



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FONOAUDIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA COMUNICAÇÃO HUMANA

DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE

**PÓS-MASCARAMENTO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS
NA SENESCÊNCIA**

Recife
2024

DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE

**PÓS-MASCARAMENTO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS
NA SENESCÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Comunicação Humana da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde da Comunicação Humana.

Área de concentração: Audição e Linguagem: desenvolvimento, diagnóstico e intervenção fonoaudiológica.

Orientadora: Profa. Dra. Karina Paes Advincula

Recife
2024

Duarte, Danielle Samara Bandeira.

Pós-mascaramento nos potenciais evocados auditivos corticais na senescência / Danielle Samara Bandeira Duarte. - Recife, 2024.
102f.: il.

Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana, 2024.

Orientação: Karina Paes Advíncula.

1. eletrofisiologia; 2. potenciais evocados auditivos; 3. percepção de fala; 4. audição; 5. envelhecimento. I. Advíncula, Karina Paes. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

CDD 616.855

DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE

**PÓS-MASCARAMENTO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS
NA SENESCÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Comunicação Humana da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde da Comunicação Humana.

Área de concentração: Audição e Linguagem: desenvolvimento, diagnóstico e intervenção fonoaudiológica.

Aprovada em: 08 de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. PhD Karina Paes Advíncula (Orientadora)
(Universidade Federal de Pernambuco)

Prof^ª. Dr^ª. PhD Silvana Maria Sobral Griz
(Examinador Interno)
(Universidade Federal de Pernambuco)

Prof^ª. Dr^ª. PhD Luciana Pimentel Fernandes de Melo
(Examinador Externo)
(Universidade Federal de Pernambuco)

Prof^ª. Dr^ª. PhD Hannalice Gottschalck Cavalcanti
(Examinador Externo)
(Universidade Federal da Paraíba)

Dedico este trabalho aos meus pais, Ronaldo e Maria Valéria, por nunca terem medido esforços para minha educação. Por eles que hoje finalizo o mestrado.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser a base de tudo e por guiar meus caminhos e minhas escolhas até aqui.

À minha orientadora Prof^a Karina Advincula, por acreditar em mim desde a época da graduação, me ajudando a atingir meus objetivos.

À minha inspiração na docência Prof^a Denise Menezes, por ter me despertado o desejo de ser professora.

À minha supervisora e amiga Prof^a Diana Babini, pelas imensuráveis ajudas na minha trajetória acadêmica e profissional.

À minha companheira de pesquisa Mônia Rocha, por todas as ajudas e trocas que tivemos durante as nossas jornadas acadêmicas.

Aos meus pais Ronaldo e Maria Valéria, a quem dedico esta dissertação, por terem sonhado e investido na minha educação com amor, cuidado e sacrifícios.

À minha avó Ione Bandeira (*in memoriam*), por ser uma lembrança feliz e amorosa que me deu forças para continuar.

Ao meu namorado e melhor amigo João Pedro, pela parceria e por ter me acompanhado em cada etapa desta trajetória sendo ajuda e conforto.

Aos meus amigos de infância Larissa, William, Maria Eduarda, Gabrielle e Rafael, por acreditarem em mim desde quando eu era uma menina.

Aos meus amigos da graduação Maria Zelia, Giovanna, Richard, Thaís e Silvio, por toda jornada que estamos construindo juntos.

À todos os familiares e amigos, que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

À minha turma 6 do Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana, por todas as contribuições.

À todos os docentes do Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana, por toda dedicação e transmissão de conhecimentos.

Ao Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco, por ser minha segunda casa desde a graduação.

À todos os voluntários que participaram desta pesquisa, pela disponibilidade e contribuição para o resultado final da dissertação.

RESUMO

Introdução: A interação entre o Sistema Auditivo Periférico e o Sistema Nervoso Auditivo Central é crucial para processos auditivos complexos, especialmente no reconhecimento da fala. O sistema auditivo processa diversas pistas, como intensidade do som, faixa de frequência e prosódia, contribuindo para a interpretação contextual da fala. A capacidade de focar seletivamente no sinal de fala, enquanto suprime o ruído, é essencial. A presença de ruído competitivo aumenta os limiares de detecção de fala. O Benefício do Mascaramento Modulado ocorre quando a modulação do ruído melhora a relação sinal/ruído, permitindo a detecção eficaz do estímulo. Com o envelhecimento, há uma redução nesse benefício, influenciada por fatores como diminuição da audibilidade e mascaramento temporal. Esse último refere-se à alteração no limiar de detecção do som devido à presença de ruído mascarante, podendo persistir após a exposição. Os Potenciais Evocados Auditivos Corticais podem ser eficazes para analisar mudanças neurofisiológicas no sistema auditivo, sem exigir atenção consciente. Esta pesquisa aprofunda o estudo do pós-mascaramento, contribuindo para a compreensão do envelhecimento auditivo e fornecendo marcadores objetivos para pesquisas futuras sobre alterações no sistema auditivo em diferentes faixas etárias. **Objetivo:** Analisar o pós-mascaramento nos Potenciais Evocados Auditivos Corticais em adultos jovens, adultos, meia-idade e idosos com audição normal. **Método:** Os 60 voluntários foram submetidos a exames auditivos pré-coleta, incluindo anamnese, teste de cognição e avaliação audiológica básica. Para a avaliação eletrofisiológica, foi utilizado um ruído *Speech Shaped Noise* e um estímulo de fala /da/. Os Potenciais Evocados Auditivos Corticais foram obtidos em duas condições: sem mascaramento e com mascaramento (delta-t 64 ms). A análise dos traçados considerou os componentes P1, N1 e P2. **Resultados:** Os resultados revelaram que apesar de limiares auditivos normais, meia-idade e idosos apresentaram limiares mais altos. Na condição sem mascaramento, observou-se aumento nas latências com a idade. Em amplitudes, idosos mostraram aumento em P1. Na condição delta-t 64 ms, idosos apresentaram menores latências no componente P1, e maiores no P2. Quanto às amplitudes, revelou-se que os idosos apresentaram um aumento nos componentes P1 e N1 e redução em P2. **Discussão:** Mesmo com limiares normais, a compreensão da fala em ambientes ruidosos pode ser desafiadora, sugerindo alterações no processamento central do sistema auditivo devido à idade. As latências e amplitudes dos potenciais auditivos refletem a influência da idade e do ruído na detecção e discriminação da fala. Esses achados destacam a importância de considerar não apenas a sensibilidade auditiva, mas também as habilidades auditivas centrais, como o esforço auditivo, em estudos com idosos. Estudos futuros devem explorar a relação entre esses fatores e as habilidades de processamento auditivo temporal em idosos,

utilizando medidas objetivas, como potenciais evocados auditivos, e considerando aspectos cognitivos e emocionais. **Conclusão:** Nos Potenciais Evocados Auditivos Corticais, na condição sem mascaramento, em idosos, observa-se latências prolongadas de todos os componentes e aumento na amplitude do componente P1, indicando possíveis mudanças no córtex auditivo. Na condição delta-t 64 ms, os idosos demonstraram menor latência no componente P1 e maiores amplitudes nos componentes P1 e N1, sugerindo maior esforço auditivo.

Palavras-chave: eletrofisiologia; potenciais evocados auditivos; percepção de fala; envelhecimento; audição.

ABSTRACT

Introduction: The interaction between the Peripheral Auditory System and the Central Auditory Nervous System is crucial for complex auditory processes, especially in speech recognition. The auditory system processes various cues, such as sound intensity, frequency range, and prosody, contributing to contextual speech interpretation. The ability to selectively focus on the speech signal while suppressing noise is essential. Competitive noise presence increases speech detection thresholds. Modulated Masking Benefit occurs when noise modulation enhances the signal-to-noise ratio, allowing effective stimulus detection. With aging, there is a reduction in this benefit, influenced by factors such as decreased audibility and temporal masking. This latter refers to changes in sound detection threshold due to the presence of masking noise, which may persist after exposure. Cortical Auditory Evoked Potentials may be effective in analyzing neurophysiological changes in the auditory system without requiring conscious attention. This research deepens the study of forward masking phenomenon, contributing to understanding auditory aging and providing objective markers for future research on auditory system changes across different age groups. **Objective:** To analyze forward masking phenomenon in Cortical Auditory Evoked Potentials in young adults, adults, middle-aged, and elderly individuals with normal hearing. **Method:** Sixty volunteers underwent pre-collection hearing exams, including history, cognition testing, and basic audiological evaluation. For electrophysiological evaluation, Speech Shaped Noise and a /da/ speech stimulus were used. Cortical Auditory Evoked Potentials were obtained under two conditions: unmasked and masked (Δt 64 ms). Traces analysis considered P1, N1, and P2 components. **Results:** Despite normal hearing thresholds, middle-aged and elderly individuals showed higher thresholds. In the unmasked condition, latency increased with age. In terms of amplitudes, the elderly showed increased P1 amplitudes. In the Δt 64 ms condition, the elderly exhibited shorter latencies in the P1 component and higher in P2. Regarding amplitudes, the elderly showed increased P1 and N1 components and decreased P2. **Discussion:** Even with normal thresholds, understanding speech in noisy environments can be challenging, suggesting central auditory processing changes due to age. Latencies and amplitudes of auditory potentials reflect the influence of age and noise on speech detection and discrimination. These findings emphasize the importance of considering not only auditory sensitivity but also central auditory skills, such as auditory effort, in studies involving the elderly. Future studies should explore the relationship between these factors and temporal auditory processing skills in the elderly, using objective measures such as auditory evoked potentials, and considering cognitive and emotional

aspects. **Conclusion:** In Cortical Auditory Evoked Potentials, in the unmasked condition, prolonged latencies of all components and increased P1 component amplitude are observed in the elderly, indicating possible changes in the auditory cortex. In the delta-t 64 ms condition, the elderly demonstrated shorter latency in the P1 component and higher amplitudes in the P1 and N1 components, suggesting increased auditory effort.

Keywords: electrophysiology; evoked potentials auditory; speech perception; aging; hearing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração das condições de apresentação do ruído estável e modulado.....	21
Figura 2 - Ilustração das condições de mascaramento temporal	23
Figura 3 -Representação gráfica dos Potenciais Evocados Auditivos de curta, média e longa latência.....	27
Quadro 1 - Potenciais Evocados Auditivos de acordo com a classificação de latência .	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos limiares auditivos por frequência.....	47
Tabela 2 - Descrição das latências e amplitudes do complexo P1-N1-P2 na condição sem mascaramento.	47
Tabela 3 - Descrição das latências e amplitudes do complexo P1-N1-P2 na condição delta-t 64 ms.	48
Tabela 4 - Descrição da análise de latências e amplitudes intragupos.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABR – *Auditory Brain Response*

BMM – Benefício do Mascaramento Modulado

EEG - Eletroencefalograma

HEI – *House Hear Institute*

HINT – *Hearing In Noise Test*

IHS – *Inteligente Hearing Systems*

LRS – Limiar de Reconhecimento de Sentenças

MMN – *Mismatch Negativity*

Ms - Milissegundos

μV - Microvolts

PEA – Potencial Evocado Auditivo

PEAC – Potencial Evocado Auditivo Cortical

PEACL – Potencial Evocado Auditivo de Curta Latência

PEALL - Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência

PEAML - Potencial Evocado Auditivo de Média Latência

PEATE - Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico

SNAC – Sistema Nervoso Auditivo Central

SSN – *Speech Shaped Noise*

SAP – Sistema Auditivo Periférico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 Reconhecimento de fala no ruído	19
3.2 Benefício da Mascaramento Modulado	20
3.3 Senescência e audição	21
3.4 Processamento temporal auditivo	22
3.4.1 Mascaramento temporal	23
3.4.1.1 Pós-mascaramento	24
3.5 Avaliação de reconhecimento de fala no ruído	25
3.5.1 Estímulo	25
3.5.2 Ruído	25
3.5.3 Testes	26
3.6 Potenciais Evocados Auditivos	26
3.6.1 Classificação	27
3.6.2 Potenciais Evocados Auditivos Corticais	29
3.6.2.1 Parâmetros de aquisição e análise dos Potenciais Evocados Auditivos	33
4 MÉTODO	35
4.1 Desenho do estudo	35
4.2 População do estudo	35
4.3 Procedimento de coleta de dados	35
4.3.1 Exames de pré-coleta	36
4.3.2 Material utilizado	36
4.3.3 Coleta dos dados	37

4.4.4 Análise dos traçados	38
4.5 Processamento e análise dos dados	38
4.5.1 Considerações éticas	38
5 RESULTADOS	40
5.1 Artigo 1:.....	40
Resumo	40
Abstract.....	41
1 Introdução.....	42
2 Método.....	44
3 Resultados.....	46
4 Discussão	49
5 Conclusão	53
Referências	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .	70
ANEXO A- PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	73
ANEXO B – AVALIAÇÃO COGNITIVA MONTREAL - MOCA	78
ANEXO C – ARTIGO PUBLICADO (2022)	83
ANEXO D – ARTIGO PUBLICADO (2023)	90
ANEXO E – TRABALHOS PUBLICADOS EM ANAIS (2022)	97
ANEXO F – NORMAS DA REVISTA CODAS	99

1 INTRODUÇÃO

A integração entre o Sistema Auditivo Periférico (SAP) e o Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) é essencial para processos auditivos complexos. Além de permitir a detecção e discriminação de estímulos sonoros, esse sistema desempenha papel crucial no reconhecimento e compreensão desses estímulos, especialmente no contexto do reconhecimento da fala. Os sistemas auditivos processam diversas pistas, como intensidade do som, faixa de frequência dos fonemas e prosódia, que inclui entonação e ritmo, contribuindo para a interpretação contextual da fala. Outros fatores relevantes envolvem a familiaridade com o tempo do sinal acústico e a consideração do contexto linguístico, fundamentais para a organização temporal das informações auditivas e atribuição de significado às sequências sonoras (JESUS; SILVA, 2019; PEREIRA *et al.*, 2007).

Para alcançar o êxito no processamento dessas pistas, torna-se crucial que o sistema auditivo demonstre habilidade em direcionar a atenção de forma seletiva para o sinal de fala, enquanto simultaneamente suprime os sinais de ruído ambiental. O ruído competitivo, uma presença comum no dia a dia dos ouvintes, pode notoriamente complicar a compreensão da fala do interlocutor durante uma conversação (ANDRADE; MENEZES, 2018).

Na presença de diversos tipos de ruídos, observa-se um aumento nos limiares de detecção de fala. A modulação em intensidade e frequência desses ruídos desempenha um papel fundamental na melhoria da compreensão da fala, pois resulta no aumento da relação sinal/ruído. Isso ocorre devido à redução dos níveis de intensidade do ruído mascarante durante a modulação mínima. Conseqüentemente, o indivíduo passa a perceber o som-alvo precisamente no momento da modulação mínima, quando o ruído mascarante atinge sua intensidade mais fraca. Esse fenômeno, conhecido como *Masking Release*, ou Benefício do Mascaramento Modulado (BMM) em português, pode proporcionar informações acerca da detecção e decodificação eficaz do som-alvo (TANNER *et al.*, 2019; ADVÍNCULA, *et al.*, 2018).

À medida que envelhecem, os indivíduos podem experimentar uma perda gradual na capacidade de detectar e reconhecer a fala em ambientes com ruído competitivo, mesmo diante de ruídos modulados. Em outras palavras, os idosos tendem a apresentar um BMM reduzido em comparação com ouvintes mais jovens (ADVÍNCULA, *et al.*, 2018; PATRO; KREFT; WOJTCZAK, 2020).

A redução do BMM na senescência é influenciada por diversos fatores, incluindo a diminuição da audibilidade, a redução no processamento da redundância de fala e do mascaramento temporal. Mesmo quando os limiares auditivos estão dentro dos padrões considerados normais, os idosos enfrentam dificuldades na detecção do sinal de fala em ambientes com ruído modulado. Essa dificuldade é atribuída, em parte, às características específicas do mascaramento temporal, especialmente no que diz respeito ao pós-mascaramento (ADVÍNCULA, *et al.*, 2018).

O mascaramento temporal refere-se à alteração no limiar de detecção do som devido à presença de outro som, conhecido como ruído mascarante. Esse ruído pode ser apresentado de maneira anterior (*forward masking*), posterior (*backward masking*) ou simultânea ao som-alvo (*simultaneous masking*). Quando o ruído é apresentado anteriormente ao som-alvo, surge o fenômeno do pós-mascaramento, caracterizado pela interferência persistente do som mascarante na detecção do som-alvo, mesmo após a redução ou término de sua presença física. Essa ocorrência pode ser induzida por metodologias específicas durante a realização dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência, também conhecidos como Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEAC) (ADVÍNCULA, *et al.*, 2018).

A hipótese sugere que esse fenômeno ocorre devido à não recuperação total da sensibilidade das células ciliadas e do sistema neural, previamente estimulados pelo ruído mascarante. Dessa forma, o processamento do som-alvo, apresentado após o som mascarante, pode ser prejudicado (PATRO; KREFT; WOJTCZAK, 2020).

A diminuição do BMM em idosos pode resultar do aumento do mascaramento temporal. Isso reduz a capacidade do sistema auditivo dos idosos em captar pistas acústicas nos intervalos temporais de modulação do ruído, como a diminuição de intensidade e frequência, em comparação com os ouvintes mais jovens (ADVÍNCULA, *et al.*, 2018).

Os PEAC emergem como respostas eletrofisiológicas eficazes para analisar mudanças neurofisiológicas no sistema nervoso auditivo central. São empregados em estudos sobre o BMM e podem ser aplicados na investigação do pós-mascaramento. A partir da estimulação acústica nas regiões tálamo-corticais, são gerados complexos de ondas P1-N1-P2, proporcionando uma análise detalhada da função auditiva central. Esses potenciais são considerados exógenos, ou seja, não requerem a atenção consciente do indivíduo para serem eliciados (ROCHA, 2020; SILVA, *et al.*, 2017; BRUNO, 2016).

Dada a relevância de aprofundar os estudos sobre o pós-mascaramento por meio de medidas eletrofisiológicas, esta pesquisa auxilia a compreensão dos processos relacionados ao envelhecimento auditivo, estabelecendo conexões com os fenômenos do mascaramento temporal de maneira objetiva. A partir disso, este estudo buscou responder a seguinte pergunta: como se dá o fenômeno do pós-mascaramento nos PEAC na senescência?

Adicionalmente, ela permite a caracterização pós-mascaramento por meio das respostas de cada componente cortical, identificando suas funções específicas. Além disso, contribui para a identificação de marcadores eletrofisiológicos em diferentes faixas etárias na população normouvinte, servindo como base para futuras pesquisas que abordem alterações no SNAC.

Neste estudo, procurou-se destacar a maneira mais eficaz de embasar pesquisas posteriores relacionadas ao uso de exames eletrofisiológicos na investigação auditiva em diferentes faixas etárias, incluindo a população jovem, adulta, de meia-idade e idosa.

A pesquisa sobre pós-mascaramento segue uma linha que vem sendo estudada na Universidade Federal de Pernambuco desde 2012, a partir da parceria estabelecida com a Universidade de Chapel Hill, na Carolina do Norte. A partir dessa colaboração, diversos estudos de iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado foram desenvolvidos. Com o avanço dessas pesquisas, a linha de estudo sobre pós-mascaramento tem ganhado mais visibilidade na área da Audiologia, levando outros pesquisadores a se envolverem nesse campo.

Esta dissertação será apresentada em sessões. Na primeira sessão estará disposta a introdução do trabalho; na segunda sessão seguirá com os objetivos; na terceira sessão será disposto o referencial teórico acerca do tema; a quarta sessão apresentará detalhadamente o método do estudo; na quinta sessão serão descritos os resultados do estudo em formato de artigo; a sexta sessão, por fim, apresentará as considerações finais da dissertação, seguidas dos apêndices e anexos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o fenômeno do pós-mascaramento nos PEAC em adultos jovens, adultos, meia-idade e idosos com audição normal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Descrever as latências e amplitudes do complexo P1-N1-P2 na apresentação do estímulo de fala /da/ sem a presença de mascaramento (sem mascaramento) dos grupos;

2.2.2 Descrever as latências e amplitudes do complexo P1-N1-P2 na apresentação de um ruído mascarante 64 ms antes do estímulo de fala /da/ (delta-t 64 ms) dos grupos;

2.2.3 Comparar as latências e amplitudes da condição sem mascaramento e delta-t 64 ms intra-grupo;

2.2.4 Comparar as latências e amplitudes da condição sem mascaramento inter-grupos;

2.2.5 Comparar as latências e amplitudes da condição delta-t 64 ms inter-grupos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 RECONHECIMENTO DE FALA NO RUÍDO

Uma das habilidades auditivas mais importantes é o reconhecimento de fala, essa capacidade permite a eficaz comunicação e desempenha um papel fundamental na integração social do indivíduo. Para isso, é necessário que haja uma boa integração do Sistema Auditivo Periférico e do Sistema Nervoso Auditivo Central tornando possível a detecção, a discriminação, o reconhecimento e a compreensão dos estímulos sonoros. Os sistemas de reconhecimento de fala utilizam combinações de diversas pistas para realizar sua tarefa, incluindo intensidade, faixa de frequência dos fonemas, prosódia, conhecimento do ritmo do sinal acústico e compreensão do contexto linguístico (BUZO; LOPES, 2017; LEITE *et al.*, 2018; JESUS; SILVA, 2019; PEREIRA *et al.*, 2007).

Nota-se que, mesmo pessoas com resultados audiométricos dentro dos padrões de normalidade, podem relatar desafios na compreensão da fala, especialmente em ambientes ruidosos. Esse fenômeno destaca a complexidade da audição e a importância de considerar não apenas a audição puramente quantitativa, mas também a qualidade da compreensão da fala em situações do cotidiano (DUARTE *et al.*, 2022).

No dia a dia, durante uma conversação oral, a voz do interlocutor frequentemente pode se tornar indistinta devido ao ruído ambiente. Isso acontece quando o ruído de fundo se sobrepõem no tempo, intensidade e/ou em termos de faixa de frequência à fala. Em outras palavras, o mascaramento causado pelo ruído resulta na deterioração das pistas sonoras da fala percebidas pelo ouvinte, sendo caracterizada como fala de baixa redundância. A partir disso, o ouvinte passa a perceber apenas os segmentos da fala que não coincidem, em características acústicas e temporais com o ruído mascarante e o resultado disso é a percepção interrompida e/ou distorcida da fala, exigindo habilidades auditivas específicas do ouvinte (MAZZOCHI; AITA; 2013; GROSE; MAMO; HALL, 2009).

Com isso, é necessário que o indivíduo concentre sua atenção na mensagem desejada, separando-a do ruído de fundo. Esse feito é possível graças às habilidades do processamento auditivo central, como o Fechamento Auditivo, que possibilita a compreensão da mensagem completa mesmo quando partes da informação sonora estão ausentes ou distorcidas, e a habilidade de Figura-Fundo, que permite a compreensão dos sons da fala em meio a outros sons competitivos (NISHIHATA *et al.*, 2012).

A habilidade de reconhecimento de fala na presença de ruído é ainda mais robusta, dependendo da integração dos sistemas auditivos com a função cognitiva, pois a cognição tem a capacidade de compensar dificuldades na codificação periférica ou a ausência de sinais acústicos disponíveis. Dada a diversidade de contribuições dos sistemas para uma melhor compreensão da fala em locais ruidosos, sabe-se que certos tipos de ruídos de fundo têm um impacto mais prejudicial na compreensão da fala do que outros (MAAMOR; BILLINGS, 2017).

Situações mais complexas de escuta exigem uma maior integração multissensorial, portanto, o entendimento de como a fala em ambientes ruidoso é processada a nível neural, tanto em indivíduos com audição normal quanto naqueles com perda auditiva, pode enriquecer o entendimento dos mecanismos que afetam a percepção bem-sucedida da fala na presença de ruído (BECKER *et al.*, 2010).

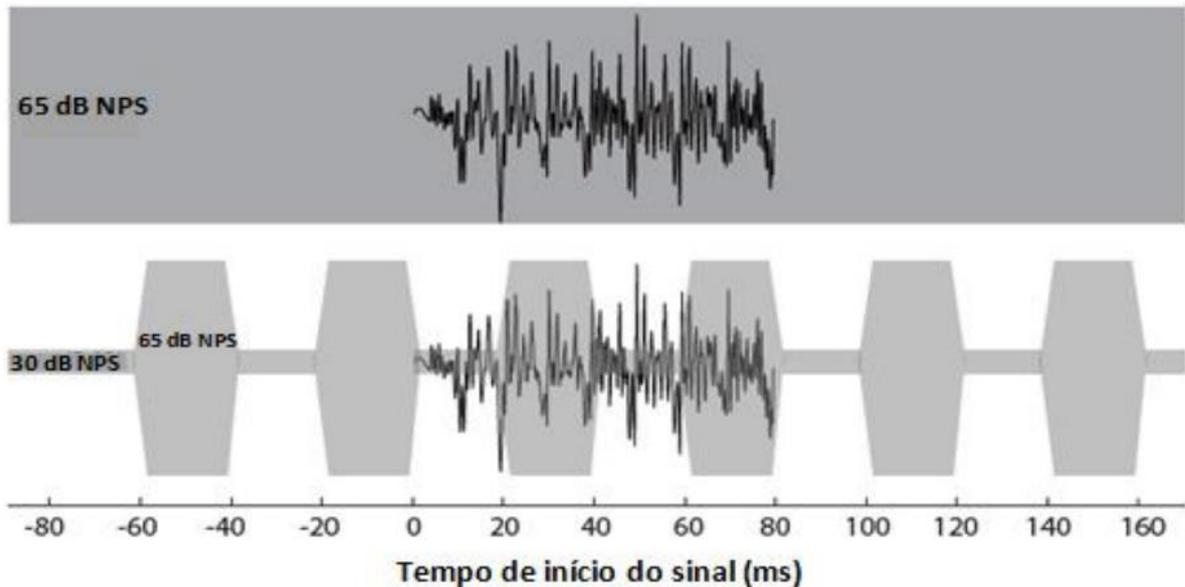
3.2 BENEFÍCIO DA MASCARAMENTO MODULADO

Como já citado, diferentes tipos de ruídos causam diferentes impactos na percepção de fala. Considerando o ruído modulado em intensidade e/ou frequência, observa-se uma contribuição para a melhora da captação das pistas acústicas, uma vez que aumenta a relação sinal/ruído, resultando na redução dos níveis de mascaramento durante a modulação mínima. Ou seja, as variações acústicas nos envelopes dos sinais sonoros e ruídos permitem a compreensão da mensagem em pessoas com audição normal (TANNER *et al.*, 2019; MIDDLEBROOKS, 2017).

Sendo assim, em cenários de mascaramento simultâneo, as variações temporais no ruído podem criar sinais discerníveis do estímulo de fala, pois o indivíduo começa a perceber o som desejado exatamente durante o período de modulação mínima, quando o ruído interferente está em seu ponto mais fraco, o que lhe fornece dados suficientes para detectar e decodificar o som alvo. Esse fenômeno, oriundo das alterações acústicas no ruído que beneficiam a compreensão da fala, é chamado de *Masking Release* na literatura internacional, traduzido no Brasil como Benefício do Mascaramento Modulado (BMM) (ADVINCULA, *et al.*, 2018; ROCHA *et al.*, 2023).

A medida da magnitude do Benefício do Mascaramento Modulado ao utilizar um material de fala, pode ser obtida calculando a diferença nos limiares de reconhecimento de fala entre duas condições de mascaramento, sendo eles o ruído estável (*steady*) e o ruído modulado (*modulated*), sendo o ruído estável o ponto de referência (Figura 1) (KWON *et al.*, 2012).

Figura 1 - Ilustração das condições de apresentação do ruído estável e modulado



Legenda: Espectro preto = estímulo de fala; Faixa cinza (65 dB) = ruído estável; Faixa cinza fragmentada (30, 65 dB) = ruído modulado; dB NPSpe (Decibel - Nível de pressão sonora);

Fonte: Rocha *et al.*, 2023 (adaptado).

3.3 SENESCÊNCIA E AUDIÇÃO

O envelhecimento natural, chamado de senescência, é um processo inerente e contínuo que se manifesta através de alterações biológicas, morfológicas, sociais e psicológicas, e que afetam de maneira subjetiva cada indivíduo que vive de forma prolongada (BRUNO *et al.*, 2016). Esse processo afeta todos os sistemas sensoriais, incluindo o sistema auditivo. Atualmente, estima-se que aproximadamente 30% da população idosa apresenta algum grau de perda auditiva. No entanto, essa prevalência pode ser ainda mais elevada, uma vez que a perda auditiva tende a aumentar progressivamente com o envelhecimento (BAUER *et al.*, 2017; RIGTERS *et al.* 2016).

As perdas auditivas, de natureza gradual e de progressão lenta, geralmente só se tornam evidentes quando atingem níveis avançados de comprometimento. Isso se combina com desafios de integração social e uma falta de motivação para manter conexões interpessoais, o que pode agravar os declínios auditivos e também na função cognitiva (BARUZZI *et al.*, 2009).

Os processos cognitivos também sofrem modificações com a senescência, como o processamento auditivo central (PAC). Esse processamento inclui os mecanismos e processos do sistema auditivo, que são responsáveis pela: localização e lateralização sonora;

discriminação auditiva; reconhecimento de padrões sonoros; aspectos temporais da audição, que inclui a resolução temporal, integração temporal e ordenação temporal; capacidade de reconhecimento auditivo na presença de ruídos competitivos (BRUNO *et al.*, 2016; SAMELLI, 2008).

É sabido que, idosos apresentam maior dificuldade na detecção e reconhecimento de fala quando se encontram em ambientes com ruído competitivo. Mesmo diante de um ruído modulado, os idosos continuam apresentando tal dificuldade, ou seja, possuem uma diminuição na capacidade de perceber as pistas acústicas da fala em intervalos curtos de variação da intensidade e frequência do ruído, demonstrando uma menor sensibilidade a essas flutuações. Com isso, evidencia-se que essa população apresenta um menor BMM quando comparados aos ouvintes mais jovens. Esse fato pode ser justificado pela redução no processamento da redundância de fala e do mascaramento temporal, mais especificamente, do pós-mascaramento (GIFFORD; BACON; WILLIAMS, 2007; ADVINCULA, *et al.* 2018; PATRO; KREFT; WOJTCZAK, 2020).

3.4 PROCESSAMENTO TEMPORAL AUDITIVO

O tempo é considerado uma importante variável para a audição, pois, os sons sofrem alterações nos espaços de tempo. Com isso, estímulos sonoros que carregam informações como a fala, são construídos por meio de mudanças distintas e não de maneira constante (MOORE, 1997).

No contexto das habilidades de processamento auditivo central, a capacidade de decifrar os aspectos temporais do sinal sonoro desempenha um papel crucial no processo de compreensão da fala, uma vez que a maior parte das informações transmitidas pelos sons da fala está intrinsecamente ligada às suas variações temporais (GUIMARÃES *et al.*, 2015).

Os elementos e segmentos da fala tem suas características acústicas alteradas em termos de duração, intensidade e frequência. Com isso, o ouvinte deve ter a habilidade de decodificar as pistas acústicas emitidas pelo falante e organizar esses elementos de fala em uma ordem sequencial que esteja de acordo com os padrões linguísticos da língua falada. Ou seja, o processamento auditivo temporal se refere à capacidade de perceber e organizar os sons que variam nos espaços de tempo (BALEN, 1997; MOORE, 1997).

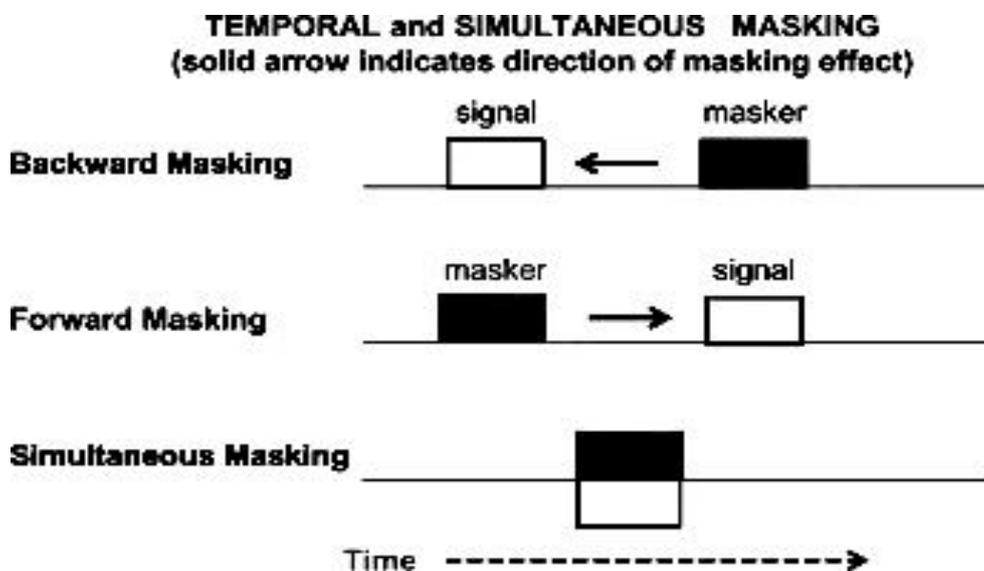
De acordo com Shinn (2003), o processamento auditivo temporal pode ser subdividido em quatro categorias: ordenação temporal, resolução temporal, integração temporal e mascaramento temporal.

3.4.1 Mascaramento temporal

O mascaramento temporal é caracterizado pela alteração do limiar de detecção de um sinal acústico na presença de outro estímulo subsequente, ou seja, uma redução na sensibilidade sonora. Esse fenômeno ocorre quando um estímulo é apresentado com duração e intensidade que sejam suficientes para diminuir a percepção a outro estímulo apresentado antes ou depois do estímulo principal. O mascaramento temporal depende da semelhança acústica entre o som mascarador e o sinal, da intensidade, duração dos estímulos e do tempo entre eles (DURRANT; LOVRINIC, 1999).

Na avaliação desse fenômeno, os sinais sonoros de curta duração são introduzidos em diferentes intervalos em relação ao som mascarador. Quando o mascaramento precede o sinal alvo, denomina-se “mascaramento sucessivo” (*backward masking*); quando o mascaramento é apresentado ao mesmo tempo que o sinal alvo é descrito como mascaramento simultâneo (*simultaneous masking*); quando o mascaramento precede o sinal alvo, chama-se de “mascaramento antecessor” (*forward masking*), também chamado na literatura brasileira como “permanência do mascaramento” (Figura 2) (MOORE, 2003; SHIN, 2003; SMITH *et al.*, 2006; ADVINCULA, 2014).

Figura 2 - Ilustração das condições de mascaramento temporal



Fonte:

Musiek; Chermak, 2015 (adaptado).

3.4.1.1 Pós-mascaramento

O pós-mascaramento é um fenômeno auditivo que ocorre quando o ruído continua a mascarar o som alvo mesmo após o término da sua presença física. Em outras palavras, o som mascarador reduz a capacidade de detecção de um som subsequente que ocorre logo após o mascarador. Os intervalos de tempo entre o som mascarador e o som alvo, bem como as características do som mascarador, desempenham um papel importante na percepção auditiva (MUSIEK; GAIL, 2014; MUSIEK; CHERMAK, 2015).

A base do pós-mascaramento não é totalmente esclarecida, acredita-se que a resposta da membrana basilar ao estímulo mascarador persiste por algum tempo após o término do estímulo, o que é conhecido como "*ringing*" ou reverberação. Essa reverberação se superpõe à resposta do sinal, provavelmente desempenhando o papel de mascaramento (SAMELLI; SCHOCHAT, 2008).

Outra hipótese é que o pós-mascaramento ocorra devido às células ciliadas que foram recentemente estimuladas pelo ruído mascarador não apresentarem a mesma sensibilidade de quando estavam em repouso. Essas células apresentam um limite de tempo para que sua sensibilidade seja recuperada depois do término da apresentação de um estímulo sonoro. Se um som de frequência similar ocorre no período de recuperação, as células ciliadas podem não ser capazes de processar o estímulo, o que, como consequência, pode torná-lo inaudível e esse indivíduo capta menos pistas acústicas da fala, dificultando seu reconhecimento. Com isso, o pós-mascaramento é melhor observado em intervalos de tempos mais curtos entre a apresentação do ruído mascarador e do estímulo alvo. O *forward masking* que causa o pós-mascaramento (WALTON; ORLANDO; BURKARD, 1999; GRIZ *et al.*, 2021).

O estudo do pós-mascaramento vem ganhando destaque por estar relacionado à percepção de fala em ambientes ruidosos (MENEZES *et al.*, 2020), principalmente na população idosa, como já citado anteriormente.

A avaliação do pós-mascaramento deve ser realizada de forma cautelosa, juntamente com a aplicação de metodologias específicas. Essa avaliação deve levar em consideração uma série de fatores, como o material de fala e o tipo de ruído empregados, exames psicoacústicos ou eletrofisiológicos, parâmetros de aquisição e análise, entre outros elementos que desempenham um papel fundamental na compreensão dos efeitos do mascaramento temporal auditivo (ADVINCULA, 2014).

3.5 AVALIAÇÃO DE RECONHECIMENTO DE FALA NO RUÍDO

Pesquisadores da audição têm destacado a importância da avaliação da compreensão da fala no ruído na prática clínica audiológica. No entanto, a logaudiometria tradicional não mede ou prevê a habilidade de um ouvinte reconhecer a fala em ambientes ruidosos. Assim, é fundamental incluir testes de fala no ruído na bateria de avaliações audiológicas, pois esses testes avaliam a capacidade de compreensão da fala em ambientes ruidosos, fornecendo informações cruciais sobre a função auditiva central (HENRIQUE; MIRANDA; COSTA, 2008; KILLION *et al.*, 2004).

Em relação à avaliação da habilidade de escuta na presença de ruído, deve-se levar em consideração o material de fala, o tipo de ruído e o exame utilizado para a investigação dessa habilidade (SANTOS; DANIEL; COSTA, 2009).

3.5.1 Estímulo

Apesar dos estímulos de clique e tons terem sido fundamentais para o estabelecimento de padrões básicos das respostas do sistema auditivo, não são interessantes para a investigação do reconhecimento de fala no ruído por não apresentarem a complexidade e a carga de informações linguísticas que o estímulo de fala é capaz de proporcionar (PALMER; SHAMMA, 2004; SONG *et al.*, 2006). Greenberg (1980) foi um dos primeiros pesquisadores a utilizar esse estímulo em exames auditivos eletrofisiológicos e a partir disso, observou-se que as respostas aos estímulos de fala não são tão previsíveis quanto os estímulos mais básicos.

A seleção do estímulo utilizado deve levar em consideração a população estudada, porém, atualmente é muito comum a utilização de estímulo de fala na avaliação e no estudo da percepção de fala no ruído. O estímulo de fala mais utilizado são sílabas que se caracterizam pela combinação de uma consoante e uma vogal, mais especificamente, a sílaba /da/ (/dy/ em inglês) (SKOE; KRAUS, 2010).

A sílaba /da/ constitui um som acusticamente complexo, que inicia com uma fricção harmônica e segue com uma constante espectralmente dinâmica de um segmento periódico sustentado. Além disso, é considerada uma sílaba relativamente universal por estar incluída na maioria dos inventários fonéticos de diversas línguas (SKOE; KRAUS, 2010).

3.5.2 Ruído

Os ruídos são utilizados para simular situações em ambientes complexos de escuta, a partir disso, ao longo do tempo diversos tipos de ruídos foram confeccionados com essa finalidade (WILSON; MCARDLE, 2005).

O *speech shaped noise* (SSN), traduzido para o português como “ruído com espectro de fala”, é um tipo de ruído projetado para ter um espectro de frequência que se assemelha à fala humana, ou seja, reproduz as características espectrais da fala, o que significa que ele contém as mesmas frequências da fala humana, mas não possui nenhum conteúdo linguístico ou informação semântica (COSTA *et al.*, 2018).

3.5.3 Testes

Desde a década de 1950, pesquisadores da audição estudam indivíduos que apresentam queixa de dificuldade de compreensão de fala mesmo apresentando limiares auditivos considerados dentro dos padrões de normalidade. Entretanto, tais ouvintes apresentavam essa boa acuidade auditiva em locais controlados acusticamente, o que diverge da qualidade de escuta em ambientes cotidianos. A partir disso, observou-se a existência de um déficit de percepção auditiva em ruído não associado a perdas auditivas e sim a habilidades auditivas. Com isso, ao longo dos anos, foram desenvolvidos diversos testes com a finalidade de avaliar o reconhecimento de fala em presença de ruído (JERGER, 2013).

3.6 POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS

Os potenciais evocados auditivos (PEA) são compreendidos como alterações eletrofisiológicas geradas em distintos estágios do sistema nervoso auditivo central (SNAC) como resposta a estímulos acústicos externos (DURANTE, 2014). Os registros se dão a partir da atividade elétrica ao longo da via auditiva, desde a orelha interna até o córtex auditivo central (Figura 3) (YING *et al.*, 2011).

Dessa forma, esses potenciais possibilitam a avaliação abrangente do sistema auditivo, abarcando desde a região periférica, conforme observado na eletrococleografia, até a área mais central, onde são identificados os potenciais evocados auditivos de longa latência (DUARTE *et al.*, 2009).

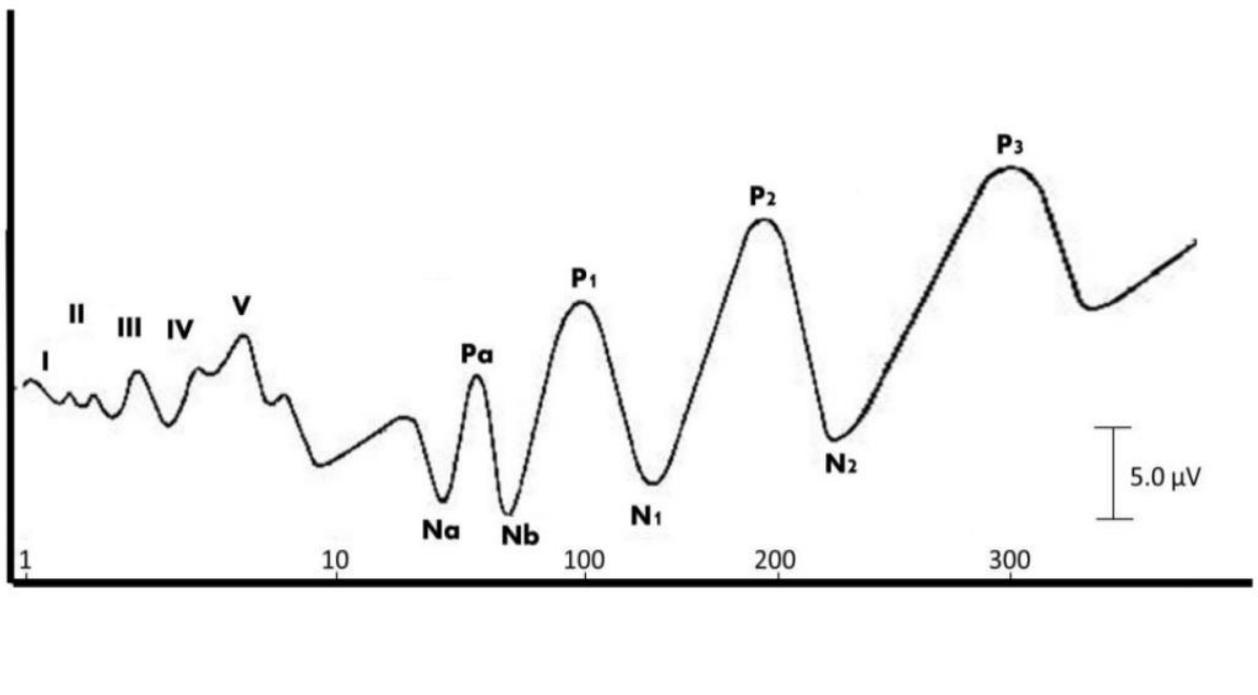
Esses potenciais são utilizados como complemento da avaliação auditiva básica, sendo úteis para diagnósticos diferenciais e funcionais do sistema auditivo. As medidas de latências e amplitudes são as que definem essas respostas eletrofisiológicas, sendo respostas objetivas da mensuração de características do sistema auditivo (MAGLIARO, 2010).

A partir da aplicação de eletrodos de superfície posicionados em pontos específicos da cabeça (couro cabeludo, fronte, lóbulo das orelhas ou mastoides), são captados os PEA eliciados através de um estímulo acústico enviado para a orelha através de fones auditivos. Após passarem por um processo de filtragem e amplificação, essas respostas podem ser observadas em forma de ondas, representando as variações de voltagem ao longo do nervo auditivo, do tronco encefálico ou do córtex cerebral (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

A capacidade de registrar potenciais elétricos gerados em diferentes níveis do sistema nervoso em resposta à estimulação acústica resultou em uma ampla variedade de aplicações significativas para profissionais especializados no sistema auditivo. A capacidade de captar esses potenciais de maneira não invasiva, geralmente sem a necessidade de sedação ou anestesia, ampliou ainda mais a utilidade desse procedimento (FERRARO; DURRANT, 1999).

Figura 3 -Representação gráfica dos PEA de curta, média e longa latência

Fonte: Boéchat; Figueiredo, 2014 (adaptado).



3.6.1 Classificação

Os PEA podem ser categorizados com base em diversas características, incluindo a latência de resposta para a geração da atividade neuroelétrica em decorrência do estímulo acústico; a origem anatômica, indicando o sítio gerador da atividade neuroelétrica; a relação entre o estímulo e a resposta, distinguindo entre transitória/contínua e endógena/exógena; o

posicionamento dos eletrodos, seja em campo proximal ou distal (MATAS; MAGLIARO, 2015).

A classificação mais amplamente utilizada dos PEA está associada à sua latência, a qual é definida como o intervalo de tempo expresso em milissegundos (ms) necessário para que um estímulo sonoro induza alguma alteração neuroelétrica. Em outras palavras, trata-se do tempo entre a apresentação do estímulo e a manifestação da resposta, representada pelo pico da onda (REGAÇONE; GUÇÃO; FRIZZO, 2013).

Essa classificação permite a divisão dos potenciais em três grupos: curta latência (Potencial Evocado Auditivo de Curta Latência - PEACL) (até 10 ms), média latência (Potencial Evocado Auditivo de Média Latência - PEAML) (10 a 80 ms) e longa latência (Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL) (80 a 600 ms) (Quadro 1) (FILHA; BRUCKMANN; GARCIA, 2018).

A classificação quanto à origem anatômica das respostas está relacionada aos sítios geradores dos potenciais, determinados pela origem, como na cóclea (eletrococleografia), nervo auditivo, tronco encefálico (Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico - PEATE), córtex auditivo primário e córtex auditivo secundário (Potenciais Evocados Auditivos Corticais - PEAC) (MUNHOZ *et al.*, 2000).

A classificação dada pela relação de estímulo e resposta podem ser dadas com base na sua resposta ao longo do tempo. Respostas transitórias são provocadas por mudanças nos estímulos, enquanto respostas contínuas (ou sustentadas) persistem durante a duração de um estímulo (PICKTON, 2013). Além disso, pode ser especificado pelas características extrínsecas e intrínsecas do estímulo, podendo ser encontrada como potenciais exógenos e endógenos (MATAS; MAGLIARO, 2015).

Quando um potencial está associado exclusivamente às características acústicas do estímulo externo que o provocou, ele é definido como exógeno, também chamado em inglês de *obligatory auditory potentials*. Por outro lado, quando é gerado em resposta a um evento interno, como a realização de uma tarefa cognitiva, percepção ou atenção, independente das características físicas do estímulo, é chamado de endógeno (CASALI, 2010; REIS; FRIZZO, 2015; SANJU; KUMAR, 2016; FERRARO; DURRANT, 1999). Os potenciais auditivos de curta, média e longa latência são conhecidos como potenciais exógenos, enquanto os potenciais endógenos são identificados como potenciais cognitivos (MELO *et al.*, 2016).

Finalmente, as respostas dos PEA podem ser classificadas através do campo proximal ou distal dependendo do posicionamento dos eletrodos em relação ao local de geração das respostas (FERRARO; DURRANT, 1999).

A configuração próxima ao campo ocorre quando os eletrodos são colocados em proximidade à fonte geradora do potencial (*near-field*). Já a configuração longe do campo é estabelecida quando o eletrodo de gravação é posicionado a uma distância significativa da fonte geradora do potencial (*far-field*). Quase todas as captações dos PEA a partir do couro cabeludo podem ser categorizadas como de campo distante, ao passo que aquelas realizadas durante procedimentos intra-operatórios, monitoramento direto do nervo e eletrococleografia representam exemplos de captações de campo próximo (McPHERSON, 1996).

Quadro 1 - PEA de acordo com a classificação de latência

Componentes do potenciais evocados auditivos	
Potenciais evocados auditivos de curta latência	<ul style="list-style-type: none"> • Microfonismo coclear • Potencial de somação; • Potencial de ação; • Ondas I, II, III, IV, V, VI e VII; • Potencial evocado auditivo de estado estável com modulação maior que 60Hz.
Potenciais evocados auditivos de média latência	<ul style="list-style-type: none"> • Ondas Na, Pa, Nb e Pb; • Potencial evocado auditivo de estado estável com modulação entre 20 e 60 Hz.
Potenciais evocados auditivos de longa latência	<ul style="list-style-type: none"> • Ondas P1, N1, P2, N2; • <i>Mismatch Negativity</i> (MMN); • P300; • Potencial evocado auditivo de estado estável com modulação menor ou igual a 20 Hz.

Fonte: autoral (Boéchat; Figueiredo, 2014).

3.6.2 Potenciais Evocados Auditivos Corticais

Os PEAC são uma medida objetiva e concisa em relação ao processamento auditivo temporal, que complementam as avaliações audiológicas básicas de forma eficiente (VICENTE, 2014). Esses potenciais são caracterizados como uma sequência de ondas positivas (P1, P2 e P3) e negativas (N1 e *Mismatch Negativity*), as quais fornecem dados objetivos em resposta a um estímulo acústico. As medidas de latência e amplitude são predominantemente

influenciadas pelos parâmetros acústicos do estímulo e pela integridade da via auditiva primária (ZHANG; GONG; ZHANG, 2016; MEHTA *et al.*, 2017; CONE-WESSON; WUNDERLICH, 2003).

Os PEAC incluem componentes exógenos (P1, N1 e P2), que não dependem da atenção consciente do indivíduo. Esses potenciais são caracterizados como respostas que são influenciadas principalmente pelas características físicas e temporais do estímulo, como intensidade, frequência e duração. Eles representam o resultado do processamento e percepção do sinal. Além disso, também incluem potenciais endógenos (*Mismatch Negativity* e P300) que necessitam de um processo cognitivo para serem eliciados, ou seja, sofrem interferência das habilidades cognitivas do indivíduo, como a atenção e memória (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2018).

Os componentes mais observados nos exames dos PEAC são os potenciais exógenos, também chamados de complexo P1-N1-P2. O sistema auditivo maduro exibe três picos distintos: (P1) uma deflexão positiva aproximadamente aos 50 ms, (N1) uma deflexão negativa em torno de 100 ms, (P2) uma segunda deflexão positiva por volta de 150 ms (MEHTA *et al.*, 2017; FITZROY *et al.*, 2015).

Esse complexo de ondas fornece informações sobre a chegada do estímulo sonoro ao córtex auditivo secundário e sobre o início do processamento auditivo cortical. Com isso, ele representa a codificação de características acústicas e a discriminação auditiva, além de que sua presença e amplitude são indicadores sensíveis da relação sina-ruído (DURANTE, 2014; BILLINGS *et al.*, 2009; FRIZZO; ADVÍNCULA, 2019).

Acredita-se que os componentes do PEAC tenham uma origem pós-sináptica que decorre da atividade de diversos geradores neurais no sistema auditivo (WYSS *et al.*, 2014). Embora os locais específicos dos geradores para os componentes P1, N1 e P2 não estejam completamente definidos, a hipótese é que o pico P1 surge a partir de projeções talâmicas para o córtex auditivo, enquanto o córtex auditivo supratemporal lateral frontal e o sistema polissensorial inespecífico são responsáveis pela geração do potencial P2 (PRAKASH *et al.*, 2016).

Acerca das características individuais de cada componente, a onda P1 apresenta uma configuração robusta e positiva, sendo facilmente discernível. Acredita-se que ela ocorre devido à ativação de áreas auditivas corticais secundárias, como a porção lateral do giro de Heschel, o

hipocampo, o plano temporal e a região temporal lateral (SHARMA, 2007). Esta onda está associada à detecção e codificação das características do estímulo acústico, como frequência e tempo (MELO *et al.*, 2016; FRIZZO; ADVÍNCULA, 2019).

O componente N1 é caracterizado por uma onda com pico negativo e tem como possível origem neural o córtex auditivo primário e secundário, localizados nas porções superiores e laterais do lobo temporal (HALL, 2007). Está vinculado à decodificação das características acústicas, indicando a discriminação auditiva. Ele é sensível a mudanças iniciais no som, modulações de frequência e intensidade de um sinal complexo ou tom sustentado.

Por último, o componente de polaridade positiva, P2 não há consenso nos estudos em relação aos geradores neurais, entretanto, a literatura faz menção à influência de áreas do córtex auditivo primário e secundário, juntamente com a formação reticular, sendo mais claramente registrado na linha mediana central da cabeça (NÄÄTÄNEN; PICTON, 2013; SCHERG; VON CRAMON, 1985). Sua amplitude, está intimamente ligado à discriminação auditiva, sendo reconhecido na literatura como um biomarcador para a aprendizagem de aspectos auditivos e linguísticos (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2019).

Adicionalmente, a investigação desse conjunto de ondas oferece informações cruciais sobre os processos neurais que governam a percepção da fala, o desenvolvimento do sistema auditivo e a qualidade do processamento da informação auditiva (OLIVEIRA; DIDONÉ; DURANTE, 2019).

Em sequência ao complexo P1-N1-P2, com determinada tarefa cognitiva, se apresenta uma negatividade e logo em seguida um grande pico positivo, chamado de *Mismatch Negativity* (MMN) e P300 consecutivamente. Esses dois componentes são considerados potenciais cognitivos e endógenos por serem influenciados pelo estado de atenção do indivíduo e têm latência se amplitudes com grande variabilidade dependendo da forma de apresentação do estímulo, entretanto, o MMN geralmente aparece entre 100 e 300 ms e o P300 300 ms após o início do estímulo (COSTA; LEAL; MENEZES, 2018).

A forma mais comum de aquisição desses componentes é através do paradigma *oddball* que se trata de uma forma específica de apresentação de ruído. Esse paradigma consiste na apresentação de dois tipos distintos de estímulos através de fones, podendo ser mono ou binaural: os chamados estímulos frequentes (15 a 20%), que ocorrem em intervalos de tempo constantes, e os chamados estímulos raros (80 a 85%), que são introduzidos de modo aleatório.

O participante é instruído a manter-se alerta e contar mentalmente, apertar um botão ou riscar um papel todos os estímulos raros que consegue reconhecer e discriminar. Podem ser utilizados tons puros diferenciados pela frequência ou estímulos de fala diferenciados pelo traço de sonoridade como estímulos acústicos eliciadores (FRIZZO; ALVES; COLAFÊMINA, 2001; JUNQUEIRA; COLAFÊMINA, 2002).

Clinicamente, esses potenciais podem ser utilizados para o estudo da função cortical auditiva em condições adversas diferentes, como o transtorno do espectro autista, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade, distúrbio específico de linguagem, transtorno do processamento auditivo central, desvio fonológico, entre outros (FRIZZO; ADVÍNCULA, 2019).

Os PEAC podem estar presentes desde o momento do nascimento, refletindo o progresso do desenvolvimento do sistema nervoso auditivo central e servindo como um indicador da maturação desse sistema (FRIZZO, ADVINCULA, 2019; SMALL *et al.*, 2018). O componente P1 é o único bem evidente em recém-nascidos, entretanto, a latência pode exceder 100 ms chegando até 300 ms. Esse tempo de aparecimento de respostas diminui com o passar do tempo, seguindo a maturação do sistema auditivo (VAN DUN; KANIA. DILON, 2016).

Em crianças maiores, o complexo P1-N1-P2 está presente de forma clara, representando a capacidade do córtex de detecção do estímulo auditivo (SLEIFER, 2014; DIDONE; GARCIA; SILVEIRA, 2014). Apenas a partir dos quatro anos de idade que as morfologias de todas as ondas passam a ser bem definidas e até os doze anos de idade sofrem alterações devido ao processo de maturação (TAYLOR; BATTY; ITIER, 2004; KERR *et al.*, 2010). Em crianças observa-se a diminuição de latência do componente P1 quando comparados à recém-nascidos, portanto, a grande variação da da latência de P1 de acordo com o crescimento do indivíduo, destaca esse componente como um índice de maturação do sistema nervoso auditivo central (SHARMA *et al.*, 2005).

Durante a adolescência, ocorre o aumento da mielinização, o que ocasiona mudanças na estrutura do sistema auditivo, com isso, o componente P1 apresenta menor amplitude e menor latência e o N1 maior amplitude e também menor latência (FITZROY *et al.*, 2015; MAHAJAN; McARTHUR, 2012).

Em adultos, a latência dos componentes corticais tendem a aumentar e a amplitude das respostas, mais especificamente do componente P300, diminuir (JOHNSTONE *et al.*, 1996; BAHRAMALI *et al.*, 1999; ALBRECHT; SUCHODOLETZ; UWER, 2000). Acredita-se que em adultos o componente P1 representa o processamento pré-receptivo das características acústicas e o N1 seja relacionado à detecção do som. Para o P2, existe a hipótese de surgir em reflexo das propriedades refinadas do estímulo (SMALL, *et al.*, 2018).

Durante o envelhecimento, continua-se observando o aumento de latência dos PEAC. A diminuição da latência do componente P300 tem sido descrita como um correlato neurofisiológico da neuroplasticidade, como demonstra o estudo de Miranda (2012), que compara as latências do P300 em idosos antes e depois do período de adaptação de aparelhos de amplificação sonora individual. Esse fenômeno pode anteceder a expressão comportamental, que ocorre posteriormente devido à incorporação dessas modificações em uma percepção consciente, juntamente com a participação de processos cognitivos mais centrais MUSIEK; CHERMAK, 2015; TREMBLAY; KRAUS; McGEE, 1998; KRAUS; McGEE, 1999; RUSSO *et al.*, 2005).

3.6.2.1 Parâmetros de aquisição e análise dos Potenciais Evocados Auditivos

Para registrar os PEA, é essencial conectar o paciente ao equipamento por meio de eletrodos que conduzem a potência da fonte biológica, os quais estão ligados ao pré-amplificador (REIS; FRIZZO, 2015). A colocação dos eletrodos deve seguir as diretrizes do sistema internacional 10/20 (JASPER, 1958), com uma disposição otimizada para a observação das amplitudes e fixação no vértex, ao longo da linha mediana da cabeça. Pesquisas indicaram que variações nas regiões frontais e occipitais estão associadas a amplitudes menores nos picos (MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2008). Adicionalmente, a captação pode ser realizada por meio de regiões como os lobos temporais (T3, T4) e centrais (C3, C4), que estão próximas ao córtex auditivo (REIS; FRIZZO, 2015).

As respostas que são eliciadas e captadas passam por filtragem e amplificação, e posteriormente são separadas dos artefatos e passam por um processo de somação das respostas, com o intuito de melhorar a morfologia e visualização das respostas no computador (REIS; FRIZZO, 2015).

Para alcançar registros de qualidade durante a aquisição dos PEAC, é necessário controlar algumas variáveis, como o estado de sono, que pode resultar em baixa

reprodutibilidade e atenuação das amplitudes dos potenciais. O indivíduo deve permanecer em estado de alerta para uma boa aquisição desses potenciais e, no caso do potencial cognitivo, além de alerta precisa estar em um estágio atencional. (VENTURA; ALVARENGA; COSTA FILHO, 2009; MARTIN *et al.*, 1988; MUELLER *et al.*, 2008).

Além disso, a limpeza da pele para colocação dos eletrodos é fundamental para remover possíveis camadas de gordura, que atuam como isolantes elétricos e podem dificultar a visualização das respostas. Recomenda-se o uso de pasta abrasiva para esse fim. A aplicação de pasta eletrolítica entre o eletrodo e a pele do paciente, facilita a transmissão das respostas com a diminuição da impedância de contato (MACAMBIRA, 2019; HOOD, 1998).

Para a análise eletrofisiológica das respostas auditivas, é necessário observar a morfologia, latência e amplitude dos traçados. A morfologia dos traçados compreende uma sequência de deflexões de voltagem, conhecidas como "ondas". Esse parâmetro analisa a aparência geral da forma da onda, a qual é influenciada por fatores como idade, estado de sono, nível de atenção, tipo de estímulo, parâmetros de apresentação e posição do eletrodo durante o registro. No entanto, é importante ressaltar que, adicionalmente, a morfologia não é utilizada como critério de normalidade no registro devido a considerações de qualidade (VAN DUN; CARTER; DILLON, 2012).

A latência é um dos parâmetros fundamentais para a análise eletrofisiológica. Sua definição está relacionada ao tempo requerido para que o estímulo auditivo provoque a alteração neuroelétrica, sendo mensurada em milissegundos (MATAS; MAGLIARO, 2015). A medida de amplitude é definida como a diferença entre a tensão inicial da linha de base pré-estímulo até o ponto mais alto do pico da onda, sendo expressa em microvolts (μV) (POLICH, 2007).

4 MÉTODO

A pesquisa fez parte de um projeto maior e foi realizada com base nas determinações da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde – CNS para estudos com seres humanos e foi aprovada em 5 de setembro de 2019 pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com o parecer de número 3.555.712 (ANEXO A).

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Esta pesquisa constitui um estudo analítico de natureza observacional e transversal, conduzido no Laboratório de Audiologia do Departamento da UFPE durante o intervalo de junho de 2022 a dezembro de 2023. O laboratório está adequadamente equipado com os recursos essenciais para a coleta de dados, incluindo computadores, cabine acústica, audiômetro, imitanciómetro e um dispositivo para o registro do exame de PEAC com estímulos de fala.

4.2 POPULAÇÃO DO ESTUDO

A população do estudo foi composta por 60 voluntários de ambos os sexos, considerados adultos jovens, adultos, meia-idade e idosos (classificação da Organização Mundial da Saúde - OMS) divididos em grupos de 10 (adultos jovens e adultos) e 20 (meia-idade e idosos) integrantes selecionados a partir da divulgação da pesquisa. A amostragem foi do tipo não probabilística por conveniência. Foram estabelecidos como critérios de inclusão indivíduos entre 20 e 74 anos de idade e média audiométrica quadritonal (500, 1000, 2000 e 3000 Hz) \leq 25 dB NA, sendo excluídos indivíduos com histórico de problemas audiológicos, otológicos, doenças neurológicas e/ou alterações cognitivas. Também foram excluídos indivíduos com más-formações de pavilhão auricular e/ou meato acústico externo que impossibilitaram a realização dos exames de avaliação audiológica básica e dos PEAC.

4.3 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Os voluntários foram selecionados por conveniência para participarem na pesquisa, submetendo-se aos exames eletrofisiológicos dos PEAC. Em uma data previamente marcada, ajustada conforme a conveniência tanto dos participantes quanto dos pesquisadores, foram detalhadamente apresentados os objetivos e procedimentos da coleta. Após concordarem em participar do estudo, os participantes procederam à assinatura do Termo de Consentimento

Livre e Esclarecido – TCLE (APÊNDICE A). Posteriormente, os exames foram agendados como parte do critério de seleção dos participantes da pesquisa.

4.3.1 Exames de pré-coleta

Os pesquisadores e os voluntários se encontravam no Laboratório de Audiologia do Departamento de Fonoaudiologia da UFPE. A partir disso, se iniciava os procedimentos de coleta:

- Realização de anamnese para de colher histórico de saúde geral e auditiva dos indivíduos a fim de atender aos critérios de elegibilidade da pesquisa, incluindo possíveis alterações auditivas, neurológicas e/ou cognitivas;
- Aplicação do teste de Avaliação Cognitiva Montreal - MoCA (ANEXO B). O resultado de normalidade para esse teste foi a pontuação igual ou superior a 26 pontos, descrita no teste (NASREDDINE *et al.* 2005);
- Realização dos exames auditivos (meatoscopia, audiometria e imitanciometria). A meatoscopia foi realizada utilizando o otoscópio da marca *Welch Allyn*, com o objetivo de identificar possíveis alterações na orelha externa e/ou média. Na audiometria, foram registrados os limiares auditivos para ambas as orelhas em frequências que variaram de 250 Hz a 8000 Hz, abrangendo as interoitavas de 3000 Hz e 6000 Hz. O procedimento foi realizado utilizando fones auditivos intra-aurais, dentro de uma cabina tratada acusticamente. O equipamento utilizado foi do modelo AD229b da marca *Interacoustics*, equipado com fones de ouvido do tipo TDH. Foram considerados indivíduos com audição normal aqueles que apresentassem média quadritonal iguais ou inferiores a 25 dB NA. A imitanciometria foi conduzida utilizando uma sonda de 226 Hz no intuito de obter dados sobre a complacência estática e investigar os reflexos acústicos. Para essa avaliação, utilizou-se o equipamento modelo AT235 da marca *Interacoustics*. Os critérios de normalidade incluíram a presença de uma curva timpanométrica do tipo A, bem como a presença dos reflexos ipsilaterais e contralaterais à orelha direita (LLOYD; KAPLAN, 1978; JERGER; MAULDIN, 1972; JERGER; JERGER, 1989).

4.3.2 Material utilizado

Para a realização da avaliação eletrofisiológica, foram utilizados um ruído e um estímulo de fala apresentados a partir do sistema *Intelligent Hearing Systems – IHS*, modelo Opti-Amp 8008.

- Ruído: *Speech Shaped Noise* (SSN), com intensidade de 80 dB NB e com 365 ms de duração. O ruído mascarante SNN foi desenvolvido no Laboratório de Ciências da Audição da Universidade da Carolina do Norte, em Chapel Hill, nos Estados Unidos. Seu espectro abrange frequências do Português e apresenta características similares ao espectro de fala multilíngue;
- Estímulo de fala: fala sintética da sílaba /da/, por ser considerada uma sílaba universal e poder eliciar respostas mais claras e replicáveis (SKOE; KRAUS, 2010). O estímulo foi apresentado com intensidade de 75 dB NPS com tempo de ataque de 10 ms, 59.05 ms de duração do platô e tempo de recuperação de 10 ms.

4.3.3 Coleta dos dados

Após garantida a possibilidade de participação dos voluntários, deu-se início a coleta do exame dos PEAC.

Primeiramente, o participante foi posicionado em uma poltrona reclinável instalada dentro de uma cabine tratada acusticamente. Posteriormente, o pesquisador realizou a preparação da pele antes do posicionamento dos eletrodos com a limpeza a partir do uso de álcool 70% e gel abrasivo da marca *NuPrep*®.

A disposição dos eletrodos obedeceu às seguintes configurações: dois eletrodos de referência com polaridade negativa foram colocados nas regiões dos lóbulos direito (A2) e esquerdo (A1); um eletrodo com polaridade positiva foi posicionado no vértice (Cz), enquanto o eletrodo terra foi adicionado na região inferior da frente (Fpz), mantendo uma impedância $\leq 5 \text{ k}\Omega$.

Após a preparação, o participante permaneceu sentado na poltrona em estado de alerta assistindo a um vídeo sem áudio a partir de um dispositivo eletrônico.

Para a obtenção dos PEAC, o ruído e o estímulo de fala /da/ foram apresentados de forma monoaural à orelha direita, utilizando um fone de inserção (ER2) eletromagneticamente blindado. Esses estímulos foram conectados diretamente do sistema IHS ao participante. A escolha da orelha direita foi embasada no modelo estrutural proposto por Kimura (1961), que postula que a informação apresentada na orelha direita é encaminhada diretamente para o hemisfério esquerdo, responsável pela predominância no processamento da fala.

A aquisição foi realizada em duas condições de apresentação:

1. Apresentação do estímulo de fala /da/ sem mascaramento anterior, com sua presença física iniciando 64 ms após o início do estímulo (condição sem mascaramento);

2. Apresentação do estímulo de fala /da/ com presença de mascaramento anterior apresentado 64 ms antes do início do estímulo (condição delta-t 64 ms).

Os parâmetros de aquisição utilizados foram: filtro passa alto de 1 Hz e passa baixo de 30 Hz; janela de 800 ms, mínimo de 100 estímulos apresentados; duas reproduções de traçado e taxa de apresentação de 0.7 segundos.

4.4.4 Análise dos traçados

A identificação dos traçados foi realizada por meio da mensuração da latência e amplitude dos componentes corticais P1, N1 e P2. Três pesquisadores com experiência em eletrofisiologia analisaram os registros, chegando a um consenso nas marcações. O componente P1 foi reconhecido como a primeira onda positiva mais pronunciada. O componente N1 foi caracterizado como o vale subsequente à onda P1, apresentando maior negatividade. Por fim, a resposta de P2 foi identificada como a onda positiva mais robusta após N1.

4.5 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados de latências e amplitudes de cada componente nas duas condições foram armazenados em planilhas no programa *Microsoft Excel*®. Posteriormente, os dados foram enviados para análise estatística.

Para a análise estatística, foram utilizados os *Softwares* SPSS 13.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*), STATA/SE 12.0 e o *Excel* 365. Os resultados foram expressos através das medidas estatísticas de média e desvio padrão, e as variáveis numéricas estão representadas pelas medidas de tendência central e medidas de dispersão. Para descrição dessas medidas foram utilizadas apresentação tabular e gráfica.

A normalidade da amostra foi verificada a partir do Teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov para as variáveis quantitativas. O teste utilizado para análise pareada entre os grupos foi o Wilcoxon. Para a comparação com mais de dois grupos, utilizou-se ANOVA com Post Hoc de Tukey (Distribuição Normal) e Kruskal Wallis com comparação múltipla de Dunn's (Não Normal). Todos os testes foram aplicados com 95% de confiança e foi considerada diferença significativa quando p-valor <0,05.

4.5.1 Considerações éticas

Todos os participantes formalizaram sua concordância ao TCLE (APÊNDICE A). Nesse documento, foram informados sobre os objetivos do estudo, os riscos e benefícios envolvidos, a garantia de sigilo em relação à sua identidade e a utilização dos dados coletados exclusivamente para fins de pesquisa. Além disso, foi ressaltada a liberdade dos participantes em interromper sua participação na pesquisa a qualquer momento, sem que isso acarretasse

qualquer prejuízo para eles. Durante todo o estudo, as questões éticas foram rigorosamente observadas, mantendo-se o sigilo e o anonimato dos envolvidos. É importante destacar que os voluntários não receberam qualquer forma de auxílio financeiro para a realização dos exames.

5 RESULTADOS

5.1 ARTIGO 1:

PÓS-MASCARAMENTO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS NA SENESCÊNCIA

EFFECTS OF FORWARD MASKING ON CORTICAL AUDITORY EVOKED POTENTIALS IN SENESENCE

Resumo

Introdução: A interação entre o Sistema Auditivo Periférico e o Sistema Nervoso Auditivo Central é crucial para processos auditivos complexos, especialmente no reconhecimento da fala. O sistema auditivo processa diversas pistas, como intensidade do som, faixa de frequência e prosódia, contribuindo para a interpretação contextual da fala. A capacidade de focar seletivamente no sinal de fala, enquanto suprime o ruído, é essencial. A presença de ruído competitivo aumenta os limiares de detecção de fala. O Benefício do Mascaramento Modulado ocorre quando a modulação do ruído melhora a relação sinal/ruído, permitindo a detecção eficaz do estímulo. Com o envelhecimento, há uma redução nesse benefício, influenciada por fatores como diminuição da audibilidade e mascaramento temporal. Esse último refere-se à alteração no limiar de detecção do som devido à presença de ruído mascarante, podendo persistir após a exposição. Os Potenciais Evocados Auditivos Corticais podem ser eficazes para analisar mudanças neurofisiológicas no sistema auditivo, sem exigir atenção consciente. **Objetivo:** Analisar o pós-mascaramento nos Potenciais Evocados Auditivos Corticais em adultos jovens, adultos, meia-idade e idosos com audição normal. **Método:** Os 60 voluntários foram submetidos a exames auditivos pré-coleta, incluindo anamnese, teste de cognição e avaliação audiológica básica. Para a avaliação eletrofisiológica, foi utilizado um ruído *Speech Shaped Noise* e um estímulo de fala /da/. Os Potenciais Evocados Auditivos Corticais foram obtidos em duas condições: sem mascaramento e com mascaramento (delta-t 64 ms). A análise dos traçados considerou os componentes P1, N1 e P2. **Resultados:** Os resultados revelaram que apesar de limiares auditivos normais, meia-idade e idosos apresentaram limiares mais altos. Na condição sem mascaramento, observou-se aumento nas latências com a idade. Em amplitudes, idosos mostraram aumento em P1. Na condição delta-t 64 ms, idosos apresentaram menores latências no componente P1, e maiores no P2. Quanto às amplitudes, revelou-se que os idosos apresentaram um aumento nos componentes P1 e N1 e redução em P2. **Discussão:** Mesmo com limiares normais, a compreensão da fala em ambientes ruidosos pode ser desafiadora,

sugerindo alterações no processamento central do sistema auditivo devido à idade. As latências e amplitudes dos potenciais auditivos refletem a influência da idade e do ruído na detecção e discriminação da fala. Esses achados destacam a importância de considerar não apenas a sensibilidade auditiva, mas também as habilidades auditivas centrais, como o esforço auditivo, em estudos com idosos. Estudos futuros devem explorar a relação entre esses fatores e as habilidades de processamento auditivo temporal em idosos, utilizando medidas objetivas, como potenciais evocados auditivos, e considerando aspectos cognitivos e emocionais. **Conclusão:** Nos Potenciais Evocados Auditivos Corticais, na condição sem mascaramento, em idosos, observa-se latências prolongadas de todos os componentes e aumento na amplitude do componente P1, indicando possíveis mudanças no córtex auditivo. Na condição delta-t 64 ms, os idosos demonstraram menor latência no componente P1 e maiores amplitudes nos componentes P1 e N1, sugerindo maior esforço auditivo.

Palavras-chave: Eletrofisiologia; Potenciais Evocados Auditivos; Percepção de fala; Envelhecimento; Audição.

Abstract

Introduction: The interaction between the Peripheral Auditory System and the Central Auditory Nervous System is crucial for complex auditory processes, especially in speech recognition. The auditory system processes various cues, such as sound intensity, frequency range, and prosody, contributing to contextual speech interpretation. The ability to selectively focus on the speech signal while suppressing noise is essential. The presence of competitive noise increases speech detection thresholds. Modulated Masking Benefit occurs when noise modulation improves the signal-to-noise ratio, allowing effective stimulus detection. With aging, there is a reduction in this benefit, influenced by factors such as decreased audibility and temporal masking. The latter refers to changes in sound detection threshold due to the presence of masking noise, which may persist after exposure. Cortical Auditory Evoked Potentials can be effective in analyzing neurophysiological changes in the auditory system without requiring conscious attention. **Objective:** To analyze forward masking phenomenon, in Cortical Auditory Evoked Potentials in young adults, adults, middle-aged, and elderly individuals with normal hearing. **Method:** Sixty volunteers underwent pre-collection hearing exams, including history, cognition testing, and basic audiological evaluation. For electrophysiological evaluation, Speech Shaped Noise and a /da/ speech stimulus were used. Cortical Auditory Evoked Potentials were obtained under two conditions: unmasked and masked (delta-t 64 ms). Traces

analysis considered the P1, N1, and P2 components. **Results:** Despite normal hearing thresholds, middle-aged and elderly individuals showed higher thresholds. In the unmasked condition, latency increased with age. In terms of amplitudes, the elderly showed increased P1 amplitudes. In the delta-t 64 ms condition, the elderly exhibited shorter latencies in the P1 component and higher in P2. Regarding amplitudes, the elderly showed increased P1 and N1 components and decreased P2. **Discussion:** Even with normal thresholds, understanding speech in noisy environments can be challenging, suggesting central auditory processing changes due to age. Latencies and amplitudes of auditory potentials reflect the influence of age and noise on speech detection and discrimination. These findings emphasize the importance of considering not only auditory sensitivity but also central auditory skills, such as auditory effort, in studies involving the elderly. Future studies should explore the relationship between these factors and temporal auditory processing skills in the elderly, using objective measures such as auditory evoked potentials, and considering cognitive and emotional aspects. **Conclusion:** In Cortical Auditory Evoked Potentials, in the unmasked condition, prolonged latencies of all components and increased P1 component amplitude are observed in the elderly, indicating possible changes in the auditory cortex. In the delta-t 64 ms condition, the elderly demonstrated shorter latency in the P1 component and higher amplitudes in the P1 and N1 components, suggesting increased auditory effort.

Keywords: Electrophysiology; Evoked Potentials Auditory; Speech Perception; Aging; Hearing.

1 Introdução

A integração entre o Sistema Auditivo Periférico (SAP) e o Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) é essencial para processos auditivos complexos. Além de permitir a detecção e discriminação de estímulos sonoros, esse sistema desempenha papel crucial no reconhecimento e compreensão desses estímulos, especialmente no contexto do reconhecimento da fala. Os sistemas auditivos processam diversas pistas, como intensidade do som, faixa de frequência dos fonemas e prosódia, que inclui entonação e ritmo, contribuindo para a interpretação contextual da fala. Outros fatores relevantes envolvem a familiaridade com o tempo do sinal acústico e a consideração do contexto linguístico, fundamentais para a organização temporal das informações auditivas e atribuição de significado às sequências sonoras. ^(1,2)

Para alcançar o êxito no processamento dessas pistas, torna-se crucial que o sistema auditivo demonstre habilidade em direcionar a atenção de forma seletiva para o sinal de fala, enquanto simultaneamente suprime os sinais de ruído ambiental. O ruído competitivo, uma presença comum no dia a dia dos ouvintes, pode notoriamente complicar a compreensão da fala do interlocutor durante uma conversação. ⁽³⁾

Na presença de diversos tipos de ruídos, observa-se um aumento nos limiares de detecção de fala. A modulação em intensidade e frequência desses ruídos desempenha um papel fundamental na melhoria da compreensão da fala, pois resulta no aumento da relação sinal/ruído. Isso ocorre devido à redução dos níveis de intensidade do ruído mascarante durante a modulação mínima. Conseqüentemente, o indivíduo passa a perceber o som-alvo precisamente no momento da modulação mínima, quando o ruído mascarante atinge sua intensidade mais fraca. Esse fenômeno, conhecido como *Masking Release*, ou Benefício do Mascaramento Modulado (BMM) em português, pode proporcionar informações acerca da detecção e decodificação eficaz do som-alvo. ^(4,5)

À medida que envelhecem, os indivíduos podem experimentar uma perda gradual na capacidade de detectar e reconhecer a fala em ambientes com ruído competitivo, mesmo diante de ruídos modulados. Em outras palavras, os idosos tendem a apresentar um BMM reduzido em comparação com ouvintes mais jovens. ^(5,6)

A redução do BMM na senescência é influenciada por diversos fatores, incluindo a diminuição da audibilidade, a redução no processamento da redundância de fala e do mascaramento temporal. Mesmo quando os limiares auditivos estão dentro dos padrões considerados normais, os idosos enfrentam dificuldades na detecção do sinal de fala em ambientes com ruído modulado. Essa dificuldade é atribuída, em parte, às características específicas do mascaramento temporal, especialmente no que diz respeito ao pós-mascaramento. ⁽⁵⁾

O mascaramento temporal refere-se à alteração no limiar de detecção do som devido à presença de outro som, conhecido como ruído mascarante. Esse ruído pode ser apresentado de maneira anterior (*forward masking*), posterior (*backward masking*) ou simultânea ao som-alvo (*simultaneous masking*). Quando o ruído é apresentado anteriormente ao som-alvo, surge o fenômeno do pós-mascaramento, caracterizado pela interferência persistente do som mascarante na detecção do som-alvo, mesmo após a redução ou término de sua presença física. Essa ocorrência pode ser induzida por metodologias específicas durante a realização dos

Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência, também conhecidos como Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEAC).⁽⁵⁾

A hipótese sugere que esse fenômeno ocorre devido à não recuperação total da sensibilidade das células ciliadas e do sistema neural, previamente estimulados pelo ruído mascarante. Dessa forma, o processamento do som-alvo, apresentado após o som mascarante, pode ser prejudicado.⁽⁶⁾

A diminuição do BMM em idosos pode resultar do aumento do mascaramento temporal. Isso reduz a capacidade do sistema auditivo dos idosos em captar pistas acústicas nos intervalos temporais de modulação do ruído, como a diminuição de intensidade e frequência, em comparação com os ouvintes mais jovens.⁽⁵⁾

Os PEAC emergem como respostas eletrofisiológicas eficazes para analisar mudanças neurofisiológicas no sistema nervoso auditivo central. São empregados em estudos sobre o BMM e podem ser aplicados na investigação do pós-mascaramento. A partir da estimulação acústica nas regiões tálamo-corticais, são gerados complexos de ondas P1-N1-P2, proporcionando uma análise detalhada da função auditiva central. Esses potenciais são considerados exógenos, ou seja, não requerem a atenção consciente do indivíduo para serem eliciados.^(7,8,9)

Dada a relevância de aprofundar os estudos sobre o pós-mascaramento por meio de medidas eletrofisiológicas, esta pesquisa auxilia a compreensão dos processos relacionados ao envelhecimento auditivo, estabelecendo conexões com os fenômenos do mascaramento temporal de maneira objetiva. Adicionalmente, ela permite a caracterização pós-mascaramento por meio das respostas de cada componente cortical, identificando suas funções específicas. Além disso, contribui para a identificação de marcadores eletrofisiológicos em diferentes faixas etárias na população normouvinte, servindo como base para futuras pesquisas que abordem alterações no SNAC.

2 Método

Trata-se de um estudo analítico de natureza observacional e transversal, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa, com parecer de número 3.555.712.

A população do estudo foi composta por 60 voluntários de ambos os sexos, considerados adultos jovens, adultos, meia-idade e idosos (classificação da Organização Mundial da Saúde - OMS) divididos em grupos de 10 (adultos jovens e adultos) e 20 (meia-idade e idosos)

integrantes selecionados a partir da divulgação da pesquisa. A amostragem foi do tipo não probabilística por conveniência. Foram estabelecidos como critérios de inclusão indivíduos entre 20 e 74 anos de idade e média audiométrica quadritonal (500, 1000, 2000 e 3000 Hz) \leq 25 dB NA, sendo excluídos indivíduos com histórico de problemas audiológicos, otológicos, doenças neurológicas e/ou alterações cognitivas. Também foram excluídos indivíduos com má-formações de pavilhão auricular e/ou meato acústico externo que impossibilitaram a realização dos exames de avaliação audiológica básica e dos PEAC.

Os voluntários foram selecionados por conveniência para participarem na pesquisa, submetendo-se aos exames eletrofisiológicos dos PEAC. Em uma data previamente marcada, ajustada conforme a conveniência tanto dos participantes quanto dos pesquisadores, foram detalhadamente apresentados os objetivos e procedimentos da coleta. Após concordarem em participar do estudo, os participantes procederam à assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE. Posteriormente, os exames foram agendados como parte do critério de seleção dos participantes da pesquisa.

A coleta da pesquisa foi dividida em três etapas: Realização de anamnese para de colher histórico de saúde geral e auditiva dos indivíduos a fim de atender aos critérios de elegibilidade da pesquisa, incluindo possíveis alterações auditivas, neurológicas e/ou cognitivas; Aplicação do teste de Avaliação Cognitiva Montreal - MoCA. O resultado de normalidade para esse teste foi a pontuação igual ou superior a 26 pontos, descrita no teste ⁽¹⁰⁾; Realização dos exames auditivos (meatoscopia, audiometria e imitanciometria). A meatoscopia foi realizada utilizando o otoscópio da marca *Welch Allyn*, com o objetivo de identificar possíveis alterações na orelha externa e/ou média. Na audiometria, foram registrados os limiares auditivos para ambas as orelhas em frequências que variaram de 250 Hz a 8000 Hz, abrangendo as interoitavas de 3000 Hz e 6000 Hz. O procedimento foi realizado utilizando fones auditivos intra-aurais, dentro de uma cabina tratada acusticamente. O equipamento utilizado foi do modelo AD229b da marca *Interacoustics*, equipado com fones de ouvido do tipo TDH. Foram considerados indivíduos com audição normal aqueles que apresentassem média quadritonal iguais ou inferiores a 25 dB NA. A imitanciometria foi conduzida utilizando uma sonda de 226 Hz no intuito de obter dados sobre a complacência estática e investigar os reflexos acústicos. Para essa avaliação, utilizou-se o equipamento modelo AT235 da marca *Interacoustics*. Os critérios de normalidade incluíram a presença de uma curva timpanométrica do tipo A, bem como a presença dos reflexos ipsilaterais e contralaterais à orelha direita ^(11,12,13).

Para a realização da avaliação eletrofisiológica, foram utilizados um ruído e um estímulo de fala apresentados a partir do sistema *Intelligent Hearing Systems – IHS*, modelo Opti-Amp 8008. O ruído utilizado foi o *Speech Shaped Noise (SSN)*, com intensidade de 80 dB NB e com 365 ms de duração. Já o estímulo utilizado foi o de fala sintética da sílaba /da/, por ser considerada uma sílaba universal e poder eliciar respostas mais claras e replicáveis ⁽¹⁴⁾. O estímulo foi apresentado com intensidade de 75 dB NPS com tempo de ataque de 10 ms, 59.05 ms de duração do platô e tempo de recuperação de 10 ms.

O participante foi colocado em uma cabine acusticamente tratada, sentado em uma poltrona reclinável. Após a preparação da pele, os eletrodos foram posicionados de acordo com um padrão específico: dois eletrodos de referência negativos nos lóbulos direito e esquerdo, um eletrodo positivo no vértice e um eletrodo terra na região inferior da fronte, mantendo uma impedância de até 5 k Ω . O participante assistiu a um vídeo sem som enquanto estava em estado de alerta. Para registrar os PEAC, estímulos sonoros foram apresentados no ouvido direito através de um fone blindado, seguindo duas condições: sem mascaramento e com mascaramento precedendo o estímulo (delta-t 64 ms). Os parâmetros de aquisição incluíram filtros de 1 Hz a 30 Hz, janelas de 800 ms, um mínimo de 100 estímulos e uma taxa de apresentação de 0.7 segundos.

Os traçados foram identificados através da análise da latência e amplitude dos componentes corticais P1, N1 e P2. Três pesquisadores experientes em eletrofisiologia analisaram os registros e concordaram com as marcações. O componente P1 foi identificado como a primeira onda positiva mais proeminente, o N1 como o vale seguinte, apresentando maior negatividade, e o P2 como a onda positiva mais robusta após o N1.

Os resultados de latências e amplitudes dos componentes em ambas as condições foram registrados em planilhas no Microsoft Excel® e posteriormente submetidos à análise estatística. Para isso, utilizaram-se os softwares SPSS 13.0, STATA/SE 12.0 e Excel 365. As medidas estatísticas de média e desvio padrão foram empregadas, representando as variáveis numéricas por meio de medidas de tendência central e dispersão. A normalidade dos dados foi verificada pelo Teste de Normalidade Kolmogorov-Smirnov. O teste Wilcoxon foi usado para análise entre grupos pareados, enquanto a comparação entre mais de dois grupos foi realizada com ANOVA e Post Hoc de Tukey para distribuição normal e Kruskal Wallis com comparação múltipla de Dunn's para distribuição não normal. Um nível de confiança de 95% foi adotado, considerando diferenças significativas quando $p < 0,05$.

3 Resultados

Participaram do estudo 60 indivíduos, distribuídos em quatro grupos etários: jovens adultos, adultos, meia-idade e idosos. O grupo de jovens adultos foi composto por 10 participantes, com idades variando entre 20 e 24 anos. O grupo de adultos também contava com 10 participantes, cujas idades variaram entre 25 e 44 anos. Já o grupo de meia-idade incluía 20 participantes, com idades variando entre 45 e 59 anos. Por fim, o grupo de idosos foi composto por 20 participantes com idades entre 60 e 70 anos. A média de idade dos participantes foi de 47,8 anos.

Na Tabela 1, é possível observar que a média dos limiares auditivos dos participantes nas frequências de 500, 1000, 2000 e 3000 Hz está dentro dos padrões de normalidade adotados neste estudo. Apesar de se encontrarem dentro da normalidade, os grupos de meia-idade e idosos apresentaram limiares auditivos mais elevados em comparação aos grupos de adultos jovens e adultos.

Tabela 1 - Descrição dos limiares auditivos por frequência

FREQUÊNCIA (HZ)	ADULTOS JOVENS MÉDIA ± DP	ADULTOS MÉDIA ± DP	MEIA-IDADE MÉDIA ± DP	IDOSOS MÉDIA ± DP	P-VALOR
250	13,0 ± 4,2	19,0 ± 4,6 ^A	21,8 ± 4,1 ^A	19,8 ± 7,5 ^A	0,002 *
500	10,0 ± 3,3	15,5 ± 5,5 ^A	20,5 ± 3,9 ^{AB}	18,0 ± 4,7 ^A	< 0,001 *
1000	10,5 ± 6,0	16,0 ± 3,2	21,3 ± 3,9 ^{AB}	18,8 ± 5,3 ^{AB}	< 0,001 *
2000	11,5 ± 5,8	15,0 ± 6,2	17,5 ± 5,5 ^A	18,3 ± 6,3 ^A	0,040 *
3000	11,0 ± 5,2	15,5 ± 7,2	20,8 ± 5,2 ^{AB}	20,5 ± 6,0 ^{AB}	< 0,001 *
4000	7,0 ± 5,9	12,0 ± 4,8	19,0 ± 5,0 ^{AB}	20,3 ± 4,4 ^{AB}	< 0,001 *
6000	9,5 ± 7,2	14,5 ± 5,0	22,3 ± 7,9 ^{AB}	22,0 ± 5,2 ^{AB}	< 0,001 *
8000	11,5 ± 5,8	15,0 ± 4,7	23,3 ± 12,3 ^{AB}	26,0 ± 7,2 ^{AB}	< 0,001 *

Legenda: Hz - hertz; DP - desvio padrão; A - diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo de adultos jovens; B - diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo de adultos; * - Kruskal-Wallis.

Na Tabela 2, os resultados da condição sem mascaramento mostram que as latências do grupo de idosos aumentaram significativamente em comparação com o grupo de adultos jovens e adultos no componente P1 e N1, e adultos jovens no componente P2. Em relação às amplitudes, destaca-se que o único componente que apresentou diferença estatística entre o grupo de idosos com os grupos de adultos jovens e adultos foi o P1, evidenciando amplitudes maiores no grupo senescente em comparação aos dois grupos mais jovens.

Tabela 2 - Descrição das latências e amplitudes do complexo P1-N1-P2 na condição sem mascaramento.

	ADULTOS JOVENS	ADULTOS MÉDIA ± DP	MEIA-IDADE MÉDIA ± DP	IDOSOS MÉDIA ± DP	P-VALOR
--	----------------	--------------------	-----------------------	-------------------	---------

SEM MASCARAMENTO	MÉDIA ± DP				
LATÊNCIA P1 (MS)	443,8 ± 29,8	455,1 ± 13,2	460,4 ± 13,7	465,9 ± 8,8 ^{AB}	0,013 *
LATÊNCIA N1 (MS)	494,8 ± 33,3	504,1 ± 8,3	507,1 ± 17,7	516,6 ± 13,3 ^{AB}	0,047 *
LATÊNCIA P2 (MS)	556,7 ± 39,6	576,1 ± 21,9	577,4 ± 39,3	592,7 ± 19,8 ^A	0,039 **
AMPLITUDE P1 (µV)	4,9 ± 1,6	4,6 ± 2,8	6,0 ± 2,2	7,4 ± 2,4 ^{AB}	0,006 **
AMPLITUDE N1 (µV)	6,1 ± 2,6	6,7 ± 3,7	8,4 ± 3,6	9,0 ± 3,3	0,097 **
AMPLITUDE P2 (µV)	4,1 ± 2,3	4,4 ± 2,5	5,5 ± 2,1	4,4 ± 2,5	0,348 **

Legenda: ms - milissegundos; µV – microvolts; DP - desvio padrão; A - diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo de adultos jovens; B - diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo de adultos; * - Kruskal-Wallis; ** - ANOVA.

Na tabela 3, observamos que na condição delta-t 64 ms, não foram identificadas diferenças estatísticas significativas entre os grupos. Entretanto, destaca-se que a média das latências no grupo de idosos apresentou-se inferior no componente P1 e superior no componente P2, quando comparada aos demais grupos. Quanto às amplitudes, embora também não tenham sido identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, observou-se que as amplitudes dos componentes P1 e N1 foram superiores no grupo de idosos, e o componente P2 nesse mesmo grupo teve média semelhante ao grupo de adultos jovens.

Tabela 3- Descrição das latências e amplitudes do complexo P1-N1-P2 na condição delta-t 64 ms.

DELTA-T	ADULTOS JOVENS MÉDIA ± DP	ADULTOS MÉDIA ± DP	MEIA-IDADE MÉDIA ± DP	IDOSOS MÉDIA ± DP	P-VALOR
LATÊNCIA P1 (MS)	490,4 ± 15,4	482,2 ± 9,7	490,7 ± 13,8	471,0 ± 111,2	0,192 *
LATÊNCIA N1 (MS)	546,9 ± 12,5	540,8 ± 18,1	547,3 ± 16,6	545,4 ± 16,9	0,772 **
LATÊNCIA P2 (MS)	611,7 ± 29,0	612,0 ± 31,1	618,0 ± 29,2	621,0 ± 24,5	0,775 **
AMPLITUDE P1 (µV)	5,3 ± 1,4	5,5 ± 2,4	5,2 ± 1,6	6,5 ± 2,2	0,174 **
AMPLITUDE N1 (µV)	4,9 ± 1,8	5,1 ± 2,2	5,9 ± 1,8	6,4 ± 2,6	0,217 **
AMPLITUDE P2 (µV)	3,0 ± 0,9	3,9 ± 2,0	3,7 ± 1,7	3,0 ± 1,4	0,299 **

Legenda: ms - milissegundos; µV – microvolts; DP - desvio padrão; A - diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo de adultos jovens; B - diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo de adultos; * - Kruskal-Wallis; ** - ANOVA.

Na análise intragrupo, observa-se que todos os grupos manifestaram diferenças significativas nas latências em relação às duas condições de apresentação de ruído. Em relação às amplitudes, destaca-se que a média das amplitudes de N1 e P2 apresentaram diferenças significativas entre as duas condições nos grupos de meia idade e idosos.

Tabela 4 - Descrição da análise de latências e amplitudes intragrupos.

GRUPO	SEM MASCARAMENTO MÉDIA ± DP	DELTA-T MÉDIA ± DP	P-VALOR
ADULTOS JOVENS			
LP1	443,8 ± 29,8	490,4 ± 15,4	0,005
LN1	494,8 ± 33,3	546,9 ± 12,5	0,005
LP2	556,7 ± 39,6	611,7 ± 29,0	<0,001
AP1	4,9 ± 1,6	5,3 ± 1,4	0,473
AN1	6,1 ± 2,6	4,9 ± 1,8	0,111
AP2	4,1 ± 2,3	3,0 ± 0,9	0,166
ADULTOS			
LP1	455,1 ± 13,2	482,2 ± 9,7	0,005
LN1	504,1 ± 8,3	540,8 ± 18,1	0,005
LP2	576,1 ± 21,9	612,0 ± 31,1	0,001
AP1	4,6 ± 2,8	5,5 ± 2,4	0,248
AN1	6,7 ± 3,7	5,1 ± 2,2	0,058
AP2	4,4 ± 2,5	3,9 ± 2,0	0,336
MEIA IDADE			
LP1	460,4 ± 13,7	490,7 ± 13,8	<0,001
LN1	507,1 ± 17,7	547,3 ± 16,6	<0,001
LP2	577,4 ± 39,3	618,0 ± 29,2	<0,001
AP1	6,0 ± 2,2	5,2 ± 1,6	0,206
AN1	8,4 ± 3,6	5,9 ± 1,8	<0,001
AP2	5,5 ± 2,1	3,7 ± 1,7	0,002
IDOSOS			
LP1	465,9 ± 8,8	471,0 ± 111,2	0,002
LN1	516,6 ± 13,3	545,4 ± 16,9	<0,001
LP2	592,7 ± 19,8	621,0 ± 24,5	<0,001
AP1	7,4 ± 2,4	6,5 ± 2,2	0,139
AN1	9,0 ± 3,3	6,4 ± 2,6	0,002
AP2	4,4 ± 2,5	3,0 ± 1,4	0,021

Legenda: ms - milissegundos; μ V – microvolts; DP - desvio padrão;

4 Discussão

Ao se observar os resultados referentes aos limiares audiométricos, nota-se que, mesmo com a média das quatro frequências consideradas do espectro da fala igual ou menores à 25 dB, verifica-se que o grupo de indivíduos de meia-idade e idosos apresentam limiares superiores em comparação aos dois outros grupos. Tal resultado pode ser justificado pela senescência do

sistema auditivo assim como afirmam estudos anteriores ^(16,17). Mesmo esta população possuindo limiares considerados dentro dos padrões de normalidade adotados neste estudo, a dificuldade de escuta em ambientes ruidosos pode estar presente, até mesmo quando o ruído apresentado possui modulações em intensidade e frequência, o que poderia facilitar a captação de pistas acústicas ⁽⁵⁾.

As alterações vinculadas à idade no sistema auditivo periférico também afetam negativamente o sinal de fala transmitido ao sistema nervoso central para processamento linguístico e cognitivo, provavelmente devido a danos nas áreas auditivas centrais, como a perda de volume neuronal na divisão ventral do núcleo coclear. Isso está possivelmente associado à redução das ramificações dendríticas, fibras do lemnisco lateral, ou a alterações nos dendritos e corpo celular dos neurônios no córtex auditivo ^(18,19).

Os resultados de latências e amplitudes do complexo P1-N1-P2 deste estudo, nas duas distintas condições de apresentação do estímulo de fala, revelam características específicas do comportamento do sistema nervoso auditivo central frente a ausência ou presença de ruído mascarante na detecção, discriminação e reconhecimento do som alvo.

Na primeira condição de apresentação do estímulo de fala, a qual é considerada sem mascaramento, observou-se que a partir do aumento da idade, todos os componentes eletrofisiológicos analisados apresentaram avanço das latências, sendo significativo ao comparar o grupo de idosos aos grupos de adultos jovens e adultos. Tal resultado concorda com estudos que se propuseram a avaliar as latências em função da idade ⁽¹⁷⁾, indicando que, maiores latências significam maior tempo de processamento do estímulo ao córtex auditivo.

O aumento das latências proporcionalmente à idade na condição sem mascaramento sugere que a ativação do córtex primário pode ser influenciada pela idade, podendo considerar, portanto, que a variação das latências está relacionada a senescência ⁽²⁰⁾. A partir do resultado do presente estudo, pode-se inferir que os componentes corticais surgem como indicadores do processo de maturação auditiva cortical, assim como outros estudos ^(21, 22, 23) afirmam que as latências dos componentes P1 e N1, diminuem desde a infância até a fase adulta, ao passo que ocorre o oposto da fase adulta para a fase senil.

Maiores latências nesta mesma condição especificamente do componente N1, pode-se mostrar como indicador para orientação relacionadas ao envelhecimento da comunicação humana e as intervenções possíveis nesse contexto, evidenciando tanto a atividade neural em

resposta ao estímulo sonoro quanto a transição do silêncio para o som, uma vez que esse componente é essencialmente eliciado por mudanças acústicas no início do som, modulação de frequência e intensidade e de um estímulo sonoro seja ele complexo ou tom sustentado ^(20,23). A partir disso, os resultados demonstrados no presente estudo podem instigar a realização de novas pesquisas direcionadas à investigação do envelhecimento da audição, com propostas de diagnósticos e intervenções terapêuticas a partir da modulação do silêncio ao som.

Ao considerar que somente a partir do grupo de idosos, na condição sem mascaramento, ocorre um maior aumento na latência do componente P2, é possível refletir e considerar sobre o envelhecimento das áreas corticais auditivas primárias e secundárias, juntamente à formação reticular ⁽²⁴⁾. Estudos anteriores ^(25,26,27), avaliaram o componente P2 quanto à sua latência e amplitude até pouco após três anos de idade, apresentando variações conforme o estado de atenção e alerta do indivíduo avaliado. Considerando os resultados do presente estudo, vale sugerir novas propostas de pesquisas que comparem a variabilidade desse componente em função da idade e considerando o estado atencional do indivíduo.

Em relação à amplitude na condição sem mascaramento, observa-se que houve um aumento significativo desta variável no componente P1 do grupo de idosos em relação aos grupos de jovens adultos e adultos. Esse achado concorda com estudos ⁽²⁸⁾ que demonstram a diminuição da amplitude desse componente de acordo com a maturação do córtex auditivo, ou seja, o aumento da amplitude na população idosa pode evidenciar o efeito senescente no córtex auditivo central.

Ao analisar a segunda condição de teste, a qual se apresenta um mascaramento antecessor chamada neste estudo de condição delta-t 64 ms, não foi possível observar diferenças significativas estatisticamente. Esse achado reforça a informação de que o pós-mascaramento é semelhante entre indivíduos jovens e idosos quando apresentados em um delta-t de 64 ms ⁽⁵⁾. A partir disso, vale inferir que é relevante considerar diversos intervalos de tempo para avaliar o pós-mascaramento em estudos futuros.

Mesmo não sendo observadas diferenças significativas, notou-se que a média das latências do componente P1 foi menor no grupo de idosos quando comparado aos demais grupos, resultado não esperado, visto que esse componente tende a apresentar latências maiores em idosos. Ouvintes mais velhos tendem a ser mais facilmente distraídos por estímulos irrelevantes devido ao maior tempo de recuperação de sons apresentados anteriormente, o que contribui para a dificuldade de compreensão de fala em ambientes ruidosos ⁽²⁹⁾.

Os componentes P1 e N1 representam a decodificação de características acústicas e discriminação auditiva ⁽²⁹⁾. A partir disso, as menores latências do componente P1, assim como as maiores amplitudes desse mesmo componente e do N1 em idosos, sob o pós-mascaramento, pode estar associada à demanda de um maior esforço auditivo desta população para a discriminação auditiva, visto que, os resultados citados anteriormente demonstram maiores limiares auditivos nesse grupo etário.

Esta associação do aumento da amplitude em P1 e N1 e esforço auditivo pode ser correlacionado às características dos sítios geradores, que podem ter uma maior influência do *input* auditivo ⁽³⁰⁾.

Estudos anteriores ^(31,32) que se propuseram a estudar o esforço auditivo, o definem como a quantidade de recursos cognitivos necessários para o reconhecimento dos sinais acústicos, principalmente os da fala. Além disso, os potenciais evocados auditivos corticais, em indivíduos normo-ouvintes, podem apontar diferenças nas vias corticais auditivas quando os indivíduos utilizam de um esforço auditivo maior para conseguir executar as tarefas de percepção de fala e compreender o discurso em condições distintas como silêncio e ruído ⁽³³⁾.

A partir disso, o presente estudo pode servir de base para novas pesquisas que se proponham a estudar o esforço auditivo nas medidas de latências e amplitudes dos potenciais evocados auditivos corticais na população idosa.

Os resultados também demonstram que as latências do componente P2 foram superiores no grupo de idosos e as amplitudes desse componente nesse grupo foram iguais ao valor das médias das amplitudes do grupo de jovens. Esse dado pode informar quanto a efetividade da discriminação auditiva, visto que esta habilidade pode estar intimamente relacionada à amplitude do componente P2. Estudos revelam a diminuição da amplitude de P2 ocorre em resposta a um treinamento auditivo controlado, no qual sons de fala com variações acústicas minuciosas são utilizados. Portanto, esse componente tem sido reconhecido na literatura como um biomarcador da aprendizagem dos aspectos auditivos e linguísticos. As alterações na morfologia da onda refletem um aumento na sincronia neural associado à melhoria na percepção da fala. Medir esses potenciais em condição de silêncio e durante diferentes tarefas, considerando a idade, pode fornecer uma compreensão mais aprofundada desta questão ^(23,34).

Os resultados da análise intragrupos apontam diferenças significativas nas latências de todos os componentes e em todos os grupos ao comparar as duas condições, revelando a

presença do efeito do ruído, mais precisamente o pós-mascaramento. Quanto às amplitudes, observou-se que a média destas variáveis dos componentes N1 e P2 tiveram diferenças significativas nos grupos de indivíduos de meia idade e idosos, tais dados podem corroborar com a hipótese do esforço auditivo.

Através das medidas eletrofisiológicas dos potenciais evocados auditivos, torna-se possível avaliar grande parte das dificuldades auditivas em idosos relacionadas ao déficit no processamento auditivo temporal. Isso se deve ao fato de que a maioria das informações transmitidas por meio de sons, como a fala e a música, é expressa por mudanças nas características temporais do som ⁽³⁵⁾. Correlacionar alterações nessas habilidades por meio das medições do funcionamento da via auditiva revela-se crucial ^(36,37). Os resultados desta pesquisa proporcionaram avanços significativos no entendimento dos aspectos periféricos e/ou centrais envolvidos nessas habilidades auditivas.

A maioria dos estudos de detecção de fala no ruído em idosos visa determinar se há um processo de envelhecimento que afeta exclusivamente o processamento auditivo temporal, sem necessariamente impactar a sensibilidade ao som, ou seja, o limiar absoluto de detecção. É crucial considerar que o declínio na compreensão da fala em idosos pode estar relacionado à perda auditiva. No entanto, as habilidades auditivas centrais, considerando o esforço auditivo, também devem ser estudadas, uma vez que a medição apenas dos limiares auditivos não representa toda a complexidade envolvida na percepção do som ^(38,39,40).

Os testes objetivos, como os potenciais corticais, têm relevância científica quando utilizam parâmetros específicos para avaliar habilidades auditivas, e isso deve ser mais explorado pela comunidade científica. Além disso, é fundamental levar em consideração os aspectos cognitivos e emocionais da população avaliada. Portanto, destaca-se a importância de novos testes, utilizando diferentes intervalos de tempo, para compreender mais profundamente as questões discutidas.

5 Conclusão

Foi possível observar que os grupos de indivíduos de meia-idade e idosos apresentaram maiores limiares audiométricos em comparação aos demais grupos.

Em relação aos resultados dos PEAC, na condição sem mascaramento as latências de todos os componentes foram maiores no grupo de idosos em comparação aos grupos etários

mais jovens. Quanto às amplitudes na mesma condição, observou-se um aumento no componente P1 em idosos, podendo estar relacionado ao efeito senescente no córtex auditivo central.

Na condição delta-t 64 ms, observou-se que esse tempo de apresentação parece não diferenciar o pós-mascaramento entre as idades. Entretanto, no grupo de idosos, observou-se menores latências no componente P1 e maiores amplitudes dos componentes P1 e N1, podem estar relacionadas a um maior esforço auditivo demandado por esta população.

Referências

1. JESUS, E.S.A; SILVA, I.M.C. Influence of children's musicalization on preschool children's hearing skills. **Audiol., Commun. Res.** **2019**; 24: e2156:1-7. doi: <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2019-2156>.
2. PEREIRA, P.K.S.; MARTINS, A.S.; VIEIRA M.R.; AZEVEDO M.F. Newborn hearing screening program: association between hearing loss and risk factors. **Pro Fono.** **2007**; 19(2): 267-78. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-56872007000300005>.
3. ANDRADE, K.C.L; MENEZES, P.L.A. A importância das células ciliadas externas para a discriminação de fala na presença de ruído competitivo [dissertação]. Maceió, Alagoas: **Universidade Federal de Alagoas**; 2018.
4. TANNER, M.; SPITZER, E.R.; HYZY, J.P., GROSE, J.H. Masking Release for Speech in Modulated Maskers: Electrophysiological and Behavioral Measures. **Ear Hear.** **2019**; 40(4): 1009-1015. doi: <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000683>.
5. ADVÍNCULA, K.P.; MENEZES, D.C.; PACÍFICO, F.A.; COSTA, M.L.G. DA; GRIZ, S.M.S. Effect of age on temporal auditory processing: benefit of masking modulation and forward masking effect. **Audiol., Commun. Res.** **2018**; 23: e1861. doi: <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2017-1861>.
6. PATRO, C.; KREFT, H.Á.; WOJTCZAK, M. Effects of age and hearing loss on perceptual and physiological measures of temporal envelope processing and spatial release from speech-on-speech masking. **bioRxiv.** **2020**. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.09.03.281717>.

7. ROCHA, M.F.B. O mascaramento nos Potenciais evocados Auditivos Corticias com estímulo de fala [dissertação]. Recife, Pernambuco: **Universidade Federal de Pernambuco**; 2020.
8. SILVA, L.A.F.; MAGLIARO, F.C.L.; CARVALHO, A.C.M.; MATAS, C.G. Maturation of long latency auditory evoked potentials in hearing children: systematic review. **Codas**. **2017**; 29(3): e20160107. doi: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20172016107>.
9. BRUNO, R.S.; OPPITZ, S.J. GARCIA, M.V. BIAGGIO, E.P.V. Long latency auditory evoked potentials: differences in the way of counting the rare stimulus. Rev. **CEFAC**. **2016**; 18(1): 14-26. doi: <https://doi.org/10.1590/1982-021620161816415>.
10. NASREDDINE, Z; PHILLIPS, N.A.; BÉDIRIAN, V.; CHARBONNEAU, S.; WHITEHEAD, V.; COLLIN, I.; CUMMINGS, J.L.; CHERTKOW, H. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for Mild **Cognitive Impairment**. **American Geriatrics Society**, v. 53, p. 695-699, 2005
11. LLOYD, L. L.; KAPLAN, H. Audiometric interpretation: a manual of basic audiometry. Baltimore: **University Park Press**. 1978.
12. JERGER, S.; JERGER, J. Alterações auditivas: um manual para avaliação clínica. **São Paulo: Atheneu**. 1989.
13. JERGER, J.; JERGER, S.; MAULDIN, L. Studies in impedance audiometry. Normal and sensorineural ears. **Arch. Otolaringol.**, v. 96, p. 513-23, 1972.
14. SKOE, E.; KRAUS, N. Auditory brain stem response to complex sounds: a tutorial. **Ear Hear**. **2010**; 31: 302-324. doi: <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181cdb272>.
15. KIMURA, D. Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. **Canadian Journal of Psychology**, n. 15, p. 166-171, 1961.
16. GORDON-SALANT S. Speech perception and auditory temporal processing performance by older listeners: Implications for real-world communication. **Seminars in Hearing**. 2006;27(4) 264-268.
17. DUARTE, D.S.B.; GRIZ, S.M.S.; ROCHA, M.F.B.; BRITTO, D.B.L.A.; MENEZES; D.C.; ADVINCULA, K.P. The effect of noise on the amplitude and morphology of cortical auditory evoked potentials. **Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology**, [S.L.], v. 88, p. 59-65, nov. 2022. Elsevier BV. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2021.11.006>.

18. MOORE J.K.; LINTHICUM F.H. The human auditory system: A timeline of development. **Int J Audiol.** 2007; 46:460-478.
19. SHARMA A.; GLICK H.; CAMPBELL J.; TORRES J.; DORMAN M.; ZEITLER D.M. Cortical Plasticity and Reorganization in Pediatric Single-sided Deafness Pre- and Postcochlear Implantation. **Otol Neurotol.** 2016; 37:e26-e34.
20. SHARMA A.; CAMPBELL J.; CARDON G. Developmental and cross-modal plasticity in deafness: Evidence from the P1 and N1 event related potentials in cochlear implanted children. **Int J Psychophysiol.** 2015; 95:135-144.
21. THABET M.T.; SAID N.M.; Cortical auditory evoked potential (P1): A potential objective indicator for auditory rehabilitation outcome. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol.** 2012; 76:1712-1718.
22. NASH A.; SHARMA A.; KATHRYN M.; ALLISON B. Clinical Applications of the P1 Cortical Auditory Evoked Potential (CAEP) Biomarker. In: **A Sound Foundation Through Early Amplification.** Chicago, 2007, pp. 39-45.
23. HALL, J.W. **Handbook of auditory evoked responses.** Boston: Allyn & Bacon, 2007.
24. NÄÄTÄNEN R, PICTON T. The N1 Wave of the Human Electric and Magnetic Response to Sound: A Review and an Analysis of the Component Structure. **Psychophysiology** .1987; 24:375-425.
25. FRIZZO A.C.F.; JUNQUEIRA C.A. de O.; FELLIPE A.C.N. de.; COLAFÊMINA J.F. Potenciais evocados auditivos de longa latência no processo maturacional. **Acta AWHO.** 2001; 20:74-80.
26. VENTURA L.M.P.; COSTA-FILHO O.A.; ALVARENGA K. de F. Maturação do sistema auditivo central em crianças ouvintes normais. **Pró-Fono Rev Atual Científica.** 2009; 21:101-106.
27. MCARTHUR G.; BISHOP D. Event-related potentials reflect individual differences age invariant auditory skills. **NeuroReport. Cogn Neurosci Neuropsychol.** 2002; 13:1079 1082.

28. BASSI, D.; FURKIM A.M.; SILVA, C.A.; COELHO, M.S.P.H.; ROLIM, M.R.P.; ALENCAR, M.L.A. de; MACHADO, M.J. Identification of risk groups for oropharyngeal dysphagia in hospitalized patients in a university hospital. **Codas**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 17-27, fev. 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s2317-17822014000100004>.
29. FRIZZO, A.C.F.; ADVINCULA, K.P. Potenciais evocados auditivos de longa latência: conceitos e aplicações clínicas. In: MENEZES, P.L et al. **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. Cap. 1. p. 139-150.
30. PUNCH S.; VAN DUN B.; KING A.; CARTER L.; PEARCE W. Clinical experience of using cortical auditory evoked potentials in the treatment of infant hearing loss in Australia. **Semin Hear**. 2016 Feb;37(1):36-52.
31. GUIJO, L.M.; HOURIUTI, M.B.; CARDOSO, A.C.V. Mensuração do esforço auditivo com o uso de um paradigma de tarefa dupla do Português Brasileiro: estudo-piloto. **Codas**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 1-9, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20192018181>.
32. PICOU, E.M.; RICKETTS, T.A.; HORNSBY, B.W. How hearing AIDS, background noise, and visual cues influence objective listening effort. **Ear Hear**. 2013;34(5):e52-e64. Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e31827f0431>. PMID:23416751.
33. BERTOLI, S.; BODMER, D. Effects of age and task difficulty on ERP responses to novel sounds present during a speech perception in noise test. **Clin Neurophysiol**. 2016;127(1):360-8. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2015.02.055>.
34. TREMBLAY, K.L.; ROSS, B.; INOUE, K.; MCCLANNAHAN, K.; COLLET, G. Is the auditory evoked P2 response a biomarker of learning? **Front Syst Neurosci**. 2014; 8:28.
35. TORPPA, R.; SALO, E.; MAKKONEN, T.; LOIMO, H.; PYKÄLÄINEN, J.; LIPSANEN, J. Cortical processing of musical sounds in children with Cochlear Implants. **Clin Neurophysiol**. 2012; 123:1966-1979. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2012.03.008>.
36. HE, S.; GROSE, J.H.; BUCHMAN, C.A. Auditory discrimination: the relationship between psychophysical and electrophysiological measures. **Int J Audiol**. 2021; 51(10):771-82. Doi: <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2012.699198>.

37. CALDERARO, V.G.; AMARAL, M.A.S.; LUZ, B.A.B.; BERNAL S.C.; HYPPOLITO, M.A.; REIS, A.C.M. Behavioral and electrophysiological assessment of adults who underwent cochlear implantation after hearing aid experience. **International Archives of Otorhinolaryngology**. 2020;24:e58-e65. Doi: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-1695022>.
38. GROSE, J. H.; MENEZES, D. C.; PORTER, H. L.; GRIZ, S. Masking Period Patterns & Forward Masking for Speech-Shaped Noise: Age-related effects. **Ear and Hearing**, v. 37, n. 1, p. 48–54, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0000000000000200>.
39. HALL, J.W.; BUSS, E.; GROSE, J.H.; ROUSH, P.A. Effects of age and hearing impairment on the ability to benefit from temporal and spectral modulation. **Ear and Hearing**. Vol 33; p.340-348; 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e31823fa4c3>.
40. HELFER, K. S.; VARGO, M. Speech Recognition and Temporal Processing in Middle-Aged Women. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 20, n. 4, p. 264–271, 2009. Doi: <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.20.4.6>.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do estudo revelam características eletrofisiológicas associadas ao fenômeno do pós-mascaramento durante o envelhecimento. Os limiares audiométricos mais altos encontrados nos grupos de meia-idade e idosos também refletem o envelhecimento do sistema auditivo tanto periférico quanto central.

No que diz respeito aos resultados dos PEAC, na ausência de mascaramento, as latências de todos os componentes foram prolongadas no grupo de idosos em comparação com os grupos mais jovens. Quanto às amplitudes na mesma condição, houve um aumento no componente P1 em idosos, possivelmente relacionado ao declínio associado à idade no córtex auditivo central.

Em relação à condição delta-t de 64 ms, parece que esse tempo de apresentação não diferencia significativamente o pós-mascaramento entre as diferentes faixas etárias. No entanto, no grupo de idosos, foram observadas latências menores no componente P1 e maiores amplitudes nos componentes P1 e N1, o que pode estar relacionado a um maior esforço auditivo exigido por essa população.

Adicionalmente, a pesquisa apresentou uma contribuição significativa para a comunidade científica, oferecendo novos conhecimentos sobre os processos fisiológicos relacionados à audição. Isso, por sua vez, pode facilitar a investigação de queixas auditivas relacionadas à escuta na presença de ruído, promovendo um diagnóstico mais completo, monitoramento e intervenção auditiva, contribuindo para o aprimoramento de testes diagnósticos e planejamento terapêutico.

Uma das limitações enfrentadas neste estudo, que poderá ser melhor elaborada em trabalhos futuros, foi a seleção de idosos que atendessem aos requisitos mais rigorosos de audição normal, análise de slope e área das medidas eletrofisiológicas, bem como a comparação entre diversos deltas-t, para uma melhor observação dos resultados do pós- mascaramento. Além disso, o teste pode ser aplicado em uma população mais ampla, relacionando os resultados com queixas auditivas e resultados psicoacústicos.

REFERÊNCIAS

- ADVÍNCULA, K.P. Mascaramento temporal na audição senescente. 2014. 91 f. Tese (Doutorado em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento) – **Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento**, Universidade Federal de Pernambuco, CCS, Recife. 2014
- ADVÍNCULA, K.P.; MENEZES, D.C.; PACÍFICO, F.A.; COSTA, M.L.G. DA; GRIZ, S.M.S. Effect of age on temporal auditory processing: benefit of masking modulation and forward masking effect. **Audiol., Commun. Res.** **2018**; 23: e1861. doi: <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2017-1861>
- ALBRECHT, R.; SUCHODOLETZ, W.V.; UWER, R. The development of auditory evoked dipole source activity from childhood to adulthood. **Clin Neurophysiol**, 111:2268–76, 2000.
- ANDRADE, K.C.L; MENEZES, P.L.A. A importância das células ciliadas externas para a discriminação de fala na presença de ruído competitivo [dissertação]. Maceió, Alagoas: **Universidade Federal de Alagoas**; 2018.
- BAHRAMALI, H.; GORDON, E.; LAGOPOULOS, J.; LIM, C.L.; LI, W.; LESLIE, J. et al. The effects of age on late components of the ERP and reaction time. **Exp Aging Res**, 25:69–80, 1999.
- BALEN, S.A. Processamento auditivo central: aspectos temporais da audição e percepção acústica da fala [dissertação]. São Paulo: **Pontifícia Universidade Católica de São Paulo**; 1997.
- BARUZZI, Maria Beatriz *et al.* Self-perceived hearing handicap and hearing sensitivity in nursing home elderlies. **Einstein**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 176-181, 2009.
- BASSI, D.; FURKIM A.M.; SILVA, C.A.; COELHO, M.S.P.H.; ROLIM, M.R.P.; ALENCAR, M.L.A. de; MACHADO, M.J. Identification of risk groups for oropharyngeal dysphagia in hospitalized patients in a university hospital. **Codas**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 17-27, fev. 2014. FapUNIFESP (SciELO). doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s2317-17822014000100004>.
- BAUER, Magda Aline *et al.* Profile and prevalence of hearing complaints in the elderly. **Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology**, [S.L.], v. 83, n. 5, p. 523-529, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.06.015>.
- BECKER, K.T.; COSTA, M.J.; LAUTENSCHLAGER, L.; TOCHETTO, T.M.; SANTOS, S.N. dos. Reconhecimento de fala em indivíduos com e sem queixa clínica de dificuldade para entender a fala no ruído. **Arq. Int. Otorrinolaringol.** 2011;15(3):276-282.
- BERTOLI, S.; BODMER, D. Effects of age and task difficulty on ERP responses to novel sounds present during a speech perception in noise test. **Clin Neurophysiol.** 2016;127(1):360-8. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2015.02.055>.

BILLINGS, C. J. TRAMBLAY, K.L.; STECKER, G.C. TOLIN, W.M. Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. **Hear Res**, v. 254, n. 1, p. 15-24, 2009.

BOÉCHAT, E. M; FIGUEIREDO, S. S. Biomarcadores corticais – Parâmetros da privação e estimulação auditiva. In: MASCHESAN, I.Q.; JUSTINO, H.; TOMÉ, M.C. (Eds.). **Tratado de Especialidades em Fonoaudiologia**. 1. Ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2014. cap. 110, p. 854-860.

BRUNO, R.B.; BIAGGIO, E.P.V.; FOLGEARINI, J.; OPPITZ, S.J.; FEDOSSE, E.; GOIS, M.; PELISSARI, I.; LOPES, L.F., GARCIA, M.V. Envelhecimento e processamento auditivo: análise de diferentes condições. **Estudos Interdisciplinares Sobre O Envelhecimento**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 127-144, 3 mar. 2016. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/2316-2171.80748>.

BUZO, B.C.; LOPES, J. de A.S. Reconhecimento de fala no ruído em sujeitos com audição normal e queixa de zumbido. **Audiology - Communication Research**, [S.L.], v. 22, p. 1-7, 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2317-6431-2016-1693>.

CASALI, R.L. Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico em Lactentes Termos e Prematuros [dissertação]. Campinas, São Paulo: **Programa de Pós Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas**, 2010.

CALDERARO, V.G.; AMARAL, M.A.S.; LUZ, B.A.B.; BERNAL S.C.; HYPPOLITO, M.A.; REIS, A.C.M. Behavioral and electrophysiological assessment of adults who underwent cochlear implantation after hearing aid experience. **International Archives of Otorhinolaryngology**. 2020;24:e58-e65. Doi: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-1695022>.

COSTA, Klinger Vagner Teixeira da *et al.* MICROCEFALIA, DESORDENS AUDITIVAS E POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS. In: MENEZES, Pedro de Lemos *et al.* **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. Cap. 17. p. 168-180.

CONE-WESSON, B.; WUNDERLICH, J. Auditory evoked potentials from the cortex: Auditory applications. **Otolaryngology & Head and Neck Surgery**. V.11, n.5, p. 372–377, 2003.

DUARTE, D.S.B. GRIZ, S.M.S. ROCHA, M.F.B. BRITTO, D.B.L de A. MENEZES, D.C. ADVINCULA, K.P. The effect of noise on the amplitude and morphology of cortical auditory evoked potentials. **Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology**, [S.L.], v. 88, p. 59-65, nov. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2021.11.006>.

DUARTE, J.L.; ALVARENGA, K. de F.; BANBARA, R. MELO, A.D.P. de. SÁS, R.M. FILHO, O.A.C. Potencial Evocado Auditivo de longa latência-P300 em indivíduos normais: valor do registro simultâneo em Fz e Cz. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, [S.L.], v. 75, n. 2, p. 231-236, abr. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-72992009000200012>.

DURANTE, A.S.; WIESELBERG, M.B.; CARVALHO, S.; COSTA, N.; PUCCI, B.; GUDAYOL, N.; ALMEIDA, K. de. Potencial Evocado Auditivo Cortical: avaliação da

detecção de fala em adultos usuários de prótese auditiva. **Codas**, [S.L.], v. 26, n. 5, p. 367-373, out. 2014. FapUNIFESP (SciELO). Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20142013085>.

DURRANT, J.D.; LOVRINIC, J.H. **Bases of Hearing Science**. 3. ed. Dr. Williams & Wilkins, 1999.

FERRARO, J.A.; DURRANT, J.D.. Potenciais Auditivos Evocados: Visão Geral e Princípios Básicos. In: KATZ, Jack *et al.* **Tratado de Audiologia Clínica**. 4. ed. São Paulo: Editora Manole, 1999. Cap. 22. p. 315-336.

FILHA, V.A.V. dos. S. BRUCKMANN, M.; GARCIA, M.V. Potenciais evocados auditivos de curta e longa latência em indivíduos com disfunção vestibular. **Codas**, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 1-10, 17 maio 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20182016260>.

FRIZZO, A. F. F.; ADVÍNCULA, K. P. Potenciais evocados auditivos de longa latência: conceitos e aplicações clínicas. In: MENESES, P. L. et al.(Orgs.). **Tratado de Eletrofisiologia Para a Audiologia**. 1. Ed. São Paulo: Booktoy, 2018. cap. 14, p. 139-150.

FRIZZO, A.C.F.; ALVES, R.P.C.; COLAFÊMINA, J.F. Potenciais evocados auditivos de longa latência: um estudo comparativo entre hemisférios cerebrais **Rev. Bras. Otorrinolaringol.**, São Paulo, v. 67, n. 5, p. 618-25, set. 2001.

FITZROY, A.B.; KRIZMAN, J.; TIERNEY, A.; AGOURIDOU, M.; KRAUS, N. Longitudinal maturation of auditory cortical function during adolescence. **Front Hum Neurosci**. v.20,n.9, p.530, 2015.

GIFFORD, R. H.; BACON, S. P.; WILLIAMS, E. J. An examination of speech recognition in a modulated background and of forward masking in younger and older listeners. **Journal of Speech, Language, and Hearing Research**, v. 50, n. 4, p. 857–864, 2007.

GORDON-SALANT S. Speech perception and auditory temporal processing performance by older listeners: Implications for real-world communication. **Seminars in Hearing**. 2006;27(4) 264-268.

GROSE, J. H.; MAMO, S. K.; HALL, J. W. Age effects in temporal envelope processing: speech unmasking and auditory steady state responses. **Ear and Hearing**, v. 30, n. 5, p. 568–575, 2009.

GRIZ, S.M.S.; MENEZES, D.C.; ADVINCULA, K.P.; LIMA, M.A. de L.; MENEZES, P. de L.. Forward masking with frequency-following response analyses. **Revista Cefac**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 1-8, 2021. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216/20212321220>.

GUIJO, L.M.; HOURIUTI, M.B.; CARDOSO, A.C.V. Mensuração do esforço auditivo com o uso de um paradigma de tarefa dupla do Português Brasileiro: estudo-piloto. **Codas**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 1-9, 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20192018181>.

GUIMARÃES, A.C.F.; SANTOS, J.N.; RABELO, A.T.V.; MAGALHÃES, M. de C. A Influência do ruído na habilidade auditiva de ordenação temporal para sons verbais. *Revista*

Cefac, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 209-215, fev. 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-021620155914>.

HALL, J.W. Handbook of auditory evoked responses. **Boston: Allyn & Bacon**, 2007.

HALL, J.W.; BUSS, E.; GROSE, J.H.; ROUSH, P.A. Effects of age and hearing impairment on the ability to benefit from temporal and spectral modulation. **Ear and Hearing**. Vol 33; p.340-348; 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e31823fa4c3>.

HE, S.; GROSE, J.H.; BUCHMAN, C.A. Auditory discrimination: the relationship between psychophysical and electrophysiological measures. **Int J Audiol**. 2021; 51(10):771-82. Doi: <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2012.699198>.

HENRIQUES, M.O.; MIRANDA, E.C. de.; COSTA, M.J. Limiares de reconhecimento de sentenças no ruído, em campo livre: valores de referência para adultos normo-ouvintes. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, [S.L.], v. 74, n. 2, p. 188-192, abr. 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-72992008000200006>.

HELPER, K. S.; VARGO, M. Speech Recognition and Temporal Processing in Middle-Aged Women. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 20, n. 4, p. 264–271, 2009. Doi: <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.20.4.6>.

HOOD, L.J. Clinical Applications of the Auditory Brainstem Respons. **San Diego, Singular Publishing Group**, cap. 07, p.145-172, 1998.

JASPER, H.H. The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v.10, p.371-375, 1958.

JERGER, S.; JERGER, J. Alterações auditivas: um manual para avaliação clínica. **São Paulo: Atheneu**. 1989.

JERGER, J.; JERGER, S.; MAULDIN, L. Studies in impedance audiometry. **Normal and sensorineural ears. Arch. Otolaringol.**, v. 96, p. 513-23, 1972.

JERGER, J. Foreword. In: MUSIEK, F.E.; CHERMAK, G.; editors. Handbook of (central) auditory processing disorder: auditory neuroscience and diagnosis. 2nd ed. **San Diego: Plural Publishing**; 2013. p. ix.

JESUS, E.S.A; SILVA, I.M.C. Influence of children's musicalization on preschool children's hearing skills. **Audiol., Commun. Res.** 2019; 24: e2156:1-7. doi: <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2019-2156>

JOHNSTONE, S.J.; BARRY, R.J.; ANDERSON, J.W.; COYLE, S.F. Age-related changes in child and adolescent event-related potential component morphology, amplitude and latency to standard and target stimuli in an auditory oddball task. **Int J Psychophysiol**, 24:223–38, 1996.

JUNQUEIRA, C.A.O.; COLAFÊMINA, J.F. Investigação da estabilidade inter e intraexaminador na identificação do P300 auditivo: análise de erros. **Rev Bras Otorrinolaringol**. São Paulo, v. 68, n. 4, p. 468-78, 2002.

KERR, C.C.; ALBADA, S.J.V.; RENNIE, C.J.; ROBINSON, P.A. Age trends in auditory oddball evoked potentials via component scoring and deconvolution. **Clinical Neurophysiology**, 121, 962–976, 2010.

KILLION, M.C.; NIQUETTE, P.A.; GUDMUNDSEN, G.I.; REVIT, L.J.; BANERJEE, S. Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. **The Journal Of The Acoustical Society Of America**, [S.L.], v. 116, n. 4, p. 2395-2405, 1 out. 2004. Acoustical Society of America (ASA). Doi: <http://dx.doi.org/10.1121/1.1784440>.

KIMURA, D. Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. **Canadian Journal of Psychology**, n. 15, p. 166-171, 1961.

KWON, B.J.; PERRY, T.T.; WILHELM, C.L. Sentence recognition in noise promoting or suppressing masking release by normalhearing and cochlear-implant listeners. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.131, n.4, p.3111-9, 2012.

LEITE, R.A.; MAGLIARO, F.C.L.; RAIMUNDO, J.C.; GÂNDARA, M.; GARBI, S.; BENTO, R.F.; MATAS, C.G. Effectofhearing aids use on speech stimulusdecodingthrough speech-evoked ABR. **Braz J Otorhinolaryngol.**, v. 84, n.1, p.66-73, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.11.002>

LLOYD, L. L.; KAPLAN, H. Audiometric interpretation: a manual of basic audiometry. **Baltimore: University Park Press**. 1978.

MAAMOR N.; BILLINGS CJ. Cortical signal-in-noise coding varies by noise type, signal-to-noise ratio, age, and hearing status. **Neurosci Lett** . 2017 January 01; 636: 258–264. doi:10.1016/j.neulet.2016.11.020.

MACAMBIRA, Y.K. dos S. Avaliação dos potenciais evocados auditivos corticais por meio do estímulo de fala /ma/ [dissertação]. Recife, Pernambuco: **Universidade Federal de Pernambuco**; 2019.

MAHAJAN, Y.; McARTHUR, G. Maturation of auditory event-related potentials across adolescence. **Hear. Res.** v.294, n.1-2, p.82–94, 2012.

MAGLIARO, F.C.L. Avaliação comportamental, eletroacústica e eletrofisiológica da audição em pacientes com lesão isquêmica do hemisfério direito [tese de doutorado]. São Paulo, São Paulo: **Universidade de São Paulo**;. 2010.

MARTIN, L.; BARAJAS, J.J.; FERNANDEZ, R.; TORRES, E. Auditory event-related potentials in well-characterized groups of children. **Eleetroencephalogr Clin Neurophysiol.** cap.71, p.375-81, 1988.

MATAS, C.G.; MAGLIARO, F.C.L. Potencial Evocado Auditivo de tronco encefálico. .In: BOÉCHAT, E.M.; MENEZES, P.L.; COUTO, C.M.; FRIZZO, A.C.F.; SCHARLACH, R.C.; ANASTACIO, A.R.T. **Tratado de Audiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap.16, p. 118-125, 2015.

MAZZOCHI, M.T.; AITA, A.D.C. Direcionalidade e reconhecimento de fala no ruído: estudo de quatro casos, **Rev. CEFAC.** 15(3):689-696, Mai./Jun., 2013.

MCARTHUR G.; BISHOP D. Event-related potentials reflect individual differences age invariant auditory skills. *NeuroReport. Cogn Neurosci Neuropsychol.* 2002; 13:1079-1082.

MCPHERSON, D.L.; BALLACHANDA, B.B.; KAF, W. Middle and Longa Latency evoked potentials. In Roeser, RJ, Valente, M, DUNN, HH. **Audiology: diagnosis.** New York: Thieme, p.443-477, 2008

MELO, A. de.; BIAGGIO, E.P.V.; RECHIA, I.C.; SLEIFER, P. Potenciais evocados auditivos corticais em neonatos nascidos a termo e pré-termo. *Codas*, [S.L.], v. 28, n. 5, p. 491-496, 13 out. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20162015291>.

MEHTA, K.; WATKIN, P.; BALDWIN, M.; MARRIAGE, J.; MAHON, M.; VICKERS, D. Role of Cortical Auditory Evoked Potentials in Reducing the Age at Hearing Aid Fitting in Children With Hearing Loss Identified by Newborn Hearing Screening. **Trends Hear.** v.21, p.1–16, 2017.

MENEZES, D.C.; GRIZ, S.M.S.; ARAÚJO, A.K.L.de.; VENÊNCIO, L.G.A. ADVINCULA, K.P. MENEZES, P. de L.. Assessment protocols for forward masking in Frequency-Following Response. **Revista Cefac**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 1-7, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216/202022611219>.

MIDDLEBROOKS, J.C. Masking release by combined spatial and masker-fluctuation effects in the open sound field. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 142, n. 6, p. 3362-3375, 2017.

MOORE, B.C.J. An Introduction to the Psychology of Hearing. 6. ed. **Emerald**, p. 183-187. 2012.

MUELLER, V.; BREHMER, Y.; OERTZEN, T.V.; LI, S.; LINDENBERGER, U. Electrophysiological correlates of selective attention: a lifespan comparison. **Neuroscience**, v.9, n.18, 2008.

MUNHOZ, M.S.L.; SILVA, M.L.G.; CAOVILO, H.H.; FRAZZA, M.M.; GANANÇA, M.G.; CÂMERA, J.L.Z. Respostas auditivas de tronco encefálico. *Audiologia clínica. São Paulo: Atheneu*, p. 191-220, 2000.

MUSIEK, F.E., GAIL, D. Chermak, organizadores. Handbook of central auditory processing disorder. Second edition, **Plural Publishing**, 2014.

MUSIEK, F. E.; CHERMAK, G. D. Psychophysical and behavioral peripheral and central auditory tests. In: Aminoff, M.J.; Boller, F.; Swaab, D.F. (org). The Human Auditory System Fundamental Organization and Clinical Disorders. **Handbook of Clinical Neurology.**, v. 135, p. 313-332, 2015.

NÄÄTÄNEN, R.; PICTON, T. The N1 Wave of the Human Electric and Magnetic Response to Sound: a review and an analysis of the component structure. **Psychophysiology**, [S.L.], v. 24, n. 4, p. 375-425, jul. 1987. Wiley. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8986.1987.tb00311.x>.

NASH A.; SHARMA A.; KATHRYN M.; ALLISON B. Clinical Applications of the P1 Cortical Auditory Evoked Potential (CAEP) Biomarker. In: **A Sound Foundation Through Early Amplification**. Chicago, 2007, pp. 39-45.

NASREDDINE, Z.; PHILLIPS, N.A.; BÉDIRIAN, V.; CHARBONNEAU, S.; WHITEHEAD, V.; COLLIN, I. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for Mild Cognitive Impairment. **J Am Geriatr Soc.** 2005; 53(4): 695-9. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>.

NISHIHATA, R. VIEIRA, M.R.; PEREIRA, L.S.; CHIARI, B.M. Processamento temporal, localização e fechamento auditivo em portadores de perda auditiva unilateral. **Rev Soc Bras Fonoaudiol.**, v. 17, n. 3, p. 266- 273, 2012.

OLIVEIRA, H.B.; FERNANDES, L.; RAMOS, H.E.; ALVES, C. de A.D. Potenciais evocados auditivos em indivíduos com hipotireoidismo congênito: uma revisão sistemática da literatura científica. **Rev. Ciênc. Méd. Biol.**, Salvador, v.12, especial, p.486-491, dez.2013.

OLIVEIRA, L. S.; DIDONÉ, D. D.; DURANTE, A. S. Estimativa do limiar de potenciais evocados auditivos corticais automatizados em recém-nascidos. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 85, n. 2, p. 206-212, 2019.

PALMER, A.; SHAMMA, S. Physiological Representations of Speech. *Speech Processing In The Auditory System*, [S.L.], p. 163-230, 2004. **Springer-Verlag**. Doi: http://dx.doi.org/10.1007/0-387-21575-1_4.

PATRO, C.; KREFT, H.Á.; WOJTCZAK, M. Effects of age and hearing loss on perceptual and physiological measures of temporal envelope processing and spatial release from speech-on-speech masking. **bioRxiv**. 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.09.03.281717>.

PEREIRA, P.K.S.; MARTINS, A.S.; VIEIRA M.R.; AZEVEDO M.F. Newborn hearing screening program: association between hearing loss and risk factors. **Pro Fono**. 2007; 19(2): 267-78. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-56872007000300005>.

PICOU, E.M.; RICKETTS, T.A.; HORNSBY, B.W. How hearing AIDS, background noise, and visual cues influence objective listening effort. **Ear Hear**. 2013;34(5):e52-e64. Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e31827f0431>. PMID:23416751.

PICTON, T. Hearing in Time. **Ear & Hearing**, [S.L.], v. 34, n. 4, p. 385-401, jul. 2013. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/aud.0b013e31827ada02>.

POLICH, J. Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. **Clin Neurophysiol**, v.118, n.10, p.2128-48, 2007.

PRAKASH, Hari *et al.* The Effect of Intensity on the Speech Evoked Auditory Late Latency Response in Normal Hearing Individuals. **The Journal Of International Advanced Otology**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 67-71, 20 jun. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.5152/iao.2016.1776>.

PUNCH S.; VAN DUN B.; KING A.; CARTER L.; PEARCE W. Clinical experience of using cortical auditory evoked potentials in the treatment of infant hearing loss in Australia. **Semin Hear**. 2016 Feb;37(1):36-52.

REGAÇONE, S.F.; GUÇÃO, A.C. B.; FRIZZO, A.C.F. Eletrofisiologia: perspectivas atuais de sua aplicação clínica em fonoaudiologia. **Verba volant**. 2013. P. 1-20.

REIS, A.C.M.B.; FRIZZO, A.C.F. Potencial evocado auditivo cognitivo. In: BOÉCHAT, E.M.; MENEZES, P.L.; COUTO, C.M.; FRIZZO, A.C.F.; SCHARLACH, R.C.; ANASTACIO, A.R.T. **Tratado de Audiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap.19, p.140-50, 2015.

RIGTERS, S.C.; METSELAAR, M.; WIERINGA, M.H.; JONG, R.J.B. de.; HOFMAN, A.; GOEDEGEBURE, A. Contributing Determinants to Hearing Loss in Elderly Men and Women: results from the population-based rotterdam study. **Audiology And Neurotology**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 10-15, 2016. S. Karger AG. <http://dx.doi.org/10.1159/000448348>.

ROCHA, M.F.B.; MENEZES, D.C.; DUARTE, D.S.B.; GRIZ, S.M.S.; FRIZZO, A.C.F.; MENEZES, P. de L.; TEIXEIRA, C.F.; ADVINCULA, K.P. Masking release in cortical auditory evoked potentials with speech stimulus. **Codas**, [S.L.], v. 35, n. 1, p. 1-7, 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/20212020334en>.

ROCHA, M.F.B. O mascaramento nos Potenciais evocados Auditivos Corticias com estímulo de fala [dissertação]. Recife, Pernambuco: **Universidade Federal de Pernambuco**; 2020.

RUSSO, N.M.; NICOL, T.G.; ZECKER, S.G.; HAYES, E.A.; KRAUS, N. Auditory training improves neural timing in the human brainstem. **Behavioural Brain Research**, Amsterdam, v. 156, n. 1, p. 95-103, Jan. 2005.

SAMELLI, A.G.; SCHOCHAT, E. Processamento auditivo, resolução temporal e teste de detecção de gap: revisão da literatura. **Revista Cefac**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 369-377, 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-18462008000300012>.

SAMELLI, A.G.; SCHOCHAT, E. The gaps-in-noise test: gap detection thresholds in normal-hearing young adults. **International Journal Of Audiology**, [S.L.], v. 47, n. 5, p. 238-245, jan. 2008. Informa UK Limited. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14992020801908244>.

SANJU, H.K.; KUMAR, P. Enhanced auditory evoked potentials in musicians: a review of recent findings. **Journal Of Otology**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 63-72, jun. 2016. Elsevier BV. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joto.2016.04.002>.

SANTOS, S.N. dos.; DANIEL, R.C.; COSTA, M.J. Estudo da equivalência entre as listas de sentenças em Português. **Revista Cefac**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 673-680, dez. 2009. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-18462009000800016>.

SILVA, L.A.F.; MAGLIARO, F.C.L.; CARVALHO, A.C.M.; MATAS, C.G. Maturation of long latency auditory evoked potentials in hearing children: systematic review. **Codas**. 2017; 29(3): e20160107. doi: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20172016107>.

SCHERG, M *et al.* Two bilateral sources of the late AEP as identified by a spatio-temporal dipole model. **Electroencephalography And Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section**, [S.L.], v. 62, n. 1, p. 32-44, jan. 1985. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0168-5597\(85\)90033-4](http://dx.doi.org/10.1016/0168-5597(85)90033-4).

SHARMA, Anu *et al.* Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. **International Journal Of Audiology**, [S.L.], v. 46, n. 9, p. 494-499, jan. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/14992020701524836>.

SHARMA, A.; MARTIN, K.; ROLAND, P.; BAUER, P.; SWEENEY, M.H.; GILLEY P. P1 latency as a biomarker for central auditory development in children with hearing impairment. **J Am Acad Audiol**. 2005; 16:564-73.

SHINN, J.B. Temporal processing: the basics. **Hear J**. 2003;56(7):52.

SKOE, E.; KRAUS, N. Auditory Brain Stem Response to Complex Sounds: a tutorial. *Ear & Hearing*, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 302-324, jun. 2010. **Ovid Technologies** (Wolters Kluwer Health). Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/aud.0b013e3181c8b272>.

SLEIFER, P. Avaliação eletrofisiológica da audição em crianças. In: Cardoso MC, editor. **Fonoaudiologia na infância: avaliação e tratamento**. Rio de Janeiro: Revinter. p.171-94, 2014.

SMALL, A.S.; SHARMA, M.; BRADFORD, M.; MANDIKAL VASUKI, P.R. The Effect of Signal to Noise Ratio on Cortical Auditory-Evoked Potentials Elicited to Speech Stimuli in Infants and Adults With Normal Hearing. **Ear Hear**. Mar/Apr, v.39, n.2, p.305-317, 2018.

SONG, J.H.; BANAI, K.; RUSSO, N.M.; KARUS, N. On the Relationship between Speech- and Nonspeech-Evoked Auditory Brainstem Responses. **Audiology And Neurotology**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 233-241, 2006. S. Karger AG. <http://dx.doi.org/10.1159/000093058>.

TAYLOR, M.J.; BATTY, M.; ITIER, R.J. The faces of development: a review of early face processing over childhood. **J Cogn Neurosci**. 16(8):1426-42, 2004.

TANNER, M.; SPITZER, E.R.; HYZY, J.P., GROSE, J.H. Masking Release for Speech in Modulated Maskers: Electrophysiological and Behavioral Measures. **Ear Hear**. 2019; 40(4): 1009-1015. doi: <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000683>

THABET M.T.; SAID N.M.; Cortical auditory evoked potential (P1): A potential objective indicator for auditory rehabilitation outcome. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**. 2012; 76:1712-1718.

TORPPA, R.; SALO, E.; MAKKONEN, T.; LOIMO, H.; PYKÄLÄINEN, J.; LIPSANEN, J. Cortical processing of musical sounds in children with Cochlear Implants. **Clin Neurophysiol**. 2012; 123:1966-1979. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2012.03.008>.

TREMBLAY, K.; KRAUS, N.; MCGEE, T. The time course of auditory perceptual learning: neurophysiological changes during speech-sound training. **Neuroreport, London**, v. 9, n. 16, p. 3557-3560, Nov. 1998.

VAN DUN, B.; CARTER, L.; DILLON H. Sensitivity of cortical auditory evoked potential detection for hearing-impaired infants in response to short speech sounds. **Audiol Res**. Aug, n.1, 2012.

VAN DUN, B.; KANIA, A.; DILLON, H. Cortical Auditory Evoked Potentials in (Un)aided Normal-Hearing and Hearing-Impaired Adults. **Semin Hear**. Feb, v.37, n.1, p.9-24, 2016.

VENTURA, L.M.P.; ALVARENGA, K.F.; COSTA FILHO, O.A. Protocolo para captação dos potenciais evocados auditivos de longa latência. **Braz J Otorhinolaryngol**, v.75, n.6, p.879-83, 2009.

VICENTE, L.C. Componente P1 do Potencial Evocado Auditivo cortical nos primeiros meses de uso do implante coclear na Desordem do Espectro da Neuropatia Auditiva [dissertação]. São Paulo, São Paulo: **Universidade de São Paulo**; 2014.

WALTON, J.; ORLANDO, M.; BURKARD, R. Resposta auditiva do tronco cerebral com mascaramento direto funções de recuperação em humanos mais velhos com audição normal. **Ouça Res** 1999;127:86–94.

WILSON, R.H.; MCARDLE, R. Speech signals used to evaluate functional status of the auditory system. **The Journal Of Rehabilitation Research And Development**, [S.L.], v. 42, n. 4, p. 79, 2005. Doi: <http://dx.doi.org/10.1682/jrrd.2005.06.0096>.

WYSS, C.; BOERS, F.; KAWOHL, W.; ARRUBLA, J.; VAHEDIPOUR, K.; DAMMERS, J. Spatiotemporal properties of auditory intensity processing in multisensor MEG. **Neuroimage**, v.102, p.465–473, 2014.

YING, L.; FU, S.; QIAN, X.; SUN, X. Effects of mental workload on long-latency auditory-evoked-potential, salivary cortisol, and immunoglobulin A. **Neuroscience Letters**, [S.L.], v. 491, n. 1, p. 31-34, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2011.01.002>.

ZHANG, X.; GONG, Q.; ZHANG, T. Cortical auditory evoked potentials (CAEPs) represent neural cues relevant to pitch perception. **Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc**, p.1628-1631, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Solicitamos a sua autorização para participar, como voluntário (a), da pesquisa “EFEITO DO PÓS-MASCARAMENTO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS COM ESTÍMULO DE FALA” que está sob responsabilidade da pesquisadora MÔNÝKA FERREIRA BORGES ROCHA, residente na Rua Amambaí, nº 246, bloco 13, apt 405, Candeias, Jaboatão dos Guararapes-PE, CEP 54.430-160, com e-mail: monykaborges@yahoo.com.br e telefone (81) 99741-0096 para contato (inclusive para ligações a cobrar). Também participa desta pesquisa a pesquisadora: Karina Paes Advincula telefone para contato: (81) 99657-1289 e e-mail: kpadvincula@hotmail.com.

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensíveis, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde em fazer parte do estudo pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde com os procedimentos da pesquisa, o (a) Sr.(a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- Este estudo tem por objetivo estudar se há modificação no reconhecimento de fala no ruído, mesmo após este ter cessado, utilizando o teste audiológico por nome de Potencial Evocado Auditivo Cortical (PEAC).
- Se concordar em fazer parte deste estudo, o(a) Sr(a) será submetido(a) a bateria de testes que avaliam o sistema auditivo.
- A aplicação dos testes será realizada no laboratório de Audiologia do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Em caso de impossibilidade de o participante deslocar-se para este local, a pesquisadora se compromete a remarcar a agenda conforme sua disponibilidade.
- Caso decida aceitar o convite, O(a) Sr(a) será submetido(a) ao(s) seguinte(s) procedimentos de avaliação auditiva: 1) Meatoscopia: será observado por meio da introdução de um equipamento (otoscópio) no canal auditivo se há alguma alteração. 2) Avaliação do comportamento auditivo (audiometria): em uma sala com forro acústico nas paredes e tetos para evitar o ruído, será colocado um fone

sobre os seus ouvidos, por meio do qual se ouvirá sons finos e grossos em volumes diferentes. Será orientado a responder a cada som que escutar. 3) Medida da função da orelha média e pesquisa dos reflexos estapediados (imitanciometria): este exame é realizado com a colocação de uma sonda, com ponta de borracha. Será colocada uma pressão de ar e um som fraco para verificar se há boa passagem do som; além disso serão pesquisados os reflexos do músculo estapédio (pequeno músculo do sistema auditivo) por meio da emissão de sons (apitos) fortes e fracos na orelha. 4) Avaliação das estruturas neurológicas do sistema auditivo (potenciais evocados auditivos de troncoencefálico e corticais): esse exame será realizado a partir da inserção de um fone de ouvido que emitirá um estímulo/som que provocará a geração do Potencial Evocado Auditivo que será captado através de eletrodos fixados como adesivo na testa, nuca e atrás das orelhas.

- Além dos exames audiológicos citados acima, será realizado um teste de Avaliação Cognitiva Montreal (MoCA) que consiste na realização de algumas perguntas e tarefas simples que envolve memória, atenção e concentração, com duração de aproximadamente 10 min.
- O presente estudo apresenta como risco ao participante possível reação alérgica aos produtos utilizados no ato da limpeza para colocação dos eletrodos, fato que irá depender da sensibilidade da pele de cada indivíduo. Para minimizar o possível risco as pesquisadoras comprometem-se a utilizar produtos hipoalergênicos durante a realização dos exames. Além disso a pesquisa pode gerar discreto desconforto ou algum tipo de constrangimento pelo fato de estar sendo submetido a avaliações, como também pelo tempo que investirá para participar

do estudo, além da expectativa acerca do resultado. Estes riscos serão minimizados uma vez as avaliações serão realizadas individualmente, em ambiente reservado e por profissionais qualificados.

- Os resultados da pesquisa poderão servir de base para auxiliar os trabalhos de fonoaudiólogos, e favorecer a compreensão dos processos fisiológicos envolvidos na audição, o que facilitará a definição de políticas públicas para a prevenção, acompanhamento e intervenção, permitindo o aprimoramento dos testes de diagnóstico e planejamento terapêutico que facilitem a compreensão da fala no ruído. O(a) Sr(a) receberá todas as explicações necessárias sobre os resultados.
- A participação na pesquisa não acarretará gasto para O(a) Sr(a) , sendo totalmente gratuita. Haverá devolutiva acerca dos resultados dos testes realizados durante o processo de coleta. A pesquisadora se compromete a comunicar quaisquer comprometimentos encontrados. As informações obtidas por meio do estudo poderão ser importantes para descoberta de novas condutas com referência ao conhecimento da fisiologia do sistema auditivo.
- As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do(a) voluntário (a). Os dados coletados nesta pesquisa, ficarão armazenados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade de MÔNICA FERREIRA BORGES ROCHA, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

O (a) senhor (a) não pagará nada para participar desta pesquisa, também não receberá nenhum pagamento para a sua participação, pois é voluntária. Fica também garantida

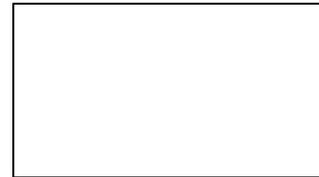
indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação do voluntário/a na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial.

Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE que está no endereço: **Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br.**

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **“EFEITO DO PÓS-MASCARAMENTO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS COM ESTÍMULO DE FALA”**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.



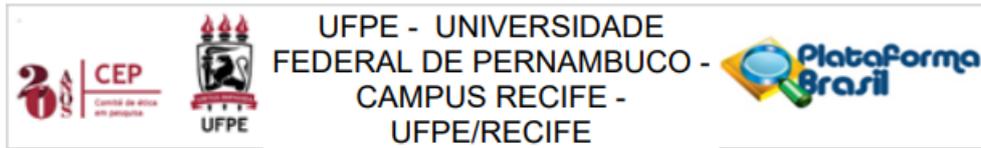
Recife-PE _____ de _____ de _____

Assinatura do participante: _____ Impressão digital (Opcional)

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):	
Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

ANEXOS

ANEXO A- PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DO PÓS-MASCARAMENTO NOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS CORTICAIS COM ESTÍMULO DE FALA

Pesquisador: MONYKA FERREIRA BORGES ROCHA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 16769119.4.0000.5208

Instituição Proponente: Departamento de Fonoaudiologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

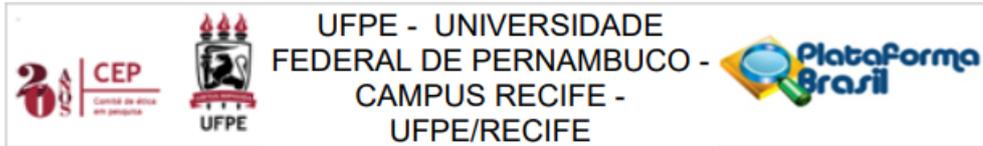
DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.555.712

Apresentação do Projeto:

O projeto intitulado "Efeito do pós-mascaramento nos potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala" será realizado pela mestrandia Mônia Ferreira Borges do Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação sob orientação da professora Karina Paes Advíncula. Tem por objetivo estudar se há modificação no reconhecimento de fala no ruído, mesmo após este ter cessado, utilizando o teste audiológico por nome de Potencial Evocado Auditivo Cortical (PEAC). Quando o sinal sonoro, ou sinal de fala acontece após o sinal mascarador, este fenômeno é chamado "forward masking", também foi traduzido pela literatura brasileira por "pós-mascaramento" (ADVÍNCULA et al. 2018) que pode ser considerado como um efeito de permanência do mascaramento (GROSE et al, 2016). A pesquisa ocorrerá no laboratório de Audiologia do Departamento de Fonoaudiologia com 23 participantes, entre 18 e 75 anos de idade. Os participantes serão submetidos ao(s) seguinte(s) procedimentos de avaliação auditiva: 1) Meatoscopia; 2) Avaliação do comportamento auditivo (audiometria); 3) Medida da função da orelha média e pesquisa dos reflexos estapediados (imitanciométrica); 4) Avaliação das estruturas neurológicas do sistema auditivo (potenciais evocados auditivos de tronco encefálico e corticais). Os potenciais auditivos serão realizados a partir da inserção de um fone de ouvido que emitirá um estímulo/som que provocará a geração do potencial evocado auditivo que será captado através de eletrodos fixados como adesivo na testa, nuca e atrás das orelhas. Além dos exames audiológicos

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.555.712

citados acima, será realizado um teste de Avaliação Cognitiva Montreal (MoCA) que consiste na realização de algumas perguntas e tarefas simples que envolve memória, atenção e concentração.

Objetivo da Pesquisa:

Geral: Analisar o efeito do pós-mascaramento no Potencial Evocado Auditivo Cortical (PEAC) com estímulo de fala.

Específicos:

- Analisar latências, amplitudes, e área do complexo P1 N1 P2 das respostas do exame do PEAC com estímulo de fala, sem presença de ruído.
- Analisar latências, amplitudes, e área do complexo P1 N1 P2 das respostas do exame do PEAC com estímulo de fala, com a presença de ruído.
- Comparar os resultados dos registros obtidos com PEAC de fala com e sem a presença de ruído.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

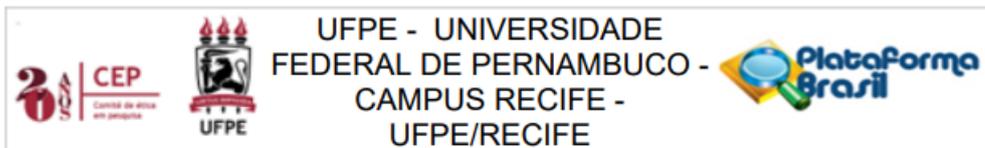
O presente estudo apresenta como risco ao participante possível reação alérgica aos produtos utilizados no ato da limpeza para colocação dos eletrodos, fato que irá depender da sensibilidade da pele de cada indivíduo. Para minimizar o possível risco as pesquisadoras comprometem-se a utilizar produtos hipoalergênicos durante a realização dos exames. Além disso a pesquisa pode gerar discreto desconforto ou algum tipo de constrangimento pelo fato de estar sendo submetido a avaliações, como também pelo tempo que investirá para participar do estudo, além da expectativa acerca do resultado. Estes riscos serão minimizados uma vez as avaliações serão realizadas individualmente, em ambiente reservado e por profissionais qualificados.

Os resultados da pesquisa poderão servir de base para auxiliar os trabalhos de fonoaudiólogos, e favorecer a compreensão dos processos fisiológicos envolvidos na audição, o que facilitará a definição de políticas públicas para a prevenção, acompanhamento e intervenção, permitindo o aprimoramento dos testes de diagnóstico e planejamento terapêutico que facilitem a compreensão da fala no ruído.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa apresenta coerência entre problema de pesquisa objetivos e métodos empregados. Como justificativa as pesquisadoras mencionam que conhecer o comportamento das medidas de potenciais eletrofisiológicos corticais diante do pós-mascaramento com estímulo de

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.555.712

fala em indivíduos normo-ouvintes é importante para que se possam estabelecer parâmetros fidedignos para análise do reconhecimento de fala no ruído. Tais achados poderão permitir o aprimoramento dos testes de diagnóstico e planejamento terapêutico que facilitem a compreensão da fala no ruído.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os pesquisadores apresentaram os seguintes termos e/ou documentos exigidos pela Resolução 466/12:

- Carta de anuência assinada pela sub-chefe do departamento de Fonoaudiologia.
- Folha de rosto assinada pela coordenadora do Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana.
- Termo de compromisso e confidencialidade assinado pela pesquisadora principal.
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
- Currículos das pesquisadoras envolvidas.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

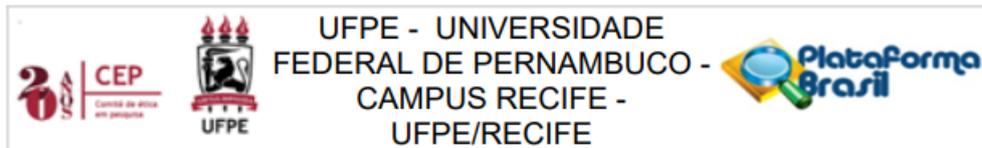
O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio da Notificação com o Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética, relatórios parciais das atividades

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.555.712

desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

O CEP/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1391009.pdf	04/07/2019 09:11:41		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	04/07/2019 09:11:06	MONYKA FERREIRA BORGES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MONYKABORGES.doc	04/07/2019 09:10:37	MONYKA FERREIRA BORGES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto.pdf	03/07/2019 09:43:48	MONYKA FERREIRA BORGES	Aceito
Outros	Declaracao_matricula.pdf	02/07/2019 18:12:24	MONYKA FERREIRA BORGES	Aceito
Outros	Termo_confidencialidade.pdf	02/07/2019 18:10:47	MONYKA FERREIRA BORGES	Aceito
Outros	Curriculo_lattes_KARINA.pdf	02/07/2019 18:09:45	MONYKA FERREIRA BORGES	Aceito
Outros	Curriculo_lattes_MONYKA.pdf	02/07/2019 18:09:04	MONYKA FERREIRA BORGES	Aceito
Outros	cartadeanuencia.pdf	02/07/2019 18:07:48	MONYKA FERREIRA BORGES	Aceito

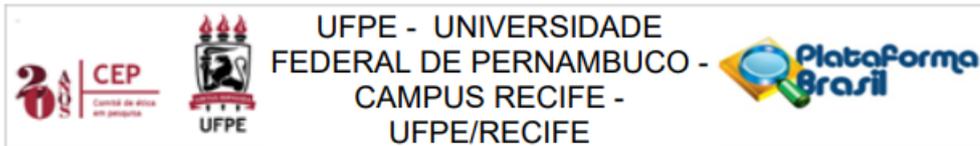
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.555.712

RECIFE, 05 de Setembro de 2019

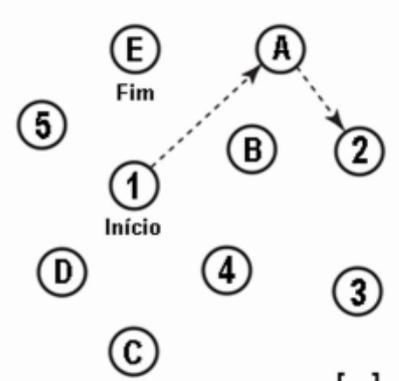
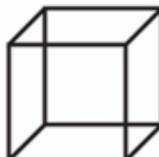
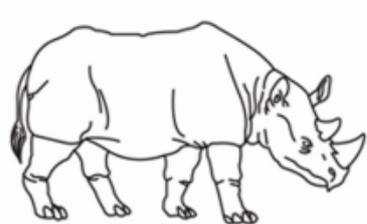
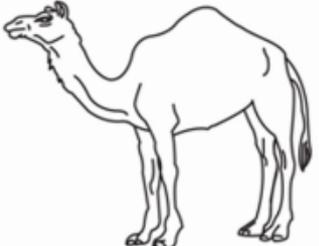
Assinado por:
Gisele Cristina Sena da Silva Pinho
(Coordenador(a))

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

ANEXO B – AVALIAÇÃO COGNITIVA MONTREAL - MOCA

MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)
Versão Experimental Brasileira

Nome: _____ Data de nascimento: ____/____/____
Escolaridade: _____ Data de avaliação: ____/____/____
Sexo: _____ Idade: _____

VISUOESPACIAL / EXECUTIVA							Pontos														
	 <p>Copiar o cubo</p>	Desenhar um RELÓGIO (onze horas e dez minutos) (3 pontos)																			
[]	[]	[]	[]	[]	[]	_/5															
NOMEAÇÃO																					
			[]	[]	[]	_/3															
MEMÓRIA	Leia a lista de palavras, O sujeito de repeti-la, faça duas tentativas Evocar após 5 minutos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Rosto</th> <th>Veludo</th> <th>Igreja</th> <th>Margarida</th> <th>Vermelho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1ª tentativa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2ª tentativa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho	1ª tentativa						2ª tentativa						Sem Pontuação
	Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho																
1ª tentativa																					
2ª tentativa																					
ATENÇÃO	Leia a seqüência de números (1 número por segundo)	O sujeito deve repetir a seqüência em ordem direta [] 2 1 8 5 4 O sujeito deve repetir a seqüência em ordem indireta [] 7 4 2	_/2																		
Leia a série de letras. O sujeito deve bater com a mão (na mesa) cada vez que ouvir a letra "A". Não se atribuem pontos se ≥ 2 erros.		[] F B A C M N A A J K L B A F A K D E A A A J A M O F A A B	_/1																		
Subtração de 7 começando pelo 100		[] 93 [] 86 [] 79 [] 72 [] 65	_/3																		
4 ou 5 subtrações corretas: 3 pontos; 2 ou 3 corretas 2 pontos; 1 correta 1 ponto; 0 correta 0 ponto																					
LINGUAGEM	Repetir: Eu somente sei que é João quem será ajudado hoje. []	O gato sempre se esconde embaixo do Sofá quando o cachorro está na sala. []	_/2																		
Fluência verbal: dizer o maior número possível de palavras que comecem pela letra F (1 minuto). [] _____ (N ≥ 11 palavras)		_/1																			
ABSTRAÇÃO	Semelhança p. ex. entre banana e laranja = fruta [] trem - bicicleta [] relógio - régua					_/2															
EVOCAÇÃO TARDIA	Deve recordar as palavras SEM PISTAS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Rosto</th> <th>Veludo</th> <th>Igreja</th> <th>Margarida</th> <th>Vermelho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> </tbody> </table>	Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho	[]	[]	[]	[]	[]	Pontuação apenas para evocação SEM PISTAS		_/5						
Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho																	
[]	[]	[]	[]	[]																	
OPCIONAL	Pista de categoria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Rosto</th> <th>Veludo</th> <th>Igreja</th> <th>Margarida</th> <th>Vermelho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho														
Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho																	
Pista de múltipla escolha																					
ORIENTAÇÃO	[] Dia do mês [] Mês [] Ano [] Dia da semana [] Lugar [] Cidade					_/6															
© Z. Nasreddine MD www.mocatest.org Versão experimental Brasileira: Ana Luisa Rosas Sarmiento Paulo Henrique Ferreira Bertolucci - José Roberto Wajman																					
TOTAL Adicionar 1 pt se ≤ 12 anos de escolaridade					_/30																

Avaliação Cognitiva Montreal (Mo CA)

Aplicação e Instruções para Pontuação

A Avaliação Cognitiva Montreal (MoCA) foi desenvolvida como um instrumento breve de rastreio para deficiência cognitiva leve. O mesmo acessa diferentes domínios cognitivos: Atenção e concentração, funções executivas, memória, linguagem, habilidades viso-construtivas, conceituação, cálculo e orientação. O tempo de aplicação do MoCA é de aproximadamente 10 minutos. O escore total é de 30 pontos; sendo o escore de 26 ou mais considerado normal.

1. Alternância de trilha

Aplicação: O examinador instrui o sujeito : “ *Por favor, desenhe uma linha indo de um número para uma letra em ordem ascendente. Comece aqui {aponte para (1)} e desenhe uma linha de 1 para A, daí para 2 e assim por diante. Termine aqui {aponte para (E)}.* ”

Pontuação: Atribua 1 ponto se o sujeito desenhar satisfatoriamente o seguinte padrão 1-A-2-B-3-C-4-D-5-E, sem desenhar nenhuma linha que ultrapasse o alvo. Qualquer erro que não for imediatamente auto-corrigido, recebe 0 de pontuação.

2. Habilidades Viso-Construtivas (Cubo)

Aplicação: O examinador dá as seguintes instruções, apontando para o cubo: “*Copie este desenho o mais precisamente que você puder, no espaço abaixo*”

Pontuação: Um ponto é atribuído para a execução correta do desenho.

- O desenho deve ser tridimensional
- Todas as linhas são desenhadas
- Nenhuma linha é adicionada
- As linhas são relativamente paralelas e seu comprimento é semelhante (prismas retangulares são aceitos).

O ponto não é atribuído se algum dos critérios acima não for atingido.

3. Habilidades Viso-Construtivas (Relógio)

Aplicação: Indique o terceiro espaço à direita e dê as seguintes instruções: “*Desenhe um relógio. Coloque todos os números e marque a hora 11:10*”

Pontuação: Um ponto é atribuído para cada um dos três critérios a seguir:

- Contorno (1 ponto): o mostrador do relógio deve ser um círculo somente com uma mínima distorção aceitável (ex:discreta imperfeição ao fechar o círculo);
- Números (1 ponto): todos os números do relógio devem estar na ordem correta e localizados em quadrantes aproximados no mostrador do relógio; números romanos são aceitos; os números podem ser colocados do lado de fora do contorno do círculo.
- Ponteiros (1 ponto): devem haver 2 ponteiros indicando a hora correta; o ponteiro das horas deve ser claramente menor do que o ponteiro dos minutos;os ponteiros devem estar centralizados no mostrador do relógio com sua junção no centro do relógio.

O ponto não é atribuído se algum dos critérios acima não for atingido.

4 . Nomeação

Aplicação: Começando à esquerda, aponte para cada figura e diga :“*Me diga o nome desse animal*”

Pontuação: Cada ponto é dado para as seguintes respostas: (1) camelo ou dromedário, (2) leão, (3) rinoceronte

5 . Memória

Aplicação: O examinador lê uma lista de palavras no intervalo de uma por segundo dando as seguintes instruções:“*Este é um teste de memória. Eu li uma lista de palavras que você deverá lembrar-se agora e mais tarde.Ouçã com atenção.Quando eu terminar, me diga todas as palavras que você puder lembrar. Não importa a ordem que você as diga.*” Marque no espaço reservado para cada palavra o desempenho do sujeito na primeira tentativa. Quando o sujeito indicar que terminou (lembrou-se de todas as palavras),ou que não se lembra de mais nenhuma palavra,leia a lista pela segunda vez com as seguintes instruções:“*Eu li a mesma lista pela segunda vez. Tente se lembrar e me diga todas as palavras que você puder, incluindo palavras ditas da primeira vez.*” Marque no espaço reservado para cada palavra o desempenho do sujeito na segunda tentativa. Ao final da segunda tentativa, informe o sujeito que lhe será pedido para resgatar essas palavras novamente,dizendo:“*Eu lhe pedirei para resgatar essas palavras novamente no final do teste.*”

Pontuação: Não são dados pontos para as tentativas 1 e 2.

6 . Atenção

Span de dígitos direto

Aplicação: Dê as seguintes instruções :“*Eu lhe direi alguns números e quando eu terminar, me repita na ordem exata que eu os disse.*” Leia a seqüência de 5 números no intervalo de um dígito por segundo.

Span de dígitos indireto

Aplicação: Dê as seguintes instruções :“*Agora eu lhe direi mais alguns números porém, quando eu terminar você deverá repeti-los para mim na ordem inversa.*” Leia a seqüência de 3 números no intervalo de um dígito por segundo.

Pontuação: Atribua um ponto para cada seqüência repetida corretamente, (N.B.:A resposta correta para a tentativa inversa é 2-4-7).

Vigilância

Aplicação: O examinador lê a lista de letras no intervalo de uma por segundo, após dar as seguintes instruções: “*Eu li uma seqüência de letras. Toda a vez que eu disser a letra A, bata a mão uma vez. Se eu disser uma letra diferente, não bata a sua mão.*”

Pontuação: Dê um ponto se houver de zero a um erro (um erro é uma batida na letra errada ou uma falha na batida da letra A).

Sete Seriado

Aplicação: O examinador dá as seguintes instruções: “*Agora eu lhe pedirei para que você subtraia sete a partir de 100, e então siga subtraindo sete da sua resposta até eu lhe disser que pare.*” Dê esta instrução 2 vezes se necessário.

Pontuação: Este item é pontuado com 3 pontos. Não atribua ponto (0) para uma subtração incorreta, 1 ponto para uma subtração correta, 2 pontos para duas a três

subtrações corretas e 3 pontos se o participante fizer com sucesso quatro ou cinco subtrações corretas. Conte cada subtração correta de 7, começando de 100. Cada subtração é avaliada independentemente; ou seja, se o participante responde com número incorreto mas continua a subtrair corretamente 7 daquele número, dê um ponto para cada subtração correta. Por exemplo, o participante pode responder “92-85-78-71-64” quando o 92 é incorreto, mas todos os números subsequentes são subtraídos corretamente. Este é um erro e o item deve receber a pontuação de 3.

7 . Replicação de sentença

Aplicação: O examinador dá as seguintes instruções: *“Eu vou ler uma sentença para você. Repita depois de mim, exatamente como eu disser: Eu somente sei que João é quem será ajudado hoje.”* Após a resposta, diga: *“Agora eu vou ler outra sentença. Repita-a depois de mim, exatamente como eu disser[pausa]: o gato sempre se esconde debaixo do sofá quando o cachorro está na sala.”*

Pontuação: Atribua 1 ponto para cada sentença repetida corretamente. A repetição deve ser exata. Esteja atento para erros que são omissões (omitir “somente”, “sempre”) e substituições/adições (“João é quem ajudou hoje”)

8 . Fluência Verbal

Aplicação: O examinador dá a seguinte instrução: *“Diga-me quantas palavras você puder pensar que comecem com uma certa letra do alfabeto que eu lhe direi em um minuto. Você pode dizer qualquer tipo de palavra que quiser, exceto nomes próprios (como Beto ou Bauru), números, ou palavras que começam com os mesmos sons porém com diferente sufixo, por exemplo, amor, amante, amando. Eu direi para parar após 1 minuto. Você está pronto?[pausa] Agora, me diga quantas palavras você pode pensar que começam com a letra F.[tempo de 60 segundos]. Pare”.*

Pontuação: Atribua 1 ponto se o sujeito gerar 11 palavras ou mais em 60 segundos. Grave a resposta do sujeito no espaço ou ao lado.

9 . Abstração

Aplicação: O examinador pede ao sujeito que explique o que cada par de palavras tem em comum, começando com o exemplo: *“Diga-me em que uma laranja e uma banana são parecidas”*. Se o sujeito responde de maneira concreta, então somente diga uma vez adicional: *“Me diga de outra forma em que estes 2 itens são parecidos”*. Se o sujeito não der a resposta apropriada (fruta), diga, *“sim, e elas são ambas frutas”* não dê nenhuma outra instrução ou esclarecimento.

Após o ensaio, diga: *“Agora me diga em que um trem e uma bicicleta são parecidos”*.

Após a resposta, aplique a segunda tentativa dizendo: *“Agora me diga em que uma régua e um relógio são parecidos”*. Não dê nenhuma instrução adicional ou dica.

Pontuação: Somente os últimos pares de itens são pontuados. Dê 1 ponto para cada par de itens corretamente respondidos. As seguintes respostas são aceitas; trem-bicicleta=meios de transporte, meios de viajar, você viaja em ambos; régua-relógio=instrumentos de medida, usados para medir. As seguintes respostas não são aceitas: trem-bicicleta=eles têm rodas; régua-relógio=eles têm números.

10 . Evocação Tardia

Aplicação: O examinador dá as seguintes instruções: *“Anteriormente eu li algumas palavras para você, as quais eu pedi que você se lembrasse. Me diga quantas dessas*

palavras você pode lembrar.” Faça uma marca (✓) para cada uma das palavras lembradas corretamente espontaneamente sem nenhuma pista, no espaço alocado.

Pontuação: Atribua 1 ponto para cada palavra lembrada livremente sem nenhuma pista.

Opcional

Após a tentativa de evocação livre, dê dicas para o sujeito com a lista de categoria semântica abaixo para qualquer palavra não lembrada. Faça uma marca(✓) no espaço alocado. Se o sujeito lembrar da palavra com a ajuda da categoria ou da pista de múltipla escolha, dê dica para todas as palavras não lembradas dessa maneira. Se o sujeito não lembrar da palavra após a pista da categoria, dê a ele a tentativa de múltipla escolha, usando a seguinte instrução como exemplo, “Qual das seguintes palavras você acha que era, nariz, rosto ou mão?”

Use a seguinte categoria e/ou pista de múltipla escolha para cada palavra, quando apropriado:

ROSTO	pista de categoria: parte do corpo	múltipla escolha: nariz, rosto, mão
VELUDO	pista de categoria: tipo de tecido	múltipla escolha: jeans, algodão, veludo
IGREJA	pista de categoria: tipo de construção	múltipla escolha: igreja, escola, hospital
MARGARIDA	pista de categoria: tipo de flor	múltipla escolha: rosa, margarida, tulipa
VERMELHO	pista de categoria: uma cor	múltipla escolha: vermelho, azul, verde

Pontuação: Não são atribuídos pontos para palavras lembradas com pista. A pista é usada somente como proposta para informação clínica e pode dar ao avaliador do teste informação adicional sobre o tipo de distúrbio de memória. Para déficits de memória com falha de resgate, o desempenho pode ser melhorado com a pista. Para déficits de memória com falha de registro, o desempenho não melhora com a pista.

11 . Orientação

Aplicação: O examinador dá as seguintes instruções: “*Diga-me a data de hoje*”. Se o sujeito não der a resposta correta, então diga imediatamente: “*Me diga [o ano, mês, data exata e o dia da semana]*”. Então diga: “*Agora me diga o nome deste lugar e em que cidade fica*”.

Pontuação: Atribua 1 ponto para cada item corretamente respondido. O sujeito deve dizer a data e local exatos (nome do hospital, setor, consultório). Não são atribuídos pontos se o sujeito comete erro de um dia para outro dia e a data.

Resultado Total : some todos os resultados listados à margem direita. Adicione 1 ponto para o indivíduo que possui 12 anos de escolaridade formal ou menos para um máximo possível de 30 pontos. O resultado total final de 26 ou acima é considerado normal.

ANEXO C – ARTIGO PUBLICADO (2022)

Brazilian Journal of Otorhinolaryngology 2022;88(S3):S59-S65


 Brazilian Journal of
OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org



ORIGINAL ARTICLE

The effect of noise on the amplitude and morphology of cortical auditory evoked potentials


Danielle Samara Bandeira Duarte ^{a,*}, Silvana Maria Sobral Griz ^b,
 Mônia Ferreira Borges Rocha ^c, Diana Babini Lapa de Albuquerque Britto ^d,
 Denise Costa Menezes ^b, Karina Paes Advíncula ^b

^a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brazil^b Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Departamento de Fonoaudiologia e Programa de Pós-Graduação em Saúde da Comunicação Humana, Recife, PE, Brazil^c Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, AL, Brazil^d Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Departamento de Fonoaudiologia, Recife, PE, Brazil

Received 4 July 2021; accepted 10 November 2021
 Available online 7 December 2021

HIGHLIGHTS

- The presence of masking noise interferes with latency and amplitude measurements of Cortical Auditory Evoked Potentials.
- Presence of forward masking phenomenon during the measurements in the masking noise presentation condition before the speech stimulus.
- Greater presence of forward masking phenomenon in the elderly group.

KEYWORDS

Electrophysiology;
 Auditory evoked potentials;
 Speech perception;
 Aging;
 Hearing

Abstract

Objective: To analyze the effect of noise on electrophysiological measurements (P1-N1-P2 complex) of cortical auditory evoked potentials in normal hearing individuals of different ages. **Methods:** The inclusion criteria for the study were young individuals, adults and elderly, aged 18–75 years, with auditory thresholds up to 25 dB. Participants were separated according to their age group: G1 (18–25 years old), G2 (31–59 years old) and G3 (60–75 years old). Cortical auditory evoked potentials were elicited with synthetic speech stimulus /da/ presented in two conditions: without masking and with masking (Delta-t 64 ms). The results were expressed and analyzed using statistical measures.

* Corresponding author.

E-mail: daniellesamaraduarte@hotmail.com (D.S. Duarte).

Peer Review under the responsibility of Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

<https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2021.11.006>

1808-8694/© 2021 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Results: High latencies and reduced amplitudes were observed in the Delta-t 64 ms condition, in all age groups. There were significant differences between the groups, both in P1 latencies for the two conditions and in N1 latencies in the Delta-t 64 ms condition. P1 latencies in the condition without masking were lower in G1 and P1 and N1 latencies in the Delta-t 64 ms condition were higher in G3. The described results show the influence of noise on cortical responses in all age groups, with G3 being the most affected by the masking presentation.

Conclusion: The latency and amplitude measurements vary according to the stimulus presentation condition and age group. The forward masking phenomenon occurred with greater precision in G3.

Level of evidence: (2c).

© 2021 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction

The integration of the Peripheral Auditory System (PAS) and the Central Auditory Nervous System (CANS) makes it possible to detect, discriminate, recognize and understand sound stimuli. For speech recognition, the systems receive combinations of cues, such as: intensity, phoneme frequency range, prosody, familiarity with acoustic signal timing and linguistic context.^{1,2}

To successfully process these cues, the auditory system must be able to focus attention on the speech signal only, ignoring the noisy signals from the environment. Competitive noise is very common in the everyday lives of listeners and can make it difficult to understand the speech during a conversation.³

In the presence of different types of noise, speech detection thresholds can be increased. The modulation in noise intensity and frequency helps in speech understanding, due to the increase in the signal-to-noise ratio caused by the reduction in masking intensity levels at the time of minimum modulation. Therefore, the individual starts to hear the target sound exactly at the moment of minimum modulation, when the masking noise is at its weakest intensity, obtaining enough information to perform target sound detection and decoding. This phenomenon is called Modulation Masking Release (MMR).^{4,5}

With advancing age, individuals can progressively lose the ability to detect speech in the presence of competitive noise (even in the presence of modulated noise). That is, the elderly have lower MMR when compared to younger listeners.^{5,6}

Several factors must be considered for the reduction of MMR in senescence, such as: decreased audibility, reduced processing of speech redundancy and reduced temporal masking. Even with auditory thresholds considered within the normal range,⁷ elderly individuals have difficulty in detecting the speech signal in the presence of modulated noise. This failure is thought to be caused by one of the characteristics of temporal masking, more specifically, the forward masking phenomenon.⁵

Temporal masking is understood as the change in the sound detection threshold caused by the presence of another sound (masking noise). The noise can be presented before

(forward masking), after (backward masking) or concomitantly with the target sound (simultaneous masking). The presentation of noise prior to the target sound triggers the forward masking phenomenon, characterized by the interference of the masking sound in the target sound detection, even after its physical presence is reduced or ended. This phenomenon is elicited through specific methodologies during the performance of long latency auditory evoked potentials, also called Cortical Auditory Evoked Potentials (CAEPs).⁵ The hypothesis is that this phenomenon occurs because the hair cells, previously stimulated by the masking noise, have not fully recovered their resting sensitivity. Thus, the processing of the target sound, presented after the masking sound, may be impaired.⁶

The reduced MMR in the elderly can occur due to the increase in the magnitude of the temporal masking, decreasing the capacity of the elderly auditory system to capture the acoustic cues in the temporal spaces when there is a reduction in the intensity of modulated noise, when compared to younger listeners.⁵

The cortical auditory evoked potentials are efficient electrophysiological responses in the analysis of neurophysiological changes in the central auditory nervous system, being used in MMR screening and can be applied in the post-masking investigation. Bioelectrical activities from acoustic stimulation in the thalamocortical regions generate a P1-N1-P2 wave complex, allowing the study of the central auditory function. These potentials are considered to be exogenous, that is, they do not need the individual's attention to be elicited.⁸⁻¹⁰

Considering the importance of further studies on post-masking in electrophysiological measurements, this study allows us to understand this phenomenon for auditory cortical processes in senescence. Moreover, it may contribute to the measurement of electrophysiological markers for the normal hearing population,⁷ in different age groups, which can be used as the basis for further research involving CANS alterations.

This study aimed to analyze the effect of noise on electrophysiological measurements (P1-N1-P2 complex) of CAEPs in normal-hearing young adults, adults and the elderly.

Methods

This is an analytical, observational and cross-sectional study, approved by the Research Ethics Committee, under Opinion number 3,555,712.

The inclusion criteria for the research comprised: young adult (18–30 years old), adult (31–59 years old) and elderly (60–75 years old) participants, with hearing thresholds in the frequencies of 500 Hz, 1000 Hz and 2000 Hz, lower or equal at 25 dB HL,⁷ excluding individuals with a history of neurological and/or psychiatric diseases, cognitive deficits, individuals with inner ear alterations, malformations of the ear pinna and external auditory canal that would make it impossible to perform the CAEP exam.

The individuals were divided into three groups: G1 (10 young adults), G2 (10 adults) and G3 (10 elderly individuals). All participants received information regarding the collection objectives and procedures and signed the Free and Informed Consent Form (FICF) in duplicate, after agreeing to participate in the study. Next, the pre-collection exams were scheduled to meet the research eligibility criteria. Detailed audiological history, basic audiological examinations (external auditory canal inspection, tonal and vocal audiometry, and immitance audiometry) and the Montreal Cognitive Assessment test – MoCA were performed.¹¹

Alterations in the external and/or middle ear were investigated through the immitance audiometry test, being considered normal in the presence of a type A tympanometry curve and the presence of ipsilateral and contralateral reflexes.^{12,13} In the pure tone audiometry exam, the thresholds were obtained for the frequencies between 250 Hz and 8000 Hz, including 3000 Hz and 6000 Hz, in both ears. In the MoCA test, a score equal to or greater than 26 points, described in the test, was considered a normal result.¹¹

For the CAEP examination, the Speech Shaped Noise (SSN) was used, with an intensity of 80 dBHL and 365 ms in duration. The synthetic speech stimulus /da/ was used because it is a universal syllable and elicits clearer and more replicable responses.¹⁴ The stimulus was presented with an intensity of 75 dB SPL with a loading time of 10 ms, 59.05 ms of plateau duration and a recovery time of 10 ms. The acquisition parameters used were: 1 Hz high-pass filter and 30 Hz low-pass filter; 800 ms window, minimum of 100 presented stimuli and two trace reproductions; and a presentation rate of 0.7 s. The noise was created in the Laboratory of Hearing Sciences of University of North Carolina at Chapel Hill, USA, and the speech stimulus /da/ used in the study was created by Nina Kraus.

The individuals underwent the CAEP test utilizing the Intelligent Hearing Systems – IHS, model Opti-Amp 8008 equipment. The speech stimulus /da/ and the masking noise were presented monaurally in the right ear, through an insertion earphone (ER3).

To perform the exam, the participant was positioned in a reclining chair inside an acoustically treated booth, concentrating on some abstract activity to divert their attention from the auditory stimulus. The participants were instructed not to sleep during the exam. The skin was cleaned with 70% alcohol and NuPrep[®] abrasive gel. Subsequently, electrodes were applied according to the following configurations: two reference electrodes with negative polarity were placed on the region of the right (A2) and left (A1) earlobes; a pos-

itive polarity electrode was placed at the vertex (Cz) and the ground electrode was placed at the lower frontal region (Fpz). The impedance was $\leq 5 \text{ k}\Omega$.

The forward masking phenomenon analysis was carried out under two conditions: (1) CAEP with speech stimulus /da/ without the presence of masking noise (without masking) and (2) CAEP with masking noise presented 64 ms before the speech stimulus /da/ (Delta-t 64 ms). To capture the Delta-t 64 ms condition, the noise was presented at time 0 ms, with a duration of 365 ms, an interval of 64 ms until the presentation of the synthetic speech stimulus at around 429 ms. The objective of this step was to evaluate the presence or absence of forward masking phenomenon using the measurement of the P1-N1-P2 complex response of the CAEP.

Latencies (in milliseconds – ms) and amplitudes (in microvolts – μV), as well as the morphology of the P1, N1, P2 waves were analyzed for both conditions. In the condition without masking, the P1 component was considered the most robust first positive cortical wave around 50 ms and in the Delta-t 64 ms condition, the P1 component was observed around 250 ms, considering the masking noise presentation time between –100 ms and 200 ms. Wave N1 was analyzed as the valley subsequent to wave P1, with greater negativity. P2 was identified as the most robust positive wave after wave N1.

The results were descriptively analyzed through frequencies in categorical variables and through means with standard deviation (mean \pm SD), median and 25th and 75th percentiles (median (median (P25; P75))) for numerical variables. For the comparison of latencies between conditions without masking and Delta-t 64 ms, Student's paired *t* test or Wilcoxon paired test and F (ANOVA) or Kruskal-Wallis tests were used in the comparison between age groups. In case of significant differences, in the F (ANOVA) test, Tukey or Tamhane multiple comparison tests (between pairs) were used. When the difference was recorded by the Kruskal-Wallis test, Conover comparisons were performed. The choice of the paired Student's *t* test and F (ANOVA) occurred in the situations in which the data showed normal distribution and the Wilcoxon paired and Kruskal-Wallis tests were used in the case of rejection of normality. The choice of Tukey comparisons occurred when an equality of variance was verified, and Tamhane was chosen when there was rejection of the equality of variances. The verification of normality and equality of variances were respectively performed by Shapiro-Wilk and Levene's F tests.

The margin of error used in the choice of the statistical tests was 5%. Data were entered into an Excel spreadsheet and the programs used to perform the statistical calculations were IBM SPSS, version 25.0 and MEDCALC version 19.2.6.

Results

Of the total number of participants, 10 were from the group of young adults aged between 20 and 26 years, 10 from the group of adults aged from 35 to 38 years and 10 from the elderly group, aged 61–75 years. Twenty-five of the participants were females (63.3%) and 5 were males (16.7%).

Table 1 shows that, although all participants had their hearing thresholds in the frequencies of 500 Hz, 1000 Hz and 2000 Hz within the normal range (up to 25 dBHL),⁷ the

Table 1 Description of the mean, standard deviation and median of the participants' hearing thresholds.

Frequency	Young adult group	Adult group	Elderly group	p Value
	Mean \pm SD Median (P25; P75)	Mean \pm SD Median (P25; P75)	Mean \pm SD Median (P25; P75)	
250 Hz	17.50 \pm 4.25 17.50 (15.00; 20.00)	17.00 \pm 2.58 15.00 (15.00; 20.00)	22.50 \pm 3.54 25.00 (20.00; 25.00)	$p^a = 0.006^b$
500 Hz	18.00 \pm 4.22 20.00 (15.00; 20.00)	16.50 \pm 4.74 15.00 (13.75; 20.00)	21.50 \pm 3.37 20.00 (20.00; 25.00)	$p^a = 0.039^b$
1000 Hz	18.50 \pm 4.12 20.00 (15.00; 20.00)	16.00 \pm 3.94 15.00 (13.75; 20.00)	19.50 \pm 3.69 20.00 (15.00; 21.25)	$p^a = 0.161$
2000 Hz	16.50 \pm 2.42 15.00 (15.00; 20.00)	16.00 \pm 4.59 17.50 (10.00; 20.00)	19.50 \pm 4.97 20.00 (15.00; 25.00)	$p^a = 0.166$
3000 Hz	19.50 \pm 1.58 20.00 (20.00; 20.00)	18.00 \pm 2.58 20.00 (15.00; 20.00)	21.00 \pm 3.94 20.00 (18.75; 25.00)	$p^a = 0.101$
4000 Hz	17.50 \pm 2.64 17.50 (15.00; 20.00)	18.50 \pm 4.12 20.00 (15.00; 20.00)	23.50 \pm 2.42 25.00 (20.00; 25.00)	$p^a = 0.001^b$
6000 Hz	16.00 \pm 3.94 15.00 (13.75; 20.00)	17.00 \pm 3.37 15.00 (13.75; 21.25)	30.00 \pm 12.02 25.00 (23.75; 37.50)	$p^a = 0.002^b$
8000 Hz	15.50 \pm 3.69 ^(A) 15.00 (13.75; 20.00)	16.00 \pm 3.94 ^(A) 15.00 (13.75; 20.00)	37.50 \pm 18.45 ^(B) 30.00 (20.00; 60.00)	$p^a < 0.001^b$

SD, standard deviation.

^a Kruskal Wallis test with Conover's all-pairs comparison.^b Significant difference at the 5.0% level.

elderly group had higher thresholds when compared to the other groups.

Tables 2 and 3 show the results of latencies and amplitudes of the P1-N1-P2 complex. An increase in latencies and a decrease in amplitude were observed in the condition of Delta-t 64 ms when compared to the condition without masking. There was a significant difference between the groups for the P1 component latency, in the condition without masking and Delta-t 64 ms, and for the N1 component latency, in the Delta-t 64 ms condition. It was verified that the P1 component latency in the condition without masking was significantly lower in the young adult group and the P1 and N1 component latency in the Delta-t 64 ms condition was higher in the elderly group. An increase in the latency of all components was observed in both conditions, mainly in the condition of Delta-t 64 ms, as a function of age.

The variability expressed through the standard deviation is reasonably high in the variables: amplitude of the P1 component of young adults in the condition without masking; amplitude of the N1 component of young adults in both conditions; amplitude of the P2 component of young adults and middle-aged individuals in both conditions.

Figs. 1 and 2 show the responses elicited under the two conditions of stimulus presentation, with the two reproductions of the tracing and the indication of the P1-N1-P2 complex.

Discussion

The senescence of the auditory system may explain the fact that the elderly group, even with thresholds considered to be within the normal range,⁷ have higher hearing thresholds than the other two analyzed groups.¹⁵

Considering a previous study of behavioral audiological assessment,⁵ it is possible to observe that the difficulty in discriminating the target sound in the presence of noise may be present even when the peripheral hearing of the elderly individual is within the normal range.⁷ These elderly people have difficulty in discriminating the target sound even when the presented noise is characterized by being modulated, which facilitates the capture of acoustic cues.⁵ Based on the analysis of the latencies of the P1-N1-P2 complex in this study (Table 2), it is possible to observe an agreement between the electrophysiological assessment and the behavioral assessment, showing that the elderly are more influenced by noise than younger adult listeners.

Higher latencies indicate that the arrival of the electrical stimulus to the auditory cortex took longer and, in this case, the presentation of noise before the target sound in the Delta-t 64 ms condition directly influences latencies. This result was already expected and, therefore, the comparison of latencies between the two stimulus presentation conditions is irrelevant for the study of the forward masking phenomenon. The reduced amplitudes in the Delta-t 64 ms condition demonstrate that with the presentation of noise, the cortical responses are expressed at a lower magnitude, characterizing the forward masking phenomenon^{4,16} (Table 2).

The components that showed more significant differences between the groups in their latencies were the P1 components in the two presentation conditions and the N1 component in the Delta-t 64 ms condition. These two initial CAEP components have the primary auditory cortex as possible generators, with the N1 component being an important marker of auditory cortical activity related to auditory decoding and discrimination.¹⁶

With advancing age, individuals become less and less able to regulate afferent sensory information

Table 2 Description of intra-subject and between-group latencies.

Latencies (ms)	Young adult group	Adult group	Elderly group	p Value
	Mean ± SD Median (P25; P75)	Mean ± SD Median (P25; P75)	Mean ± SD Median (P25; P75)	
P1 (without masking)	36.05 ± 0.03 36.05 (36.02; 36.07)	54.40 ± 8.59 52.50 (49.00; 57.75)	55.00 ± 11.34 53.50 (44.75; 65.00)	$p^d < 0.001^{a,b}$
P1 (Delta-t 64 ms)	272.30 ± 55.71 260.00 (236.25; 302.25)	272.80 ± 25.56 273.00 (246.75; 302.50)	323.70 ± 49.27 327.00 (269.00; 365.75)	$p^f = 0.025^{b,c}$
p Value	$p^{(4)} < 0.001^g$	$p^{(4)} < 0.001^g$	$p^{(4)} < 0.001^g$	
N1 (without masking)	96.70 ± 10.48 98.00 (86.75; 104.00)	99.90 ± 14.91 98.50 (86.50; 109.50)	106.30 ± 20.22 98.50 (91.00; 118.00)	$p^e = 0.598$
N1 (Delta-t 64 ms)	321.90 ± 61.05 325.00 (275.50; 357.00)	326.80 ± 33.08 326.50 (305.75; 353.75)	371.30 ± 35.12 357.50 (343.50; 403.50)	$p^e = 0.039^{b,c}$
p Value	$p^{(4)} < 0.001^g$	$p^{(4)} < 0.001^g$	$p^{(4)} < 0.001^g$	
P2 (without masking)	167.40 ± 14.25 173.50 (150.75; 179.00)	181.50 ± 29.01 174.00 (169.25; 200.50)	176.40 ± 22.66 181.00 (152.75; 193.50)	$p^d = 0.388$
P2 (Delta-t 64 ms)	385.50 ± 69.69 391.00 (326.00; 426.50)	398.80 ± 31.96 399.50 (373.00; 427.50)	436.70 ± 38.66 449.50 (405.75; 464.00)	$p^d = 0.074$
p Value	$p^{(4)} < 0.001^g$	$p^{(4)} < 0.001^g$	$p^{(4)} < 0.001^g$	

ms, milliseconds; SD, standard deviation.

^a Statistically significant difference of the means between the young adult and adult groups.

^b Statistically significant difference of the means between the young adult and elderly groups.

^c Statistically significant difference of the means between the adult and elderly groups.

^d F-Test (ANOVA) with Tamhane's multiple comparisons.

^e Kruskal Wallis test with Conover's all-pairs comparison.

^f F-Test (ANOVA) with Tukey's multiple comparisons.

^g Significant difference at the 5.0% level.

Table 3 Description of intra-subject and between-group amplitudes.

Amplitude (μV)	Young adult group	Adult group	Elderly group	p Value
	Mean ± SD Median (P25; P75)	Mean ± SD Median (P25; P75)	Mean ± SD Median (P25; P75)	
P1 (without masking)	4.78 ± 2.69 4.38 (2.99; 5.64)	6.38 ± 2.72 5.17 (4.42; 7.91)	5.85 ± 2.08 5.36 (4.12; 7.81)	$p^a = 0.312$
AP1 (Delta-t 64 ms)	3.69 ± 1.13 3.76 (2.63; 4.73)	3.74 ± 1.62 3.65 (2.64; 4.84)	3.23 ± 2.30 2.14 (1.71; 5.00)	$p^a = 0.520$
p Value	$p^{(5)} = 0.275$	$p^{(4)} = 0.022^c$	$p^{(4)} = 0.028^c$	
N1 (without masking)	8.22 ± 4.12 7.66 (5.06; 12.11)	9.77 ± 3.73 8.67 (6.61; 14.00)	9.70 ± 2.63 10.12 (7.44; 12.03)	$p^b = 0.551$
N1 (Delta-t 64 ms)	4.11 ± 2.45 3.69 (2.48; 4.67)	4.23 ± 1.92 3.83 (3.20; 4.89)	3.13 ± 1.07 2.95 (2.40; 3.93)	$p^a = 0.348$
p Value	$p^{(4)} = 0.007^c$	$p^{(4)} = 0.001^c$	$p^{(4)} < 0.001^c$	
P2 (without masking)	5.79 ± 3.12 4.55 (3.56; 8.83)	5.23 ± 3.15 4.15 (3.26; 7.02)	6.89 ± 2.77 6.09 (4.48; 9.80)	$p^a = 0.221$
P2 (Delta-t 64 ms)	3.68 ± 2.47 2.96 (1.80; 4.99)	2.97 ± 2.25 2.08 (1.44; 4.08)	2.83 ± 1.13 2.81 (2.05; 3.23)	$p^a = 0.658$
p Value	$p^{(4)} = 0.009^c$	$p^{(4)} = 0.043^c$	$p^{(4)} = 0.003^c$	

μV, microvolts; SD, standard deviation.

^a Kruskal Wallis Test with Conover's all-pairs comparison.

^b F-Test (ANOVA) with Tamhane's multiple comparisons.

^c Significant difference at the 5.0% level.

and are more sensitive to disturbing information.¹⁷ Older listeners are more easily distracted by irrelevant stimuli, as they take longer to overcome previously presented sounds, contributing to impaired speech understanding.¹⁶

Confirming this hypothesis, the results of the present study showed that the latency of the P1 component was considerably lower in the group of young adults than in the other groups, even when the evaluated condition was the one without masking, that is, without noise presentation.

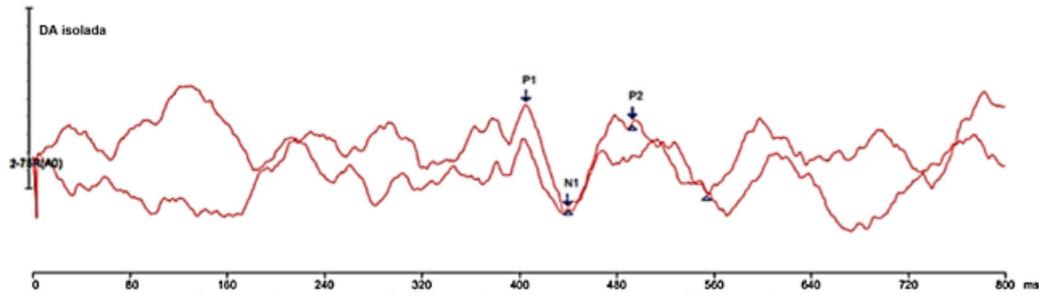


Figure 1 Demonstration of elicited responses without masking.

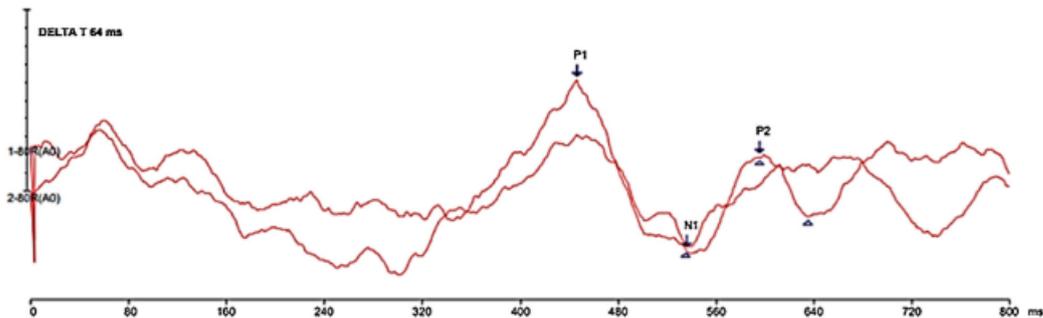


Figure 2 Demonstration of the elicited responses in the Delta-t 64 ms condition.

The hypothesis is even more confirmed due to the fact that the group that was most affected by the increase in the P1 and N1 component latencies in the Delta-t 64 ms condition was the elderly group, thus showing that this group suffers the most influence of forward masking phenomenon on electrophysiological results.

Moreover, Table 2 shows that there is an increasing difference in latencies as a function of age, that is, it may be that cortical responses related to latencies tend to be directly proportional to age.¹⁶ Therefore, these data becomes relevant for the creation of parameters and biological marks of normality by age group for the CAEPs.

The high standard deviation observed in the results may be related to the sample size, that is, if the sample of study participants were larger, the results could be more homogeneous; therefore, it is suggested to continue this study.

Based on the Brainstem Auditory Evoked Potential exam with speech stimulation, it is possible to observe the effect of forward masking. Furthermore, it is possible to describe that the increase in forward masking phenomenon can be considered inversely proportional to the distance between the noise presentation and the speech stimulus.¹⁸ With the results obtained in this study, it is possible to consider that the electrophysiological tests, from the analysis of brainstem potentials to cortical potentials, are becoming efficient for the analysis of forward masking phenomenon as a function of age, being more sensitive than the behavioral tests.^{19,20}

The CAEPs are electrophysiological responses related to a test that allows the assessment of central auditory function, capturing the bioelectrical activities of the auditory pathways, allowing the measurement of auditory information processing in an objective and non-invasive way.¹⁰ The speech stimulus in this exam provokes exogenous responses, which are represented by the P1-N1-P2 complex.¹⁶ The clinical application of the CAEPs is still not prevalent in the field of audiology; however, the test has shown to be relevant, including for the study of speech comprehension in the presence of noise.^{4,21,22}

One of the limitations of the present study was the difficulty in indicating the P1-N1-P2 complex, since, in the 64 ms Delta-t condition, there seems to be the presence of two complexes. More forward masking phenomenon studies, with a larger sample of individuals, are required for this understanding, thus making it possible to standardize CAEP measurements, so that this exam finds a clinical use that can complement the audiological assessment.

Conclusion

It was possible to observe the forward masking phenomenon in the electrophysiological measurements (P1-N1-P2 complex) of the CAEP in young adults, adults and elderly people with normal hearing, with latency and amplitude measurements varying according to the condition of stimulus presentation and age group.

The presentation of noise prior to the target sound increases latency and reduces the amplitude of the CAEP components, suggesting the presence of forward masking phenomenon especially in the elderly. It is suggested that the elderly are more influenced by noise in the CAEP responses.

Funding

This study received financial support from the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Brazil (CAPES) – funding code 001.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Jesus ESA, Silva IMC. Influence of children's musicalization on preschool children's hearing skills. *Audiol Commun Res*. 2019;24, e2156:1-7.
- Pereira PKS, Martins AS, Vieira MR, Azevedo MF. Newborn hearing screening program: association between hearing loss and risk factors. *Pro Fono*. 2007;19:267-78.
- Andrade KCL, Menezes PLA. The importance of outer hair cells for discriminating speech in the presence of competitive noise. 2017. Thesis (Doctorate at the Northeast Biotechnology Network). Maceió: Federal University of Alagoas; 2018.
- Tanner M, Spitzer ER, Hyzy JP, Grose JH. Masking release for speech in modulated maskers: electrophysiological and behavioral measures. *Ear Hear*. 2019;40:1009-15.
- Advíncula KP, Menezes DC, Pacífico FA, Costa MLG da, Griz SMS. Effect of age on temporal auditory processing: benefit of masking modulation and post-masking effect. *Audiol Commun Res*. 2018;23:e1861.
- Patro C, Kreft HA, Wojtczak M. Effects of age and hearing loss on perceptual and physiological measures of temporal envelope processing and spatial release from speech-on-speech masking. *bioRxiv*. 2020.
- Lloyd LL, Kaplan H. *Audiometric interpretation: a manual of basic audiometry*. Baltimore: University Park Press; 1978.
- Rocha MFB. Masking in cortical auditory evoked potentials with speech stimulation. 2020. Dissertation (Masters in Human Communication Health). Recife: Federal University of Pernambuco; 2020.
- Silva LAF, Magliaro FCL, Carvalho ACM, Matas CG. Maturation of long latency auditory evoked potentials in hearing children: systematic review. *Codas*. 2017;29:e20160107.
- Bruno RS, Oppitz SJ, Garcia MV, Biaggio EPV. Long latency auditory evoked potentials: differences in the way of counting the rare stimulus. *Rev CEFAC*. 2016;18:14-26.
- Nasreddine Z, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I. The Montreal cognitive assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53:695-9.
- Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry. Normal and sensorineural ears. *Arch Otolaringol*. 1972;96:513-23.
- Jerger S, Jerger J. *Hearing disorders: a manual for clinical assessment*. Atheneu; 1989.
- Skoe E, Kraus N. Auditory brain stem response to complex sounds: a tutorial. *Ear Hear*. 2010;31:302-24.
- Gordon-Salant S. Speech perception and auditory temporal processing performance by older listeners: implications for real-world communication. *Semin Hear*. 2006;27:264-8.
- Menezes PL, Andrade KCL, Frizzo ACF, Caranaúba ATL, Lins OG. *Treatise on electrophysiology for audiology*. 1st ed. São Paulo: Book Toy; 2018.
- Stothart G, Kazanina N. Auditory perception in the aging brain: the role of inhibition and facilitation in early processing. *Neurobiol Aging*. 2016;47:23-34.
- Griz S, Andrade KCL de, Marques MC dos S, Advíncula KP, Pinheiro NDS, Menezes PDL. Brainstem auditory evoked potential examination with speech stimulus: post-masking effect. *Disturb Comun*. 2019;31:522-5.
- Hodge SE, Menezes DC, Brown KD, Grose JH. Forward masking of the speech-evoked auditory brainstem response. *Otol Neurotol*. 2018;39:150-7.
- Billings CJ, Penman TM, Mcmillan GP, Ellis EM. Electrophysiology and perception of speech in noise in older listeners: effects of hearing impairment and age. *Ear Hear*. 2015;36:710-22.
- Romero ACL, Frizzo ACF, Chagas EFB, Isaac M de L. Cortical auditory evoked potential in babies and children listeners. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2019;86:395-404.
- Silva LAF, Magliaro FCL, Carvalho ACM de, Matas CG. Maturation of long latency auditory evoked potentials in hearing children: systematic review. *Codas*. 2017;29:e20160107.

ANEXO D – ARTIGO PUBLICADO (2023)



Artigo Original
Original Article

Mônyka Ferreira Borges Rocha¹
Denise Costa Menezes²
Danielle Samara Bandeira Duarte³
Silvana Maria Sobral Griz²
Ana Claudia Figueiredo Frizzo⁴
Pedro de Lemos Menezes⁵
Cleide Fernandes Teixeira³
Karina Paes Advíncula²

Descritores

Eletrofisiologia
Potenciais Evocados Auditivos
Percepção da Fala
Mascaramento Perceptivo
Audição

Keywords

Electrophysiology
Evoked Potentials Auditory
Speech Perception
Perceptual Masking
Hearing

Endereço para correspondência:

Mônyka Ferreira Borges Rocha
Programa de Pós-graduação em
Saúde da Comunicação Humana,
Universidade Federal de Pernambuco
– UFPE
Rua Professor Arthur de Sá, s/nº,
Cidade Universitária, Recife (PE),
Brasil, CEP: 50740-520.
E-mail: monykaborges@yahoo.com.br

Recebido em: Outubro 23, 2020
Aceito em: Março 02, 2022

O benefício do mascaramento modulado nos potenciais evocados auditivos corticais com estímulo de fala

Masking release in cortical auditory evoked potentials with speech stimulus

RESUMO

Objetivo: analisar o efeito do mascaramento estável e modulado no Potencial Evocado Auditivo Cortical com estímulo de fala em adultos-jovens. **Método:** participaram 14 indivíduos com idades entre 19 e 28 anos de ambos os sexos e sem perda auditiva. O exame de Potencial Evocado Auditivo Cortical foi realizado com estímulo de fala sintética /ba/ simultâneo ao ruído Speech Shaped Noise apresentado em três condições: ruído estável com intensidade de 30 dB NPSpe (ruído estável fraco), ruído estável com intensidade de 65 dB NPSpe (ruído estável forte) e ruído modulado em intensidade de 30 dB NPSpe e 65 dB NPSpe em 25Hz e com período de modulação de 40 ms. **Resultados:** foram observadas maiores latências nos componentes corticais, exceto P2, na condição de ruído estável forte e medidas mais robustas de amplitude dos componentes corticais P1, N1 e P2 na condição de ruído modulado com diferença estatística significativa na comparação com a condição de ruído estável forte. Houve pior morfologia na condição de ruído estável forte, quando comparado aos demais registros. Os limiares eletrofisiológicos médios para as condições de ruído estável forte e ruído modulado foram 60 dB NPSpe e 49 dB NPSpe, respectivamente, mostrando 11,7 dB de diferença média. **Conclusão:** podemos inferir que houve um menor efeito mascarante do ruído modulado, comparado à condição de ruído estável forte, nas medidas de amplitude dos componentes corticais e uma diferença média de 11,7 dB entre os limiares eletrofisiológicos (interpretado como a medida do Benefício do Mascaramento Modulado).

ABSTRACT

Purpose: To analyze the effect of masking on the Cortical Auditory Evoked Potential with speech stimulus in young adults. **Methods:** Fourteen individuals aged between 19 and 28 years of both sexes with no hearing loss participated in the study. The Cortical Auditory Evoked Potential examination was performed with synthetic speech stimulus /ba/ simultaneous to Speech Shaped Noise presented under three conditions: steady noise with a 30 dB SPLep intensity (weak steady noise), steady noise with a 65 dB SPLep intensity (strong steady noise) and modulated noise with 30 dB SPLep and 65 dB SPLep intensities at 25Hz and modulation period of 40 ms. **Results:** Higher latencies were observed in the cortical components, except P2, in the condition of strong steady noise and more meaningful measures of amplitude of the cortical components P1, N1 and P2 in the condition of modulated noise with statistically significant difference in comparison to the strong steady noise condition. There was worse wave morphology in the condition of strong steady noise, when compared to the other records. The average electrophysiological thresholds for the conditions of strong steady noise and modulated noise were 60 dB SPLep and 49 dB SPLep, respectively, showing a 11.7 dB mean difference. **Conclusion:** We could infer that there was a lower masking effect of modulated noise when compared to the strong steady noise condition, in the amplitude measurements of the cortical components and an average difference of 11.7 dB between the electrophysiological thresholds (interpreted as the measure of the Masking Release).

Trabalho realizado na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - Recife (PE), Brasil.

¹ Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - Recife (PE), Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Saúde da Comunicação Humana, Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - Recife (PE), Brasil.

³ Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - Recife (PE), Brasil.

⁴ Programa de Pós-graduação em Fonoaudiologia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – (UNESP) - São Paulo (SP), Brasil.

⁵ Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL - Macció (AL), Brasil.

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

Conflito de interesses: nada a declarar.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Rocha et al. CoDAS 2023;35(1):e20200334 DOI: 10.1590/2317-1782/20212020334pt

1/7

INTRODUÇÃO

Em situações sociais comuns de escuta, o ouvinte se depara com condições que a fala ocorre concomitante com o ruído, causando distorções ou fragmentações na mensagem, resultante do mascaramento causado pelo ruído competitivo⁽¹⁾.

Apesar do mascaramento causado pelo ruído de fundo, indivíduos com audição normal são capazes de reconhecer sinais de fala na presença de sons competitivos por meio de flutuações acústicas nos envelopes temporais de sinais sonoros e ruídos⁽²⁾. Tais oscilações temporais do ruído podem acontecer em intensidade ou espectro de frequência, gerando uma melhor percepção das pistas acústicas de fala, quando comparado em situações que o ruído de fundo é contínuo⁽³⁾.

O efeito no reconhecimento de fala causado por sinais disponíveis do estímulo alvo/fala diante das flutuações de mascaramento é denominado *masking release*, e traduzido para português como Benefício do Mascaramento Modulado – BMM⁽⁴⁾.

Estudos sobre o fenômeno do BMM evidenciam que características físicas do ruído mascarante estão diretamente relacionadas à sua magnitude⁽⁵⁾, como a taxa de modulação, apontando ainda que taxas mais baixas geram maiores espaços temporais de menor amplitude e que facilitam a percepção da fala⁽⁶⁾.

Considera-se que o limiar de detecção de um sinal em presença de um mascaramento modulado é geralmente mais baixo do que em mascaramento constante/estável. Em estudo comportamental para determinar a magnitude do BMM constatou-se uma melhora de 15 a 25 dB no limiar de reconhecimento de fala com taxa de modulação do ruído entre 8 e 20 Hz⁽⁷⁾.

Para medidas eletrofisiológicas, a diferença no limiar entre as duas condições de mascaramento é tomada como uma medida representativa da habilidade de resolução temporal dos indivíduos⁽⁸⁾.

Apesar de haver estudos do BMM por meio de medidas psicoacústicas em indivíduos de nacionalidade brasileira e falante nativos do português⁽⁴⁾, ainda não se conhece o comportamento dos potenciais corticais diante deste fenômeno, não havendo parâmetros de normalidade para esta população normouvinte.

Diante das flutuações temporais do ruído modulado, presume-se que as respostas eletrofisiológicas dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais (PEAC) sofram modificações quanto a sua latência, amplitude e limiar eletrofisiológico, gerando interferência no processamento temporal.

Considerando a importância do conhecimento sobre o comportamento das respostas corticais diante do BMM, torna-se indispensável o estudo dos PEAC com estímulo de fala em indivíduos normouvintes, a fim de permitir o aprimoramento dos testes de diagnóstico, marcadores eletrofisiológicos para habilidades do processamento auditivo e planejamento terapêutico que facilitem a compreensão da fala em situações de ruído.

Por este motivo, este estudo caracteriza-se como pioneiro por se tratar de uma investigação ainda não realizada em nativos de língua portuguesa, utilizando parâmetros de aquisição mais precisos na pesquisa dos limiares eletrofisiológicos. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar o efeito do mascaramento estável e modulado no Potencial Evocado Auditivo Cortical com estímulo de fala em adultos jovens.

MÉTODO

O protocolo desta pesquisa é baseado na Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde - CNS para estudos com seres humanos e foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com o parecer de número 3.555.712.

A pesquisa trata-se de um estudo analítico, do tipo observacional e transversal, realizado no Laboratório de Audiologia do Departamento de Fonoaudiologia da UFPE no período entre outubro de 2019 e abril de 2020.

Foram estabelecidos como critérios de inclusão da pesquisa, indivíduos entre 18 e 28 anos de idade sem perda auditiva, sendo excluídos indivíduos com história de doenças neurológicas e/ou psiquiátricas, déficits cognitivos, indivíduos com malformações de pavilhão auricular e meato acústico externo que impossibilite a realização do exame do Potencial Evocado Auditivo.

Participaram do estudo 14 indivíduos jovens-adultos e a amostragem foi do tipo não probabilística por conveniência. Os participantes foram recrutados após divulgação da pesquisa por meios eletrônicos e por todo o campus universitário.

Todos os participantes receberam orientações quanto aos objetivos e procedimentos da coleta e após aceitarem participar da pesquisa, assinaram ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE em duas vias. Em seguida, foram agendados os exames de pré-coleta para resposta aos critérios de elegibilidade da pesquisa.

Exames de pré-coleta

Os pesquisadores realizaram em data agendada, anamnese detalhada a respeito da saúde do indivíduo, exames audiológicos básicos (inspeção do meato acústico externo, audiometria e imitanciometria) e teste de Avaliação Cognitiva Montreal – MoCA⁽⁹⁾.

A existência de alterações na orelha externa e/ou média foi investigada por meio da inspeção do meato acústico externo, além do exame de imitanciometria com a utilização da sonda de 226 Hz para aquisição dos resultados de complacência estática e pesquisa dos reflexos acústicos. Como normalidade, foi considerada a presença de curva timpanométrica do tipo A⁽¹⁰⁾ e presença de reflexos ipsilaterais e contralaterais⁽¹¹⁾. No exame de audiometria foram obtidos os limiares para as frequências entre 250 Hz à 8000 Hz, incluindo as interoitavas de 3000 Hz e 6000 Hz, de ambas as orelhas, através de fones auditivos supra-aurais, em cabina acústica. Como padrão de normalidade foi considerada a presença de limiares auditivos com média inferior a 20 dB NA nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz⁽¹²⁾. Na aplicação do MoCA foi considerado como resultado de normalidade a pontuação igual ou superior a 26 pontos, descrita no teste.

Aquisição dos Potenciais Evocados Auditivos Corticais

a) Estímulos

Foram utilizados um estímulo de fala sintética /ba/ e um ruído de fala formatado *Speech Shaped Noise* (SSN)⁽¹³⁾. Tal estímulo /ba/ foi apresentado com forma de onda modificada para uma taxa de

24.414 Hz para ser compatível com o sinal digital da plataforma de processamento *Tucker-Davis Technologies* (TDT- RZ6) e calibrado com referência ao dB NPSpe de um tom contínuo de 1kHz, pico equivalente (dB NPSpe). O ruído mascarante SSN possui espectro de fala multilíngue e foi elaborado no Laboratório de Ciências da Audição da Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill, nos Estados Unidos.

b) Procedimento

Os indivíduos elegíveis para o estudo realizaram o teste de PEAC com o equipamento *Intelligent Hearing Systems – IHS*. O estímulo de fala /ba/ e o ruído foram apresentados de forma monoaural para a orelha direita via fone de inserção (ER2) eletromagneticamente blindado, ligados diretamente do TDT- RZ6 ao sujeito. Foram utilizadas olivas descartáveis para cada participante.

Para registro dos potenciais, um sistema de gravação foi sincronizado entre o Smart EP do IHS com o TDT- RZ6 por meio de um marcador de tempo-evento (“Trigger”) coincidente com o início de cada estímulo /ba/. Uma síntese dos parâmetros de registro dos potenciais corticais foi demonstrada no Quadro 1.

O participante foi posicionado em uma poltrona reclinável dentro de cabina acusticamente tratada e assistindo a um vídeo sem áudio durante a realização do exame. Os participantes foram orientados a não dormir durante a avaliação. A limpeza da pele com álcool 70% e gel abrasivo da marca NuPrep® foi realizada previamente à colocação dos eletrodos nas seguintes configurações: dois eletrodos de referência de polaridade negativa posicionados na região dos lóbulos direito (A1) e esquerdo (A2); um eletrodo de polaridade positiva colocado no vértice (Cz) e o eletrodo terra posicionado na região inferior da frente (Fpz).

Para aquisição dos PEAC o ruído foi apresentado simultaneamente ao estímulo /ba/ em três condições, como

ilustrado na Figura 1: a) /ba/ e ruído estável com intensidade de 30 dB NPSpe (ruído estável fraco); b) /ba/ e ruído estável com intensidade de 65 dB NPSpe (ruído estável forte); c) /ba/ e ruído modulado em 25 Hz nas intensidades de 30 e 65 dB NPSpe. O período de modulação foi utilizado para permitir o aparecimento do estímulo /ba/ entre as mudanças de intensidade, com o objetivo de observar o BMM.

A apresentação das diferentes condições de ruído foi realizada de maneira aleatória em cada indivíduo. O limiar eletrofisiológico dos participantes foi pesquisado nas condições de ruído estável forte e ruído modulado, a partir da diminuição da intensidade do estímulo de fala de 10 em 10 dB até o desaparecimento do complexo P1-N1-P2 e em seguida o aumento de 2 em

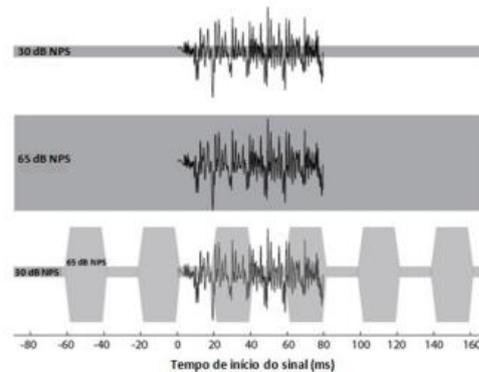


Figura 1. Ilustração do estímulo /ba/ nas três condições de ruído. Ondas corticais durante ruído estável fraco (A); ondas corticais durante ruído estável forte (B); ondas corticais durante ruído modulado (C)

Quadro 1. Síntese dos parâmetros para o registro do Potencial Evocado Auditivo Cortical

Smart EP	Intelligent Hearing Systems – IHS
Modelo	modelo Opti-Amp 8008
Sincronização	Tucker-Davis Technologies (TDT- RZ6)
Marcador	Tempo-evento (Trigger)
Estímulo	
Estímulo de fala	/ba/
Duração	80ms
Intensidade	65 dB NPSpe
Taxa de apresentação	3,8 e/s
Ruído	
Ruído de fala	Speech Shaped Noise (SSN)
Duração	100ms
Rampas onset/offset	10ms
Ruído estável fraco	30 dB NPSpe
Ruído estável forte	65 dB NPSpe
Ruído modulado	25 Hz e intensidades de 30 e 65 dB NPSpe
Período de modulação	40ms
Parâmetros de aquisição	
Janela	512ms
Filtros	1 e 30 Hz
Impedância	≤ 5 kΩ

Legenda: ms = milissegundos

2 dB até o seu aparecimento. A duração total do exame foi de aproximadamente uma hora em cada participante.

a) Análise dos traçados

As medidas de latência (em milissegundos - ms) e amplitude (em microvolts - μV), bem como a morfologia das ondas P1, N1, P2 foram analisadas diante das três condições de apresentação do ruído, avaliando a diferença entre essas respostas.

O registro dos traçados foi identificado com mensuração da latência e amplitude dos componentes corticais P1, N1 e P2, sendo analisados, de maneira cega, por três pesquisadores com experiência em eletrofisiologia que concordaram com a identificação e marcação dos potenciais. O componente P1 foi considerado como a primeira onda cortical positiva mais robusta em torno de 50ms, o componente N1 foi analisado como o vale subsequente à onda P1, com maior negatividade, e a resposta de P2 foi identificada como a onda positiva mais robusta após N1.

Com a obtenção do limiar eletrofisiológico nas condições de ruído estável forte e ruído modulado foi possível mensurar o valor do BMM de cada sujeito diante da diferença em decibéis (dB NPSpe) nas duas situações de apresentação do ruído.

Análise dos dados

A análise estatística foi realizada por meio do programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 20.0. Os resultados foram expressos através das medidas estatísticas de mediana e distância interquartilica. Para descrição dessas medidas foi utilizada apresentação gráfica e tabular. A normalidade das amostras foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk, sendo observada uma distribuição não normal. Para constatar a diferença de médias significativa entre os componentes corticais em cada condição de ruído e para traçar comparação entre os limiares eletrofisiológicos, utilizou-se o teste de Wilcoxon para dados pareados com vinculação entre si. Foi considerada diferença significativa quando p-valor <0,05.

RESULTADOS

Dos 14 participantes da pesquisa, nove (64,28%) eram do sexo feminino e seis (35,72%) do sexo masculino, com idades variando de 19 a 28 anos (média 23 anos \pm 2,81) e prevalência de dominância cerebral direita, com 13 indivíduos destros equivalendo a 92,8%. Quanto ao nível de escolaridade, sete (50%) já havia concluído o ensino superior, um participante possuía o ensino médio completo e seis eram estudantes de graduação.

Na descrição dos valores de latências dos componentes corticais nas diferentes condições de ruído na presença do estímulo /ba/ (Tabela 1), foi observado menor valor de latência na condição do ruído estável fraco, enquanto que na condição de ruído estável forte, observou-se um maior valor de latência, exceto para o componente P2.

Na comparação das médias de latências dos componentes corticais entre as condições de ruído foi observada diferença estatisticamente significativa entre as duas condições de ruídos estáveis, como também entre as condições de ruído estável fraco e ruído modulado.

Na descrição dos valores de amplitudes dos componentes corticais nas diferentes condições de ruído (Tabela 2), na condição de ruído estável forte foi observado menor amplitude, enquanto que no grupo de ruído modulado e ruído estável fraco foram obtidas maiores amplitude, sem diferença estatística significativa.

Na comparação das médias de amplitude foi observado diferença estatisticamente significativa entre os ruídos estável forte e ruído modulado, como também entre os dois tipos de ruído estável (Tabela 2).

Quanto à morfologia das ondas registradas nas diferentes situações de ruído, foi possível observar pior apresentação das ondas na condição de ruído estável forte, quando comparado aos demais registros. Figura 2A, B, C.

Na pesquisa do limiar eletrofisiológico, dois indivíduos não realizaram o registro pela necessidade de se ausentar do exame por motivos pessoais, permanecendo 12 voluntários. Na Tabela 3, observa-se que o limiar foi menor na condição de ruído modulado.

Tabela 1. Comparação das médias de latência dos componentes P1, N1 e P2 entre as diferentes condições de ruído numa amostra de 14 sujeitos

Latência (ms)	Ruído estável fraco	Ruído estável forte	Ruído modulado	Wilcoxon p-valor
	M_e ($Q_{25} - Q_{75}$)	M_e ($Q_{25} - Q_{75}$)	M_e ($Q_{25} - Q_{75}$)	
Componente P1	53 (44,25 - 57,25)	77,5 (57,2 - 105,2)	73,5 (60,0 - 88,7)	p 0,004 ^a p 0,003 ^b p 0,510 ^c
Componente N1	111 (102,0 - 118,0)	137,5 (124,0 - 187,5)	137,5 (129,7 - 153,2)	p 0,009 ^a p 0,002 ^b p 0,730 ^c
Componente P2	171,5 (159,0 - 188,0)	199 (166,5 - 227,0)	208,5 (202,2 - 210,7)	p 0,039 ^a p 0,001 ^b p 0,116 ^c

Legenda: ms = milissegundos; M_e = mediana; (Q_{25} , Q_{75}) = distância interquartilica; ^adiferença estatisticamente significativa das médias entre os ruídos estável fraco e forte; ^bdiferença estatisticamente significativa das médias entre os ruídos estável fraco e ruído modulado; ^causência de significância estatística das médias entre os ruídos estável forte e ruído modulado

Tabela 2. Comparação das médias de amplitude dos componentes P1, N1 e P2 entre as diferentes condições de ruído numa amostra de 14 sujeitos

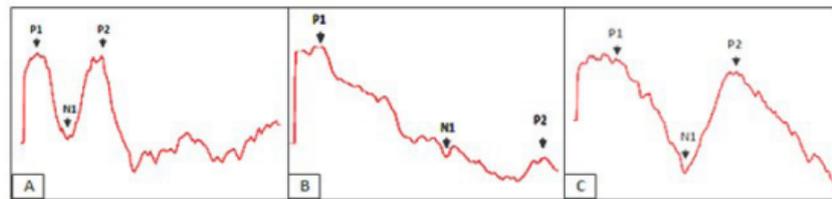
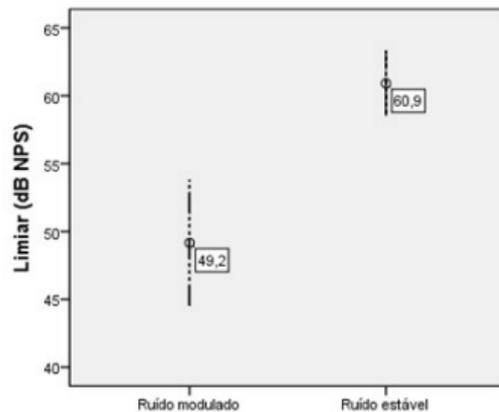
Amplitude (μV)	Ruído estável fraco	Ruído estável forte	Ruído modulado	Wilcoxon p-valor
	M_d ($Q_{25} - Q_{75}$)	M_d ($Q_{25} - Q_{75}$)	M_d ($Q_{25} - Q_{75}$)	
Componente P1	5,5 (4,3 - 6,6)	4,2 (3,0 - 4,6)	5,7 (4,7 - 6,5)	p 0,005 ^a p 0,009 ^b p 0,510 ^c
Componente N1	4,6 (4,0 - 6,7)	1,6 (0,7 - 2,6)	3,6 (2,8 - 5,4)	p 0,001 ^a p 0,004 ^a p 0,140 ^a
Componente P2	4,4 (2,6 - 6,8)	1,5 (0,8 - 2,3)	4,5 (3,2 - 5,9)	p 0,001 ^a p 0,001 ^a p 0,900 ^a

Legenda: μV = microvolts; M_d = mediana; ($Q_{25} - Q_{75}$) = distância interquartilica; ^adiferença estatisticamente significativa das médias entre os ruídos estável forte e fraco; ^bdiferença estatisticamente significativa das médias entre os ruídos estável forte e ruído modulado; ^causência de significância estatística das médias entre os ruídos estável fraco e ruído modulado

Tabela 3. Descrição da mediana, e distância interquartilica dos limiares de ruído estável forte, ruído modulado e BMM, numa amostra de 12 sujeitos

Variáveis	Média	Mediana	$Q_{25} - Q_{75}$
Limiar de ruído estável forte – dB NPSpe	60,9	60,0	57,7 – 65,0
Limiar de ruído modulado – dB NPSpe	49,1	49,0	45,0 – 55,0
BMM – dB NPSpe	11,7	12,0	6,2 – 15,0

Legenda: dB NPSpe = decibel nível de pressão sonora; BMM = Benefício do Mascaramento Modulado; $Q_{25} - Q_{75}$ = distância interquartilica. Espectro preto = estímulo de fala /ba/; Faixa cinza (30 dB) = ruído estável fraco; Faixa cinza (65 dB) = ruído estável forte; Faixa cinza fragmentada (30, 65 dB) = ruído modulado; dB NPS (Decibel - Nível de Pressão Sonora)

**Figura 2.** Ilustração da morfologia das ondas corticais nas três condições de ruído**Figura 3.** Limiar eletrofisiológico para o estímulo /ba/ em função do tipo de ruído

Na Figura 3, pode-se inferir visualmente que o limiar na condição de ruído estável forte é acentuadamente elevado comparado com a condição de ruído modulado, com significância estatística no teste de Wilcoxon, $p=0,003$. Quanto ao BMM, foi possível observar que o intervalo de confiança foi de 7,7 a 15,7. Além disso, a diferença média entre os limiares eletrofisiológicos resultou em um BMM de 11,7 dB.

DISCUSSÃO

O complexo das ondas corticais P1, N1 e P2 quando evocado por um estímulo de fala, revela respostas exógenas referentes às características acústicas do processamento sonoro⁽¹⁴⁾. No presente estudo, foi possível observar a presença do complexo cortical em todo os indivíduos avaliados, o que sugere que o estímulo de fala foi recebido adequadamente em nível do córtex auditivo.

Neste estudo, processo de investigação do BMM diante de potenciais auditivos corticais está relacionado a detecção do estímulo de fala em nível central, refletindo a atividade

excitatória pós-sináptica, em nível do tálamo e córtex auditivo primário, além das áreas de associação⁽¹⁵⁾.

Analisar as latências e as amplitudes dos componentes corticais no processamento desses sinais complexos permite inferir sobre a influência do tempo na percepção do estímulo e sobre a magnitude da atividade cortical, respectivamente⁽¹⁵⁾.

No presente estudo observou-se que o maior tempo de detecção do estímulo deu-se na condição em que o /ba/ foi apresentado com o ruído estável forte, evidenciado pelas maiores latências presentes nos componentes corticais, exceto em P2 (Tabela 1). Este fato se deu devido ao maior efeito do mascaramento causado pelo ruído estável forte nas latências, com diferença significativa quando comparado à condição de ruído estável fraco (que tiveram menores latências), porém sem diferença estatística quando comparado ao ruído modulado, tendo um efeito mascarante similar nesse caso.

Achados semelhantes de aumento da latência nos potenciais corticais eliciados por estímulo de fala diante do ruído contínuo foram observados em adultos jovens, resultando em latências dos componentes P1, N1 e P2 progressivamente atrasadas diante desta condição ruído⁽¹⁶⁾. Este atraso das latências pode ser resultado do efeito mascarante na sincronização da atividade neural subjacente ao processamento auditivo, uma vez que o ruído altera o tempo de percepção do sistema auditivo.

No que se refere aos valores de amplitudes, enquanto resposta representante da magnitude da atividade cortical observou-se menor amplitude, ou seja, menor magnitude de resposta para os componentes P1, N1 e P2 quando o estímulo /ba/ foi apresentado com o ruído estável forte. Ao mesmo tempo em que maiores latências foram observadas no ruído modulado e estável fraco, com diferença significativa quando comparadas com a condição de ruído estável forte (Tabela 1).

Na Tabela 2 percebe-se que o efeito do mascaramento causado pelo ruído modulado nos valores de amplitude foi inferior ao efeito causado pelo ruído estável forte. Sendo assim, podemos considerar uma melhor magnitude da atividade cortical no processamento do estímulo verbal diante do ruído modulado.

Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que modulações na intensidade do ruído causam diminuição da relação sinal-ruído e consequentemente aumentam a amplitude do estímulo evocado⁽⁵⁾. Desta forma, o aumento da amplitude do estímulo diante das modulações no ruído, resulta na diminuição da latência e aumento da magnitude das respostas do sistema auditivo, tendo em vista que tais medidas variam inversamente e diretamente com a amplitude do estímulo, respectivamente⁽¹⁷⁾.

Ao comparar potenciais corticais evocados pelo estímulo monaural /ba/ diante de ruído estável em forma de fala e ruído de banda larga modulado, com nível de sinal fixo de 65 dB NPSp e diferentes tipos de relação sinal-ruído, pesquisadores observaram também uma diminuição sistemática na amplitude e aumento na latência na condição de ruído estável⁽¹⁸⁾.

Quanto à morfologia do complexo P1-N1-P2 nas diferentes condições de ruído, a pior configuração das ondas observada com ruído estável forte, quando comparado aos demais registros, pode ser explicada pela maior interferência vista nas medidas de latência e amplitude nesta condição.

Estudos também têm observado potenciais corticais robustos no ruído modulado quando comparado ao ruído contínuo, indicando um menor efeito mascarante do sinal sonoro no ruído modulado^(16,19).

Na pesquisa do limiar eletrofisiológico do presente estudo observou-se um menor limiar diante do ruído modulado com diferença estatística significativa em relação ao limiar no ruído estável forte (Tabela 3; Figura 3).

O maior limiar observado na condição do ruído estável forte pode indicar que os efeitos do mascaramento temporal foram mais robustos nessa condição.

Desta forma, houve um limiar médio de 11,7 dB inferior no ruído modulado, que corresponde com a literatura ao referir que o limiar de detecção de um sinal em presença de um mascaramento modulado é geralmente mais fraco do que em mascaramento constante/estável⁽²⁰⁾.

Essa diferença no limiar entre as duas condições de mascaramento pode ser tomada como uma medida representante da habilidade de resolução temporal dos indivíduos, estando relacionada à integridade do processamento temporal⁽⁸⁾.

Considerando a taxa de modulação no ruído de 25 Hz na presente pesquisa, estudos têm relatado que as taxas de modulações mais baixas, como por exemplo, entre 8 Hz e 20 Hz, produzem maiores espaços temporais de menor amplitude do ruído e consequentemente geram uma melhor magnitude do BMM^(5,6).

Ao investigar o BMM nos PEAC com estímulo de fala e relacioná-los à medidas comportamentais, foram obtidos limiares eletrofisiológicos médios de aproximadamente 69 dB para o ruído estável e 55,5 dB para o ruído modulado, encontrando um limiar médio de aproximadamente 13,5 dB inferior no mascaramento modulado, próximo ao encontrado no presente estudo. Diante deste resultado, os autores pontuaram que o limiar eletrofisiológico de fala foi mais baixo diante do mascaramento modulado quando comparado ao mascaramento estável e associaram o benefício da modulação à capacidade de processamento temporal do indivíduo⁽⁸⁾.

Em estudos com medidas comportamentais, onde a magnitude do BMM foi estudada em normouvintes, contou-se uma variação entre 15 e 25 dB de melhora no reconhecimento de fala com a taxa modulação do ruído mascarante entre 8 e 20 Hz⁽⁷⁾.

Um estudo que observou a semelhança da magnitude do BMM entre os domínios eletrofisiológicos e comportamentais ressaltou que os testes eletrofisiológicos não são apenas informativos quanto aos mecanismos subjacentes, mas que também possuem o potencial de avaliar as habilidades de processamento temporal⁽⁸⁾. Além disso, relata que os limiares de PEAC evocados por estímulo verbal podem ser preditores confiáveis de limiares de detecção de fala diante dos mascaramentos estáveis e modulados.

No presente estudo, a menor diferença entre os limiares eletrofisiológicos, ou seja, o menor BMM foi de zero dB, não havendo resultado negativo deste fenômeno nos indivíduos estudados. A literatura aponta que o BMM favorece que o cérebro processe pistas acústicas da fala que não coincidem com as características do ruído mascarante⁽²⁾.

Esses achados são limitados predominantemente a jovens adultos sem perda auditiva, no entanto, servem de base para pesquisa com outras faixas etárias, além de populações com

alterações específicas das habilidades auditivas, contribuindo para a pesquisa do BMM em PEAC. A análise do BMM pode ser realizada na população jovem, adulta e idosa, possibilitando a avaliação da habilidade de resolução temporal diante do fenômeno do mascaramento.

CONCLUSÃO

Os achados do presente estudo demonstraram um menor efeito mascarante do ruído modulado nas medidas de amplitude dos componentes corticais P1, N1 e P2, podendo indicar sinais do BMM. O BMM de 11,7 dB representado pela diferença entre os limiares eletrofisiológico médio, aponta para uma menor interferência do mascaramento temporal na condição em que o estímulo /ba/ é apresentado com ruído modulado. Diante destes resultados e da contribuição para a pesquisa do BMM em PEAC, considera-se a utilização do ruído modulado como mascaramento mais eficiente nesta avaliação.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao National Institute Of Health (NIH), órgão de fomento dos Estados Unidos que em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco forneceu os equipamentos utilizados nessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Patro C, Kreft HA, Wojtczak M. Effects of age and hearing loss on perceptual and physiological measures of temporal envelope processing and spatial release from speech-on-speech masking. *bioRxiv*. 2020;1-61. <https://doi.org/10.1101/2020.09.03.281717>.
- Desloge JG, Reed CM, Braida LD, Perez ZD, D'aquila LA. Masking release for hearing-impaired listeners: the effect of increased audibility through reduction of amplitude variability. *J Acoust Soc Am*. 2017;141(6):4452. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4985186>. PMID:28679277.
- Middlebrooks JC. Masking release by combined spatial and masker-fluctuation effects in the open sound field. *J Acoust Soc Am*. 2017;142(6):3362. <http://dx.doi.org/10.1121/1.5014053>. PMID:29289075.
- Advíncula KP, Menezes DC, Pacifico FA, Costa MLG, Griz SMS. Efeito da idade no processamento auditivo temporal: benefício da modulação do mascaramento e efeito do pós-mascaramento. *Audiol Commun Res*. 2018;23(0):e1861. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-6431-2017-1861>.
- Grose JH, Griz S, Pacifico FA, Advíncula KP, Menezes DC. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: psychometric functions and the effect of speech time compression. *Int J Audiol*. 2015;54(4):274-81. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2014.986692>. PMID:25630394.
- Advíncula KP, Menezes DC, Pacifico FA, Griz SMS. Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante. *Audiol Commun Res*. 2013;18(4):238-44. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312013000400003>.
- George ELJ, Festen JM, Houtgast T. Factors affecting masking release for speech in modulated noise for normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*. 2006;120(4):2295-311. <http://dx.doi.org/10.1121/1.2266530>. PMID:17069325.
- Tanner AM, Spitzer ER, Hyzy JP, Grose JH. Masking release for speech in modulated maskers: electrophysiological and behavioral measures. *Ear Hear*. 2019;40(4):1009-15. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0000000000000683>. PMID:30557224.
- Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53(4):695-9. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>. PMID:15817019.
- Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry. Normal and sensorineural ears. *Arch Otolaryngol*. 1972;96(6):513-23. <http://dx.doi.org/10.1001/archotol.1972.00770090791004>. PMID:4621039.
- Jerger S, Jerger J. Alterações auditivas: um manual para avaliação clínica. São Paulo: Atheneu; 1989.
- WHO: World Health Organization. Basic ear and hearing care resource [citado em 2020 Out 23]. Disponível em: <http://www.who.int/publications-detail/basic-ear-and-hearing-care-resource>
- Stephens JDW, Holt LL. A standard set of American-English voiced stop-consonant stimuli from morphed natural speech. *Speech Commun*. 2011;53(6):877-88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.specom.2011.02.007>. PMID:21666844.
- Shafer VL, Yu YH, Wagner M. Maturation of cortical auditory evoked potentials (CAEPs) to speech recorded from frontocentral and temporal sites: three months to eight years of age. *Int J Psychophysiol*. 2015;95(2):77-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.08.1390>. PMID:25219893.
- Almeqbel A. Speech evoked cortical auditory responses in children with normal hearing. *S Afr J Commun Disord*. 2013;60(1):38-43. <http://dx.doi.org/10.4102/sajcd.v60i1.9>. PMID:25158372.
- Faucette SP, Stuart A. Evidence of a speech evoked electrophysiological release from masking in noise. *J Acoust Soc Am*. 2017;142(2):EL218-23. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4998151>. PMID:28863590.
- Drennan DP, Lalor EC. Cortical tracking of complex sound envelopes: modeling the changes in response with intensity. *eNeuro*. 2019;6(3):ENEURO.0082-19.2019. <http://dx.doi.org/10.1523/ENEURO.0082-19.2019>. PMID:31171606.
- Maamor N, Billings CJ. Cortical signal-in-noise coding varies by noise type, signal-to-noise ratio, age, and hearing status. *Neurosci Lett*. 2017;636:258-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2016.11.020>. PMID:27838448.
- Androulidakis AG, Jones SJ. Detection of signals in modulated and unmodulated noise observed using auditory evoked potentials. *Clin Neurophysiol*. 2006;117(8):1783-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2006.04.011>. PMID:16793334.
- Bernstein JG, Summers V, Iyer N, Brungart DS. Set-size procedures for controlling variations in speech-reception performance with a fluctuating masker. *J Acoust Soc Am*. 2012;132(4):2676-89. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4746019>. PMID:23039460.

Contribuição dos autores

MFBR, pesquisadora principal, foi responsável pela elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação, submissão e trâmites do artigo; DCM, pesquisadora colaboradora participou da elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma e análise dos dados; DSBD, pesquisadora colaboradora, participou do levantamento da literatura, coleta e análise dos dados e redação do artigo; SMSG, pesquisadora colaboradora, levantamento da literatura, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final; ACFF, pesquisadora colaboradora, participou levantamento da literatura, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final; PLM, pesquisador colaborador, participou do levantamento da literatura, correção da redação do artigo e aprovação da versão final; CFT, pesquisadora colaboradora, participou do levantamento da literatura, correção da redação do artigo e aprovação da versão final; KPA, pesquisadora orientadora, participou da elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final.

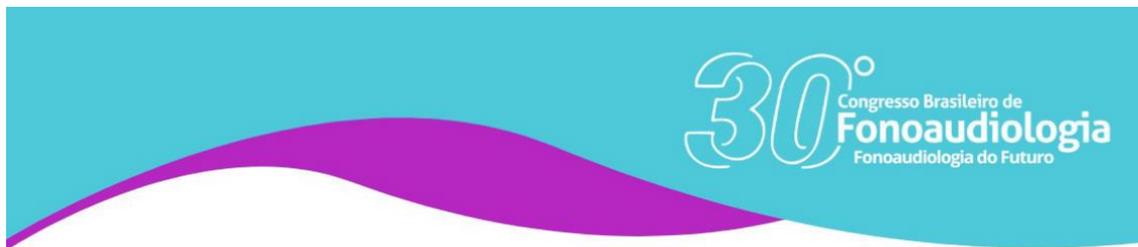
ANEXO E – TRABALHOS PUBLICADOS EM ANAIS (2022)

**CERTIFICADO**

Conferido pela Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia

Pela apresentação do trabalho intitulado **FORWARD MASKING EM INDIVÍDUOS COM ZUMBIDO: REVISÃO INTEGRATIVA**, do(s) autor(es) **DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE**, JOÃO PEDRO SANTOS DE QUEIROZ, GABRIELA ALBUQUERQUE DE SANTANA, SAYONARA ANIELA SILVA DE LIMA, INGLEITHY JOSINEIDE DE SANTANA, LETÍCIA DAIANA FREITAS DA SILVA, MÔNÝKA FERREIRA BORGES ROCHA, DIANA BABINI LAPA DE ALBUQUERQUE BRITTO, KARINA PAES ADVINCULA, na modalidade apresentação oral, na área Audição e Equilíbrio (AUDIO), realizado durante o **30º CONGRESSO BRASILEIRO DE FONOAUDIOLOGIA**, de 19 a 22 de outubro de 2022, no Centro de Convenções Poeta Ronaldo Cunha Lima, em João Pessoa – PB.

João Pessoa, 22 de outubro de 2022.

**CERTIFICADO**

Conferido pela Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia

Pela apresentação do trabalho intitulado **POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE LONGA LATÊNCIA (N400) E AFASIA PROGRESSIVA PRIMÁRIA NÃO FLUENTE E LOGOPÊNICA: REVISÃO INTEGRATIVA**, do(s) autor(es) **AMANDA GABRIELLY DE SANTANA SILVA**, DIANA BABINI LAPA DE ALBUQUERQUE BRITTO, LETÍCIA DAIANA FREITAS DA SILVA, GABRIELA ALBUQUERQUE DE SANTANA, SAYAONARA ANIELA SILVA DE LIMA, INGLEITHY JOSINEIDE DE SANTANA, JOYCE QUIRINO DA SILVA, DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE, KARINA PAES ADVINCULA, na modalidade pôster, na área Audição e Equilíbrio (AUDIO), realizado durante o **30º CONGRESSO BRASILEIRO DE FONOAUDIOLOGIA**, de 19 a 22 de outubro de 2022, no Centro de Convenções Poeta Ronaldo Cunha Lima, em João Pessoa – PB.

João Pessoa, 22 de outubro de 2022.



CERTIFICADO

Conferido pela Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia

Pela apresentação do trabalho intitulado **POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE LONGA LATÊNCIA EM INDIVÍDUOS COM PARKINSON: REVISÃO INTEGRATIVA**, do(s) autor(es) **INGLEITHY JOSINEIDE DE SANTANA**, **JORGE FELIPE DE SANTANA**, **SAYAONARA ANIELA SILVA DE LIMA**, **GABRIELA ALBUQUERQUE DE SANTANA**, **LETÍCIA DAIANA FREITAS DA SILVA**, **DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE**, **AMANDA GABRIELLY DE SANTANA SILVA**, **KARINA PAES ADVINCULA**, **DIANA BABINI LAPA DE ALBUQUERQUE BRITTO**, na modalidade apresentação oral, na área Audição e Equilíbrio (AUDIO), realizado durante o **30º CONGRESSO BRASILEIRO DE FONOAUDIOLOGIA**, de 19 a 22 de outubro de 2022, no Centro de Convenções Poeta Ronaldo Cunha Lima, em João Pessoa – PB.

João Pessoa, 22 de outubro de 2022.



CERTIFICADO

Conferido pela Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia

Pela apresentação do trabalho intitulado **POTENCIAL CORTICAL (P300) EM INDIVÍDUOS COM AFASIA DE EXPRESSÃO: REVISÃO INTEGRATIVA**, do(s) autor(es) **LETÍCIA DAIANA FREITAS DA SILVA**, **SAYAONARA ANIELA SILVA DE LIMA**, **GABRIELA ALBUQUERQUE DE SANTANA**, **INGLEITHY JOSINEIDE DE SANTANA**, **DANIELLE SAMARA BANDEIRA DUARTE**, **AMANDA GABRIELLY DE SANTANA SILVA**, **DIANA BABINI LAPA DE ALBUQUERQUE BRITTO**, na modalidade pôster, na área Audição e Equilíbrio (AUDIO), realizado durante o **30º CONGRESSO BRASILEIRO DE FONOAUDIOLOGIA**, de 19 a 22 de outubro de 2022, no Centro de Convenções Poeta Ronaldo Cunha Lima, em João Pessoa – PB.

João Pessoa, 22 de outubro de 2022.

ANEXO F – NORMAS DA REVISTA CODAS



ISSN 2317-1782 versão on-line

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Tipos de artigos

A revista publica os seguintes tipos de artigos: "Artigos originais", "Artigos de Revisão" (Revisões sistemáticas com ou sem meta-análises e Revisão Crítica), "Comunicações breves", "Relatos de casos", "Cartas ao editor".

A. ARTIGO ORIGINAL:

Artigos destinados à divulgação de resultados de pesquisa científica e devem ser originais e inéditos. Sua estrutura deverá conter necessariamente os seguintes itens: resumo e descritores, *abstract* e *keywords*, introdução, método, resultados, discussão, conclusão e referências.

O **resumo** deve conter informações que incentivem a leitura do artigo e, assim, não conter resultados numéricos ou estatísticos. A **introdução** deve apresentar breve revisão de literatura que justifique os objetivos do estudo. O **método** deve ser descrito com o detalhamento necessário e incluir apenas as informações relevantes para que o estudo possa ser reproduzido. Os resultados devem ser interpretados, indicando a relevância estatística para os dados encontrados, não devendo, portanto, ser mera apresentação de tabelas, quadros e figuras. Os dados apresentados no texto não devem ser duplicados nas tabelas, quadros e figuras e/ou vice e versa. Recomenda-se que os dados sejam submetidos a análise estatística inferencial quando pertinente. A **discussão** não deve repetir os resultados nem a introdução, e a conclusão deve responder concisamente aos objetivos propostos, indicando clara e objetivamente qual é a relevância do estudo apresentado e sua contribuição para o avanço da Ciência. Das **referências** citadas (máximo 30), pelo menos 90% deverão ser constituídas de artigos publicados em periódicos indexados da literatura nacional e estrangeira preferencialmente **nos últimos cinco anos**. Não devem ser incluídas citações de teses ou trabalhos apresentados em congressos científicos. O arquivo não deve conter mais do que 30 páginas.

O número de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, bem como a afirmação de que todos os indivíduos envolvidos (ou seus responsáveis) assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, no caso de pesquisas envolvendo pessoas ou animais (assim como levantamentos de prontuários ou documentos de uma instituição), são obrigatórios e devem ser citados na seção do método. O documento de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido devem ser digitalizados e anexados no sistema, no momento da submissão do artigo.

Preparo do manuscrito

O texto deve ser formatado em Microsoft Word, RTF ou WordPerfect, em papel tamanho ISO A4 (212x297mm), digitado em espaço duplo, fonte Arial tamanho 12, margem de 2,5cm de cada lado, justificado, com páginas numeradas em algarismos arábicos; cada seção deve ser iniciada em uma nova página, na seguinte sequência: título do artigo, em Português (ou Espanhol) e Inglês, resumo e descritores, *abstract* e *keywords*, texto (de acordo com os itens necessários para a seção para a qual o artigo foi enviado), referências, tabelas, quadros, figuras (gráficos, fotografias e ilustrações) citados no texto e anexos, ou apêndices, com suas respectivas legendas.

Consulte a seção "[Tipos de artigos](#)" destas Instruções para preparar seu artigo de acordo com o tipo e as extensões indicadas.

Tabelas, quadros, figuras, gráficos, fotografias e ilustrações devem estar citados no texto e apresentados no manuscrito, após as referências e ser apresentados também em anexo no sistema de submissão, tal como indicado acima. À parte do manuscrito, em uma folha separada, apresente a página de identificação, tal como indicado anteriormente. O manuscrito não deve conter dados de autoria – estes dados devem ser apresentados somente na Página de Identificação.

Título, Resumo e descritores

O manuscrito deve ser iniciado pelo título do artigo, em Português (ou Espanhol) e Inglês, seguido do resumo, em Português (ou Espanhol) e Inglês, de não mais que 250 palavras. Deverá ser estruturado de acordo com o tipo de artigo, contendo resumidamente as principais partes do trabalho e ressaltando os dados mais significativos.

Assim, para Artigos originais, a estrutura deve ser, em Português: objetivo, método, resultados, conclusão; em Inglês: *purpose, methods, results, conclusion*. Para Revisões sistemáticas ou meta-análises a estrutura do resumo deve ser, em Português: objetivo, estratégia de pesquisa, critérios de seleção, análise dos dados, resultados, conclusão; em Inglês: *purpose, research strategies, selection criteria, data analysis, results, conclusion*. Para Relatos de casos o resumo não deve ser estruturado. Abaixo do resumo, especificar no mínimo cinco e no máximo dez descritores/*keywords* que definam o assunto do trabalho. Os descritores deverão ser baseados no DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) publicado pela Bireme que é uma tradução do MeSH (*Medical Subject Headings*) da *National Library of Medicine* e disponível no endereço eletrônico: <http://decs.bvs.br>.

Texto

Deverá obedecer a estrutura exigida para cada tipo de trabalho. A citação dos autores no texto deverá ser numérica e sequencial, utilizando algarismos arábicos entre parênteses e sobrescritos, sem data e preferencialmente sem referência ao nome dos autores, como no exemplo:

"... Qualquer desordem da fala associada tanto a uma lesão do sistema nervoso quanto a uma disfunção dos processos sensório-motores subjacentes à fala, pode ser classificada como uma desordem motora(11-13) ..."

Palavras ou expressões em Inglês que não possuam tradução oficial para o Português devem ser escritas em itálico. Os numerais até dez devem ser escritos por extenso. No texto deve estar indicado o local de inserção das tabelas, quadros, figuras e anexos, da mesma forma que estes estiverem numerados, sequencialmente. Todas as tabelas e quadros devem ser em preto e branco; as figuras (gráficos, fotografias e ilustrações) podem ser coloridas. Tabelas, quadros e figuras devem ser dispostos ao final do artigo, após as referências e ser apresentados também em anexo no sistema de submissão, tal como indicado acima.

Referências

Devem ser numeradas consecutivamente, na mesma ordem em que foram citadas no texto, e identificadas com números arábicos. A apresentação deverá estar baseada no formato denominado "Vancouver Style", conforme exemplos abaixo, e os títulos de *Journal Indexed in Index Medicus*, da *National Library of Medicine* e disponibilizados no endereço: [ftp://ftp.nlm.nih.gov/online/journals/archive/ljweb.pdf](http://ftp.nlm.nih.gov/online/journals/archive/ljweb.pdf)

Para todas as referências, citar todos os autores até seis. Acima de seis, citar os seis primeiros, seguidos da expressão et al.

Recomendações gerais:

- Utilizar preferencialmente referências publicadas em revistas indexadas nos últimos cinco anos.
- Sempre que disponível devem ser utilizados os títulos dos artigos em sua versão em inglês.
- Sempre que possível incluir, o DOI dos documentos citados.
- Devem ser evitadas as referências de teses, dissertações ou trabalhos apresentados em congressos científicos.

ARTIGOS DE PERIÓDICOS

Shriberg LD, Flipsen PJ Jr, Thielke H, Kwiatkowski J, Kertoy MK, Katcher ML et al. Risk for speech disorder associated with early recurrent otitis media with effusions: two retrospective studies. *J Speech Lang Hear Res.* 2000;43(1):79-99.

Wertzner HF, Rosal CAR, Pagan LO. Ocorrência de otite média e infecções de vias aéreas superiores em crianças com distúrbio fonológico. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2002;7(1):32-9.

LIVROS

Northern J, Downs M. *Hearing in children.* 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1983.

CAPÍTULOS DE LIVROS

Rees N. An overview of pragmatics, or what is in the box? In: Irwin J. *Pragmatics: the role in language development.* La Verne: Fox; 1982. p. 1-13.

CAPÍTULOS DE LIVROS (mesma autoria)

Russo IC. *Intervenção fonoaudiológica na terceira idade.* Rio de Janeiro: Revinter; 1999. Distúrbios da audição: a presbiacusia; p. 51-82.

DOCUMENTOS ELETRÔNICOS

ASHA: American Speech and Hearing Association [Internet]. Rockville: American Speech-Language-Hearing Association; c1997-2008. *Otitis media, hearing and language development.* [cited 2003 Aug 29]; [about 3 screens] Available from: http://www.asha.org/consumers/brochures/otitis_media.htm

Tabelas

Apresentar as tabelas separadamente do texto, cada uma em uma página, ao final do documento e apresentá-las também em anexo, no sistema de submissão. As tabelas devem ser digitadas com espaço duplo e fonte Arial 8, numeradas sequencialmente, em algarismos arábicos, na ordem em que foram citadas no texto. Todas as tabelas deverão ter título reduzido, autoexplicativo, inserido acima da tabela. Todas as colunas da tabela devem ser identificadas com um cabeçalho. No rodapé da tabela deve constar legenda para abreviaturas e testes estatísticos utilizados. O número de tabelas deve ser apenas o suficiente para a descrição dos dados de maneira concisa, e não devem repetir informações apresentadas no corpo do texto. Quanto à forma de apresentação, devem ter traçados horizontais separando o cabeçalho, o corpo e a conclusão da tabela. Devem ser abertas lateralmente. Serão aceitas, no máximo, cinco tabelas.

Quadros

Devem seguir a mesma orientação da estrutura das tabelas, diferenciando apenas na forma de apresentação, que podem ter traçado vertical e devem ser fechados lateralmente. Serão aceitos no máximo dois quadros. Apresentar os quadros separadamente do texto, cada um em uma página, ao final do documento e apresentá-los também em anexo, no sistema de submissão.

Figuras (gráficos, fotografias e ilustrações)

As figuras deverão ser encaminhadas separadamente do texto, ao final do documento, numeradas sequencialmente, em algarismos arábicos, conforme a ordem de aparecimento no texto. Todas as figuras devem ser apresentadas também em anexo, no sistema de submissão. Todas as figuras deverão ter qualidade gráfica adequada (podem ser coloridas, preto e branco ou escala de cinza, sempre com fundo branco), e apresentar título em legenda, digitado em fonte Arial 8. Para evitar problemas que comprometam o padrão de publicação da CoDAS, o processo de digitalização de imagens ("scan") deverá obedecer aos seguintes parâmetros: para gráficos ou esquemas usar 800 dpi/*bitmap* para traço; para ilustrações e fotos usar 300 dpi/RGB ou *grayscale*.

Em todos os casos, os arquivos deverão ter extensão .tif e/ou .jpg. Também serão aceitos arquivos com extensão .xls (Excel), .eps, .wmf para ilustrações em curva (gráficos, desenhos, esquemas). Se as figuras já tiverem sido publicadas em outro local, deverão vir acompanhadas de autorização por escrito do autor/editor e constando a fonte na legenda da ilustração. Serão aceitas, no máximo, cinco figuras.

Legendas

Apresentar as legendas usando espaço duplo, acompanhando as respectivas tabelas, quadros, figuras (gráficos, fotografias e ilustrações) e anexos.

Abreviaturas e siglas

Devem ser precedidas do nome completo quando citadas pela primeira vez no texto. As abreviaturas e siglas usadas em tabelas, quadros, figuras e anexos devem constar na legenda com seu nome por extenso. As mesmas não devem ser usadas no título dos artigos e nem no resumo.

ORCID iD

Todos os autores devem ter o número de registro no ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*, <http://orcid.org/>) associados aos seus respectivos cadastros no sistema ScholarOne.