram 21 indivíduos com idades entre 70-79 anos. Os indivíduos realizaram avaliações comportamentais e eletrofisiológicas da audição. Quanto à avaliação comportamental, a autora constatou diferenças estatisticamente significantes entre os grupos no Limiar de Reconhecimento de Fala, no Índice Percentual de Reconhecimento de Fala, no teste Fala com Ruído nas orelhas direita e esquerda e no teste Dicótico de Dígitos na orelha esquerda. Em relação à avaliação eletrofisiológica, foi constatada diferença estatisticamente significativa na latência das ondas I, III e V na orelha direita e das ondas III e V da orelha esquerda. No teste de Padrão de Frequência e no P300 não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos.

Clinard e Tremblay (2013) estudaram o efeito da idade no processamento de sons simples e complexos no tronco cerebral utilizando PEATEs. Participaram 34 indivíduos com idades entre 22 e 77 anos com limiares auditivos normais ou muito próximos do normal. Os autores verificaram que há um declínio da representação de sinais simples (*tone burst* de 1000Hz) e complexos (sílabas /da/) com o avanço da idade,

mostrando uma diminuição da resposta sincrônica com a idade independente da presença de perda auditiva.

Juckel et al. (2012) realizaram um estudo para investigar o efeito da idade no P300 o qual foi realizado simultaneamente à imagem por ressonância magnética funcional (fMRI). Os autores encontraram influência da idade na amplitude do P300 e de maneira geral, uma diminuição das respostas neurais nos idosos em relação aos indivíduos mais jovens especialmente nas regiões cerebrais frontal, temporo-parietal e subcortical

Chen et al. (2013) realizaram um estudo utilizando uma técnica de ressonância funcional a 1H-MRS que detecta de forma não invasiva mudanças no metabolismo energético e alterações bioquímicas no tecido vivo, com o objetivo de investigar os efeitos da assimetria inter-hemisférica no córtex auditivo após a estimulação por tons puros em jovens e idosos. Os autores compararam a taxa de metabólitos (NAA, Glutamato, GABA e Creatina) entre os dois grupos em cada hemisfério cerebral. Em resumo, nos idosos, antes da estimulação cerebral constatou-se que os níveis de glutamato no hemisfério direito eram estatisticamente significativamente maiores do que no esquerdo quando comparado com os indivíduos jovens. Após a estimulação com tons puros foi constatada uma assimetria hemisférica nas proporções dos metabólitos nos jovens, o que não foi observado nos idosos, sugerindo que as dificuldades auditivas em idosos ocorrem pelo menos, em partes, por uma alteração da atividade bioquímica do córtex auditivo.

3.2. Plasticidade do Sistema Nervoso Auditivo Central e Treinamento Auditivo

A plasticidade neuronal (ou neuroplasticidade) refere-se à capacidade de modificação na atividade neural (alterações de circuitos sinápticos, fortalecimento das sinapses, por exemplo) em resposta à prática de uma habilidade (Graffman, 2000).

A plasticidade neural é a propriedade intrínseca do sistema nervoso que permite o desenvolvimento de alterações estruturais em resposta às experiências e às modificações do ambiente (Pascual-Leone et al., 2005).

No início do século 19 os estudos clássicos de Ramon y Cajal já mostravam que alterações na eficiência sináptica estavam associadas ao armazenamento de informação pelo cérebro.

Mais tarde, Bliss e Lomo (1973) descreveram o fenômeno do LTP - *Long Term Potentiation* que consiste no aumento da potenciação sináptica (fortalecimento das conexões) provocado por uma ativação intensa do Sistema Nervoso Central. O LTP é a base dos mecanismos de aprendizado e memória.

Para Kandel (1991) o aprendizado é o processo pelo qual o indivíduo obtém conhecimento do mundo, enquanto a memória é o processo que faz com que esse conhecimento seja estocado e (mais tarde) recuperado.

De acordo com Chermak e Musiek (2006), quando um animal ou ser humano é exposto repetidamente a um estímulo acústico, a LTP pode aumentar, assim como a percepção para estímulos repetidos. O TA e outras formas de intervenção comportamental que promovem a estimulação sensorial podem aumentar a atividade sináptica e, assim, facilitar mudanças comportamentais

Musiek (1999) define o TA como o conjunto de estratégias utilizadas para desenvolver ou reabilitar as habilidades auditivas, as quais são necessárias para a compreensão da fala. O objetivo é provocar mudanças morfofisiológicas do Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) e no desempenho auditivo após o treinamento ou à rigorosa estimulação da audição.

Chermak e Musiek (2002) categorizaram as abordagens do TA como formal e informal. O Treinamento Auditivo Formal (TAF) é conduzido por um audiologista em situação controlada, utilizando estímulos acústicos específicos por meio de computadores, audiômetros ou outros equipamentos; já no Treinamento Auditivo Informal (TAI) não se faz uso de equipamentos de medição e controle dos estímulos, podendo ser realizado em casa, na escola ou durante a terapia fonoaudiológica.

Chermak e Musiek 2002 afirmam que o TA é capaz de promover mudanças no substrato neural de idosos também; entretanto, a redução da plasticidade do sistema nervoso adulto implica que as estratégias de reabilitação nessa população devam enfatizar mais a compensação do que a recuperação.

Kraus (1998) fez uma revisão de literatura sobre a percepção de fala, neurofisiologia e plasticidade. A autora pontua que o sistema auditivo possui uma plasticidade inerente, onde aprendemos a diferenciar padrões acústicos naturalmente. Entretanto, pessoas com alterações na percepção auditiva, seja por uma lesão coclear ou alteração do processamento auditivo, podem se beneficiar do treinamento auditivo para melhorar sua capacidade de percepção de fala. A autora ressalta que os efeitos da aprendizagem não se

limitam ao estímulo treinado, podendo ser generalizados para a percepção de outros sons com características similares. E ainda destaca que essa melhora pode ser observada de maneira objetiva por meio dos Potenciais Evocados Auditivos (PEA).

Musiek et al. (2002) afirmam que os testes comportamentais do PA podem ser afetados por fatores como atenção, motivação e aprendizagem. Por isso métodos objetivos como os PEAs tem sido utilizado para a diferenciação de indivíduos com e sem TPA, e na demonstração das mudanças fisiológicas resultantes do TA.

As mudanças neurofisiológicas decorrentes do TA podem ser observadas em diferentes níveis do SNAC por meio dos PEAs (Jirsa, 1992; Kraus et al. 1995; Tremblay; 1997; Tremblay et al. 2001).

As mudanças em nível de tronco encefálico são menos investigadas, mas trabalhos recentes utilizando estímulo complexo de fala para a obtenção do PEATE (cPEATE) constatam que este tipo de potencial é sensível para diferenciar crianças com desenvolvimento típico de crianças com problemas de linguagem e processamento auditivo (King; 2002; Filippini e Schochat, 2009) e para a captação de mudanças do funcionamento do SNAC decorrentes do TA (Russo, 2004; 2010, Song; 2011; Filippini et al., 2012; Anderson et al., 2013a).

Os potenciais de média e longa latência são os mais utilizados no monitoramento da estimulação auditiva. Porém, poucas pesquisas utilizam estímulos complexos, como o de fala. Para Kraus e Nicol (2003), o sinal de fala tem uma estrutura espectro-temporal complexa composta por elementos

harmonicamente ricos, a qual demandam do sistema auditivo uma sensibilidade a mudanças rápidas de espectro, além da capacidade de receber e processar sons apresentados em diferentes taxas de estimulação.

Martin et al. (2008) realizaram uma revisão de literatura sobre o uso de PEAs com estímulo de fala e relataram que a utilização desse pode trazer informações mais fiéis às dificuldades relatadas por indivíduos com TPA. O processamento do estímulo de fala exige um processamento neural mais complexo que envolve a análise de diferentes pistas acústicas de frequência, amplitude ou temporais que estão contidas no sinal.

Lew et al. (1999) encontraram diferenças na latência e na amplitude entre o P300 evocado com estímulo tone burst (1000 Hz para o estímulo frequente e 500Hz para o estímulo raro) e o evocado com estímulo de fala (1000Hz para o estímulo frequente e a palavra “mommy” para o estímulo raro). Os autores relataram uma maior amplitude e menor latência quando o P300 foi evocado por estímulo de fala.

Fitzgerald e Picton (1983) realizaram três diferentes experimentos variando o nível de dificuldade de discriminação entre o estímulo frequente e o estímulo raro na evocação dos PEAs e constataram que a dificuldade da tarefa de discriminação aumenta a latência e diminui a amplitude do P300.

Massa et al. (2011) realizaram um estudo com o objetivo de verificar diferenças entre o P300 evocado com estímulo verbal (sílabas /ba/ e /da/) e não verbal (tone burst de 1000Hz e 2000Hz) em adultos com audição normal e constataram que os valores de latência e amplitude do P300 evocado com

estímulo verbal, são maiores e menores, respectivamente, do que os valores encontrados para o estímulo não verbal.

Tremblay et al. (2001), realizaram um estudo no qual evidenciaram a plasticidade no SNAC após um breve treinamento de percepção de fala. Um grupo de adultos falantes do inglês foi treinado a perceber diferenças entre duas sílabas /ba/ que se diferenciavam por 10 ms na pré-vocalização (VOT). Um grupo controle não recebeu nenhum treinamento. O complexo N1-P2 foi gravado antes e depois do treino, e em dois momentos para o grupo não treinado. Na primeira avaliação a percepção da diferença dos estímulos foi quase ao acaso e a amplitude de N1-P2 bem pequena. Após o treino a percepção melhorou e a amplitude aumentou. No grupo não treinado não foram constadas diferenças entre as avaliações.

Musiek e Schochat (1998) aplicaram um programa de TAAC de 6 sessões em um adolescente de 15 anos com TPA. Foram realizadas atividades de discriminação de intensidade, discriminação de frequência, treinamento temporal e treinamento de percepção com estímulos competitivos. Após a intervenção o paciente apresentou melhor desempenho nos testes da avaliação do PA, assim como foram relatadas melhoras pelos pais e escola.

Schochat et al. (2002) realizaram um estudo com 20 indivíduos com idades entre 8 e 34 anos, com audição normal e alteração do Processamento Auditivo. Os indivíduos foram submetidos ao TAAC entre os anos de 1997 e 1999. O objetivo do estudo era verificar se a efetividade do TA, após o tempo superior a seis meses de sua realização, se mantinha. Como resultado foi constatado que 85% dos pacientes obtiveram melhora após o TAAC e esta

foi mantida na reavaliação, 10% não apresentaram melhora e mantiveram os resultados alterados e 5% melhoraram após o TAAC, mas não mantiveram o desempenho na reavaliação. Os autores concluíram que o TAAC é eficaz para reabilitar as habilidades auditivas alteradas e que seu benefício se mantém ao longo dos anos na maioria dos casos.

Gil (2006) realizou um estudo para verificar a efetividade do TAAC em indivíduos adultos com perda auditiva neurosensorial de grau leve a moderado. Participaram 14 indivíduos usuários de próteses auditivas intra-aurais, os quais foram avaliados por meio de testes comportamentais do PA, avaliação eletrofisiológica (P300) e questionário de autoavaliação e distribuídos em 2 grupos, ambos com 7 indivíduos. O Grupo Experimental – GE, submetido ao TAAC e o Grupo Controle – GC não submetido ao TAAC. O TAAC foi realizado em cabina acústica em 8 sessões com duração de 45 min nas quais foram estimuladas as habilidades auditivas de fechamento auditivo, figura-fundo para sons verbais e não verbais e ordenação temporal. Para verificar a eficácia do TAAC os procedimentos realizados na avaliação foram repetidos e os grupos comparados. A autora constatou que na avaliação inicial não foram encontradas diferenças estatisticamente significante nos testes comportamentais e nos parâmetros de latência e amplitude do P300 (com estímulo *tone burst*) entre os grupos. Entretanto, após o TAAC verificou melhor desempenho do GE na avaliação comportamental e eletrofisiológica do PA em relação à avaliação inicial e ao GC. Quanto ao questionário, o grupo GE apresentou maiores benefícios nas situações de ruído do que o grupo controle. Assim, a autora concluiu que o TAAC promove a redução da latência do P300, a adequação das habilidades

auditivas de memória para sons verbais e não verbais em sequência, fechamento auditivo e figura-fundo para sons verbais e a melhora da percepção auditiva em ambientes ruidosos e reverberantes para adultos com perda auditiva neurossensorial de grau leve a moderada, usuários de próteses auditivas.

Zalcman (2007) realizou um estudo para verificar a eficácia do TAAC em crianças com TPA utilizando os PEA para verificação. Participaram 30 crianças com TPA no Grupo Estudo (GE) e 15 crianças no Grupo Controle (GC). Todos os sujeitos realizaram avaliação comportamental do processamento auditivo e posteriormente, foram submetidos à gravação do PEATE e dos PEALL (Complexo N1-P2-N2 com estímulo *tone burst*). Os indivíduos do GE foram submetidos à um TAAC em cabine acústica de 8 sessões semanais com duração de 50 minutos. O GC não foi submetido a qualquer tipo de treinamento. Após o período de TAAC, ambos os grupos foram reavaliados. Na análise dos resultados, na avaliação inicial, constatou-se uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos na latência da onda N1 e na amplitude de P2-N1, sendo a latência maior no GE e amplitude maior no GC. Na comparação pré e pós TAAC o GE mostrou diferença estatisticamente significativa na latência de P2 e N2 (diminui após TAAC) e na amplitude de N1-P2 e P2-N2 (aumentou após o TAAC). No GC não foram encontradas diferenças estatisticamente significante entre as avaliações inicial e final. Em relação à comparação entre os grupos na avaliação final foi constatada diferença estatisticamente significativa na latência da onda N1 e N2 (latência menor no GE) e na amplitude de P2-N2 (maior amplitude para GE). Diante dos resultados a autora concluiu que as alterações

neurofisiológicas presentes em crianças com TPA podem ser captadas por PEALL e que o TAAC é capaz de melhorar as habilidades auditivas gerando modificações neurofisiológicas que podem ser medidas e monitoradas pelos PEALL.

Alonso e Schochat (2009) realizaram um estudo com o objetivo de verificar a eficácia do TAAC em crianças com TPA. Participaram 29 indivíduos diagnosticados com TPA na faixa etária de 8 a 16 anos de idade, os quais foram submetidos a um programa de TAAC realizado em cabina acústica em 8 sessões semanais com duração de 50 min nas quais foram estimuladas as habilidades auditivas alteradas. Antes e após o TAAC foram aplicados testes comportamentais e captado o P300 (com estímulo *tone burst*) para a comparação do desempenho dos indivíduos em cada momento. Como resultado as autoras verificaram diferenças estatisticamente significante nos valores de latência do P300 e nas porcentagens de acerto nos testes comportamentais entre as avaliações pré e pós TAAC. Dessa forma concluíram que o P300 é um instrumento útil no monitoramento das mudanças ocorridas no Sistema Nervoso Auditivo Central após o TAAC, o qual se mostrou eficaz na reabilitação das habilidades auditivas alteradas de crianças com TPA.

Megale et al. (2009) realizaram um estudo para verificar a eficácia do TAAC em idosos novos usuários de próteses auditivas, quanto ao benefício do processo de adaptação. Participaram do estudo 42 indivíduos com idades entre 60 e 90 anos com perda auditiva neurosensorial de grau leve a moderado e novos usuários de próteses auditivas bilaterais. Os indivíduos foram distribuídos em dois grupos: Grupos Experimental (GE) e Grupo Sham

(GS). O GE foi submetido a um programa de treinamento auditivo em cabina acústica durante seis sessões. O GS não foi submetido à nenhuma intervenção ativa. Ambos os grupos foram avaliados com os testes comportamentais Fala no Ruído e Escuta de Dígitos e com o questionário de autoavaliação *Abbreviated of Hearing Aid Benefit* (APHAB) em três momentos: sem próteses (primeira avaliação), quatro semanas (segunda avaliação) e oito semanas (terceira avaliação) após adaptação das próteses. As autoras constataram diferença estatisticamente significativa entre os grupos nas avaliações 2 e 3 nos testes comportamentais do PA e nas escalas de Facilidade de Comunicação, Reverberação e Ruído e Ruído ambiental do teste APHAB.

Henning et al. (2012) investigaram o efeito da reabilitação auditiva na habilidade de ordenação temporal em idosos usuários de prótese auditiva. Participaram 17 idosos com idades entre 60 e 84 anos, distribuídos no Grupo Controle (GC), que somente fez uso das próteses auditivas e o Grupo Estudo (GE) que foi submetido a um programa de reabilitação auditiva, o qual abrangeu aconselhamento e treinamento auditivo (treinamento auditivo musical – Freire, 2009). Os sujeitos foram avaliados e reavaliados com os testes de padrão de frequência e duração nas tarefas de murmúrio e nomeação. Para o teste de padrão de frequência foi constatada diferença estatisticamente significativa entre as avaliações apenas no GE para a tarefa de nomeação e diferença entre os grupos na avaliação 2 para a tarefa de murmúrios. No teste de padrão de frequência foi constatada diferença estatisticamente significativa entre as avaliações apenas para o GE (em ambas as tarefas). Na comparação entre os grupos após o TA, constataram

diferença estatisticamente significativa para as duas tarefas. Dessa forma, os autores concluíram que o programa de reabilitação auditiva proposto proporciona evolução satisfatória no reconhecimento, ordenação temporal e nomeação dos padrões de duração e de frequência dos sons.

Lessa et al. (2013) realizaram um estudo para verificar a eficácia de um programa de reabilitação auditiva composto de aconselhamento e treinamento auditivo musical em indivíduos com perda auditiva em processo de adaptação de aparelhos auditivos por meio da aplicação de um teste dicótico antes e depois do treinamento. Os autores constataram melhora da habilidade e resultados mais próximos entre as orelhas, principalmente devido ao melhor desempenho da orelha esquerda que antes do treinamento apresentava grande desvantagem.

Lavie et al. (2013) realizaram um estudo 36 idosos com perda auditiva neurossensorial simétrica, os quais foram divididos em 2 grupos. O grupo estudo, além da adaptação bilateral com aparelhos auditivos, foi submetido também a um treinamento auditivo, enquanto o grupo controle recebeu apenas a adaptação dos aparelhos auditivos. Utilizando um teste dicótico de sílabas, os autores constataram que, após o período de 2 meses, os indivíduos de ambos os grupos apresentaram melhora significativa do desempenho no teste dicótico na orelha não preferencial (orelha esquerda). Entretanto, apenas os indivíduos que realizaram o treinamento auditivo apresentam melhor desempenho também na orelha direita.

White-Schwoch et al. (2013) realizaram um estudo para verificar a influência do treinamento musical precoce na vida de idosos. Participaram do estudo 44 indivíduos com idade entre 55 e 76 anos com audição normal ou

perda auditiva leve a moderada. Os participantes foram divididos em 3 grupos conforme os anos de prática musical. O grupo “nenhum” com 0 anos de prática (n=15), o grupo “pouco” com 1 a 3 anos de prática (n=13) e o grupo “moderado” com 4 a 14 anos de prática. Todos os indivíduos com instrução musical começaram a praticar durante o ensino fundamental americano. Nenhum deles continuou a praticar depois dos 25 anos de idade. Todos os indivíduos foram submetidos a avaliação eletrofisiológica com o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE). O PEATE foi evocado pelo estímulo complexo de fala sintetizado /da/. Em resumo, os autores constataram que a maior parte dos indivíduos que iniciaram o treinamento musical precocemente em suas vidas apresentou função auditiva mais eficiente, mesmo décadas depois de terem parado de treinar. Os indivíduos do grupo “moderado” apresentaram velocidade de processamento neural mais rápida em resposta à sílaba /da/ tanto na situação de silêncio quanto no ruído. A diferença entre os grupos só foi constatada na porção de transição da consoante-vogal, na porção da vogal sustentada os grupos foram equivalentes.

Para Ferguson et al. (2014) apesar do grande aumento de produtos e pesquisas de TA, ainda não está totalmente claro o quanto este tipo de intervenção pode proporcionar uma melhora real nas habilidades auditivas dos indivíduos. Segundo os autores, poucos estudos utilizaram grupos controle não treinados e/ou grupos submetidos a treinamentos placebos, gerando uma nebulosidade na interpretação dos resultados, já que não se pode descartar a possibilidade da ocorrência de efeito placebo e efeito teste-reteste.

Estudos envolvendo outras patologias do sistema auditivo mostram que intervenções na área da audiolgia podem sofrer influência do efeito placebo, reforçando a necessidade de uso desse tipo de metodologia nesta área. Dawes et al. (2011) investigaram a ocorrência do efeito placebo em usuários de aparelhos auditivos. Participaram 16 adultos usuários de aparelho auditivo, os quais foram levados a acreditar que estavam testando um aparelho auditivo com nova tecnologia e outro de tecnologia convencional. Os aparelhos eram acusticamente idênticos, sendo apenas diferenciados pela descrição como “novo” e “convencional”. Os indivíduos foram submetidos a uma avaliação de percepção de fala, avaliação subjetiva da qualidade sonora e questionados quanto a preferência entre os dois modelos, antes e depois do período de testagem dos aparelhos. Como resultados, os autores encontraram diferença estatisticamente significativa entre os modelos de aparelho nos dois testes, no desempenho do teste de fala com ruído e o escore de qualidade sonora foram maiores para o aparelho “novo”. Ainda, 75% dos pacientes mostraram preferir o aparelho com a nova tecnologia. Diante dos resultados, os autores concluíram que o efeito placebo acontece em estudos envolvendo aparelhos auditivos e afirmaram que estudos que não atentaram para este fato devem ser cuidadosamente interpretados.

O efeito placebo pode ser observado não só de forma comportamental ou inferencial, mas de maneira objetiva, pois além das mudanças comportamentais, ocorrem mudanças neurobiológicas. Petrovic et al., 2002 mostram através da Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) que alterações cerebrais com placebo são semelhantes as obtidas com opióides.

De la Fuente-Fernandez e Stoessi, (2002) constataram a ocorrência de efeito placebo em pacientes com Doença de Parkinson, sendo verificada a liberação de dopamina capaz de gerar alterações visíveis no gânglio basal.

Em 1978 Walpaw e Penry realizaram um estudo para verificar o efeito do etanol da cafeína e do placebo nas respostas evocadas auditivas. Participaram 31 adultos saudáveis que receberam 3 ml de etanol, 300 mg de cafeína ou placebo. Os PEA foram gravados antes e um tempo depois da ingestão de todas as substâncias (1h e 4h para o etanol e 80 min para cafeína e placebo). Os autores constataram que o etanol causou uma redução acentuada na amplitude de N1-P2 na avaliação após 1h da ingestão e uma diminuição leve na avaliação após 4. Não foi observada nenhuma mudança na ingestão da cafeína. O placebo produziu uma diminuição de 20% na amplitude de N1-P2. Este estudo comprova que o efeito placebo pode alterar o funcionamento neurobiológico do SNAC podendo ser constatado através da avaliação eletrofisiológica.

Ávila et al. (2014) realizaram um estudo para verificar o efeito do TAAC em idosos com Comprometimento Cognitivo Leve (CCL). Participaram 25 indivíduos com CCL na faixa etária de 69 a 91 anos de idade que foram divididos em três grupos: Grupo Estudo – GE com dez sujeitos; Grupo Alternativo – GA com 10 sujeitos e Grupo Controle (GC) com 5 sujeitos. Todos os indivíduos realizaram avaliação cognitiva e comportamental do PA. O GE foi submetido à um programa de TAAC realizado em 8 sessões semanais de 50 minutos. O GA foi submetido à um programa de treinamento placebo - TP (visual) de mesma frequência e duração do TAAC. O GC não foi submetido a qualquer tipo de treinamento durante o período do TAAC ou

TP. Após o término do TAAC (GE), TP (GA) e período sem intervenção (GC), todos os indivíduos foram avaliados quanto ao processamento auditivo e, na semana seguinte, quanto aos aspectos cognitivos. Na análise dos resultados constatou-se que os indivíduos não apresentavam diferenças estatisticamente significantes quanto ao perfil cognitivo. Na segunda avaliação todos os grupos apresentaram piora nos testes cognitivos CAMCOG (*Cambridge Examination for Mental Disorders of the Elderly*) e RBMT (Teste Comportamental de Memória de Rivermead), sendo que o GA apresentou escores melhores quando comparado aos demais grupos. No teste de dígitos constatou-se melhora para o GE e GA e piora no GC, sendo que entre eles o GA mostrou melhor desempenho. Quanto à avaliação comportamental do GA, na avaliação inicial foi constatada apenas diferença estatisticamente significativa no teste Fala com Ruído na OD na comparação entre GE e GA. Na avaliação final constatou-se diferença estatisticamente significativa em ambas as orelhas nos testes de Fala com Ruído e SSI entre os grupos, sendo que o GE mostrou melhor escore que os demais. Na comparação intragrupos constatou-se melhora em todos os testes comportamentais do PA no GE. No GA houve diferença estatisticamente significativa entre a avaliação e reavaliação para os testes Fala com Ruído (ambas as orelhas) e para orelha esquerda do teste Dicótico não verbal. No GC constatou-se diferença estatisticamente significativa apenas para o teste Fala com Ruído na orelha direita (devido a piora na reavaliação).

Anderson et al., (2013a) realizaram um estudo para comprar o efeito do treinamento auditivo em indivíduos com e sem perda auditiva. Participaram da pesquisa 58 indivíduos com idades entre 59-79 anos, os

quais foram distribuídos em 2 grupos conforme a presença ou ausência de perda auditiva. Os indivíduos foram submetidos de forma aleatória a um treinamento cognitivo-auditivo ou a um treinamento controle ativo. O treinamento auditivo-cognitivo foi realizado por meio do software *Brain Fitness®* que é composto por 6 diferentes módulos com diferentes objetivos específicos e com objetivo geral de melhorar a função sensorial baseando-se na ideia que uma melhora da qualidade da informação neural através dos sistemas sensoriais pode levar a uma melhor função cognitiva (Shneider e Pichora-Fuller, 2000). A verificação das tarefas foi feita on-line. Os participantes do grupo controle ativo assistiram DVDs educacionais e completaram questões de múltipla escolha em relação ao conteúdo do vídeo. Todos os indivíduos realizaram avaliações comportamentais de percepção de fala no ruído, cognitiva e eletrofisiológica antes e depois do treinamento auditivo ou atividade controle-ativa. Como resultado, os autores verificaram que o grupo com perda auditiva revelou uma diminuição da representação neural do envelope do estímulo presente na condição de avaliação com ruído, se aproximando dos níveis observados em indivíduos sem perda auditiva. Nenhuma diferença foi constatada no grupo controle. Assim, os autores concluíram que mudanças no processamento do sinal acústico no tronco encefálico acompanham melhora na percepção de fala. Assim, alterações do processamento auditivo associadas à perda auditiva podem ser, em parte, remediadas com o treinamento, resultando em benefícios reais para a comunicação do dia a dia.

Além do efeito placebo, o efeito teste-reteste tem sido investigado nas pesquisas com treinamento auditivo para que a eficácia da intervenção possa

ser evidenciada com maior transparência (Sweetow e Palmer; 2005; McArthur, 2007; Henshaw e Ferguson 2013; Ferguson et al., 2014).

McArthur et al. (2007) mostraram o efeito teste-reteste em um estudo com crianças com alterações de linguagem. A amostra foi composta por grupos de distúrbio específico de leitura (n=65), distúrbio específico de linguagem (n=25) e controle, sem queixas ou alterações de linguagem oral e escrita (n=36). Das crianças que apresentaram desempenho ruim nas tarefas auditivas avaliadas, vinte e oito realizaram um treinamento auditivo de 6 semanas. Após a intervenção, vinte e cinco dessas crianças apresentaram desempenho normal nas tarefas auditivas e também apresentaram melhora significativa no desempenho em dois testes de linguagem. Entretanto, o grupo-controle não treinado também mostrou melhora significativa para os mesmos testes, sugerindo que a melhora encontrada no grupo treinado não tenha sido decorrente do TA executado, mas sim de um efeito teste-reteste.

Por outro lado Ferguson et al. (2014) não encontraram evidências do efeito teste-reteste em idosos com dificuldade de compreensão de fala. Os autores investigaram o benefício de um treinamento específico de discriminação de fonemas em indivíduos com idades entre 50 e 74 anos e com perda auditiva leve. Dois grupos foram formados, um com início imediato do treinamento auditivo e outro com um tempo de atraso para início do treinamento para que pudesse ser avaliado também o efeito teste-reteste, o qual não foi evidenciado. Após o período de treinamento foram observados a melhora na discriminação de fonemas e dos testes cognitivos, além do questionário de autopercepção que foi utilizado; entretanto, não foi encontrada uma melhora significativa para a compreensão de fala no ruído.

Método

4. MÉTODO

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), sob protocolo de pesquisa nº 384/12 (Anexo A).

Trata-se de um estudo prospectivo clínico placebo-controlado e unicego.

Foi realizado no Laboratório de Pesquisa Fonoaudiológica em Processamento Auditivo (LIF-PA) do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

4.1. Casuística

Os indivíduos foram recrutados a partir da análise dos prontuários de participantes da pesquisa longitudinal Envelhecer Mantendo Funções (CEP FMUSP nº 192/10), realizada no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional FMUSP, na qual foram realizadas avaliações de linguagem, cognição, capacidade funcional, audição, entre outras, em idosos. Foram convocados apenas aqueles que apresentaram resultados que atendiam os critérios de seleção do presente estudo, que foram os seguintes:

Critérios de inclusão

- Apresentar idade entre 60 e 80 anos;
- Apresentar pelo menos dois testes alterados na avaliação comportamental do PA e queixas auditivas;

Critérios de exclusão

- Apresentar perda auditiva de grau moderado ou maior (média de 500Hz, 1000Hz e 2000Hz);
- Ser usuário de Aparelho de Amplificação Sonora Individual;
- Ter realizado treinamento auditivo anteriormente;
- Apresentar alterações neurológicas e/ou psiquiátricas evidentes;
- Apresentar alteração no teste Mini Exame do Estado Menta (MEEM);
- Apresentar alteração na Escala de Depressão Geriátrica (GDS - *Geriatric Depression Scale*).

Dos 43 que foram contatados, 24 se interessaram e aceitaram participar da pesquisa. Porém, após a avaliação inicial (avaliação 1) verificou-se que apenas 20 realmente apresentavam resultados que atendiam os critérios de inclusão (três apresentavam avaliação normal do processamento auditivo e um apresentou perda auditiva mista). E, desses 20 indivíduos, quatro não puderam dar continuidade até o fim, desistindo em diferentes etapas e por diferentes razões. Dessa forma, apenas 16 concluíram todas as etapas propostas nesta pesquisa.

Todos que concordaram em participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Anexo B).

Os indivíduos foram distribuídos de forma aleatória em dois grupos conforme a ordem cronológica da realização da primeira avaliação. Ou seja, o primeiro indivíduo a realizar a avaliação inicial foi para um grupo e o

segundo indivíduo para o outro, e assim seguiu-se a distribuição com os 16 participantes.

Grupo Sem Intervenção – GSI

Grupo composto por 8 indivíduos (7 mulheres, 1 homem) que após a realização da primeira avaliação, ficaram 12 semanas sem qualquer intervenção. Foram orientados a aguardar o contato da pesquisadora para realizar uma nova avaliação (avaliação 2), antes de iniciarem o TAAC.

Grupo Placebo – GP

O GP também foi composto por 8 indivíduos (7 mulheres, 1 homem), porém estes participantes foram submetidos inicialmente a um treinamento placebo (TP), com a mesma frequência e duração do TAAC. Após 4 semanas do término do TP, os indivíduos foram reavaliados (avaliação 2 – pré TAAC).

Após a avaliação 2, todos os indivíduos realizaram 8 sessões de TAAC e após 4 semanas do término, realizaram a avaliação final (avaliação 3 – pós TAAC).

Os detalhes do TAAC e TP serão descritos posteriormente no tópico “procedimentos”.

A figura a seguir exhibe o esquema de divisão dos grupos e etapas da pesquisa.

Figura 1. Esquema para ilustrar as etapas da pesquisa

4.2. Material

- Otoscópio da marca Heine®;
- Analisador de orelha média da marca Interacustics®, modelo AT235h calibrado de acordo com o recomendado pelo fabricante (ANSI S3.7, 1989);
- Audiômetro da marca Grason-Stadler®, modelo GSI-61 (ANSI S3.6, 1989) e fone supra aural modelo TDH-50 (ISSO 7566, 1987);
- Cabina acústica da marca Siemens® (ANSI S3.1, 1991);
- Listas de vocábulos para testes de fala propostas por Santos e Russo (1986);
- *Compact Disc Player* da marca Philips®;

- *Compact Discs (CDs)* para avaliação e treinamento das habilidades auditivas (Pereira e Schochat, 2011; Musiek, 1994; Musiek et al. 2005; Auditec, 1997; Costa, 1997; Keith, 2000; Rabelo, 2004; Murphy e Schochat, 2007).

- Equipamento para obtenção do Potencial Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) da marca *Bio-logic* modelo Navigator Pró com fones de inserção modelo 588-SINSER.

- Equipamento para obtenção dos potenciais auditivos de longa latência da marca *Neuroscan® electroencephalographic system* modelo *STIM²*, pré-amplificador *SynAmps²* modelo 8050 com fones de inserção 3A, software para captação e análise *Scan 4.5*.

4.3. Procedimentos

Todos os dados foram registrados em protocolos específicos (Anexo C).

Anamnese

Foi realizada uma entrevista inicial para a obtenção de dados de identificação, informações sobre a saúde geral e auditiva.

Inspeção do meato acústico externo

Realizada para a identificação de presença de rolha de cera ou de outros fatores que impossibilitem a realização dos demais procedimentos.

Avaliação audiológica básica

Foi realizada a audiometria tonal liminar, nas frequências convencionais (de 250 a 8000 Hz), para verificar se os limiares auditivos dos participantes estavam dentro dos critérios de inclusão. Os testes logaudiométricos foram realizados para obter-se o limiar de reconhecimento (LRF) de fala e o índice de reconhecimento de fala (IRF). Também foram realizadas medidas de imitância acústica para verificar a mobilidade do sistema tímpano-ossicular e o reflexo contralateral do músculo estapediano.

Avaliação Comportamental do Processamento Auditivo

Os testes binaurais e dicóticos foram realizados a 50dBNS e os testes monóticos a 40dBNS com relação ao LRF. Para indivíduos com perda auditiva, considerou-se o nível de maior conforto.

Foram aplicados os seguintes testes:

Avaliação Simplificada do Processamento Auditivo: os testes de localização sonora (LS), memória sequencial para sons não verbais (MSNV) e memória sequencial para sons verbais (MSV) - com 4 sílabas - foram realizados e interpretados de acordo com o descrito por Pereira e Schochat (2011).

Teste de Fala com Ruído Branco (F/R): Avalia a habilidade de fechamento auditivo. Foi aplicado sob a forma monótica na relação sinal/ruído de +20 dB, utilizando uma lista de vocábulos monossilábicos e o ruído *white noise* (Pereira e Schochat, 2011). Neste teste, o paciente é orientado a repetir as palavras ouvidas.

Teste Dicótico de Dígitos (TDD): Avalia a habilidade auditiva de figura-fundo para sons linguísticos. Constitui-se na apresentação de 20 faixas compostas por quatro dígitos dissílabos, apresentado aos pares, sendo um número em cada orelha simultaneamente (Pereira e Schochat, 2011). O paciente deve repetir os quatro dígitos.

Teste *Gaps in Noise* (GIN): avalia a habilidade de resolução temporal. O teste GIN, proposto por Musiek et al. (2004) e validado no Brasil por Samelli e Schochat (2008a), é composto por vários segmentos de ruído branco de 6 segundos, os quais contêm de 0 a 3 intervalos de silêncio (*gaps*) cada. O paciente deve apertar um botão para sinalizar ao avaliador sempre que perceber o *gap*. O teste foi apresentado na forma binaural, considerando que não há diferença entre as orelhas (Samelli e Schochat, 2008b).

Teste Padrão de Frequência (TPF): Proposto por Musiek em 1994, avalia a habilidade auditiva de ordenação temporal. O teste consiste na apresentação de 30 itens compostos por 3 tons, sendo que cada um deles tem a duração de 150ms, com dois intervalos entre os tons de 200ms. As frequências de tom grave e de tom agudo correspondem a tons puros de 880Hz e 1122Hz, respectivamente. O teste foi realizado na forma binaural.

O quadro a seguir resume os critérios de normalidade adotados considerando a população de idosos e suas respectivas referências:

Quadro 1. Critérios de normalidade adotados para o estudo.

Teste	Condição	Orelha	Valor adotado	Referências
LS	Com ou sem PANS	OD+OE	3/5 posições	Pereira e Schochat, 2011
MSNV	Com ou Sem PANS	OD+OE	2/3 sequências	
MSV	Com ou sem PANS	OD+OE	2/3 sequências	
GIN	Com ou sem PANS	OD+OE	8 ms	Liporaci e Frota, 2010
TPF	Com ou sem PANS	OD+OE	49,29%	Parra et al, 2004
TDD	Sem PANS	OD	88,72%	Luz e Pereira, 2000
		OE	89,75%	
	Com PANS leve a moderada	OD	74,1 %	Pinheiro et al., 2012
		OE	68,8%	
TFR	Sem PANS	OD	64%	Pereira e Schochat, 2011
		OE	72%	
	Com PANS	OD	61,20%	
		OE	62,8%	

LS: Localização Sonora; MSNV: Memória Sequencial Não Verbal; MSV: Memória Sequencial Verbal; GIN: Gap in Noise; TPF: Teste Padrão de Frequência; TDD: Teste Dicótico de Dígitos; TFR: Teste Fala com Ruído; PANS: Perda auditiva neurosensorial; Orelha Direita; OE; Orelha Esquerda.

Avaliação Eletrofisiológica

Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE): Foi realizado na avaliação 1 (inicial), para garantir a integridade da via auditiva em tronco encefálico. Foi utilizado o equipamento *Bio-logic Navigator Pró*. O exame foi realizado em ambas as orelhas, de forma monoaural. O estímulo clique foi apresentado com intensidade de 80 dBnNA com taxa de 13,3 estímulos por segundo e polaridade rarefeita. Foram promediados 2000 estímulos em janela de gravação de 10ms. Os filtros passa-alto e passa-baixo foram de 100 e 1500 Hz, respectivamente. Uma segunda varredura foi realizada para garantir a reprodutibilidade das ondas. Foram identificadas as ondas I, III e V e os interpicos I – III, I – V e III – V, porém considerou-se como critério para inclusão na pesquisa apenas a presença da onda V.

Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência P300: Para obtenção do P300 foi utilizado o *Neuroscan electroencephalographic system®* modelo STIM2. O potencial foi evocado de duas formas: com estímulo *tone burst* e

com estímulo complexo de fala. Em ambas as situações os estímulos foram apresentados com fones de inserção e os eletrodos posicionados em Cz (vertex), A1 (orelha esquerda) e A2 (orelha direita). O indivíduo foi orientado a levantar a mão ao perceber o estímulo raro.

Os parâmetros utilizados foram os seguintes:

- 300 estímulos livres de artefatos para a obtenção dos potenciais, sendo 85 de estímulos frequentes e 15% de estímulos raros.
- Intensidade de ambos os estímulos (frequente e raro) de 80 dBNPS.
- Taxa de apresentação de 1 estímulo por segundo;
- Janela de análise de 600 ms
- Polaridade alternada;
- Filtro passa-baixo de 30 Hz e passa-alto de 1Hz;
- Características do estímulo *tone burst*: duração de 100ms (*plateau* de 80 ms e *rise/fall* de 10 ms); frequência de 800Hz para o estímulo frequente e 1200 Hz para o raro.
- Características do estímulo de fala: duração de 100ms (*plateau* de 80 ms e *rise/fall* de 10 ms); Estímulos frequente e raro representados pelas sílabas sintetizadas /da/ e /wa/, respectivamente (Klatt, 1980).

Foram analisados os valores de latência (ms) e amplitude (μ v), além da análise visual das ondas e imagens geradas para ambos os estímulos.

O P300 foi considerado como o maior pico de polaridade positiva visualizada na subtração do traçado do estímulo raro em relação ao traçado do estímulo frequente, estando sua latência entre 240 e 470 ms (Jirsa, 1992; Junqueira e Colafêmima, 2002). Para identificar o ponto de maior amplitude, foi colocado o cursor de referência na onda de polaridade negativa anterior a onda do P300, e o segundo cursor no pico do P300.

A identificação do P300 foi realizada inicialmente pela pesquisadora e depois revisada por um segundo avaliador (examinador cego) para que não houvesse influência da análise do pesquisador nos resultados obtidos em cada grupo. Em caso de duplo pico na formação da onda do P300, considerou-se a amplitude colocando o cursor no maior pico e a latência no ponto médio entre os dois picos.

Nos casos em que não foi encontrada a onda correspondente ao P300, o valor da amplitude foi considerado zero μV e o valor de latência foi de 500 ms para fins de análise estatística.

A ordem de realização em relação às orelhas e à apresentação dos estímulos foi a mesma para todos os indivíduos. O exame foi sempre iniciado pela orelha direita com estímulo *tone burst*, seguido por orelha direita com estímulo de fala, e então realizada a mesma sequência na orelha esquerda.

Treinamento Auditivo

Neste estudo será adotado o nome de treinamento auditivo acusticamente controlado (TAAC) para se referir ao treinamento proposto, o qual segue as características do então nomeado treinamento auditivo formal. A mudança de denominação foi realizada, pois acredita-se que o termo

“formal” não é adequado, já que implica no uso do termo “informal” para se referir ao treinamento auditivo realizado fora da cabine, fazendo com que este procedimento pareça não legítimo ou não validado.

Baseado em procedimento proposto por Musiek e Schochat (1998), o TAAC foi realizado em cabina acústica durante 8 semanas, sendo uma sessão por semana, com duração de 50 minutos cada. Foram estimuladas principalmente as habilidades auditivas encontradas alteradas na avaliação 2 e ao final de cada sessão reservou-se 10 minutos para a orientação de atividades a serem realizadas em casa, as quais tinham duração de aproximadamente 15 minutos, com frequência de três vezes por semana. As tarefas do TAAC foram planejadas de acordo com o desempenho nos testes da avaliação do PA e também levando em consideração a evolução do indivíduo a cada sessão, tentando manter o índice de sucesso *versus* erro em aproximadamente 70/30 por cento (Musiek e Schochat, 1998).

Para a estimulação das habilidades auditivas, de maneira geral, foram utilizados alguns testes padronizados, que não foram aplicados nas avaliações do estudo, com modificações nas tarefas a serem executadas pelos idosos e na relação sinal/ruído considerando o objetivo da atividade e o desempenho do indivíduo, respectivamente. Além disso, também foram realizadas diferentes estratégias utilizando a fala da pesquisadora e os ruídos do audiômetro ou mensagens competitivas provenientes dos CDs de avaliação.

Cada sessão de 50 minutos foi planejada de acordo com desempenho do indivíduo na sessão anterior e procurando envolver a estimulação de pelo menos 3 habilidades auditivas. Ainda que, na maioria das vezes, em uma

mesma atividade proposta havia a estimulação de diferentes habilidades auditivas e cognitivas, em média foram realizadas 4 atividades diferentes por sessão.

Sempre que possível buscou-se estimular também a integração sensorial, associando-se as atividades auditivas às tarefas visuais e motoras, por exemplo. Ainda, buscou-se utilizar um conteúdo motivador, considerando a idade, gosto e hábitos de cada indivíduo.

A seguir, serão descritas algumas atividades realizadas para a estimulação das habilidades auditivas:

Habilidade de fechamento auditivo: corresponde à capacidade do indivíduo de identificar sons acusticamente distorcidos.

Para trabalhar essa habilidade foram utilizados alguns testes padronizados e outras atividades adaptadas. Foram usados os testes de Identificação de figuras no ruído (Pereira e Schochat, 2011), Identificação de sentenças no ruído (Costa, 1997) e Fala comprimida (Rabelo, 2004).

Também foram criadas atividades usando como estímulo a fala da avaliadora e o ruído branco do audiômetro, os quais eram apresentados simultaneamente na mesma orelha. Para essas atividades foram utilizadas palavras de diferentes extensões, sentenças e até pequenas notícias de jornal. Em todas as atividades o indivíduo deveria repetir a mensagem linguística ouvida da forma que entendeu.

Para envolver outras habilidades auditivas e cognitivas e manter a atividade desafiante e motivadora, além de reconhecer e repetir a mensagem

distorcida acusticamente, os indivíduos muitas vezes tinham que realizar tarefas adicionais como memorizar palavras ou responder perguntas.

Na atividade de fala comprimida, por exemplo, o indivíduo era instruído a prestar atenção em uma determinada característica da palavra como o som inicial, ou categoria semântica (palavras que iniciam com o som do /p/ ou nome de animais, respectivamente, por exemplo) e após a repetição de uma lista de 10 palavras deveria lembrar quais apresentavam a característica previamente determinada. A relação sinal-ruído, o nível de compreensão e a extensão da mensagem linguística (palavras ou frases) foram estabelecidos conforme a evolução do paciente a cada sessão.

Habilidade de figura-fundo: corresponde à capacidade do indivíduo de identificar uma mensagem na presença de outra mensagem competitiva.

Foram utilizadas atividades envolvendo as tarefas de identificação de sons linguísticos e não linguísticos na presença de mensagem competitiva. Os testes *Pediatric Sentence Identification* (PSI), Identificação de Sentenças Sintéticas (SSI), Dicótico com palavras dissílabas (SSW) e Teste Dicótico Não Verbal do material para a avaliação do Processamento Auditivo (Pereira e Schochat, 2011) foram usados na sua forma tradicional ou foram adaptados utilizando apenas a mensagem competitiva e a fala da avaliadora como mensagem alvo, na forma ipsi e contralateral. Em geral o paciente deveria prestar a atenção apenas na mensagem alvo.

Conforme o desempenho do paciente, também eram acrescentadas tarefas para envolver integração sensorial e estimular outras habilidades auditivas e cognitivas. Por exemplo, na atividade utilizando o teste dicótico

não verbal, na tarefa de atenção direcionada era solicitado ao indivíduo que usasse para apontar uma figura a mão oposta à orelha que estava prestando atenção no momento. Ou, ainda, que prestasse atenção em um determinado som (do galo, por exemplo) e ao final do exercício deveria dizer quantas vezes ele apareceu.

Habilidade auditiva de ordenação temporal: corresponde à capacidade do indivíduo de ordenar os estímulos sonoros ao longo do tempo.

Para estimular esta habilidade foram usados os testes Temporal Progressivo Auditivo (Murphy e Schochat, 2007) e de Padrão de Frequência e Duração (Auditec, 1997). Em alguns casos, em que o paciente tinha mais dificuldade, também foram utilizados os tons puros do audiômetro. Os sons eram apresentados de forma binaural. A tarefa do paciente nessas atividades era nomear ou imitar (murmúrio) cada tom mantendo a ordem na qual foram apresentados. Também foram realizadas modificações para associar habilidades cognitivas e motoras como apontar a figura correspondente ao som ao invés de nomeá-las ou ainda apontar o som longo com a mão esquerda e o curto com a mão direita, por exemplo.

Habilidade auditiva de resolução temporal: corresponde à capacidade do indivíduo de perceber mudanças dos estímulos ao longo tempo.

Para essa habilidade foi utilizado a faixa de treino do teste GIN e a faixa 4 de teste, que não é usada na avaliação. Também foi utilizado o teste *Random Gap Detection Test* – RGDT (Keith, 2000), no qual o paciente deveria identificar intervalos de silêncio (*gaps*), que variam de 2 a 40ms,

entre dois tons puros, os quais foram apresentados nas frequências de 0,5 KHz, 1 KHz, 2 KHz, e 4 KHz.

Atividades para casa: Ao final de cada sessão os indivíduos foram orientados a realizar atividades em casa, no mínimo duas vezes por semana, com duração média de 15 minutos. As atividades envolviam diferentes habilidades auditivas, não necessariamente àquelas trabalhadas durante a sessão de TAAC. Um exemplo de atividade a ser realizada em casa foi ouvir o rádio e a TV ao mesmo tempo e prestar atenção em apenas uma mensagem.

Treinamento Placebo (TP)

O TP foi baseado no proposto por Anderson et al., (2013a). Foram elaboradas, no mesmo formato do TAAC, sessões semanais de 50 minutos durante oito semanas. Contudo, foram realizadas na casa do paciente.

Os indivíduos receberam um DVD ou um arquivo por e-mail com 8 documentários disponíveis na internet (com duração entre 43 e 50 minutos) com temas variados (curiosidades sobre animais, lugares, plantas e fenômenos naturais). Eles foram orientados a assistir o vídeo uma vez na semana (a cada semana assistiam um vídeo diferente) e, em dia e hora determinados previamente, a pesquisadora entraria em contato por telefone para fazer três perguntas simples referentes ao vídeo da semana. Foi dito a eles que este seria um treinamento de compreensão, atenção e memória auditiva e que posteriormente seria comparado com outro tipo de treinamento auditivo realizado na cabine acústica.

Optou-se por fazer as perguntas a fim de dar credibilidade ao suposto treinamento auditivo e garantir que eles exerceram a atividade.

4.4. Método Estatístico

Conforme os objetivos já especificados, o método estatístico utilizado visou verificar o efeito do treinamento auditivo em idosos. Foram realizadas análises intergrupo e, posteriormente, análises intragrupo.

Para isto, foram realizadas análises descritivas dos resultados dos testes comportamentais e eletrofisiológicos, por meio da construção de tabelas com valores observados das estatísticas descritivas: média, desvio padrão (Bussab e Morettin, 2002), por grupo e por orelha.

Para comparar as médias dos testes nos dois grupos estudados, e nas duas orelhas avaliadas, e as avaliações entre os três períodos estudados foram aplicadas as técnicas de análise multivariada de variância (MANOVA) e análise multivariada de variância com medidas repetitivas (MANOVA repeated measure), respectivamente (Dancey e Reidy, 2013). Este teste consiste em uma técnica paramétrica bastante usual, a qual realiza uma comparação de médias utilizando a variância, como uma extensão lógica dos modelos de MANOVA, que é utilizado para situações onde se tem mais do que uma variável dependente, assim como uma ou mais variáveis independentes. Como existe um número considerável de variáveis dependentes, a MANOVA forma uma combinação linear destas variáveis e usa essa combinação linear na análise. Consequentemente, a análise informa se existe qualquer efeito das variáveis independentes na combinação linear das variáveis dependentes. Na MANOVA, o p-valor e a razão F (que é

utilizada para testar a diferença global entre grupos) foram analisados por meio do teste Lambda de Wilks (λ de Wilks) (Fidell, 2007).

Para complementar a análise descritiva, utilizamos o Intervalo de Confiança (IC), utilizado para verificar o quanto a média pode variar numa determinada probabilidade de confiança. O intervalo de confiança estabelecido para a análise dos dados foi de 95% de probabilidade de confiança e um nível de significância (p) de 0,05 (5%).

Resultados

5. RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados das avaliações comportamentais e eletrofisiológicas em cada momento da pesquisa.

Para análise estatística dos dados, adotamos nível de significância 0,05 (5%). Os valores considerados estatisticamente significantes foram marcados com um asterisco (*) quando igual ou menor a 0,05, com dois asteriscos (**) quando igual ou menor a 0,01 e com três asteriscos (***) quando igual ou menor a 0,001. O sinal # foi utilizado para mostrar as tendências à significância. Além do nível de significância, foram informados os valores dos graus de liberdade (*gl*) e o valor F que é utilizada para testar a diferença global entre grupos de médias em experimentos.

Para facilitar a apresentação, este capítulo será dividido em quatro partes, a saber:

5.1. Perfil da amostra

5.2. Efeito placebo e efeito teste-reteste

5.3. Efeito do TAAC nas medidas comportamentais e eletrofisiológicas

5.4. Efeito do tipo de estímulo (*tone burst versus* fala) no monitoramento do TAAC

5.1. Perfil da amostra

A Tabela 1 exibe e compara as proporções entre os sexos e a média de idade e escolaridade em cada grupo.

Tabela 1. Proporção entre sexo e valores de média de idade e escolaridade no grupo placebo (GP) e no grupo sem intervenção (GSI).

	GP (n=8)	GSI (n=8)	p-valor
Sexo Feminino (%)	87,5	87,5	1
Sexo Masculino (%)	12,5	12,5	1
Idade (anos)	72,1±4,2	63,7±6,5	0,159
Escolaridade (anos)	9,1±5,6	11±7,1	0,569

GP: Grupo Placebo; GSI: Grupo Sem Intervenção;

A partir da Tabela 1 podemos verificar que em relação às medidas acima, os grupos não apresentam diferenças. Dessa forma, caso sejam encontradas diferenças entre os grupos em cada avaliação (ao compararmos o desempenho nas análises a seguir), estas não poderão ser atribuídas aos fatores sexo, idade e escolaridade.

Tabela 2. Valores de média, desvio padrão e p-valor das características audiológicas do grupo placebo (GP) e do grupo sem intervenção (GSI).

		GP (n=8)	GSI (n=8)	p-valor
Média de 500, 1000, 2000 Hz (dB)	OD	17,67±8,7	18,73±9,6	0,783
	OE	17,46±4,79	17,67±3,1	0,955
Média de 4000, 6000 e 8000 Hz (dB)	OD	35,78±17,02	33,53±14,94	0,958
	OE	34,53±17,35	33,32±12,96	0,78
LRF (%)	OD	22,5±17,35	22,5±11	1
	OE	21,87±5,3	21,55±11,25	0,889
IRF (%)	OD	95±4,14	78±28,8	0,12
	OE	91,5±4,5	77,87±29,14	0,215

GP: Grupo Placebo; GSI: Grupo Sem Intervenção; OD: Orelha Direita; OE: Orelha Esquerda; LFR: Limiar de Recepção de Fala; IRF: Índice de Reconhecimento de Fala.

Na tabela 2 podemos constatar que os grupos também não se diferiram em relação às características audiológicas.

5.2. Efeito placebo e teste-reteste

Esta análise foi realizada a fim de verificar se existe efeito placebo e o efeito teste-reteste para as medidas comportamentais e eletrofisiológicas selecionadas para esta pesquisa, para que as mudanças observadas após o TAAC possam ser atribuídas diretamente à intervenção proposta.

A Tabela 3 exibe os valores de média, desvio padrão e p-valor (MANOVA) dos testes comportamentais do PA para ambos os grupos em cada avaliação.

Tabela 3. Valores de média, desvio padrão e p-valor do desempenho da avaliação comportamental obtido pelos grupos nos dois momentos inicialmente avaliados (1 e 2).

		GP (n=8)				GSI (n=8)			
		Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 1		Avaliação 2	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GIN (ms)		11,63	4,21	9,38	3,42	10,00	4,63	12,25	6,14
TPF (%)		52,5	19,82	50,00	17,93	38,75	12,46	37,5	9,64
TDD (%)	OD	93,13	3,72	89,06	9,54	92,50	7,07	93,44	6,67
	OE	84,38	11,71	85,69	7,78	87,50	10,94	78,44	16,69
TFR (%)	OD	68	10,47	70,50	7,07	69,00	7,93	68,5	6,57
	OE	68,75	11,11	72,00	10,03	71,50	9,90	72	5,24
LS (%)		62,5	24,9	62,50	32,84	80,00	10,69	80	10,69
MSNV (%)		49,99	25,19	62,50	33,03	70,83	37,53	62,49	21,36
MSV (%)		75	23,57	75,00	23,57	79,17	30,54	75	34,5
p-valor		0,92							

GP: Grupo Placebo; GSI: Grupo Sem Intervenção; OD: Orelha Direita; OE: Orelha Esquerda; DP=Desvio Padrão; LS: Localização Sonora; MSNV: Memória Sequencial Não Verbal; MSV: Memória Sequencial Verbal; GIN: Gap in Noise; TPF: Teste Padrão de Frequência; TDD: Teste Dicótico de Dígitos; TFR: Teste Fala com Ruído

A Tabela 4 exibe os valores de média, desvio padrão e p-valor (MANOVA) de latência e amplitude do P300 para ambos os grupos em cada avaliação.

Tabela 4. Valores de média, desvio padrão e p-valor das medidas de latência e amplitude do P300 com estímulo *tone burst* e fala obtidos pelos grupos nos dois momentos inicialmente avaliados (1 e 2).

		GP (n=8)				GSI (n=8)			
		Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 1		Avaliação 2	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
P300tb	OD	291,09	36,72	301,32	28,64	319,89	31,82	300,47	28,06
Latência	OE	309,44	41,20	317,48	40,24	354,80	72,86	312,99	30,11
P300tb	OD	6,29	2,30	5,52	3,60	4,44	1,87	6,90	2,29
Amplitude	OE	5,03	5,03	1,90	2,92	7,13	3,13	8,55	3,76
P300f	OD	322,92	25,08	335,10	67,39	383,60	81,26	369,10	86,77
Latência	OE	317,70	35,49	321,29	27,80	365,70	95,03	369,70	85,59
P300f	OD	6,37	3,56	4,67	1,58	4,67	3,66	4,67	3,26
Amplitude	OE	5,43	1,81	5,04	2,92	5,07	4,83	4,96	3,77
p-valor					0,17				

GP: Grupo Placebo; GSI: Grupo Sem Intervenção; DP=Desvio Padrão; P300tb= P300 com estímulo *tone burst*; P300f= P300 com estímulo de fala; OD: Orelha Direita; OE; Orelha Esquerda.

Como observado nas Tabelas 3 e 4, A MANOVA de medidas repetidas revelou que não houve uma diferença multivariada entre as duas avaliações nem entre os grupos, tanto para os testes comportamentais ($F(9,6)=0,36$, $p=0,92$, λ de Wilks=0,65) quanto para os testes eletrofisiológicos ($F(8,7)=2,11$, $p=0,17$, λ de Wilks=0,29).

Para melhor visualização da comparação entre as avaliações e grupos, foram criados gráficos de Intervalos de Confiança (IC), os quais foram agrupados nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2. Resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos 1 e 2 para os testes comportamentais.

Quadro 3. Resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos 1 e 2 para as medidas de latência e amplitude do P300.

■ Grupo Placebo

□ Grupo Sem Intervenção

Nos Quadros 2 e 3 é possível observar, nos diagramas de barra de erros, a existência de substancial sobreposição dos Intervalos de Confiança (IC) de 95% para todos os testes nos períodos avaliados (avaliação 1 e avaliação 2) e entre os grupos (placebo e sem intervenção), sugerindo que não houve um efeito real do período na avaliação 2, ou seja, não houve a ocorrência de efeito placebo e efeito teste-reteste.

5.3. Efeito do TAAC nas medidas comportamentais e eletrofisiológicas

Uma vez que não houve interferência do período entre as avaliações 1 e 2 e nem diferenças entre os grupos para avaliar o efeito do treinamento auditivo, os dois grupos inicialmente compostos foram aglutinados em um único grupo.

A Tabela 5 exibe os valores de média e desvio padrão e p-valor da comparação do desempenho dos idosos nos testes comportamentais nas avaliações 2 (pré TAAC) e 3 (pós TAAC).

Tabela 5. Valores de média, desvio padrão e p-valor da comparação do desempenho da avaliação comportamental obtido pelo grupo de idosos (=16) nos momentos 2 (pré TAAC) e 3 (pós TAAC).

Idosos (n=16)					
		Avaliação 2 (pré TAAC)		Avaliação 3 (pós TAAC)	
		Média	DP	Média	DP
		p-valor			
GIN (ms)		9,69	3,94	7,75	2,57
TPF (%)		44,38	16,01	62,81	15,16
TDD (%)	OD	90,78	8,30	94,23	5,37
	OE	86,59	9,22	90,78	5,61
TFR (%)	OD	69,75	7,30	79,50	7,28
	OE	71,75	9,63	81,25	8,23
LS (%)		71,25	25,27	82,50	14,38
MSNV (%)		66,66	34,43	66,66	24,34
MSV (%)		77,08	26,44	87,50	20,64

Orelha Direita; OE; Orelha Esquerda; DP=Desvio Padrão; LS: Localização Sonora; MSNV: Memória Sequencial Não Verbal; MSV: Memória Sequencial Verbal; GIN: Gap in Noise; TPF: Teste Padrão de Frequência; TDD: Teste Dicótico de Dígitos; TFR: Teste Fala com Ruído

A MANOVA de medidas repetidas revelou que existe uma diferença multivariada entre as condições pré e pós TAAC para a avaliação comportamental do processamento auditivo [$F(9,7)=4,95$, $p=0,02^*$, η^2 parcial=0,86, λ de Wilks=0,13].

Para verificar a contribuição relativa de cada um dos testes comportamentais para a diferença multivariada, foi realizada uma análise univariada. Foi possível constatar que não houve contribuição das seguintes medidas comportamentais para a diferença multivariada entre as condições pré e pós TAAC: LS ($p=0,15$); MSNV ($p=1,00$) e TDD OD ($p=0,08^\#$). As diferenças estatisticamente significantes entre as condições pré e pós TAAC ocorreram para os seguintes testes: FR OD ($p<0,001^{***}$); FR OE ($p=0,002^{**}$); TDD OE ($p=0,008^{**}$); GIN ($p=0,006^{**}$); TPF ($p<0,001^{***}$) e MSV ($p=0,05^*$).

Para comparação do desempenho entre os grupos nas avaliações 2 e 3, optou-se novamente por exibir os resultados em gráficos com IC, com o objetivo de permitir uma visualização ampla de todos os testes.

O Quadro 4 exibe os gráficos de comparação de IC para os testes comportamentais nas avaliações 2 (pré TAAC) e 3 (pós TAAC).

Quadro 4. Resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos pré e pós TAAC para os testes comportamentais.

No Quadro 4 é possível observar nos diagramas de barra de erros que a sobreposição dos IC de 95% foi pequena na maioria dos testes comportamentais nos períodos pré e pós TAAC (avaliação 2 e avaliação 3).

A Tabela 6 exibe os valores de média e desvio padrão e p-valor da comparação do desempenho dos idosos nos testes eletrofisiológicos nas avaliações 2 (pré TAAC) e 3 (pós TAAC).

Tabela 6. Valores de média, desvio padrão e p-valor das medidas de latência e amplitude do P300 com estímulo *tone burst* e fala obtido pelo grupo de idosos (n=16) nas avaliações 2 (pré TAAC) e 3 (pós TAAC).

		Idosos (n=16)			
		Avaliação 2 (Pré TAAC)		Avaliação 3 (Pós TAAC)	
		Média	DP	Média	DP
P300tb	OD	300,90	27,39	292,00	27,64
Latência	OE	315,23	34,41	310,01	62,05
P300tb	OD	6,21	3,00	6,65	2,55
Amplitude	OE	6,79	3,72	7,53	2,96
P300f	OD	352,10	77,07	332,46	70,12
Latência	OE	345,38	66,32	328,17	54,30
P300f	OD	4,38	2,71	5,22	3,70
Amplitude	OE	5,00	3,26	6,21	3,26
p-valor		0,74			

DP=Desvio Padrão; P300tb= P300 com estímulo tone burst; P300f= P300 com estímulo de fala; OD: Orelha Direita; OE; Orelha Esquerda.

A MANOVA de medidas repetidas revelou que não houve uma diferença multivariada entre as avaliações pré e pós o TAAC ($F(8,8)=0,61$, $p=0,74$, λ de Wilks=0,62).

O Quadro 5 mostra os gráficos de comparação de IC para os testes eletrofisiológicos, nas avaliações 2 (pré TAAC) e 3 (pós TAAC).

Quadro 5. Resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos pré e pós TAAC para as medidas de latência e amplitude do P300.

No Quadro 5, que exibe os resultados médios e barra de erros indicando o IC (95%) entre os períodos pré e pós TAAC para as medidas de latência e amplitude do P300, é possível observar a existência de substancial sobreposição dos IC de 95% para todas as medidas eletrofisiológicas nos períodos pré e pós TAAC (avaliação 2 e avaliação 3).

Apesar de não ter sido observada diferença significativa na análise quantitativa da avaliação eletrofisiológica entre as avaliações 2 e 3, é importante destacar que para maioria dos indivíduos houve melhora na morfologia do traçado antes e depois do TAAC para ambos os estímulos.

A Figura 2 mostra um exemplo de traçado obtido com o estímulo de fala na avaliação 2 (pré TAAC) e a Figura 3 o exemplo de uma onda obtida com estímulo de fala no mesmo indivíduo na avaliação 3 (pós TAAC).

Figura 2. P300 obtido com estímulo de fala pré TAAC

Figura 3. P300 obtido com estímulo de fala pós TAAC

Nota-se, conforme as Figuras 2 e 3, que além da melhora da latência e amplitude, após o TAAC a onda ficou mais robusta e regular.

5.4. Efeito do tipo de estímulo (*tone burst* versus *fala*) no monitoramento do TAAC

Para verificar se houve alguma influência do tipo de estímulo utilizado para evocar o P300, foram computadas as mudanças observadas entre as avaliações pré TAAC e pós TAAC individualmente.

Quadro 6. Resultados médios e barra de erros indicando o intervalo de confiança (95%) das mudanças obtidas entre os períodos pré e pós TAAC.

A partir do Quadro 6, observamos que os IC de 95% estão totalmente sobrepostos, indicando que não houve diferença entre o tipo de estímulo utilizado para o monitoramento de mudanças pré e pós TAAC. Ou seja, um estímulo não foi mais sensível que o outro no monitoramento da intervenção. A MANOVA de um fator (*tone burst* versus *fala*) com as variáveis do P300

revelaram que não existiu diferença estatisticamente significativa entre os tipos de estímulos utilizados para o monitoramento de mudanças pré e pós TAAC ($F(4,27)=0,18$, $p=0,94$, λ de Wilks= $0,97$).

Discussão

6. DISCUSSÃO

Neste capítulo será realizada uma análise crítica dos resultados encontrados no estudo. A discussão seguirá com a mesma organização de tópicos do capítulo de resultados.

6.1. Perfil da amostra

Os participantes do presente estudo foram voluntários de um projeto CNPq chamado Envelhecer mantendo funções: Idosos do ano 2020, no qual participaram 209 idosos em processo de envelhecimento saudável, considerando-se sua capacidade funcional.

Na política nacional de saúde da pessoa idosa (2006) a manutenção da capacidade funcional foi considerada como o instrumento mais adequado para inferir sobre a saúde e qualidade de vida desta população.

A partir do grupo de idosos considerados com envelhecimento normal que participaram no projeto Envelhecer mantendo funções: Idosos do ano 2020, dentre as diferentes avaliações de cognição, audição, linguagem e funcionalidade que esses idosos foram submetidos no estudo citado acima, optou-se por usar como critério de inclusão no presente estudo resultados normais nos testes Mini Exame do Estado Mental – MEEM (Folstein, 1975; Bruck et al., 2003), *Geriatric Depressive Scale* – GDS (Yesavage, 1983; Almeida e Almeida, 1999) e limiares auditivos normais ou perda auditiva leve à audiometria tonal.

Abreu et al. (2005) afirmam que a condição cognitiva do idoso, especificamente a memória, está diretamente relacionada à manutenção de sua capacidade funcional. A depressão por sua vez, é apontada por diferentes autores como a causa de alterações cognitivas, isolamento social

e, conseqüentemente, a redução da capacidade funcional (Bertolucci et al., 1994; Ávila e Bottino, 2006; Netto et al., 2006).

Jerger em 1989 relatou que a condição cognitiva do idoso influencia a compreensão auditiva e em alguns testes da avaliação do processamento auditivo, sendo de suma importância considerar, assim como foi feito no presente estudo, os aspectos cognitivos na metodologia e interpretação dos resultados das pesquisas envolvendo esta população.

Humes (2007) argumentou que apesar da audibilidade ser o fator primário das dificuldades de compreensão de fala em idosos não usuários de aparelho auditivo, a influência dos fatores cognitivos fica evidente quando as questões auditivas são minimizadas com a adaptação das próteses.

Em um artigo de revisão de literatura Aydelott et al. (2010), colocam que as dificuldades na comunicação em idosos decorrentes de declínios no processamento auditivo periférico e central podem ser potencializadas pela ampla gama de sistemas cognitivos não-auditivos e não-linguísticos que podem também estar comprometidos no indivíduo, como por exemplo, a memória de trabalho e atenção. A integridade ou bom desempenho dessas funções cognitivas são fundamentais para a compreensão de fala, pois em situações de escuta difícil elas são evocadas para compensar a deterioração do processamento auditivo periférico e central, conforme também sugerido por Wong et al., (2009).

Quanto aos limiares auditivos, optou-se por admitir apenas indivíduos com audição normal ou perda leve por dois motivos: primeiramente, considerou-se que a privação sensorial provoca consequências biológicas, psicológicas e sociais, podendo afetar na capacidade funcional dos indivíduos. Pinzan-Faria e Lório (2004), por exemplo, constataram que quanto

maior a perda auditiva maior é o handicap na vida do idoso. E, além disso, considerou-se que para o procedimento de intervenção (TAAC) ser o mais homogêneo possível, os indivíduos não deveriam apresentar grande variação quanto à sensibilidade auditiva. Assim, conforme pode ser observado na Tabela 2, a média dos limiares auditivos (considerando a média de frequências de 500Hz, 1000Hz e 2000Hz) foi similar entre os grupos. Para o GSI foi de $18,73 \pm 9,6$ para orelha direita $17,67 \pm 3,1$ para a orelha esquerda e para o GP foi de $17,67 \pm 8,7$ para orelha direita $17,46 \pm 4,79$ para a orelha esquerda (Tabela 2).

A maioria dos participantes era do sexo feminino, sendo a proporção de 87,2% para os dois grupos (Tabela 1). Isso pode ser justificado pelo fato de que mulheres procuram serviços médicos com maior frequência que os homens, principalmente para motivos preventivos (Travassos et al., 2002; Woodwell e Cherry 2004, Gomes et al., 2007). Outro fator que contribuiu para esta diferença na proporção entre os sexos foi o de que muitos dos participantes do sexo masculino que foram contatados não puderam participar, uma vez que ainda exerciam atividades laborais e por isso tinham pouca disponibilidade de tempo.

Admitiu-se no estudo idosos com idades entre 60 e 80 anos, sendo que a média de idade para o GSI foi de $72,1 \pm 4,2$ e do GP foi de $63,7 \pm 6,5$ (Tabela 1). Apesar de sabermos que o avanço da idade exerce uma influência negativa no desempenho de teste comportamentais do PA e no P300 (Pfefferbaum et al., 1984; Jerger, 1989; McPherson, 1996; Martin e Jerger, 2005; Matas et al., 2006; Cóser et al., 2010) não foi realizada divisão por faixa etária devido ao número de participantes em cada grupo. Contudo,

não foi constatada diferença estatisticamente significativa entre a média de idade dos grupos ($p=0,159$), garantido a equivalência entre eles.

6.2. Efeito placebo e efeito teste-reteste

Neste tópico a intenção é exclusivamente discutir a ocorrência de efeito placebo e efeito teste-reteste na avaliação do processamento auditivo de idosos. Dessa forma, será discutido apenas a comparação geral entre o desempenho dos dois grupos na Avaliação 1 (inicial) e na Avaliação 2 (pós período sem intervenção – para o GSI, e pós período de treinamento placebo – para o GP). O desempenho específico dos idosos em cada teste será discutido no próximo tópico juntamente com a eficácia do TAAC.

Esta investigação foi realizada a fim de descartar que a melhora observada após o treinamento auditivo fosse apenas consequência desses possíveis efeitos.

A MANOVA de medidas repetidas revelou que não houve uma diferença multivariada entre as duas avaliações nem entre os grupos, tanto para os testes comportamentais (Tabela 3), quanto para os testes eletrofisiológicos (Tabela 4). Nos Quadros 2 e 3 a sobreposição das barras de erros dos intervalos de confiança também evidenciam tal achado.

Ou seja, não foram encontradas evidências de efeito placebo ou efeito teste-reteste. Além disso, constatou-se que grupos controles submetidos a uma intervenção não específica não são diferentes de grupos não submetidos a nenhuma intervenção.

Diante disso, acredita-se que para as próximas pesquisas envolvendo idosos com TPA cognitivamente normais, não se faz necessária a inclusão de

intervenções placebo para o controle e verificação da eficácia do TAAC. Isso é de fundamental importância para a execução das pesquisas, pois a inclusão de grupos placebo, ou chamados também de controle ativos, geralmente aumentam o tempo e dedicação dos voluntários na pesquisa, podendo contribuir assim com maior índice de desistência, reduzindo a amostra e, conseqüentemente, diminuindo a força dos estudos.

Na Tabela 3, que expõe a análise descritiva para cada teste, podemos observar que na avaliação 2 o desempenho médio dos indivíduos para alguns testes foi melhor, apesar dessa diferença não ser significativa. Diversos autores (Pereira et al, 1993; Schochat, 1994; Wilson et. al, 2003; Freitas et al., 2005; McArthur et al., 2007) também encontraram essa melhora e justificaram este achado pelo efeito da familiaridade com a situação do teste. Esse comportamento ficou evidente para a pesquisadora nos testes de tarefa mais difíceis para os idosos como, por exemplo, nos temporais GIN e Padrão de Frequência. No primeiro contato com esses dois testes, a maioria dos participantes necessitou de maior tempo e treinamento para a compreensão da tarefa a ser realizada, e isso de certa forma os deixavam apreensivos o que, provavelmente, resultou em um pior desempenho. Já na avaliação 2, não foi necessária a repetição da instrução ou do treino para a realização dos testes, tornando a situação mais confortável.

Os resultados do estudo de Anderson et al. (2013a) e Ferguson et al. (2014) corroboram com os encontrados em nosso estudo, uma vez que não foi encontrada uma melhora no desempenho em testes comportamentais e eletrofisiológicos do processamento auditivo nos idosos com TPA do grupo controle ativo (placebo) ou efeito teste-reteste.

Já Ávila et al. (2014) relataram a ocorrência de efeito placebo nos testes do processamento auditivo em um estudo com idosos com CCL submetidos a um treinamento visual. Entretanto, constatou-se que o treinamento visual realizado envolvia atividades que demandavam habilidades cognitivas como atenção seletiva e memória de trabalho e por isso o grupo placebo apresentou melhor desempenho do que o grupo controle, que além de não ser submetido a nenhuma intervenção, continuava com o declínio progressivo das funções cognitivas inerentes da doença.

Henshaw e Ferguson (2013) realizaram uma revisão de literatura sistemática para examinar as evidências da eficácia do treinamento auditivo computadorizado na melhora das habilidades comunicativas de adultos com perda auditiva. Os 13 estudos que foram analisados foram classificados com qualidade entre baixa e moderada. Dentre os critérios usados que resultaram nesta classificação, os autores apontaram a falta de investigação do efeito placebo e teste-reteste. Assim, ao realizar essa investigação, nosso estudo eleva sua qualidade metodológica e traz para o leitor informações mais claras para interpretação dos resultados.

Tendo em vista que não houve a ocorrência dos efeitos placebo e teste-reteste na população estudada, no tópico a seguir, onde será discutida a eficácia do TAAC, poderemos atribuir os resultados encontrados diretamente à intervenção realizada.

6.3. Efeito do TAAC nas medidas comportamentais e eletrofisiológicas

6.3.1. Avaliação comportamental do PA

Inicialmente, foi realizada por meio da MANOVA de medidas repetidas uma comparação do desempenho dos indivíduos nas avaliações pré e pós

TAAC das habilidades testadas de maneira comportamental considerando todo o conjunto de testes selecionados e constatou-se que o treinamento auditivo proposto neste estudo foi eficaz ($p=0.02$). A partir dessa constatação, realizou-se uma análise univariada para verificar a contribuição de cada teste para estes resultados e encontramos diferenças estatisticamente significantes entre as condições pré e pós TAAC nos seguintes testes: FR OD ($p<0,001^{***}$), FR OE ($p=0,002^{**}$), TDD OE ($p=0,008^{**}$), GIN ($p=0,006^{**}$); TPF ($p<0,001^{***}$) e MSV ($p=0,05^{*}$), conforme pode ser observado na Tabela 5.

Esses resultados concordam com os de outros estudos nos quais também se constatou a melhora dessas habilidades em idosos após TAAC Kraus, 1995; Kricos e Holmes, 1996; Gil, 2006; Humes et al. 2009; Megale et al., 2010; Alonso e Schochat, 2011; Pichora-Fuller e Levvit, 2012; Kishon-Rabin et al., 2013; Ferguson et al., 2014), evidenciando que esse tipo de intervenção é capaz de promover a reorganização das vias auditivas do SNC, melhorando as habilidades do processamento auditivo.

Acredita-se que essas habilidades foram as que mostraram diferença estatisticamente significativa após o TAAC, pois eram as mais alteradas inicialmente, assim como encontrado em outros estudos (Strouse et al., 1998; Phillips et al. 2000; Buss et al; 2010; Anderson et al., 2011; Ferguson et al., 2014), evidenciando que as habilidades auditivas que mais são beneficiadas com o TAAC são aquelas com pior desempenho inicial.

Em relação ao teste fala com ruído, assim como neste estudo, a maioria dos trabalhos envolvendo treinamento auditivo em idosos mostra a melhora significativa da habilidade auditiva de fechamento auditivo (Pichora-

Fuller, 2003; Gil, 2006; Megale et al., 2009; Anderson et al., 2013a; Anderson et al., 2013b).

A média de acertos antes do TAAC foi de 69,75% para orelha direita e 71,75% para orelha esquerda (Tabela 5). Considerando a referência de Pereira e Schochat (2011) utilizada nesta pesquisa, os idosos apresentaram resultados dentro da normalidade. Entretanto, após o TAAC o desempenho médio deles subiu para 79,50% para orelha direita e 81,25% para orelha esquerda, sendo esta porcentagem de acertos acima do limite da normalidade para adultos sem perda auditiva (Tabela 5).

O grau e a configuração da perda auditiva podem influenciar diretamente no desempenho do teste FR. Cox et al. (2008) mostraram que idosos com perda em rampa apresentam melhor desempenho que aqueles com perda auditiva nas frequências de 500 a 4000 Hz. Tendo isso em vista, é provável que o desempenho normal dos indivíduos antes do TAAC seja devido ao fato de que os idosos apresentavam audição normal ou perda auditiva leve considerando as frequências de 500 a 2000 Hz (Tabela 2).

Ainda, considerando que existe uma influência da capacidade semântica (processamento *top-down*) na habilidade de fechamento auditivo devido ao uso de pistas contextuais das frases e palavras (Schochat, 1994; Kraus, 1998; Tremblay et al., 2001; Pichora-Fuller, 2008), podemos também relacionar o bom desempenho no teste FR que os idosos apresentaram na avaliação 2 (pré TAAC) o fato de que os idosos que participaram de nossa amostra terem sido recrutados de um estudo anterior (Envelhecer mantendo funções: o idoso de 2020), à partir de um banco de dados do grupo considerado com envelhecimento normal, ou seja, com capacidade funcional preservada e que apresentavam desempenho adequado em provas

cognitivas e linguísticas, apesar das queixas de compreensão em ambiente ruidoso.

De acordo com Barea e Mansur (2007) a capacidade semântica (o vocabulário), parece ser resistente ao declínio funcional do envelhecimento, podendo até aumentar (Verhaeghen 2003; Bowles e Salthouse, 2008), principalmente em idosos com maior escolaridade e hábito de leitura em função da influência das experiências vividas ao longo da vida para esta habilidade linguística. Assim, o bom desempenho dos idosos no teste FR provavelmente está relacionado com o perfil ativo que eles apresentavam, bem como o desempenho cognitivo e linguístico normais, refletindo no bom funcionamento do processamento *top-down* da informação auditiva.

Cabe ressaltar que a normalidade refere-se ao desempenho médio encontrado para esta população pelo estudo adotado como referência (Pereira e Schochat, 2011), ou seja, considera-se para a interpretação dos resultados o declínio fisiológico para a compreensão de fala no ruído do processo de envelhecimento, sendo o desempenho dos idosos naturalmente pior do que em jovens neste teste, de forma que as queixas de compreensão de fala em ambientes ruidosos nessa população sejam esperadas.

Apesar dos resultados considerados normais para idosos no teste FR na avaliação inicial, houve uma melhora significativa após o TAAC (Tabela 5), mostrando que o TAAC foi capaz de melhorar a habilidade de fechamento auditivo dos idosos.

No estudo de Anderson et al. (2013a) na qual idosos com perda auditiva leve foram submetidos a um treinamento auditivo computadorizado, foi evidenciado por meio de testes comportamentais e eletrofisiológicos que o treinamento auditivo proposto foi capaz de provocar mudanças na

representação neural em situação de ruído, melhorando a velocidade e capacidade de codificação do som. Assim como no nosso estudo, os autores constataram que as alterações do processamento auditivo associadas à perda auditiva, (como a dificuldade de fala no ruído, por exemplo), podem ser, em partes, remediadas com o treinamento auditivo, resultando em benefícios reais para a comunicação do dia a dia. Outros estudos também relataram melhora nessa habilidade após o TAAC (Burk et al., 2006; Gil; 2006; Alonso, 2011).

Entre as pesquisas revisadas apenas nos estudos de Ferguson et al. (2014) e Ávila et al. (2014) não foi encontrada melhora na compreensão de fala no ruído após o treinamento auditivo. Isto provavelmente aconteceu devido ao tipo de treinamento auditivo e população estudada nos estudos citados. No estudo de Ferguson et al. (2014), o treinamento auditivo foi baseado em um programa computadorizado para o treinamento da discriminação de fonemas, ou seja a habilidade de fechamento auditivo não fora diretamente treinada. Além disso, as sessões eram de 15 minutos diários. Já no estudo de Ávila et al. (2014) a população estudada era de idosos com comprometimento cognitivo leve, que de acordo com as autoras do estudo influenciou nos efeitos do TAAC.

Ainda em relação ao teste fala com ruído pode-se observar por meio da Tabela 5 que o desempenho da orelha direita (primeira orelha testada) foi pior que o desempenho da orelha esquerda em ambas as avaliações (pré e pós TAAC). Esta diferença foi encontrada em outros estudos, sendo tal achado justificado pelo efeito de aprendizagem durante o teste, uma vez que, apesar de apresentados em forma aleatória, os monossílabos apresentados

na primeira orelha se repetem na segunda orelha (Pereira, 1993; Schochat, 1994, Zalcman, 2011).

Em relação ao teste DD, na avaliação pré TAAC foi constatado um pior desempenho da orelha esquerda (Tabela 5), concordando com a literatura revisada (Jerger et al. 1995; Bellis e Wilber, 2001; Gootjes et al. 2006; Sanchez et al., 2008; Andersson et al., 2008; Hommet et al., 2010). Bellis e Wilber (2001) mostraram que os indivíduos com mais de 55 anos de idade apresentaram pior desempenho no teste dicótico de dígitos quando comparado com os mais novos e essa diferença era mais pronunciável para a orelha esquerda.

Martin e Jerger (2005) afirmaram que a assimetria interaural constatada em tarefas dicóticas linguísticas aumenta sistematicamente com a idade e isso ocorre pelo declínio de habilidades cognitivas e da habilidade de transferência inter-hemisférica realizada pelo corpo caloso de forma que a desvantagem da orelha esquerda aumenta e a vantagem da orelha direita fica mais evidente.

Após o TAAC foi constatada melhora significativa no desempenho da orelha esquerda, assim como no trabalho de Alonso (2011), Lessa et al. (2013) e Lavie et al. (2013), mostrando que a intervenção proposta foi capaz de atenuar a acentuada desvantagem dessa orelha nos idosos, melhorando assim a habilidade de integração binaural.

O teste que mais apresentou alteração na avaliação pré TAAC foi o teste Padrão de Frequência (Musiek, 1994), que avalia a habilidade de ordenação temporal.

O pior desempenho na habilidade de ordenação temporal em idosos tem sido relatado por diversos autores (Gordon-Salant e Fitzgibbons, 1999;

Phillips et al., 2000; Parra et al., 2004; Martin e Jerger, 2005; Liporaci e Frota, 2010a), os quais atribuem esse achado a diminuição da função do corpo caloso.

No teste PF, são estimulados os hemisférios direito e esquerdo e as vias inter-hemisféricas, pois o indivíduo deve, primeiramente, reconhecer e discriminar o estímulo não-verbal para depois nomear o padrão do estímulo. Assim, para obter-se um bom desempenho no teste, é necessária uma boa transferência inter-hemisférica, pois as informações auditivas do padrão tonal são detectadas e reconhecidas pelo hemisfério direito e, em seguida, são conduzidas via corpo caloso ao hemisfério esquerdo, quando é realizada a associação desses estímulos às suas representações linguísticas e a organização das respostas verbais (Pinheiro e Musiek, 1987).

No nosso estudo, foi solicitado aos indivíduos que nomeassem o apito ouvido como “fino” e “grosso”. Esta representação linguística exige a transferência inter-hemisférica, conforme descrito acima. Porém, estudos (Bellis e Wilber, 2001; Azzolini e Ferreira, 2010; Henning et al., 2012) mostram que o desempenho dos idosos na tarefa de imitação (murmúrio), na qual a habilidade de transferência inter-hemisférica não é exigida, é muito semelhante a de jovens adultos, indicando assim que o desempenho ruim no teste está diretamente associado ao comprometimento da função do corpo caloso no envelhecimento.

Outros estudos que utilizaram técnicas objetivas, como ressonância magnética funcional, (Salat et al., 1997; Silver et al., 1997; Gootjes et al., 2006) evidenciaram alterações anatômicas como diminuição de massa em regiões específicas e diminuição da mielinização das fibras no corpo caloso decorrente do processo de envelhecimento.

Após o TAAC, os indivíduos apresentaram um desempenho muito superior do que na avaliação pré TAAC, sendo a diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Este achado corrobora com o estudo de Alonso (2011); Henning et al. (2012), nos quais também foi constatada melhora na habilidade de ordenação temporal após o TA.

Martin e Jerger (2005) realizaram uma extensa revisão de literatura com estudos que avaliaram o processamento auditivo em idosos utilizando testes comportamentais e eletrofisiológicos e concluíram que as dificuldades de compreensão de fala estão fortemente relacionadas com diminuição da habilidade de transferência inter-hemisférica.

No nosso estudo pudemos evidenciar por meio do melhor desempenho dos indivíduos nos testes comportamentais DD e PF na avaliação 3 que o TAAC promoveu a melhora da função de transferência inter-hemisférica do corpo caloso, assim como relatado em outros estudos (Alonso., 2011; Lessa et al., 2013; e Lavie et al., 2013). A partir desse resultado é possível inferir, considerando a afirmação de Martin e Jerger (2005) supracitada, que houve uma diminuição dos prejuízos que ocorrem na capacidade de compreensão de fala no envelhecimento.

Quanto ao teste GIN, na avaliação 2 (pré TAAC) o limiar de detecção de gap médio foi de 9,69 ms (Tabela 5), sendo considerado alterado de acordo com a referência utilizada (Liporaci e Frota 2010b).

As mudanças na percepção auditiva no envelhecimento são atribuídas à alteração do processamento temporal por muitos autores (Strouse et al., 1998; Phillips et al., 2000; Tremblay et al., 2003; Pichora-Fuller e Souza, 2003; Liporaci e Frota, 2010b). Tremblay et al. (2003) afirmaram que as dificuldades de resolução temporal dos idosos afetam diretamente a

compreensão de fala devido a dependência desta habilidade na discriminação de fonemas por meio, por exemplo, dos contrastes *do voice-onset-time*. Ou seja, a dificuldade de perceber mudanças rápidas no som, como a diferença de milésimos de segundos de vozeamento que antecede, por exemplo, o fonema sonoro /v/ do seu par surdo /f/ contribui para as queixas de compreensão de fala dos idosos. Assim, a dificuldade de resolução temporal que os idosos do presente estudo apresentaram, evidenciado pelo resultado do teste GIN está plenamente de acordo com as queixas de compreensão de fala relatadas, inclusive com a queixa de compreensão de fala em ambiente ruidoso, uma vez que estudos como o de Anderson et al. (2011), por exemplo, afirmam que as dificuldades de compreensão de fala no ruído está diretamente relacionada com as alterações no processamento temporal, pois a precisão da representação subcortical da informação temporal do som contribui para uma boa decodificação de fala em situações acusticamente desfavoráveis. Os autores sustentaram essa afirmação nas evidências encontradas no potencial evocado auditivo de tronco encefálico com sons complexos (cPEATE), utilizados no estudo citado, no qual ficou evidente que idosos com dificuldade de compreender a fala no ruído demonstraram ter uma representação pobre dos componentes ligados aos aspectos de resolução de frequência e temporal deste potencial, ou seja, os idosos com dificuldade de compreensão de fala no ruído apresentaram uma resposta de magnitude reduzida da frequência fundamental (F_0) e o tempo de resposta neural mais atrasado em relação aos idosos com melhor desempenho no teste comportamental de compreensão de fala no ruído, o que pode estar relacionado com os resultados encontrados no teste GIN em nosso estudo.

Na avaliação 3 (pós TAAC) a média do limiar de detecção de gap passou de 9,69 ms para 7,75 ms (Tabela 5), sendo esta melhora estatisticamente significativa ($p=0,006$). Este resultado evidencia que o TAAC proposto foi capaz de gerar mudanças no processamento temporal de idosos, aumentando a possibilidade desses indivíduos de perceber mudanças acústicas sutis que diferenciam fonemas de nossa língua, refletindo, de acordo com Anderson et al. (2011), em uma melhora na compreensão de fala em ambientes ruidosos também.

Por fim, após o TAAC encontramos diferença estatisticamente significativa para o teste MSV (Tabela 5). Não foram encontrados trabalhos que investigassem o efeito do TA em idosos utilizando especificamente esse teste, mas considerando que o MSV envolve a habilidade de memória de trabalho, podemos afirmar que esse resultado corrobora com estudos que constataram melhora no desempenho dos indivíduos em testes como o spam de dígitos após o TA (Smith et al., 2009, Ferguson et al., 2014).

O processamento da informação acústica é realizado simultaneamente por mecanismos *bottom-up*, os quais exigem exclusivamente funções sensoriais, no caso, auditivas, e *top-down* que envolvem a modulação de funções cognitivas como atenção e memória na percepção auditiva (Arlinger et al., 2009). Pichora-Fuller e Levitt (2012) reforçam que o TA em idosos deve unir atividades voltadas a melhora da percepção do sinal acústico às atividades que busquem otimizar o uso de pistas contextuais, uma vez que como mostrado no estudo de Peelle et al. (2011) o declínio do processamento auditivo com a idade gera uma reorganização cerebral com mais ativações de áreas frontais, de forma que os idosos se tornam mais

dependentes de pistas semânticas e de habilidades cognitivas como memória de trabalho para a compreensão de fala.

Considerando isto, o TAAC proposto no presente estudo utilizou-se de tarefas sensoriais e cognitivas integradas em todas as sessões. Por exemplo, em uma das atividades realizadas o indivíduo ouvia uma lista de palavras apresentadas simultaneamente a um ruído branco onde, além de repetirem cada palavra ouvida, deveriam memorizar as palavras que iniciavam com determinado fonema ou pertencente a uma certa classe semântica.

O cuidado com a escolha do material linguístico também ocorreu no presente estudo, sendo que antes do início do TAAC a pesquisadora questionou os participantes quanto à rotina, hobbies, atividades culturais e de lazer, entre outras preferências, para utilizar conteúdo linguístico familiar e assim promover o aumento da motivação para o processo de intervenção. Moore (2007) afirma que a abordagem cognitiva, envolvendo mecanismos de atenção, parece ser mais eficaz para atingir bons resultados em tarefas não treinadas, principalmente para a habilidade de fala no ruído. Ressalta ainda a importância de usar materiais de fala pertencentes à realidade do indivíduo, uma vez que isto promoveria uma ativação mais intensa dos circuitos cerebrais.

6.3.2. P300

Incluimos neste estudo o potencial evocado auditivo de longa latência (PEALL), P300, como uma ferramenta a complementar de forma objetiva a avaliação comportamental do processamento auditivo. Como relatado por diferentes autores, indivíduos com transtorno do processamento auditivo podem apresentar alterações nos PEALL (Jirsa, 1992; Tremblay et al., 1997;

Gil, 2006; Alonso e Schochat, 2009), entretanto não buscamos fazer essa análise em nosso estudo, uma vez que não incluímos um grupo controle de idosos sem TPA.

Utilizamos o P300 com a finalidade de monitorar as possíveis mudanças decorrentes do TAAC e, dentro dessa proposta, optamos por utilizar dois estímulos diferentes para evocar o P300, o estímulo *tone burst* e o estímulo de fala, na intenção de investigar se um dos estímulos era mais sensível que o outro para realizar este monitoramento.

Starr e Golob (2007) relatam que uma das maiores limitações do uso clínico do P300 é o fato de que a alteração ou ausência do potencial não distinguir indivíduos com ou sem alterações cognitivas ou de processamento auditivo, por exemplo. Assim, o P300 tem sido usado com maior frequência em pesquisas e na clínica como ferramenta de controle dos efeitos de intervenções na avaliação intra-sujeito.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes pré e pós TAAC para nenhuma das variáveis (latência e amplitude nas situações com *tone burst* e estímulo de fala) do P300, conforme pode ser observado na Tabela 6 e no Quadro 4.

Este resultado discorda dos encontrados por Gil (2006), mas, está de acordo com o encontrado por Alonso (2011) que também não encontrou diferenças estatisticamente significantes no P300 (tanto na latência quanto na amplitude) após o treinamento auditivo.

Esta divergência do estudo de Gil (2006) pode ter ocorrido porque participaram na referida pesquisa indivíduos adultos usuários de aparelhos auditivos. Portanto, além das diferenças de idade, os indivíduos receberam a

estimulação ativa semanal do treinamento auditivo e uma estimulação passiva constante com o uso da amplificação sonora, havendo, dessa forma, uma combinação dos efeitos da estimulação sensorial periférica e do treinamento auditivo.

Apesar de ter sido apontada por diferentes autores como uma ferramenta eficaz para o monitoramento das mudanças neurofisiológicas decorrentes do TA (Jirsa, 1992; Tremblay e Kraus 2002, Gil, 2006; Musiek et al., 2007; Alonso e Schochat, 2009), o P300 é um potencial que sofre com a interferência de fatores exógenos e endógenos que contribuem para uma grande variabilidade de suas medidas. Estudos mostram que além de sofrer influências dos próprios parâmetros do teste como tipo de estímulo, intervalo inter-estímulos, tipo de tarefa, o P300 pode sofrer influência de fatores cognitivos, hormônios, hora do dia, temperatura corporal, entre outros (Fukuda, 1993; Hirayasu et al., 2000; Junqueira e Colafêmima, 2002) gerando uma grande variabilidade inter-sujeitos.

Acreditamos que esta grande variabilidade do potencial agregada ao número relativamente pequeno da amostra culminou na ausência de mudanças significantes após o TAAC para a população estudada. O uso desse potencial na população de jovens parece ser mais promissor, pois são encontrados resultados mais consistentes (Jirsa, 1992; Alonso e Schochat, 2009).

Em relação à latência do P300, para o estímulo *tone burst*, na avaliação pré TAAC a média foi de $300,90 \pm 27,39$ ms para orelha direita e $315,23 \pm 34,41$ ms para orelha esquerda e após o TAAC os valores médios de latência passaram para $292,00 \pm 27,64$ e $310,01 \pm 62,05$ para as orelhas direita e esquerda, respectivamente (Tabela 6).

Para o estímulo de fala, na avaliação pré TAAC a média da latência do P300 foi de $352,10 \pm 77,07$ ms para orelha direita e $345,38 \pm 66,32$ ms para orelha esquerda e após o TAAC os valores médios de latência passaram para $332,46 \pm 70,12$ e $328,17 \pm 54,30$ para as orelhas direita e esquerda, respectivamente (Tabela 6).

Matas et al. (2006) encontraram a média de latência de 370,67 ms no P300 com *tone burst* (considerado ambas as orelhas) de idosos com idades entre 60 e 69 anos; Cóser et al. (2010) relataram a média de $351,86 \pm 29,39$ ms (P300 coletado de forma binaural) para idosos saudáveis com idades entre 65 e 69 anos e Miranda et al. (2012) relataram uma latência de $359,6 \pm 52,8$ ms na orelha direita e $358,8 \pm 53,4$ ms na orelha esquerda em idosos com idade média de 71,7 anos. Assim, ao confrontar os valores médios de latência do P300 com estímulo *tone burst* encontrados no presente estudo (Tabela 6) com valores das pesquisas citadas, constatamos que a latência média apresentada por nossa amostra foi precoce. Provavelmente, os valores médios de latência encontrados em nosso estudo foram mais precoces do que os relatados na literatura, pois os idosos do presente estudo foram submetidos a detalhadas avaliações que garantiram a “normalidade” do seu processo de envelhecimento em diferentes aspectos orgânicos e funcionais, sendo então uma amostra bem diferenciada e rigidamente controlada. Os idosos que participaram do presente estudo apresentavam uma vida social ativa, participavam de grupos de convivência, faziam cursos, praticavam exercícios físicos, executam as atividades de vida diária com autonomia, ou seja, mantinham adequada a capacidade funcional apesar das queixas de comunicação. Como já discutido, a manutenção da capacidade funcional está diretamente relacionada com um bom

desempenho cognitivo (Bertolucci et al., 1994; Ávila e Bottino, 2006; Netto et al., 2006) e sendo o P300 um potencial cognitivo, esse perfil de idosos “supernormais” que participaram da nossa amostra provavelmente contribuiu para a precocidade da latência do P300 em relação aos valores relatados na literatura.

É importante pontuar que apesar de não ter sido estatisticamente significativa e mesmo apresentando valores precoces na avaliação pré TAAC, houve redução no valor médio da latência em ambas as orelhas tanto para o estímulo *tone burst* quanto o de fala na avaliação pós TAAC, conforme pode ser observado na Tabela 6.

Poucos estudos revisados utilizaram o estímulo de fala para evocar o P300. Beynon et al. (2005) e Massa et al. (2011) encontraram valores de latência do P300 evocado por estímulo fala em adultos saudáveis muito próximos dos encontrados no presente estudo (Tabela 6). Dessa forma, além das questões intrínsecas do potencial utilizado e a influência do tamanho da amostra, outro fator que podemos atribuir para o resultado encontrado (ausência de mudança significativa nas medidas do P300 na avaliação pós TAAC) é que os valores médios de latência antes do TAAC já eram mais precoces que os encontrados na literatura (McPherson, 1996; Colafêmima et al., 2000; Bertoli et al., 2002; Matas et al., 2006. Cóser et al., 2010, Miranda et al., 2012). Tal fato indica que as condições neurofisiológicas da via auditiva, observadas por meio do P300, dos idosos que participaram do nosso estudo não estavam de acordo com as queixas e desempenho na avaliação comportamental. Ou seja, os idosos apresentavam queixas auditivas, alteração em diversas habilidades auditivas na avaliação

comportamental do PA, mas o desempenho na avaliação eletrofisiológica foi semelhante ao desempenho de adultos normais. Assim, uma vez que o parâmetro não está alterado, torna-se muito difícil encontrar mudanças significantes após a intervenção.

Existem ainda controvérsias acerca de qual parâmetro, a latência ou a amplitude, dos PEALL seria o melhor indicador de diferenças entre grupos ou da eficácia de uma abordagem terapêutica (Jirsa, 1992; Kügler et al., 1996; Beynon et al., 2005; Zalcman, 2011). Polich 2007 afirma que a latência dos PEAs reflete o tempo que o sinal leva para ser processado, enquanto a amplitude reflete o grau de sincronia neural provocada pelo o estímulo. George e Coch (2011) afirmaram que a amplitude do P300 reflete a capacidade de discriminação os estímulos, enquanto a latência é indicativa do tempo requerido para classificar os estímulos.

Os estudos revisados que investigaram as mudanças ocorridas nos parâmetros do P300 decorrentes do envelhecimento (Pfefferbaaum et al., 1984; Picton, 1992; Dujardin et al., 1993; Polich; 1996; McPhearson, 1996; Kügler et al; 1996; Amenedo e Díaz, 1998; Polich 2000; Matas et al., 2006; Gaál et al., 2007; Shiff et al., 2008; Cóser et al., 2010) concordam que há uma diminuição da amplitude do P300 em idosos, bem como um aumento da latência quando comparados à população de adultos jovens.

Conforme observado na Tabela 6, os valores de amplitude encontrados na avaliação pré TAAC se aproximam dos valores relatados na literatura. Para o estímulo de fala, o valor médio da amplitude encontrado no nosso estudo na avaliação pré TAAC foi de $4,38 \pm 2,71$ μ v para orelha direita e $5,00 \pm 3,26$ μ v para orelha esquerda, sendo esses valores menores do que os

encontrados em outros estudos que utilizaram estímulos verbais para evocação do P300 (Groenen et al., 2001; Beynon et al., 2005; Massa et al., 2011) em adultos. A discordância com a literatura citada justifica-se na diferença de idade das amostras de cada estudo, pois se sabe que há diminuição da amplitude com o avanço da idade (Pfefferbaaum et al., 1984; Picton, 1992; Dujardin et al., 1993; Polich, 1996; McPhearson, 1996; Kügler et al., 1996; Amenedo e Díaz, 1998; Polich 2000; Gaál et al., 2007; Shiff et al., 2008; Cóser et al., 2010).

A amplitude do P300 está associada à complexidade de realização da tarefa de discriminação, capacidade de memória de trabalho e ao grau de sincronia neural que o estímulo auditivo provoca (Fitzgerald e Picton, 1983; Kügler et al., 1996; Beynon et al., 2005; Polich 2007; George e Coach, 2011). Diante disto, podemos afirmar que a menor amplitude do P300 observada em idosos reflete a ineficiência da via auditiva em transmitir sincronicamente o estímulo até o córtex auditivo e a dificuldade que esta população apresenta em discriminar os sons da fala, principalmente em situações de escuta difícil. Esta é uma constatação relevante, pois corrobora com as queixas relatadas pela amostra do nosso estudo, bem como com o mau desempenho apresentado na maioria dos testes comportamentais do PA na avaliação inicial.

Entretanto, nosso objetivo no presente estudo foi comparar as mudanças nos parâmetros do P300 em idosos após a estimulação (TAAC). Assim, o valor médio da amplitude encontrado antes TAAC para o estímulo *tone burst* foi de $6,21 \pm 3$ μv para orelha direita e $6,29 \pm 3,72$ μv para orelha esquerda, passando para $6,65 \pm 2,55$ μv para orelha direita e $7,53 \pm 2,96$ μv

para orelha esquerda na avaliação pós TAAC (Tabela 6), não sendo constatada diferença estatisticamente significativa para nenhuma das orelhas, corroborando com achados de Nunes (2002) e Alonso (2011).

Na avaliação pós TAAC a média da amplitude para o estímulo de fala na orelha direita passou de $4,38 \pm 2,71 \mu\text{V}$ para $5,22 \pm 3,70 \mu\text{V}$ e de $5,00 \pm 3,26 \mu\text{V}$ para $6,21 \pm 3,26 \mu\text{V}$ na orelha esquerda. Observa-se que foi constatada um aumento, mas como já relatado, esta mudança não foi estatisticamente significativa (Tabela 6, Quadro 4). Não foram encontrados estudos que comparassem a amplitude do P300 evocado com estímulo de fala antes e depois de um programa de TAAC, entretanto, pesquisas com usuários de implante coclear (IC) mostram que a estimulação passiva pela ativação do IC promove um aumento significativo da amplitude do P300 a tal ponto de se tornar semelhante a de indivíduos com audição normal, mesmo após longos períodos de privação (Micco et al., 1995; Groenen et al., 2001; Beynon et al., 2002; Beynon et al., 2005). Assim, o aumento da amplitude do P300 pós TAAC sugere que a intervenção otimizou o funcionamento dos neurônios responsáveis pelo processamento dos estímulos sonoros com o aumento da sincronia da resposta, tornando a tarefa de discriminação entre os estímulos raros e frequentes mais fácil e influenciando na memória de trabalho desses idosos, assim como foi confirmado pelos resultados dos testes comportamentais.

É importante considerar que no envelhecimento ocorrem alterações neuroquímicas, como a desregulação dopaminica, em diversas áreas cerebrais, incluindo o córtex frontal (Stark e Pakkenberg, 2004). Este desequilíbrio bioquímico está relacionado com o desempenho cognitivo, que

mesmo no envelhecimento normal, sofre com prejuízos na memória de trabalho e comprometimento da atenção (Hasher, 1988), funções executivas que são fundamentais para a realização da tarefa e geração do P300.

Estudos que utilizaram outros potenciais auditivos que não apresentam esta forte dependência de aspectos cognitivos, como o cPEATE (Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com sons complexos) e N1-P2, revelaram respostas mais consistentes em relação ao monitoramento dos efeitos do treinamento auditivo em idosos (Tremblay et al., 2001; Tremblay e Kraus, 2002; Alonso 2011; Anderson, 2013a; Anderson et al., 2013b).

Além das questões citadas anteriormente para justificar a ausência de mudanças eletrofisiológicas após o TAAC, podemos considerar também que talvez o tempo que aguardamos para reavaliar os indivíduos após o TAAC (4 semanas) não tenha sido suficiente para consolidação das mudanças neurofisiológicas, uma vez que pudemos constatar pelos testes comportamentais que houve sim melhora na capacidade de discriminação auditiva e na velocidade do processamento auditivo.

Assim como relatado por Alonso (2011), foi observada melhora na morfologia do traçado após o treinamento auditivo. De acordo com Tremblay et al. (2001) a mudança na morfologia da onda após a estimulação auditiva representa o aumento da sincronia neural e das conexões neurais e está associada a uma melhora na percepção da fala, que pode ser comprovada no presente estudo pelos resultados dos testes comportamentais após o TAAC.

Apesar de a plasticidade cerebral ser reduzida em idosos em relação a crianças e adultos jovens (Chermak et al., 1998), pode-se constatar mediante aos resultados apresentados no presente estudo que a intervenção proposta foi capaz de gerar mudanças neurofisiológicas na via auditiva do SNC, refletindo em mudanças comportamentais no processamento da informação auditiva, assim como vem sendo comprovado por diversos estudos (Tremblay et al, 2001; Pichora-Fuller e Souza, 2003; Gil, 2006; Megale et al., 2006; Miranda et al. 2007; Alonso 2011; Anderson et al; 2013a; Anderson e Kraus, 2013). Portanto, acreditamos que o TAAC deve ser considerado para a gestão das dificuldades de comunicação de idosos e pode servir para atenuar as sequelas psicossociais que podem exacerbar os efeitos do envelhecimento, tais como depressão e isolamento social.

Ferguson et al. (2014) afirmaram que, idealmente, uma meta-análise de artigos publicados de alta qualidade seria o melhor método para lidar com a eficácia do treinamento auditivo. Entretanto, a alta variabilidade nos estímulos de treinamento, métodos de treinamento, medidas de resultados, amostras de participantes dificulta esta abordagem e até mesmo a comparação entre os estudos.

Muitos autores (Ventry e Weinstein, 1983; Matas e Lório, 2003; Anderson et al., 2013c; Ferguson et al., 2014) ainda referem que os benefícios do treinamento auditivo devem ser verificados também nas atividades e situações diárias dos indivíduos, utilizando para isto questionários de autopercepção.

Acredita-se que a melhora no processamento da informação acústica conquistada após o TAAC mantenha-se, pois as habilidades auditivas continuarão sendo constantemente estimuladas nos diferentes ambientes

auditivos e situações de vida diária (Schochat et al., 2002, Song et al., 2012 Filippini et al., 2014). Entretanto, por se tratar de idosos, o processo de degeneração fisiológico do envelhecimento pode prejudicar essa manutenção (Swetter et al., 2010; Anderson et al., 2014) sendo de fundamental relevâncias novas pesquisas para investigar o benefício do TAAC a longo prazo nesta população.

6.4. Efeito do tipo de estímulo (*tone burst versus fala*) no monitoramento do TAAC

A hipótese de que o estímulo de fala seria mais sensível para evidenciar as mudanças neurofisiológicas decorrentes do TAAC surgiu justamente da constatação realizada por estudos anteriores que mostraram que o P300 evocado com *tone burst* não se mostrou eficaz para esse monitoramento (Alonso, 2011). Consideramos que, além de o estímulo de fala ser mais fiel às queixas apresentadas (sendo o TAAC inteiramente voltado para a melhora da percepção de fala), as mudanças neurofisiológicas seriam mais evidentes quando utilizássemos esse estímulo para evocar o potencial.

Entretanto, a partir do Quadro 6 pode-se constatar que não houve diferença entre a mudança encontrada pós TAAC com o estímulo *tone burst* e com o estímulo de fala. Ou seja, a mudança encontrada comparando os resultados pré e pós TAAC com estímulo de fala não foi maior que com estímulo *tone burst* ou vice-versa. Não encontramos estudos que investigassem a sensibilidade dos dois estímulos para o monitoramento do TAAC, contudo, a literatura especializada tem referido que a utilização do estímulo de fala seria mais adequada por ser mais próximo da realidade

diária dos indivíduos (Tremblay et al., 2001; Liang e Ouyang 2008; Martin et al., 2008).

De acordo com Kraus e Nicol (2003) e Nicol e Kraus (2004), o sinal de fala tem uma estrutura espectro-temporal complexa, composta por elementos harmonicamente ricos, os quais demandam do sistema auditivo uma sensibilidade a mudanças rápidas de espectro, além da capacidade de receber e processar sons apresentados em diferentes taxas de estimulação.

Martin et al. (2008) realizaram uma revisão de literatura sobre o uso de PEAs com estímulo de fala e relataram que a utilização desse estímulo pode trazer informações mais fiéis às dificuldades relatadas por indivíduos com TPA, uma vez que o processamento do estímulo de fala exige um processamento neural mais complexo que envolve a análise de diferentes pistas acústicas de frequência, amplitude ou temporais que estão contidas no sinal.

Apesar de não ser o objetivo dessa pesquisa, observamos que a latência do P300 obtido com estímulo de fala mostrou-se mais tardia e amplitude menor para a maioria dos participantes, sendo, assim como relatado por Martin et al. (2008), mais coerente com as queixas auditivas apresentadas.

Por meio da Tabela 6 podemos observar que em ambas as avaliações (pré e pós TAAC) a latência com estímulo de fala foi maior. Este achado corrobora com de outros estudos que compararam os parâmetros de latência e amplitude desse potencial obtido com estímulos simples e complexos (Oates et al., 2002; Linden, 2005; Polich 2007; Liang e Ouyang, 2008; Massa et al., 2011). Por outro lado, discorda do estudo de Lew et al. (1999) que

encontrou aumento da amplitude quando o P300 foi eliciado com estímulo de fala. Os achados de nosso estudo e da maioria da literatura difere do de Lew et al. (1999) provavelmente pelo fato de Lew et al. (1999) terem utilizado como paradigma *oddball* um estímulo frequente de 1000Hz e a palavra “*mommy*” para o estímulo raro, tornando a tarefa de discriminação muito fácil. Conforme já comentado, Fitzgerald e Picton (1983) também constataram que a dificuldade da tarefa de discriminação aumenta a latência e diminui a amplitude do P300.

Apesar de a diferença entre os sons /da/ e /wa/ utilizados no presente estudo ser considerável (a frequência de todos os formantes se diferem) a discriminação entre as sílabas foi realmente mais difícil para os participantes, sendo necessário treino antes do início da gravação.

Além da maior dificuldade na tarefa de discriminação, os valores médios de latência maior e de amplitude menor do P300 obtido com estímulo de fala em relação ao obtido com estímulo *tone burst* também podem ser atribuídos às ausências de respostas. Na avaliação pré TAAC, foram constatadas 5 ausências de respostas apenas para o P300 evocado por estímulo de fala (3 na orelha direita e 2 na orelha esquerda) sendo considerado o valor máximo de 500ms nesses casos, ao passo que todos os participantes apresentaram o P300 com estímulo *tone burst*. Após o TAAC, um indivíduo que havia apresentado ausência de resposta do P300 (com estímulo de fala em ambas as orelhas na avaliação pré TAAC), apresentou respostas robustas, sugerindo que o TAAC foi capaz de gerar mudanças neurofisiológicas em sua via auditiva.

Portanto, apesar do P300 evocado com estímulo de fala não ter sido mais sensível às mudanças provocadas pelo TAAC do que o P300 com

estímulo *tone burst*, por ter revelado uma latência mais tardia e amplitude menor e ausências de respostas, o estímulo de fala parece representar melhor as queixas e os resultados da avaliação comportamental de idosos com TPA.

Mais estudos devem ser feitos utilizando amostras maiores e grupos controle de adultos normais para podermos afirmar se há realmente vantagens na utilização do estímulo de fala em detrimento ao estímulo *tone burst* em idosos com TPA.

Um estudo para verificar a correlação dos testes comportamentais do PA com o P300 evocado por estímulo de fala e com outro PEA, como por exemplo, o cPEATE em adultos e idosos com e sem alteração do PA, seria interessante para uma melhor elucidação sobre a utilidade destes potenciais tanto na compreensão dos mecanismos neurofisiológicos por trás das dificuldades de compreensão de fala apresentada pelos idosos quanto no monitoramento de intervenções.

7. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que o TAAC proposto foi eficaz para adequar as habilidades auditivas alteradas e melhorar a percepção auditiva de idosos com TPA, podendo ser verificada pela avaliação comportamental do processamento auditivo.

Não foram encontradas evidências de efeito teste-reteste e efeito placebo para idosos com TPA.

O P300, evocado tanto com estímulo *tone burst* quanto com estímulo de fala, não foi sensível as mudanças ocorridas após o TAAC evidenciadas na avaliação comportamental.

Não houve diferença na sensibilidade do P300 evocado por estímulo *tone burst* ou estímulo de fala para no monitoramento das mudanças neurofisiológicas decorrentes do TAAC, mas o estímulo de fala parece ser mais fiel às queixas e aos resultados encontrados nos testes comportamentais do P300 com estímulo de fala.

8. ANEXOS

Anexo A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da USP (com mudança de título)

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 22 de Outubro de 2014, **APROVOU o(s) documento(s)** abaixo mencionado(s) no Protocolo de Pesquisa nº 384/12, intitulado: **"P300 com estímulo de fala em idosos com Transtorno do Processamento Auditivo submetidos à Intervenção"**, apresentado pelo **DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL**.

•Mudança de título para: **"A eficácia do treinamento auditivo acusticamente controlado em idosos com transtorno do processamento auditivo"**

Pesquisador (a) Responsável: **Eliane Schochat**

Pesquisador (a) Executante: **Aline Albuquerque Moraes**

CEP-FMUSP, 22 de Outubro de 2014.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

Anexo B – Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO-FMUSP
Departamento Fisioterapia Fonoaudiologia e Terapia ocupacional**

1 - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA

1. Nome:
2. Documento de Identidade Nº: Sexo : M _ F _
3. Data de Nascimento:/...../.....
4. Endereço:
Bairro: Cidade:.....
CEP:..... Telefone: ().....

2 - DADOS SOBRE A PESQUISA

Título do Protocolo de Pesquisa: P300 com estímulo de fala em idosos com Transtorno do Processamento Auditivo submetidos à Intervenção
Pesquisador responsável: Prof. Dra. Eliane Schochat (CRFa: 2937)
Pesquisador executante: Fga. Aline Albuquerque Moraes (CRFa: 17815)/
Unidade do HCFMUSP: Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional.
Avaliação do Risco da Pesquisa: Risco mínimo ou sem risco
Duração da Pesquisa: 24 meses.

3 - INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

O objetivo desse estudo é verificar a eficácia de um método de reabilitação audiológica em idosos por meio de testes comportamentais, eletrofisiológicos e de autoavaliação.

Na primeira fase da pesquisa todos os indivíduos serão submetidos aos seguintes procedimentos:

- Entrevista: Serão coletados seus dados de identificação e informações sobre sua saúde geral e auditiva.
- Questionário: Serão coletadas informações sobre suas dificuldades auditivas em diversas situações do dia-a-dia.
- Observação da orelha e meato acústico externo: Será realizada a fim de verificar se existe excesso de cera ou algum outro impedimento para os exames.
- Avaliação audiológica básica: Indicará o quanto você ouve. Na audiometria tonal será solicitado que você aperte o botão de resposta todas as vezes que ouvir um apito. Na audiometria vocal você deverá repetir as palavras que a examinadora solicitar. As medidas de imitância acústica irão verificar o funcionamento da parte média de sua orelha, você não precisará executar

nenhuma tarefa, apenas irá sentir uma variação de pressão na orelha e escutará alguns apitos.

- Avaliação do Processamento Auditivo: Será realizado em cabine acústica e irá avaliar suas habilidades auditivas tais como localizar o som, memorizar sons em sequências, discriminar palavras na presença de ruído, entre outras.

- Avaliação eletrofisiológica da audição: Será realizada para verificar a integridade da sua via auditiva. Serão colados eletrodos atrás das suas orelhas e na sua testa para captar as respostas neuroelétricas evocadas por um estímulo auditivo que você ouvira em um fone de ouvido. Na primeira parte do exame você não precisará executar nenhuma tarefa, apenas deverá tentar se manter relaxado. Em outro momento, deverá ficar atento para executar a tarefa que o avaliador solicitar (contar os apitos menos freqüentes).

A segunda etapa da pesquisa é a de intervenção. Neste momento, os indivíduos serão divididos por um sorteio em dois grupos: Grupo 1 e Grupo 2.

Procedimentos da segunda fase:

Grupo 1 – O Sr. (a) deverá aguardar 12 semanas para a próxima avaliação. A avaliador entrará em contato por telefone.

Grupo 2 - Treinamento Auditivo 1: o Sr.(a) receberá um DVD com 8 vídeo e deverá assistir, em casa, um vídeo por semana e em dia pré-acordado com a avaliadora, a mesma irá entrar em contato por telefone e fará perguntas referente ao vídeo assistido.

A terceira fase será realizada a reavaliação. Nela, serão realizados os mesmos procedimentos descritos na etapa de avaliação, com exceção da entrevista.

Na quarta fase todos os participantes realizarão o Treinamento Auditivo 2.

Treinamento Auditivo 2: o Sr.(a) terá que realizar tarefas como ouvir fala com ruído na mesma orelha, discriminar sons graves de agudos, memorizar sequências de palavras, entre outras. As sessões semanais serão realizadas por 8 semanas no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia ocupacional da USP e terão duração de 50 minutos.

Não existem riscos ou desconfortos associados aos procedimentos citados acima.

Não há, também, benefício direto para o participante.

Em qualquer etapa do estudo, você pode ter acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa, para esclarecimento de eventuais dúvidas. Os principais investigadores são a Profa. Dra. Eliane Schochat e Fga. Aline Albuquerque Moraes, que podem ser encontradas no endereço – Rua Cipotânia, 51. Telefone: 3091-8442.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.

Os resultados obtidos serão analisados pelas investigadoras e poderão ser publicados em revistas científicas e/ou apresentados em congressos profissionais, não sendo divulgada a identificação de nenhum paciente.

O participante tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais da pesquisa, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores.

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Os dados e o material coletados serão utilizados somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “P300 com estímulo de fala em idosos com Transtorno do Processamento Auditivo submetidos à Intervenção”.

Eu discuti com a Profa. Dra. Eliane Schochat e com a Fga. Aline Albuquerque Moraes, sobre a minha decisão em participar desse estudo.

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

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

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

_____ Data: ____/____/2012
Assinatura do participante

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

_____ Data: ____/____/2012
Assinatura do pesquisador

Anexo C – Folha de Registro - Avaliações

1. Dados de Identificação

Nome: _____ Sexo: _____
 D.N.: ____/____/____ Idade: _____ Anos de estudo: _____
 Endereço: _____
 Tel.: _____ Data atual: ____/____/____ ID: _____

2. Saúde geral

- a) Apresenta alguma doença crônica? Qual?
- b) Faz uso de algum remédio regularmente? Qual?
- c) Faz tratamento com psicólogo, psiquiatra ou neurologista? Porquê?
- d) Escore MEEM:
- e) Escore GDS:

3. Saúde auditiva

- a) Já fez algum tratamento ou cirurgia no ouvido?
- b) Já usou aparelho auditivo?
- c) Já fez treinamento auditivo?

Questionário de Queixas Auditivas:

Questões	Sim	Não
1. Escuta bem?	()	()
2. Apresenta dificuldade de entender em ambientes barulhentos? (Ex. conversar com a TV ligada, restaurante, festas, som de crianças brincando)	()	()
3. Faz confusão quando falam muito rápido ou abafado? (Ex. telefone)	()	()
4. Fica irritado em ambientes barulhentos?	()	()
5. Apresenta dificuldade de lembrar ordens ou instruções passadas oralmente (Ex. receita de bolo).	()	()
6. Confunde sequencias? (Ex.: números de telefone)	()	()
7. Apresenta dificuldade para conversar com mais de uma pessoa ao mesmo tempo?	()	()
8. Apresenta dificuldade para fazer alguma tarefa quando há barulho de fundo? (Ex. escrever ou fazer uma conta de cabeça enquanto ouve música ou alguém fala)	()	()
9. Apresenta dificuldade de localizar o som?	()	()
10. Entende melhor textos escritos do que falados?	()	()

4. Avaliação Audiológica Convencional

Limiares Auditivos: OD: _____ OE: _____
 Índice de Reconhecimento de Fala: OD: _____ % a _____ dB OE: _____ % a _____ dB
 Imitanciometria: Timpanometria - OD: _____ OE: _____
 Reflexos Acústicos - OD: () Normais () Ausentes e/ou aumentados
 OE: () Normais () Ausentes e/ou aumentados

5. Avaliação do Processamento Auditivo Central

Avaliação da habilidade auditiva de localizar sons

- *Teste de Localização Sonora:*

_____ / 5 acertos () normal () alterado

Avaliação da habilidade auditiva de memória para sons em sequência

- *Teste de Sequencialização Sonora com Sons Verbais:*

_____ / 3 acertos () normal () alterado

- *Teste de Sequencialização Sonora com Sons Não Verbais:*

_____ / 3 acertos () normal () alterado

Avaliação da habilidade auditiva de fechamento

- *Teste de Fala com Ruído Branco:*

S/R = _____ dB OD: _____ % de acertos () normal () alterado

S/R = _____ dB OE: _____ % de acertos () normal () alterado

Avaliação da habilidade auditiva de resolução temporal

- *Teste de Detecção de Gap - GIN (Gap in Noise):*

limiar OD/OE: _____ ms () normal () alterado

Avaliação da habilidade auditiva de ordenação temporal e transferência inter-hemisférica

- *Teste de Padrão de Frequência:*

OD/OE: _____ % de acertos () normal () alterado

Avaliação da habilidade auditiva de figura-fundo para sons linguísticos

- *Teste Dicótico de Dígitos:*

OD: _____ % de acertos () normal () alterado

OE: _____ % de acertos () normal () alterado

6. Avaliação Eletrofisiológica

	Latência	Amplitude
<i>tone burst</i>	_____ / _____ ms	_____ / _____ μ V
<i>fala</i>	_____ / _____ ms	_____ / _____ μ V

Referências Bibliográficas

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

de Abreu ID, Forlenza OV, de Barros HL. Demência de Alzheimer: correlação entre memória e autonomia. *Revista de psiquiatria clínica*. 2005;32(3):131-6.

Arlinger S. Negative consequences of uncorrected hearing loss-a review. *International journal of audiology*. 2003;42:2S17-2S20.

Almeida OP, Almeida SA. Confiabilidade da versão brasileira da Escala de Depressão em Geriatria (GDS) versão reduzida. *Arq Neuropsiquiatr*. 1999;57(2B):421-6.

Alonso R, Schochat E. The efficacy of formal auditory training in children with (central) auditory processing disorder: behavioral and electrophysiological evaluation. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*. 2009;75(5):726-32.

Alonso R .Avaliação eletrofisiológica e comportamental do processamento auditivo (central) e treinamento auditivo em indivíduos idosos. [doutorado]. São Paulo. Universidade de São Paulo; 2011.

Amenedo E, Díaz F. Effects of aging on middle-latency auditory evoked potentials: a cross-sectional study. *Biological psychiatry*. 1998;43(3):210-9.

Anderson S, Parbery-Clark A, Yi H-G, Kraus N. A neural basis of speech-in-noise perception in older adults. *Ear and hearing*. 2011;32(6):750.

Anderson S, White-Schwoch T, Choi HJ, Kraus N. Training changes processing of speech cues in older adults with hearing loss. *Frontiers in systems neuroscience*. 2013;7.

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*. 2013;110(11):4357-62.

Anderson S, Parbery-Clark A, White-Schwoch T, Kraus N. Auditory brainstem response to complex sounds predicts self-reported speech-in-noise performance. *Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR*. 2013 Feb;56(1):31-43. PubMed PMID: 22761320. Pubmed Central PMCID: 3648418.

Anderson S, White-Schwoch T, Jae Choi H, Kraus N. Partial maintenance of auditory-based cognitive training benefits in older adults. *Neuropsychologia*. 2014.

Andersson M, Reinvang I, Wehling E, Hugdahl K, Lundervold AJ. A dichotic listening study of attention control in older adults. *Scandinavian journal of psychology*. 2008;49(4):299-304.

American Speech-Language-Hearing Association. (Central) Auditory Processing Disorders: The Role of the Audiologist. Rockville, MD: American Speech-Language-Hearing Association; 2005.

Auditec. Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence. St. Louis: Auditec; 1997

Ávila R, de Campos Bottino CM. Atualização sobre alterações cognitivas em idosos com síndrome depressiva Cognitive changes update among elderly with depressive syndrome. *Rev Bras Psiquiatr*. 2006;28(4):316-20.

de Almeida Ávila RR, Murphy CFB, Schochat E. Efeitos do Treinamento Auditivo em Idosos com Comprometimento Cognitivo Leve. *Psicologia: Reflexão e Crítica*. 2014;27(3):547-55.

Azzolini VC, Ferreira M. Processamento auditivo temporal em idosos. *Arq Int Otorrinolaringol*. 2010;14(1):95-102.

Bailey PJ, Snowling MJ. Auditory processing and the development of language and literacy. *British Medical Bulletin*. 2002;63(1):135-46.

Barea KS, Mansur LL. Knowledge of semantic categories in normal aged. Influence of education. *Dementia & Neuropsychologia*. 2007;1(2):166-72.

Barwood CH, Wilson WJ, Malicka AN, McPherson B, Lloyd D, Munt K, et al. The Effect of rTMS on Auditory Processing in Adults with Chronic, Bilateral Tinnitus: A Placebo-Controlled Pilot Study. *Brain stimulation*. 2013;6(5):752-9.

Bellis TJ, Wilber LA. Effects of aging and gender on interhemispheric function. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2001;44(2):246-63.

Bertoli S, Smurzynski J, Probst R. Temporal resolution in young and elderly subjects as measured by mismatch negativity and a psychoacoustic gap detection task. *Clinical Neurophysiology*. 2002;113(3):396-406.

Bertolucci PHF, Brucki SMD, Campacci S, et al. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuropsiquiatr* 1994;52:1-7.

Beynon A, Snik A, Stegeman D, Van den Broek P. Discrimination of speech sound contrasts determined with behavioral tests and event-related potentials in cochlear implant recipients. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2005;16(1):42-53.

Beynon AJ, Snik AF, van den Broek P. Evaluation of cochlear implant benefit with auditory cortical evoked potentials: Evaluación de los beneficios del implante coclear por medio de potenciales evocados auditivos corticales. *International journal of audiology*. 2002;41(7):429-35.

Bilton T, Ramos LR, Ebel S, Teixeira LS, Tega LP. Prevalência da deficiência auditiva em uma população idosa. *Mundo saúde (Impr)*(1995). 1997;21(4):218-25.

BLACKBURN CC, SACHS MB. The representations of the steady-state vowel sound/E/in the discharge patterns of cat anteroventral cochlear nucleus neurons. *J Neurophysiol*. 1990;63(119):II.

Bliss TV, Lømo T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *The Journal of physiology*. 1973;232(2):331-56.

Bowles RP, Salthouse TA. Vocabulary test format and differential relations to age. *Psychology and aging*. 2008;23(2):366.

Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.528, de 19 de outubro de 2006: Aprova a Política Nacional de Saúde da Pessoa Idosa. *Diário Oficial da União*, 2006.

Brucki S, Nitrini R, Caramelli P, Bertolucci PH, Okamoto IH. Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil. *Arquivos de neuro-psiquiatria*. 2003;61(3B):777-81.

Burk MH, Humes LE, Amos NE, Strauser LE. Effect of training on word-recognition performance in noise for young normal-hearing and older hearing-impaired listeners. *Ear and hearing*. 2006;27(3):263-78.

Buss LH, Graciolli LS, Rossi AG. Processamento auditivo em idosos: implicações e soluções. *Rev CEFAC*. 2010;12(1):146-51.

Bussab W, Morettin P. *Estatística Básica*, Atual Editora. São Paulo. 2002;3.

Caixeta L, Teixeira AL. *Neuropsicologia geriátrica - Neuropsiquiatria cognitiva em idosos*. Porto Alegre. Artmed, 2014.

Chen X, Liang Y, Deng Y, Li J, Chen S, Wang C, et al. Age-Associated Reduction of Asymmetry in Human Central Auditory Function: A 1H-Magnetic Resonance Spectroscopy Study. *Neural plasticity*. 2013;2013.

Chermak GD, Musiek FE, editors. *Auditory training: principles and approaches for remediating and managing auditory processing disorders*. *Seminars in Hearing*; 2002; 23(4):297-308

Chermak GD, Musiek FE, editors. *Handbook of (Central) auditory processing disorder . Comprehensive intervention*. San Diego: Plural Publishing; 2006. v.2

Chisolm TH, Willott J, Lister J. The aging auditory system: anatomic and physiologic changes and implications for rehabilitation. *Int J Audiol*. 2003;42:2S3-2S10.

Clinard CG, Tremblay KL. Aging degrades the neural encoding of simple and complex sounds in the human brainstem. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2013;24(7):590-9.

Cooper Jr J, Gates GA. Hearing in the elderly-the Framingham cohort, 1983-1985: part II. Prevalence of central auditory processing disorders. *Ear and hearing*. 1991;12(5):304-11.

Corso JF. Presbycusis, hearing aids and aging. *International Journal of Audiology*. 1977;16(2):146-63.

Cóser MJS, Cóser PL, Pedroso FS, Rigon R, Cioqueta E. P300 auditory evoked potential latency in elderly. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*. 2010;76(3):287-93.

Costa MJ, Iorio MCM, Mangabeira-Albernaz PL. Reconhecimento de fala: desenvolvimento de uma lista de sentenças em português. *Acta Awho*. 1997;16(4):164-73.

Cox LC, McCoy SL, Tun PA, Wingfield A. Monotic auditory processing disorder tests in the older adult population. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2008;19(4):293.

Dancey CP, Reidy J. *Estatística sem matemática para psicologia*. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

Dawes P, Powell S, Munro KJ. The placebo effect and the influence of participant expectation on hearing aid trials. *Ear and hearing*. 2011;32(6):767-74.

De La Fuente-Fernandez R, Stoessl AJ. The placebo effect in Parkinson's disease. *Trends Neurosci*. 2002; 25: 302–306

Dujardin K, Derambure P, Bourriez J, Jacquesson J, Guieu J. P300 component of the event-related potentials (ERP) during an attention task:

effects of age, stimulus modality and event probability. *International Journal of Psychophysiology*. 1993;14(3):255-67.

Ferguson M, Henshaw H, Clark D, Moore D. Benefits of phoneme discrimination training in a randomized controlled trial of 50–74 year olds with mild hearing loss. *Ear Hear*. 2014.

Tabachnik B, Fidell L. *Using multivariate analysis*. Needham Heights: Allyn & Bacon, 2007.

Filippini R, Schochat E: Potenciais evocados auditivos de tronco encefálico com estímulo de fala no transtorno do processamento auditivo. *Braz J Otorhinolaryngol* 2009;75:449–455.

Filippini R, Beffi-Lopes DM, Schochat E Efficacy of auditory training using the ABR to complex sounds: Auditory Processing Disorder and Specific Language Impairment. *Folia Phoniatr Logop*. 2012;64(5):217-26.

Fitzgerald PG, Picton TW. Event-related potentials recorded during the discrimination of improbable stimuli. *Biological Psychology*. 1983;17(4):241-76.

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. “Mini-mental state”: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*. 1975;12(3):189-98.

Freire KMG. Treinamento auditivo musical: uma proposta para idosos usuários de próteses auditivas:[tese de doutorado] São Paulo.Universidade Federal de São Paulo. 2009.

Fukuda Y. P300 eo ciclo menstrual em mulheres jovens normais: Tese Livre Docência–Otoneurologia]. São Paulo, SP: Departamento de Otorrinolaringologia e Distúrbios da Comunicação Humana da Universidade Federal de São Paulo; 1993.

Gaál ZA, Csuhaj R, Molnár M. Age-dependent changes of auditory evoked potentials—Effect of task difficulty. *Biological psychology*. 2007;76(3):196-208.

Gates GA, Cooper Jr J, Kannel WB, Miller NJ. Hearing in the Elderly: The Framingham Cohort, 1983-1985: Part 1. Basic Audiometric Test Results. *Ear and hearing*. 1990;11(4):247-56.

Gates GA, Mills JH. Presbycusis. *The Lancet*. 2005;366(9491):1111-20.

Gates GA, Feeney MP, Mills D. Cross-sectional age-changes of hearing in the elderly. *Ear and hearing*. 2008;29(6):865-74.

George EM, Coch D. Music training and working memory: an ERP study. *Neuropsychologia*. 2011;49(5):1083-94.

Gil D. Treinamento auditivo formal em adultos com deficiência auditiva. [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2006.

Gomes R, do Nascimento EF, de Araújo FC. Por que os homens buscam menos os serviços. *Cad Saúde Pública*. 2007;23(3):565-74.

Gootjes L, Bouma A, Van Strien JW, Schijndel RV, Barkhof F, Scheltens P. Corpus callosum size correlates with asymmetric performance on a dichotic listening task in healthy aging but not in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*. 2006;44(2):208-17.

Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ. Profile of auditory temporal processing in older listeners. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1999;42(2):300-11.

Grafman J. Conceptualizing functional neuroplasticity. *Journal of communication disorders*. 2000;33(4):345-56.

Groenen PA, Beynon AJ, Snik AF, Broek Pvd. Speech-evoked cortical potentials recognition in cochlear implant users and speech. *Scandinavian audiology*. 2001;30(1):31-40.

Hall JW. *Handbook of auditory evoked responses*: Allyn & Bacon; 1992.

Hasher L, Zacks RT. Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *Psychology of learning and motivation*. 1988;22:193-225.

Hennig TR, Costa MJ, Rossi AG, de Moraes AB. Efeitos da reabilitação auditiva na habilidade de ordenação temporal em idosos usuários de próteses auditivas. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2012;24(1):26-33.

Henshaw H, Ferguson MA. Efficacy of individual computer-based auditory training for people with hearing loss: a systematic review of the evidence. *PloS one*. 2013;8(5):e62836.

Hirayasu Y, Samura M, Ohta H, Ogura C. Sex effects on rate of change of P300 latency with age. *Clinical neurophysiology*. 2000;111(2):187-94.

Hommet C, Mondon K, Berrut G, Gouyer Y, Isingrini M, Constans T, et al. Central auditory processing in aging: The dichotic listening paradigm. *The journal of nutrition, health & aging*. 2010;14(9):751-6.

Humes LE. The contributions of audibility and cognitive factors to the benefit provided by amplified speech to older adults. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2007;18(7):590-603.

Hymel MR, Cranford JL, Stuart A. Effects of contralateral speech competition on auditory event-related potentials recorded from elderly listeners: brain map study. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1998;9(5):385-97.

Jerger J, Jerger S, Oliver T, Pirozzolo F. Speech understanding in the elderly. *Ear and Hearing*. 1989;10(2):79-89.

Jerger J, Alford B, Lew H, Rivera V, Chmiel R. Dichotic listening, event-related potentials, and interhemispheric transfer in the elderly. *Ear and hearing*. 1995;16(5):482-98.

Jerger J, Chmiel R, Allen J, Wilson A. Effects of age and gender on dichotic sentence identification. *Ear and hearing*. 1994;15(4):274-86.

Jirsa RE, editor Clinical efficacy of electrophysiologic measures in APD management programs. *Seminars in hearing*; 2002;23(4):349-356

Jirsa RE. The clinical utility of the P3 AERP in children with auditory processing disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1992;35(4):903-12.

Juckel G, Karch S, Kawohl W, Kirsch V, Jäger L, Leicht G, et al. Age effects on the P300 potential and the corresponding fMRI BOLD-signal. *Neuroimage*. 2012;60(4):2027-34.

Junqueira CA, Colafêmina JF. Investigação da estabilidade inter e intra-examinador na identificação do P300 auditivo: análise de erros. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. 2002;68(4):468-78.

Kandel ER. Cellular mechanisms of learning and the biological basis of individuality. *Principles of neural science*. 1991;3:1009-31.

Katz J. Classification of auditory processing disorders. *Central auditory processing: A transdisciplinary view*. 1992:81-91.

Keith, R. W. Random gap detection test. Missouri (USA):Auditec of Saint Louis, 2000

King C, Warrier CM, Hayes E, Kraus N: Deficits in auditory brainstem pathway encoding of speech sounds in children with learning problems. *Neurosci Lett* 2002;319:111–115.

Klatt DH. Software for a cascade/parallel formant synthesizer. *the Journal of the Acoustical Society of America*. 1980;67(3):971-95.

Kraus N, McGee T, Carrell TD, King C, Tremblay K, Nicol T. Central auditory system plasticity associated with speech discrimination training. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 1995;7(1):25-32.

Kraus N, McGee TJ, Koch DB. Speech sound perception and learning: biologic bases. *Scandinavian Audiology*. 1998;27(4):7-17.

Kraus N, Anderson S. The Effects of Aging on Auditory Processing. *The Hearing journal*. 2013;66(1):36.

Kraus N, Nicol T. (2003) Aggregate neural responses to speech sounds in the central auditory system. *Speech Communication* 41: 35-47

Kügler CF, Petter J, Platt D. Age-related dynamics of cognitive brain functions in humans: an electrophysiological approach. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1996;51(1):B3-B16.

Lavie L, Attias J, Karni A. Semi-Structured Listening Experience (Listening Training) in Hearing Aid Fitting: Influence on Dichotic Listening. *American journal of audiology*. 2013;22(2):347-50.

Lessa AH, Hennig TR, Costa MJ, Rossi AG. Resultados da reabilitação auditiva em idosos usuários de próteses auditivas avaliados com teste dicótico. *CoDAS*.2013;25(2):169-75

Lew HL, Slimp J, Price R, Massagli TL, Robinson LR. COMPARISON OF SPEECH-EVOKED V TONE-EVOKED P300 RESPONSE: Implications for Predicting Outcomes in Patients with Traumatic Brain Injury¹. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 1999;78(4):367-71.

Liang Y, Ouyang T. [Comparative study of pure tone stimuli and Chinese speech stimuli on auditory event-related potentials]. *Zhonghua er bi yan hou tou jing wai ke za zhi= Chinese journal of otorhinolaryngology head and neck surgery*. 2008;43(2):109-13.

Lima, CC. Avaliação comportamental e eletrofisiológica das funções auditivas no processo de envelhecimento:[dissertação de mestrado]. São Paulo. Universidade de São Paulo; 2013.

Linden DE, Prvulovic D, Formisano E, Völlinger M, Zanella FE, Goebel R, et al. The functional neuroanatomy of target detection: an fMRI study of visual and auditory oddball tasks. *Cerebral cortex*. 1999;9(8):815-23.

Linden DE. The P300: where in the brain is it produced and what does it tell us? *The Neuroscientist*. 2005;11(6):563-76.

Liporaci FD, SMMC F. Envelhecimento e ordenação temporal auditiva. Rev CEFAC. 2010;12(5):741-8.

Liporaci FD, Frota SMMC. Resolução temporal auditiva em idosos
Auditory temporal resolution in elderly people. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2010;15(4):533-9.

Luz SVd, Pereira LD. Teste de escuta dicótica utilizando dígitos em indivíduos idosos. Acta Awho. 2000;19(4):180-4.

Martin JS, Jerger JF. Some effects of aging on central auditory processing. Journal of rehabilitation research and development. 2005;42(4):25.

Martin BA, Tremblay KL, Korczak P. Speech evoked potentials: from the laboratory to the clinic. Ear and hearing. 2008;29(3):285-313.

Massa CGP, Rabelo CM, Matas CG, Schochat E, Samelli AG. P300 with verbal and nonverbal stimuli in normal hearing adults. Brazilian journal of otorhinolaryngology. 2011;77(6):686-90.

Matas CG, Filha S, Okada MMCP, Resque JR. Auditory evoked potentials in individuals over 50 years. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2006;18(3):277-84.

McArthur G. Test–retest effects in treatment studies of reading disability: the devil is in the detail. Dyslexia. 2007;13(4):240-52.

McPherson DL. Late potentials of the auditory system: Singular Publishing Group; 1996.

Megale RL, Iório MCM, Schochat E. Treinamento auditivo: avaliação do benefício em idosos usuários de próteses auditivas. Pró-Fono R Atual Cient. 2010;22(2):101-6.

Megighian D, Savastano M, Salvador L, Frigo A, Bolzan M. Audiometric and epidemiological analysis of elderly in the Veneto region. Gerontology. 2000;46(4):199-204.

Micco AG, Kraus N, Koch DB, McGee TJ, Carrell TD, Sharma A, et al. Speech-evoked cognitive P300 potentials in cochlear implant recipients. *Otology & Neurotology*. 1995;16(4):514-20.

Miranda EC, Andrade AN, Gil D, Iorio MCM. A efetividade do treinamento auditivo formal em idosos usuários de próteses auditivas no período de aclimatização. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2007;12(4):316-321.

Miranda ECd, Pinheiro MMC, Pereira LD, Iorio MCM. Correlation of the P300 evoked potential in depressive and cognitive aspects of aging. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*. 2012;78(5):83-9.

Moore DR. Auditory processing disorders: acquisition and treatment. *Journal of communication disorders*. 2007;40(4):295-304.

Mulrow CD, Aguilar C, Endicott JD et al. Quality-of-life changes and hearing impairment: a randomized trial. *Ann Intern Med*. 1990;13:188–194

Murphy CFB, Schochat E. Influência de paradigmas temporais em testes de processamento temporal auditivo. *Pro-Fono Rev de Atualização Científica*. 2007;19(3):259-6

Musiek FE, Baran JA, Schochat E. Selected management approaches to central auditory processing disorders. *Scandinavian audiology Supplementum*. 1998;51:63-76.

Musiek F. Habilitation and management of auditory processing disorders: overview of selected procedures. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1999;10(6):329-42.

Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiau D-E, Baran JA, Zaida E. GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear and hearing*. 2005;26(6):608-18.

Musiek F, Berge B. A neuroscience view of auditory training/stimulation and central auditory processing disorders. Masters MG, Stecker NA, Katz

J Central auditory processing disorders: mostly management Boston: Allyn and Bacon. 1998:15-32.

Musiek FE, Lee WW. Potenciais auditivos de média e longa latência. In: Musiek FE, Lee WW. Perspectivas atuais em avaliação auditiva. São Paulo: Manole; 2001. p. 239-67

Musiek FE, Schochat E. Auditory training and central auditory processing disorders: a case study. Semin Hear. 1998;19:357-66

Musiek FE, Shinn J, Hare C, editors. Plasticity, auditory training, and auditory processing disorders. Seminars in hearing. 2002;23(4):263-276.

Musiek FE, Chermak GD, Weihing J. Auditory Training. In: Musiek FE, Chermak GD. Handbook of Central Auditory Processing Disorder, Plural Publishing, 2007

Musiek FE. Frequency (pitch) and duration patterns tests. J Am Acad. Audiol 1994;5:265-8

Papaléo Netto M, Kein E, Britto F. Avaliação geriátrica multidimensional. Geriatria: fundamentos, clínica e terapêutica, ed. 2006;2:78-9.

Nunes F. Da avaliação do P300 e do processamento auditivo em pacientes idosos com e sem queixas auditivas [tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo. 2002.

Okada DM, Onishi ET, Chami FI, Borin A, Cassola N, Guerreiro VM. O uso da acupuntura para alívio imediato do zumbido. Rev. Bras. Otorrinolaringol. 2006; 72(2):182-186.

Parra VM, Lório MC, Mizahi MM, Baraldi GS. Testes de Frequência e duração em idosos com sensibilidade auditiva normal. Rev Bras Otorrinolaringol. 2004, 70(4):517-23.

Pascual-Leone A, Amedi A, Fregni F, Merabet LB. The plastic human brain cortex. Annu Rev Neurosci. 2005;28:377-401.

Peelle JE, Troiani V, Grossman M, Wingfield A. Hearing loss in older adults affects neural systems supporting speech comprehension. *The Journal of Neuroscience*. 2011;31(35):12638-43.

Pereira L, Schochat E. Testes auditivos comportamentais para avaliação do processamento auditivo central. Editora Pró Fono. 2011.

Pereira L, Gentile C, Costa S, Borges A. Considerações preliminares no teste de fala filtrada e fusão binaural. VIII Encontro Nacional de Fonoaudiologia Anais Santos. 1993.

Petrovic, P, Kalso, E., Petersson, KM, Ingvar, M. Placebo and opioid analgesia — imaging a shared neuronal network. *Science*. 2002; 295:1737–1740

Pfefferbaum A, Wenegrat BG, Ford JM, Roth WT, Kopell BS. Clinical application of the P3 component of event-related potentials. II. Dementia, depression and schizophrenia. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*. 1984;59(2):104-24.

Phillips SL, Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ, Yeni-Komshian G. Frequency and temporal resolution in elderly listeners with good and poor word recognition. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2000;43(1):217-28.

Pichora-Fuller MK. Cognitive aging and auditory information processing. *International Journal of Audiology*. 2003.

Pichora-Fuller MK, Levitt H. Speech comprehension training and auditory and cognitive processing in older adults. *American journal of audiology*. 2012;21(2):351-7.

Pichora-Fuller MK. Use of supportive context by younger and older adult listeners: Balancing bottom-up and top-down information processing. *International Journal of Audiology*. 2008;47(S2):S72-S82.

Pichora-Fuller MK, Souza PE. Effects of aging on auditory processing of speech. *International journal of audiology*. 2003;42(S2):11-6.

Picton TW, Hillyard SA, Krausz HI, Galambos R. Human auditory evoked potentials. I: Evaluation of components. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*. 1974;36:179-90.

Musiek F, Pinheiro M. Frequency patterns in cochlear, brainstem, and cerebral lesions. *Audiology*. 1987;26(2):79-88.

Pinheiro MMC, Pereira LD. Processamento auditivo em idosos: estudo da interação por meio de testes com estímulos verbais e não-verbais. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2004;70(2):209-14.

Pinheiro MMC, Iório MCM, Miranda EC, Dias KZ, Pereira LD. A influência dos aspectos cognitivos e dos processos auditivos na aclimatização das próteses auditivas em idosos. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2012;24(4):309-15.

Pinzan-Faria VM, Iório MCM. Sensibilidade auditiva e autopercepção do handicap: um estudo em idosos. *Distúrbios da Comunicação* ISSN 2176-2724. 2004;16(3).

Polich J, Herbst KL. P300 as a clinical assay: rationale, evaluation, and findings. *International Journal of Psychophysiology*. 2000;38(1):3-19.

Polich J. Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical neurophysiology*. 2007;118(10):2128-48.

Polich J. Meta-analysis of P300 normative aging studies. *Psychophysiology*. 1996;33(4):334-53.

Putter-Katz H, Adid-ben Said L, Feldman I, Miran D, Kushnir D et al. Treatment and Evaluation indices of Auditory Processing Disorders. *Seminars in Hearing*. 2002;23 (4): 357-64.

Quintero SM, Marotta RM, Marone SA. Avaliação do processamento auditivo de indivíduos idosos com e sem presbiacusia por meio do teste de reconhecimento de dissílabos em tarefa dicótica-SSW. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2002;68(1):28-33.

Rabelo CM. Processamento Auditivo: Teste de fala comprimida em português em adultos normo-ouvintes. [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2004.

Russo ICP, Santos TMM. Logaudiometria. In: Santos TMM, Russo ICP. A prática da audiologia clínica. São Paulo: Cortez; 1986. p. 81-98

Russo I, Almeida K. Considerações sobre a seleção e adaptação de próteses auditivas para o idoso. In: Almeida K, Iorio MCM. Próteses auditivas: fundamentos teóricos e aplicações clínicas. 1996;2:177-90.

Russo N, Nicol T, Musacchia G, Kraus N. Brainstem responses to speech syllables. Clinical Neurophysiology. 2004;115(9):2021-30.

Salat D, Ward A, Kaye J, Janowsky J. Sex differences in the corpus callosum with aging. Neurobiology of aging. 1997;18(2):191-7.

Samelli AG, Schochat E. The gap-in-noise test: gap detection thresholds in normal hearing young adults. Int J Audiol. 2008; 47(5):238-45

Samelli AG, Schochat E. Estudo da vantagem da orelha direita em teste de detecção de gap. Rev. Bras. Otorrinolaringol. 2008; 74(2): 235-240.

Samelli AG, Negretti CA, Ueda KS, Moreira RR, Schochat E. Comparing audiological evaluation and screening: a study on presbycusis. Braz J Otorhinolaryngol. 2011;77(1):70-6

Sanchez ML, Nunes FB, Barros F, Ganança MM, Caovilla HH. Avaliação do processamento auditivo em idosos que relatam ouvir bem. Rev. Bras. Otorrinolaringol. 2008; 74(6): 896-902.

Schochat E, Carvalho LZd, Megale RL. Treinamento auditivo: avaliação da manutenção das habilidades. Pró-fono. 2002;14(1):93-8.

SCHOCHAT E. Percepção de fala: Presbiacusia e perda auditiva induzida pelo ruído. Tese de Doutorado-FFLCH da USP. São Paulo, 1994

Schochat E. Respostas de longa latência. In: Carvallo RMM. Fonoaudiologia: informação para a formação - procedimentos em audiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003;71-85.

Schiff S, Valenti P, Andrea P, Lot M, Bisiacchi P, Gatta A, et al. The effect of aging on auditory components of event-related brain potentials. *Clinical Neurophysiology*. 2008;119(8):1795-802.

Schneider BA, Pichora-Fuller MK. Implications of perceptual deterioration for cognitive aging research. 2000.

Silver N, Barker G, MacManus D, Tofts P, Miller D. Magnetisation transfer ratio of normal brain white matter: a normative database spanning four decades of life. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1997;62(3):223-8.

Smith GE, Housen P, Yaffe K, Ruff R, Kennison RF, Mahncke HW, et al. A cognitive training program based on principles of brain plasticity: Results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT) Study. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2009;57(4):594-603.

Snell KB. Age-related changes in temporal gap detection. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1997;101(4):2214-20.

Song JH, Skoe E, Banai K, Kraus N. Training to improve hearing speech in noise: biological mechanisms. *Cerebral cortex*. 2011:bhr196.

Oates PA, Kurtzberg D, Stapells DR. Effects of sensorineural hearing loss on cortical event-related potential and behavioral measures of speech-sound processing. *Ear and hearing*. 2002;23(5):399-415.

Stark A, Pakkenberg B. Histological changes of the dopaminergic nigrostriatal system in aging. *Cell and tissue research*. 2004;318(1):81-92.

Starr A, Golob EJ. Cognitive factors modulating auditory cortical potentials. In: Burkard R, Don M, Eggermont JJ, eds. *Auditory Evoked Potentials*:

Basic Principles and Clinical Application. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006:508–525.

Strouse A, Ashmead DH, Ohde RN, Grantham DW. Temporal processing in the aging auditory system. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1998;104(4):2385-99.

Swetter BJ, Fitch RH, Markus EJ. Age-related decline in auditory plasticity: experience dependent changes in gap detection as measured by prepulse inhibition in young and aged rats. *Behavioral neuroscience*. 2010;124(3):370.

Sweetow R, Palmer CV. Efficacy of individual auditory training in adults: a systematic review of the evidence. *J Am Acad Audiol*. 2005;16(7):494-504.

Tallal P, Newcombe F. Impairment of auditory perception and language comprehension in dysphasia. *Brain and language*. 1978;5(1):13-24.

Teixeira MZ. Bases psiconeurofisiológicas do fenômeno placebo-nocebo: evidências científicas que valorizam a humanização da relação médico-paciente. *Rev Assoc Med Bras*. 2009; 55: 13-18.

Timo-laria C. Envelhecimento. In: Jacob Filho W. (ed). *Envelhecimento do Sistema Nervoso Central e a Dor no Idoso*. São Paulo, EDUSP.1996;3:1-47.

Travassos C, Viacava F, Pinheiro R, Brito A. Utilização dos serviços de saúde no Brasil: gênero, características familiares e condição social. *Rev Panam Salud Publica*. 2002;11(5-6):365-73.

Tremblay KL, Kraus N. Auditory training induces asymmetrical changes in cortical neural activity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2002;45(3):564-72.

Tremblay K, Kraus N, McGee T, Ponton C, Otis B. Central auditory plasticity: changes in the N1-P2 complex after speech-sound training. *Ear and hearing*. 2001;22(2):79-90.

Tremblay KL, Piskosz M, Souza P. Effects of age and age-related hearing loss on the neural representation of speech cues. *Clinical Neurophysiology*. 2003;114(7):1332-43.

Tremblay KL, Billings C, Rohila N. Speech evoked cortical potentials: effects of age and stimulus presentation rate. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2004;15(3):226-37.

Tremblay K, Kraus N, Carrell TD, McGee T. Central auditory system plasticity: generalization to novel stimuli following listening training. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1997;102(6):3762-73.

Veras RP, Mattos LC. Audiology and aging: literature review and current horizons. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. 2007;73(1):128-34.

Verhaeghen P. Aging and vocabulary score: A meta-analysis. *Psychology and aging*. 2003;18(2):332.

Wolpaw J, Penry J. Effects of ethanol, caffeine, and placebo on the auditory evoked response. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*. 1978; 44(5):568-74.

Walton JP. Timing is everything: temporal processing deficits in the aged auditory brainstem. *Hearing research*. 2010;264(1):63-9.

White-Schwoch T, Carr KW, Anderson S, Strait DL, Kraus N. Older adults benefit from music training early in life: Biological evidence for long-term training-driven plasticity. *The Journal of Neuroscience*. 2013;33(45):17667-74.

Welsh LW, Welsh JJ, Healy MP. Central presbycusis. *The Laryngoscope*. 1985;95(2):128-36.

Willott JF. *Aging and the auditory system: Anatomy, physiology and psychophysics*: Whurr Pub Ltd; 1991.

Woodwell DA, Cherry DK. National ambulatory medical care survey: 2002 summary. *Advance data*. 2004 (346):1-44

Yesavage JA, Brink TL, Rose TL et al. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. J Psychiat Res 1983;17:37-49.

Zalcman TE. Complexo N1-P2-N2 em indivíduos com transtorno de processamento auditivo submetidos ao treinamento auditivo [dissertação]. Universidade de São Paulo; 2007.

Zalcman TE. Avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo (central) em idosos com comprometimento cognitivo leve [tese]. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina; 2011.