



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANDRESSA PELAQUIM

**ACURÁCIA DO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE MÉDIA E
LONGA LATÊNCIA EM IDENTIFICAR ALTERAÇÕES DE
PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL EM ADULTOS**

Londrina – PR
2024

ANDRESSA PELAQUIM

**ACURÁCIA DO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE MÉDIA E
LONGA LATÊNCIA EM IDENTIFICAR ALTERAÇÕES DE
PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL EM ADULTOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção do título de doutora.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Fornazieri
Co-orientadora: Profa. Dra. Milaine Dominici Sanfins

Londrina

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

P381a Pelaquim, Andressa .

Acurácia do Potencial Evocado Auditivo de Média e Longa Latência em identificar alterações de Processamento Auditivo Central em adultos / Andressa Pelaquim. - Londrina, 2024.
106 f.

Orientador: Marco Aurélio Fornazieri.

Coorientador: Milaine Dominici Sanfins.

Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2024.

Inclui bibliografia.

1. Potenciais Evocados Auditivos - Tese. 2. Transtorno da Percepção Auditiva - Tese. 3. Eletrofisiologia - Tese. 4. Audição - Tese. I. Fornazieri, Marco Aurélio. II. Sanfins, Milaine Dominici. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. IV. Título.

CDU 61

ANDRESSA PELAQUIM

**ACURÁCIA DO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE MÉDIA E
LONGA LATÊNCIA EM IDENTIFICAR ALTERAÇÕES DE
PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL EM ADULTOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção do título de doutora.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Fornazieri
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Daniela Gil
Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Prof. Dra. Dayane Domeneghini Didoné
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Profa. Dra. Estefânia Gastaldello Moreira
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Danilo Rodrigues Pereira da Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 12 de março de 2024

Dedico este trabalho a Deus e a Nossa Senhora, minha Mãe, que caminharam à minha frente nesta jornada e fortaleceram o meu coração diante às inúmeras dificuldades e incertezas.

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Nossa Senhora, por terem cuidado de mim durante esses últimos anos e por terem me dado muito mais do que mereço nessa vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Aurélio Fornazieri pela orientação desde o mestrado e por compartilhar toda sua expertise e amor pela ciência com tanta generosidade. Obrigada pela acolhida sincera e por tudo!

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Milaine Dominici Sanfins pelo exemplo como audiologista, docente e cientista. Obrigada por ter me acolhido e me orientado sempre com tanta dedicação e atenção. Hoje sou melhor audiologista e pesquisadora por ter tido a oportunidade de ter você ao meu lado nessa jornada.

Aos meus pais, Ilda e Claudinei e ao meu irmão Augusto, pelo apoio de sempre e por compreenderem a minha vontade de voar alto.

À Fga. Marcia Bongiovanni por ter disponibilizado o espaço e os equipamentos de sua clínica para a coleta de dados desse estudo, bem como toda sua equipe. Serei eternamente grata por tudo!

À banca examinadora dessa tese, Profa. Daniela, Profa. Dayane, Profa. Estefânia e Prof. Danilo. Agradeço profundamente as contribuições e todo o aprendizado que fizeram esse trabalho ficar muito melhor.

Às minhas amigas-irmãs do Centro Cultural Caravelas por terem aguentado minhas crises nesse período e, principalmente, por terem ajudado eu me tornar uma pessoa melhor de forma tão sublime.

Aos amigos e amigas que Deus colocou em minha vida durante esses anos vivendo em Londrina, especialmente a Juliana Gameiro e a Anna Carolina Bandolin que fizeram meus dias serem mais serenos.

À Dra. Andressa Juliane e Dra. Alexandra Leite, meu profundo agradecimento por todas as palavras de carinho e incentivo nos momentos mais difíceis e por sempre terem me ouvido com tanta atenção.

À Universidade Estadual de Londrina e, especialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, que tanto me ensinou ao longo de seis anos na pós-graduação.

À CAPES pelo financiamento para a execução desse estudo.

A todos os voluntários que participaram gentilmente desse trabalho, meu muito obrigada!

“Não voes como ave de capoeira, quando podes subir como as águias.”

Josemaria Escrivá de Balaguer, Caminho, 7

PELAQUIM, ANDRESSA. **Acurácia do Potencial Evocado Auditivo de Média e Longa Latência em Identificar Alterações de Processamento Auditivo Central em Adultos.** 2024. 106 páginas. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

RESUMO

INTRODUÇÃO: O processamento auditivo central se refere à eficiência e à efetividade com que o Sistema Nervoso Auditivo Central utiliza a informação auditiva. O potencial evocado auditivo de média e longa latência são exames eletrofisiológicos objetivos, utilizados para complementar a avaliação comportamental do processamento auditivo central. No entanto, não há estudos que investigaram se esses potenciais são realmente acurados para identificar alterações no processamento auditivo central, em uma amostra sem outras patologias associadas. **OBJETIVO:** Mensurar a acurácia do Potencial Evocado Auditivo de Média e Longa Latência em identificar adultos com alterações no processamento auditivo central. **MÉTODO:** Estudo transversal. Setenta e três indivíduos foram divididos em grupo controle com processamento auditivo central normal e grupo estudo com processamento auditivo central alterado. Os participantes realizaram a avaliação audiológica básica, eletrofisiológica e avaliação comportamental do processamento auditivo central. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro – Wilk e os dados paramétricos foram analisados pelo teste t de Student. Os dados não paramétricos foram verificados com o teste de Mann – Whitney. Foram utilizados testes diagnósticos e a chance de alteração na avaliação comportamental do processamento auditivo central foi verificada pela regressão logística e pelo teste Exato de Fisher. **RESULTADOS:** Os potenciais evocados auditivos de média e longa latência apresentaram baixa sensibilidade e acurácia. O potencial evocado auditivo de longa latência apresentou resultados significantes ($p < 0,01$ e OR = 6,3; IC 95%: 2-19,6), bem como os seus subcomponentes P1-N1-P2 ($p = 0,010$ e OR 6,76 (IC: 1,4 – 32,5) e N2-P300 ($p=0,039$ e OR =3,60; IC95% = 1,16 – 11,2). Ao analisar os resultados dos potenciais evocados auditivos frente os resultados obtidos em habilidade auditiva, não foi identificada associação. **CONCLUSÕES:** Os potenciais evocados auditivos de média e longa latência apresentaram baixa acurácia para identificar alterações de processamento auditivo central em adultos, com limiares auditivos normais e sem comorbidades associadas. Dessa forma, esses potenciais não devem ser utilizados para o rastreamento e nem como método isolado para definição de diagnóstico de transtorno do processamento auditivo.

Palavras-chave: Potenciais Evocados Auditivos. Audição. Transtorno da Percepção Auditiva. Eletrofisiologia. Adultos.

PELAQUIM, ANDRESSA. **Accuracy of Middle and Long Latency Auditory Evoked Potential in identifying Central Auditory Processing Disorders in adults.** 2024. 106 pages. Thesis (Doctorate in Health Sciences) – Londrina State University, Londrina, 2024.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Central auditory processing refers to the efficiency and effectiveness with which the Central Auditory Nervous System uses auditory information. The middle and long - latency auditory evoked potentials are objective electrophysiological tests used to complement the behavioral assessment of central auditory processing. However, there are no studies that have investigated whether these potentials are truly accurate in identifying changes in central auditory processing in a sample without other associated pathologies. **OBJECTIVE:** To measure the accuracy of the Middle and Long Latency Auditory Evoked Potential in identifying adults with changes in central auditory processing. **METHOD:** Cross-sectional study. Seventy-three individuals were divided into a control group with normal central auditory processing and a study group with altered central auditory processing. Participants underwent basic audiological, electrophysiological, and behavioral assessment of central auditory processing. The normality of the data was verified using the Shapiro – Wilk test and parametric data were analyzed using the student's t test. Non-parametric data were verified with the Mann – Whitney test. Diagnostic tests were used and the chance of changes in the behavioral assessment of central auditory processing was verified by logistic regression and Fisher's Exact test. **RESULTS:** Middle and long - latency auditory evoked potentials showed low sensitivity and accuracy. The long - latency auditory evoked potential showed significant results ($p < 0.01$ and $OR = 6.3$; 95% CI: 2-19.6), as well as its subcomponents P1-N1-P2 ($p = 0.010$ and $OR 6.76$ (CI: 1.4 – 32.5) and N2-P300 ($p=0.039$ and $OR =3.60$; 95% CI = 1.16 – 11.2). When analyzing each auditory ability separately, it was not identified association with the results of auditory evoked potentials. **CONCLUSIONS:** Middle and long - latency auditory evoked potentials showed low accuracy for identifying changes in central auditory processing in adults with normal auditory thresholds and without associated comorbidities. Therefore, these potentials should not be used for screening nor as an isolated method for defining the diagnosis of auditory processing disorder.

Keywords: Auditory Evoked Potentials. Hearing. Auditory Perception Disorder. Electrophysiology. Adults.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Anatomia da orelha. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	19
FIGURA 2. Anatomia da orelha interna. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	21
FIGURA 3. Imagem representativa do Órgão de Corti. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	22
FIGURA 4. Imagem representativa do Sistema Nervoso Auditivo Central. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	23
FIGURA 5. Imagem representativa da localização do VIII par craniano na orelha interna. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	24
FIGURA 6. Imagem representativa da localização do tálamo. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	26
FIGURA 7. Imagem representativa dos núcleos talâmicos e suas projeções. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	27
FIGURA 8. Imagem representativa da face lateral do lobo temporal. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	28
FIGURA 9. Imagem representativa da localização das baixas e altas frequências no córtex auditivo primário e de associação. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	28
FIGURA 10. Imagem representativa do córtex auditivo primário e áreas associativas, evidenciando a área de Broca e a área de Wernicke. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	29
FIGURA 11. Imagem representativa das ondas dos PEAs de curta, média e longa latência. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	32
FIGURA 12. Imagem representativa dos sítios geradores das ondas do PEATE. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.....	33
FIGURA 13. Imagem da resposta de um PEAML de um indivíduo com limiares auditivos normais.....	35
FIGURA 14. Imagem da resposta de um PEALL de um indivíduo com limiares auditivos normais.....	36
FIGURA 15. Figura esquemática com a seleção da amostra.....	41
FIGURA 16. Figura esquemática do delineamento do estudo.....	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Componentes do PEATE e seus sítios geradores no tronco encefálico ⁴⁵	33
TABELA 2. Estudos prévios envolvendo o TPAC e Avaliação Eletrofisiológica em Adultos com Limiares Auditivos Normais.....	37
TABELA 3. Valor de referência para o teste fala no ruído, segundo Pereira e Schochat ^{29,66}	45
TABELA 4. Critério de referência para o teste TDD, segundo Pereira e Schochat ^{29,66}	46
TABELA 5. Padrão de normalidade para o TPF, segundo Auditec St. Louis ⁶⁷	46
TABELA 6. Valores de normalidade para os testes dióticos, segundo Pereira e Schochat ^{29,66}	47
TABELA 7. Parâmetros para obtenção dos PEATE clique, segundo Hall ⁷³	49
TABELA 8. Valores de latência absoluta e latências interpicos para o PEATE em adultos.....	50
TABELA 9. Parâmetros para aquisição do PEALL com estímulo tone burst (não verbal), segundo Hall ⁵⁵	51
TABELA 10. Padrão de normalidade dos valores de latências do PEALL proposto por McPherson ⁷⁵ , considerando a coleta em Cz em média/ alta intensidade.....	51
TABELA 11. Parâmetros para obtenção do PEAML com estímulo clique, segundo Hall ⁴⁶	52
TABELA 12. Possíveis resultados de um teste diagnóstico ⁷⁶	53
TABELA 13. Padrão de normalidade dos valores de latências do PEAML, segundo Hall ⁴⁶	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Estudos prévios envolvendo o TPAC e Avaliação Eletrofisiológica em Adultos com Limiares Auditivos Normais.....38

Quadro 2. Testes comportamentais realizados para a avaliação do processamento auditivo central e habilidades auditivas.....45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASHA	<i>American Speech Hearing Association</i>
AAA	<i>American Academy of Audiology</i>
A1	Lóbulo Esquerdo
A2	Lóbulo Direito
C3	Hemisfério Esquerdo
C4	Hemisfério Direito
COS	Complexo Olivar Superior
CI	Colículo Inferior
CA	Córtex Auditivo
CGM	Corpo Geniculado Medial
CAP	Córtex Auditivo Primário
Cz	Coronal
Cols.	Colaboradores
dB	<i>Decibel</i>
daPa	<i>Decapascal</i>
dBnNA	Decibel Nível normal de Audição
Dbna	Decibel Nível de Audição
DP	Desvio Padrão
EE	Estimulação bilateral das orelhas
Fpz	Fronto –parietal
FR	Formação Reticular
F/R	Relação sinal ruído
GE	Grupo Estudo
GC	Grupo Controle
Hz	<i>Hertz</i>
IHS	<i>Intelligent Hearing Systems</i>
K+	Potássio
KHz	<i>Kilohertz</i>
KΩ	<i>KOhms</i>
LL	Lemnisco Lateral
LOC	Teste de localização sonora em cinco direções
Ms	Milissegundos
MI	Mililitro
Mm	Milímetro
MAE	Meato acústico externo
MLD	Masking Level Difference
MSNV	Memória sequencial para sons não verbais
MSV	Memória sequencial para sons verbais
Na+	Sódio
NC	Núcleo Coclear
NCV	Núcleos Cocleares Ventral
NCD	Núcleo Coclear Dorsal
NOMS	Núcleo Olivar Medial Superior
NOLS	Núcleo Olivar Lateral Superior
OD	Orelha Direita
OE	Orelha Esquerda
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAC	Processamento Auditivo Central
PEA	Potencial Evocado Auditivo
PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
PEAML	Potencial Evocado Auditivo de Média Latência

PEALL	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência
RDGT	<i>Random gap detection test</i>
SNAP	Sistema Nervoso Auditivo Periférico
SNAC	Sistema Nervoso Auditivo Central
Sec	Segundos
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TPAC	Transtorno do Processamento Auditivo Central
TFR	Teste Fala no ruído
TDD	Teste dicótico de dígitos
TPF	Teste Padrão de Frequência
TPD	Teste Padrão de Duração
μV	<i>Microvolt</i>
μs	<i>Microsiemens</i>
VPP	Valor Preditivo Positivo
VPN	Valor Preditivo Negativo
WN	<i>White Noise</i>
\geq	Maior ou igual
$<$	Menor
\neq	Diferente
%	Porcentagem

SUMÁRIO

I – Introdução	16
II – Justificativa	18
III - Revisão de literatura	19
III.1. Sistema Nervoso Auditivo Periférico.....	19
III.2. Sistema Nervoso Auditivo Central.....	22
III.3. Processamento Auditivo Central (PAC).....	29
III.4. Potencial Evocado Auditivo (PEA).....	31
III.5. Avaliação comportamental do PAC e eletrofisiológica em adultos com limiares auditivos normais.....	37
IV.Objetivos	40
IV.1. Geral.....	40
IV.2. Específicos.....	40
V. Método	41
V.1. Desenho do Estudo e Aspectos Éticos.....	41
V.2. Casuística.....	41
V.3. Critérios de Inclusão.....	42
V.4. Critérios de Exclusão.....	42
V.5. Delineamento do Estudo.....	42
V.6. Amostra.....	43
V.7. Procedimentos.....	44
V.8.Análise dos Dados.....	53
VI. Resultados e Discussão	54
VII. Conclusão	93
VIII. Referências	93
IX. Apêndices	99
X. Anexos	102

I – INTRODUÇÃO

O processamento auditivo central (PAC) se refere à eficiência e à efetividade com que o Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) utiliza a informação auditiva verbal e não verbal. Engloba um conjunto de habilidades específicas às quais permite ao indivíduo realizar uma análise metacognitiva dos estímulos sonoros.^{1,2}

A avaliação comportamental do PAC busca avaliar a habilidade auditiva de detecção, localização sonora, discriminação auditiva, atenção seletiva, figura fundo auditiva, fechamento auditivo e memória sequencial auditiva, classificando-as como normal ou alterada.³

Sendo assim, denomina-se Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC) alterações em uma ou mais habilidades auditivas e que comprometam a análise e a interpretação dos padrões sonoros.^{4,5}

O TPAC é frequentemente encontrado em idosos, pois o processo de envelhecimento ocasiona o declínio de funções fisiológicas e sensoriais.⁶ Espera-se, portanto, que indivíduos adultos e com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade tenham esse conjunto de habilidades sem alterações. Entretanto ter limiares auditivos normais não significa que há compreensão auditiva, pois é necessário que o sinal acústico seja analisado e interpretado pelo SNAC.⁷

Em crianças na fase escolar, quando há um déficit na análise e na interpretação da informação acústica, podem-se observar dificuldades na compreensão da leitura e dificuldades na escrita, dificuldade de linguagem expressiva e receptiva, alterações na atenção dirigida, distraindo-se facilmente, entre outras. Em adultos a queixa mais comum é a dificuldade de compreensão da fala, principalmente em ambiente ruidoso, sem causa auditiva aparente.⁵

A avaliação comportamental do PAC pode ser complementada através dos exames eletrofisiológicos, que avaliam a via auditiva por meio de medidas elétricas. Esses exames são métodos objetivos e não invasivos altamente preconizados para o uso na prática clínica. Os exames eletrofisiológicos permitem avaliar não apenas a função, mas também a integridade neurofisiológica das vias auditivas, possibilitando o diagnóstico de doenças em otologia, neurologia, entre outras. Dentre os potenciais evocados auditivos (PEAs), o Potencial Evocado Auditivo de tronco encefálico (PEATE) realizado com estímulo do tipo click é o mais utilizado na rotina clínica para investigar a integridade do nervo auditivo até o tronco encefálico alto.^{8,9,10,11,12}

O Potencial Evocado Auditivo de Média latência (PEAML) tem se mostrado promissor para a avaliação de disfunções/alterações do SNAC.¹³ No entanto, o Potencial Evocado

Auditivo de Longa Latência (PEALL) é um dos PEAs mais importantes e difundidos para avaliar os mecanismos neurais envolvidos com a percepção auditiva, em indivíduos com audição normal e que apresentam alterações de SNAC.

A American Speech-Language-Hearing Association (ASHA)¹ recomenda a avaliação eletrofisiológica para complementar a avaliação comportamental do PAC e, especialmente o PEAML tem sido um PEA recomendado por avaliar áreas cerebrais normalmente envolvidas com o TPAC. No entanto, a associação americana reforça a necessidade de realizar mais estudos para estabelecer a utilidade clínica dos PEAs em casos de TPAC.

Estudos prévios buscaram encontrar correlação entre os resultados dos PEAs e os testes comportamentais do PAC, porém foram conduzidos em adultos com limiares auditivos normais e com a presença de alguma comorbidade associada^{14,15,16} Além disso, não encontramos estudos que investigaram a acurácia dos PEAs em casos de TPAC em nenhuma faixa etária.

Frente ao exposto, o objetivo do presente estudo foi mensurar a acurácia do Potencial Evocado Auditivo de Média Latência e Longa Latência em identificar indivíduos adultos com alterações de processamento auditivo central e sem outras comorbidades associadas.

A hipótese é que o PEAML e o PEALL apresentam boa acurácia para identificar disfunções nas habilidades auditivas, e, portanto, seus resultados se associam aos achados dos testes comportamentais do PAC.

II - JUSTIFICATIVA

A avaliação comportamental do PAC é realizada por meio de testes comportamentais que dependem da resposta do indivíduo que está sendo avaliado. Dessa forma, faz-se importante a utilização de métodos objetivos que auxiliem e complementem a avaliação das alterações na via auditiva central, a fim de subsidiar, posteriormente, o processo de reabilitação auditiva.

O PEAML e o PEALL são exames objetivos que devido, aos seus sítios geradores, podem mostrar alterações na via auditiva central até o córtex auditivo, que comprometem as habilidades auditivas necessárias para a compreensão da fala.

A literatura que explora a relação entre os PEAs e a avaliação comportamental do PAC é extensa, nas diferentes faixas etárias. Todavia, mesmo tendo investigado a atividade eletrofisiológica da via auditiva central em casos de TPAC, nenhum estudo de forma concreta, demonstrou haver uma associação entre as medidas objetivas e os testes comportamentais do PAC e nem avaliou a acurácia dos PEAs para auxiliar no diagnóstico de TPAC. Quanto à população, a faixa etária explorada comumente concentra-se entre sete e 17 anos, pois são indivíduos na fase escolar e que, com frequência, apresentam queixas específicas de aprendizagem, alterações de linguagem oral ou transtornos de comportamento.

Na população adulta há estudos que buscaram relacionar os resultados do PEAML e PEALL com os testes comportamentais do PAC, porém com amostra composta por indivíduos com alteração periférica da audição ou com limiares auditivos normais, porém com alguma comorbidade associada, como trauma cranioencefálico, gagueira, disfonia entre outras. Sendo assim, não foram encontrados estudos que buscaram verificar a acurácia dos PEAs para identificar alterações de TPAC em adultos com limiares auditivos normais e sem comorbidades associadas.

Dessa forma, pretendemos preencher essa lacuna existente na literatura ao investigar a acurácia do PEAML e o PEALL frente ao diagnóstico de TPAC, em indivíduos adultos com limiares auditivos normais e sem patologias associadas.

III - REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura baseou-se em estudos acerca do processamento auditivo central e eletrofisiologia da audição:

O capítulo foi dividido em cinco módulos:

- Sistema Nervoso Auditivo Periférico;
- Sistema Nervoso Auditivo Central;
- Processamento Auditivo Central (PAC);
- Potencial Evocado Auditivo (PEA);
- Avaliação comportamental do PAC e eletrofisiológica em adultos com limiares auditivos normais.

III.1. SISTEMA NERVOSO AUDITIVO PERIFÉRICO

O sistema nervoso auditivo periférico (SNAP) está predominantemente situado no osso temporal, compreendendo a orelha externa, a orelha média e a orelha interna.¹⁷ (Figura 1).

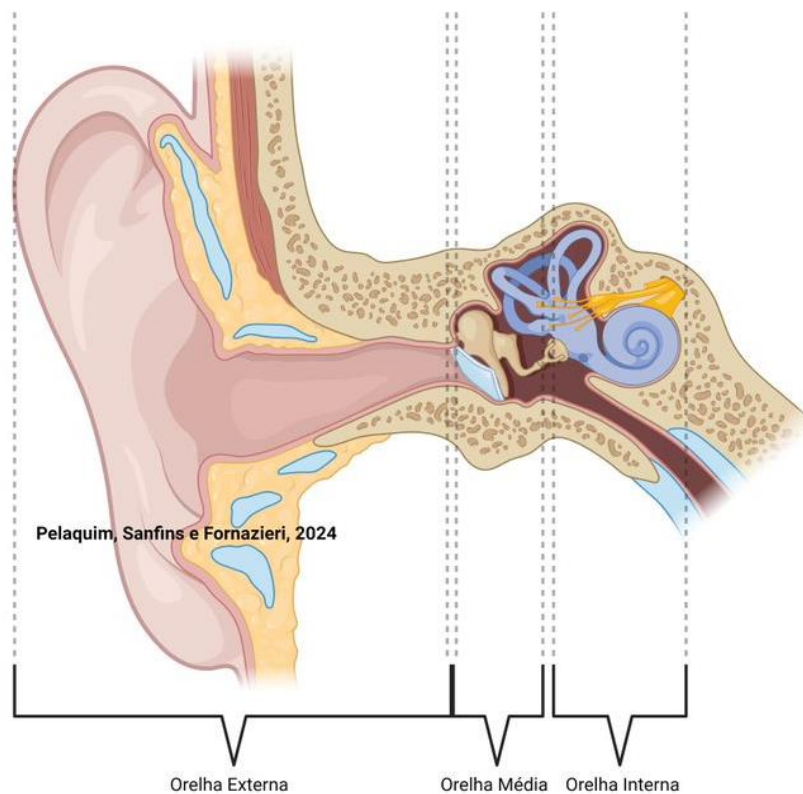


Figura 1. Anatomia da orelha. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

A orelha externa é constituída pelo pavilhão auricular e pelo meato acústico externo (MAE). O pavilhão auricular desempenha o papel de captar as ondas sonoras e direcioná-las através do MAE até a membrana timpânica. Na extremidade do MAE encontra-se a membrana timpânica. Esta membrana é delgada, côncava e semitransparente, com seu ponto mais elevado voltado para o interior da orelha média. Ela é fixada à parede do MAE por meio de um anel de tecido fibroso conhecido como anel timpânico¹⁷

A orelha média está situada na porção petrosa do osso temporal. A parede lateral é constituída pela membrana timpânica, enquanto na parede posterior são identificados o nervo facial e o músculo estapédio. Dentro da cavidade timpânica, encontra-se a cadeia ossicular composta pelo martelo, bigorna e estribo. O martelo possui uma dimensão aproximada de 8 a 9 mm, a bigorna tem cerca de 7 mm, e o estribo, o menor dos três, mede aproximadamente 3 mm. Esses ossículos permanecem suspensos e mantidos em posição por diversos ligamentos (superior, anterior, lateral, posterior e anular), além de serem influenciados por dois músculos, o músculo tensor do tímpano e o músculo estapédio.¹⁷

A onda sonora atravessa e faz vibrar a membrana timpânica, desencadeando posteriormente a contração reflexa dos músculos da orelha média. Essa vibração é então transmitida à cadeia ossicular, alcançando a janela do vestíbulo por meio do estribo, resultando em uma alteração na dinâmica dos líquidos endolinfáticos presentes na orelha interna.¹⁷ A membrana timpânica e o sistema ossicular desempenham um papel crucial na manutenção da impedância entre as ondas sonoras e as vibrações sonoras nos líquidos endolinfáticos.¹⁸

Na orelha média, encontra-se a tuba auditiva, que estabelece a comunicação entre a cavidade timpânica e a nasofaringe. Sua função principal é manter o equilíbrio da pressão do ar entre a orelha externa e a orelha média, essencial para uma transmissão sonora eficaz. Além disso, desempenha um papel na drenagem, prevenindo o acúmulo de secreções. O músculo tensor do véu palatino auxilia na expulsão das secreções da orelha média para a região nasal. Assim, qualquer disfunção na tuba auditiva resultará no aumento da impedância acústica, levando a uma diminuição na transmissão sonora, como ocorre em casos de otite média.¹⁸

A orelha interna, também localizada na porção petrosa do osso temporal, é composta pela cóclea, pelos canais semicirculares e pelos órgãos otolíticos (Figura 2).

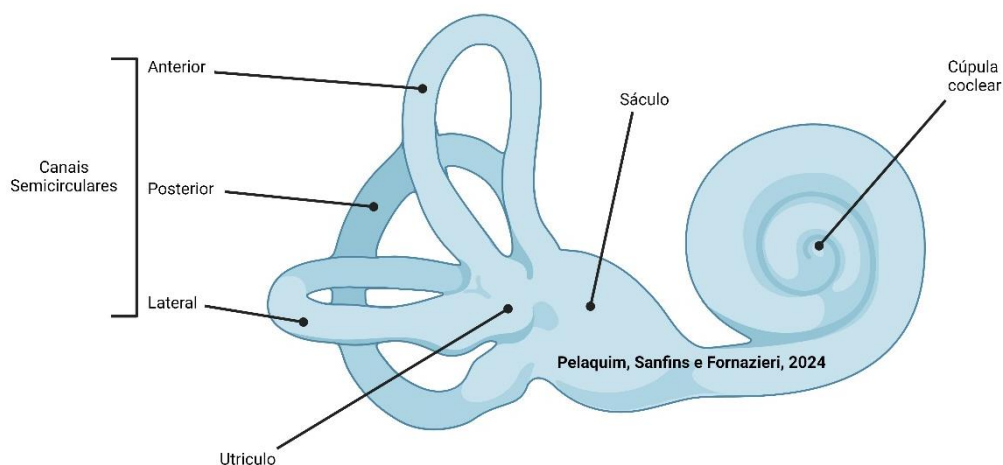


Figura 2. Anatomia da orelha interna. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

Situada no labirinto ósseo, preenchido pela perilinfa rica em Sódio (Na^+) e com baixo teor de Potássio (K^+) a cóclea é uma estrutura helicoidal, compreendendo aproximadamente dois giros completos e mais 2/3 de um giro.¹⁹ A cóclea é composta pela rampa vestibular, rampa média e rampa timpânica. A membrana de Reissner, também conhecida como membrana vestibular, separa a rampa vestibular e a rampa média. Por outro lado, a rampa média e a rampa timpânica são distintas devido à presença da membrana basilar.¹⁷

A cóclea é a principal estrutura responsável pela função auditiva. No ducto coclear, sobre a membrana basilar encontram-se o órgão espiral ou “órgão espiral de Corti” que é formado pela membrana tectória, células de sustentação e células ciliadas. Durante as vibrações da membrana basilar, os cílios das células ciliadas externas entram em contato com a membrana tectória, que é uma cúpula gelatinosa fixada à lâmina espiral óssea.¹⁹

As células ciliadas são células sensoriais, responsáveis por transformar as ondas sonoras em impulsos nervosos. Elas se diferenciam em células ciliadas externas e células ciliadas internas. Entre 12.000 e 15.000 células ciliadas externas estão presentes na cóclea, desempenhando um papel crucial na amplificação do som. Organizadas em três fileiras, essas células estabelecem sinapses com 5 a 10% das fibras nervosas aferentes para o nervo coclear, sendo especialmente associadas aos sons de menor intensidade. Por outro lado, as células ciliadas internas estão dispostas de forma linear em uma única fileira, totalizando aproximadamente 3.500 células piriformes (Figura 3). Elas realizam sinapses com 90 a 95% das fibras aferentes para o nervo coclear e desempenham um papel central na transdução sensorial, sendo responsáveis pela conversão dos estímulos sonoros em sinais neurais.¹⁹

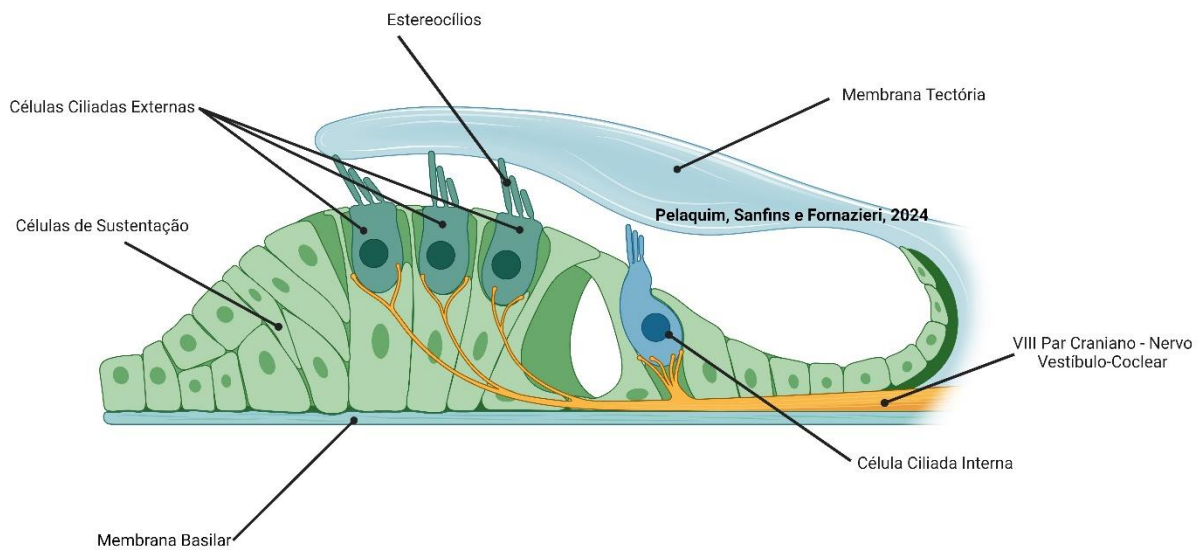


Figura 3. Imagem representativa do Órgão de Corti. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

As células ciliadas externas são amplificadoras, que aumentam em até 50dB a intensidade de um estímulo. Além disso, apresentam seletividade de frequências. A inclinação dos cílios das células ciliadas externas auxilia na deflexão dos cílios das células ciliadas internas, que são células receptoras e codificadoras, responsáveis pela transdução sensorial.¹⁹

A deflexão dos cílios resulta na despolarização das células ciliadas internas, desencadeando a abertura dos canais de K^+ e a formação de potenciais receptores. Esses potenciais geram a liberação de neurotransmissores, excitando as fibras nervosas aferentes. Essas fibras, por sua vez, estabelecem comunicação com as terminações nervosas do nervo coclear, marcando a primeira sinapse do sistema auditivo. A informação é então transmitida aos núcleos cocleares, seguindo em direção ao córtex auditivo.¹⁹

III.2. SISTEMA NERVOSO AUDITIVO CENTRAL

A via auditiva central é composta por vários centros de integração, que se estendem das células ganglionares da cóclea para o tronco encefálico, passando pelo mesencéfalo e tálamo, até alcançar o córtex auditivo (Figura 4). O processamento das informações já é iniciado na cóclea com a seletividade de frequência e estende ao longo das estruturas do tronco encefálico até chegar ao córtex cerebral.^{17,19}

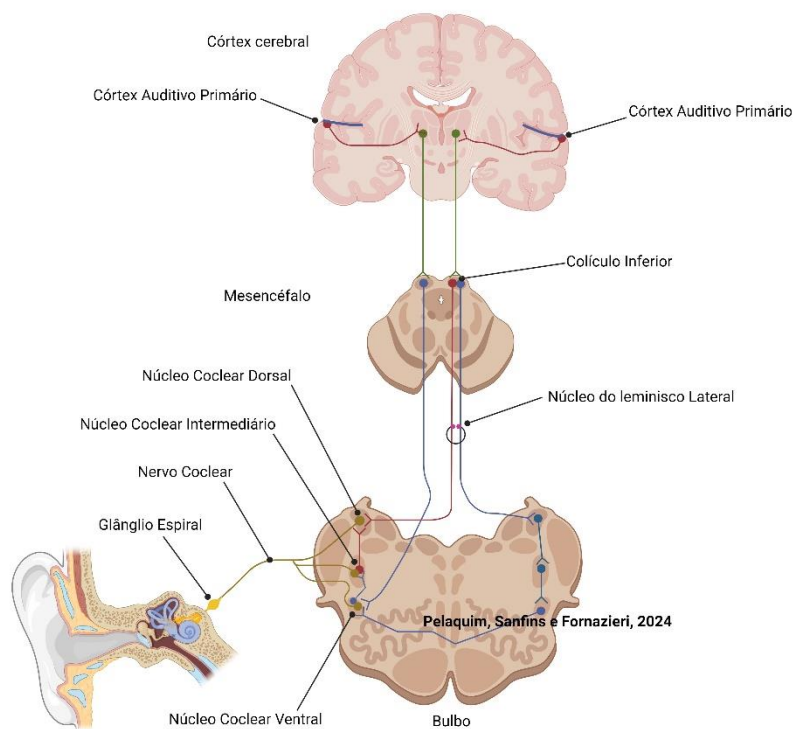


Figura 4. Imagem representativa do Sistema Nervoso Auditivo Central. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

O Nervo Auditivo (NA) é constituído por fibras do tipo I e tipo II (Figura 5). As fibras do tipo I, que representam cerca de 95% de todas as fibras do nervo, são mielinizadas e conectam-se às células ciliadas internas. Por outro lado, as fibras do tipo II, aproximadamente 5%, não são mielinizadas e estabelecem conexões com as células ciliadas externas. Esses feixes de fibras nervosas, originários da cóclea e dirigindo-se ao tronco encefálico, estão organizados de maneira tonotópica.²⁰

Na organização tonotópica, as fibras periféricas que se encontram na periferia do nervo carregam informações relacionadas a frequências mais altas, enquanto as fibras situadas mais internamente transmitem informações das frequências mais baixas. Esses mapas tonotópicos persistem ao longo de toda a trajetória auditiva até o córtex cerebral.²⁰

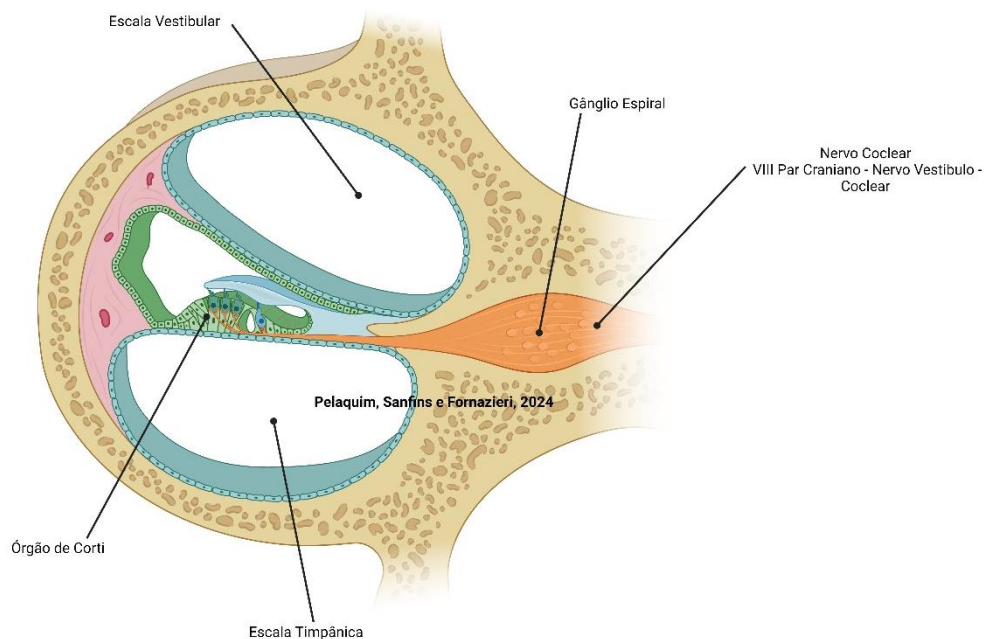


Figura 5. Imagem representativa da localização do VIII par craniano na orelha interna. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

Os Núcleos Cocleares (NC) são as primeiras estruturas da via auditiva no SNC com atividade sináptica. Localizados na junção entre a ponte e o bulbo, os feixes de fibras adentram o tronco encefálico pelo VIII par craniano – nervo vestibulococlear e terminam ipsilateralmente nos NCs. No bulbo, os axônios inervam o núcleo coclear dorsal (NCD) e ventral (NCV). As fibras oriundas do ápice da cóclea, responsáveis pelas frequências graves, terminam ventralmente no NCD e no NCV. Já as fibras que transmitem informações da porção basal da cóclea, ou seja, das frequências agudas, terminam dorsalmente.^{20,21}

A organização estrutural dos NCs é muito complexa, uma vez que cada fibra nervosa aferente faz sinapses com diversos tipos celulares e se distribuem em fileiras ordenadas produzindo distintos mapas tonotópicos em cada região.²⁰ O NCV é responsável por extrair informações sobre a estrutura temporal e espectral dos sons. O NCD é responsável por integrar as informações acústicas e auxiliar na localização sonora.²¹ Sendo assim, são responsáveis pelo início do processamento acústico na via auditiva central ²¹, decodificam a intensidade, analisam a duração e a frequência do estímulo sonoro.²⁰ As fibras que emergem dos NCs seguem e fazem sinapses no Complexo Olivar Superior (COS).

É no COS onde as fibras nervosas de ambas as orelhas se convergem no tronco encefálico. No COS se inicia o processamento binaural, fundamental para a localização dos estímulos sonoros e para a formação de um mapa neural no hemisfério cerebral contralateral.¹⁹

O COS é dividido em três núcleos: núcleo olivar medial superior (NOMS) e o núcleo olivar lateral superior (NOLS) e núcleo medial do corpo trapezoide. Ambos os núcleos preservam a organização tonotópica das fibras cocleares aferentes. Entretanto, o NOMS é o principal núcleo do COS e recebe projeções dos núcleos cocleares anteriores contralaterais, que dão origem a circuitos inibitórios importantes. As frequências baixas estão localizadas na porção posterior e as frequências altas na porção anterior.²⁰

O COS desempenha várias funções no SNAC, incluindo a localização da fonte sonora, a detecção de diferenças temporais interauriculares e variações na intensidade.

Uma função crucial do COS é a retroalimentação para a cóclea. Os neurônios olivococleares formam um circuito de retroalimentação com as células ciliadas. Os neurônios olivococleares mediais, mielinizados, projetam-se bilateralmente em direção às células ciliadas externas, enquanto os neurônios olivococleares laterais, não mielinizados, seguem ipsilateralmente nas fibras aferentes das células ciliadas internas.²⁰ Essa retroalimentação desempenha um papel essencial, permitindo o aumento da representação de sinais em ambientes ruidosos, diminuição da sensibilidade da cóclea e protegendo-a contra danos causados por sons de alta intensidade. Dessa forma, o COS contribui para a adaptação do sistema auditivo a diferentes condições sonoras e desempenha um papel fundamental na preservação da saúde auditiva.²¹ Importante salientar que algumas fibras do COS ascendem ipsilateralmente, enquanto outras para o lado contralateral, conectando-se aos núcleos do lemnisco lateral.²⁰

O lemnisco lateral (LL) é a via pela qual todas as informações dos núcleos da ponte e do bulbo seguem para o colículo inferior. Essa estrutura é composta por fibras tanto ipsilaterais quanto contralaterais e recebe numerosos estímulos provenientes do complexo olivar superior (COS).^{21,22} O feixe de fibras que emergem do LL conecta os núcleos cocleares e o complexo olivar superior ao colículo inferior.²³

O LL é composto por três núcleos: núcleo ventral, intermediário e dorsal. O núcleo ventral gera uma inibição temporal precisa para reduzir as partes espectrais do início do som. O núcleo intermediário integra-se através de frequências sonoras em contextos auditivos complexos. Já o núcleo dorsal gera inibe as informações das fontes sonoras durante momentos de reverberação e atua como um filtro binaural temporal.²³

As vias auditivas do LL acendem pelo tronco encefálico e convergem para o colículo inferior (CI). O CI é dividido em núcleo central, córtex dorsal e córtex externo. O núcleo central apresenta organização tonotópica e os neurônios possuem grande amplitude espectral das aferências.²⁰ É descrito como o centro integrativo do SNAC pois apresenta muitas entradas de fibras neurais oriundas das regiões mais inferiores do tronco encefálico, especialmente do NC. As fibras das baixas frequências entram mais dorsalmente no CI antes de mudar de

trajeto, e aquelas que representam as altas frequências entram mais ventralmente no CI. A principal saída ascendente do CI é para o Corpo Geniculado Medial (CGM), que, por sua vez, fornece informações para o córtex auditivo. A saída do CI é predominantemente ipsilateral, embora haja uma pequena projeção contralateral.²⁴ O CI é responsável pela localização da fonte sonora, determinação de frequências e para a integração do sinal auditivo com outras vias sensoriais e atua na modulação de sons complexos.²⁴

As vias eferentes que parte do CI seguem em direção ao CGM que é um núcleo localizado no tálamo. Toda a inervação da via auditiva ascendente parte dessa estrutura e segue para o telencéfalo. O CGM divide-se em porção ventral, dorsal e medial. A porção ventral apresenta organização tonotópica e é responsável por transmitir informações referentes à discriminação sonora; a porção dorsal projeta feixes de fibras neurais para as áreas associativas corticais, as quais relacionam-se com a habilidade de atenção auditiva, e a porção medial capta informações multissensoriais.^{21,17}

Posteriormente ao CGM, encontra-se a formação reticular (FR) que se refere a um conjunto de células e fibras nervosas distribuídas ao longo do tronco encefálico, incluindo o bulbo e o mesencéfalo.²¹ No sistema auditivo, a FR tem a função de controlar a atividade eletrocortical do sistema sono-vigília. Acredita-se que a FR seja responsável por permitir a audição na presença de ruído.²¹ Todas as informações sensoriais auditivas seguem para o tálamo, estrutura localizada na parte superior do mesencéfalo (Figura 6).

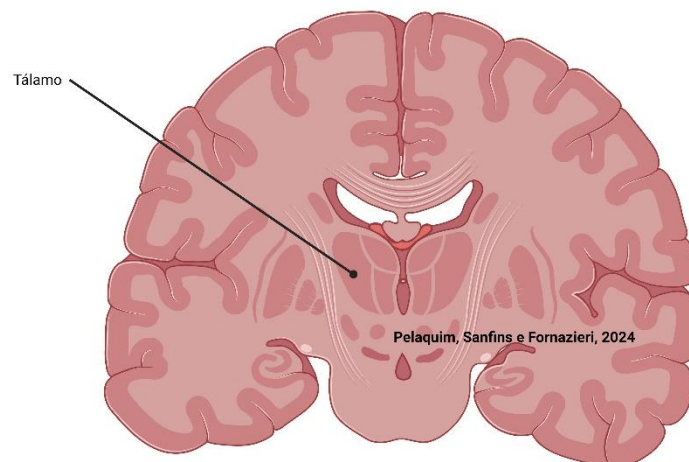


Figura 6: Imagem representativa da localização do tálamo. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

O tálamo recebe informações periféricas e estabelece sinapses de retransmissão com os sistemas sensoriais, exceto vias olfatórias. É uma estrutura formada pelos núcleos medial, lateral-dorsal, lateral ventral, anterior, intralaminar reticular e *midline*. Especificamente no núcleo lateral ventral localiza-se o CGM, que retransmite informações auditivas eferentes das estruturas subcorticais para o córtex auditivo primário (CAP)²⁵ (Figura 7). O córtex auditivo primário, localizado no giro temporal transversal, recebe projeções tonotópicas do tálamo.^{22,26}

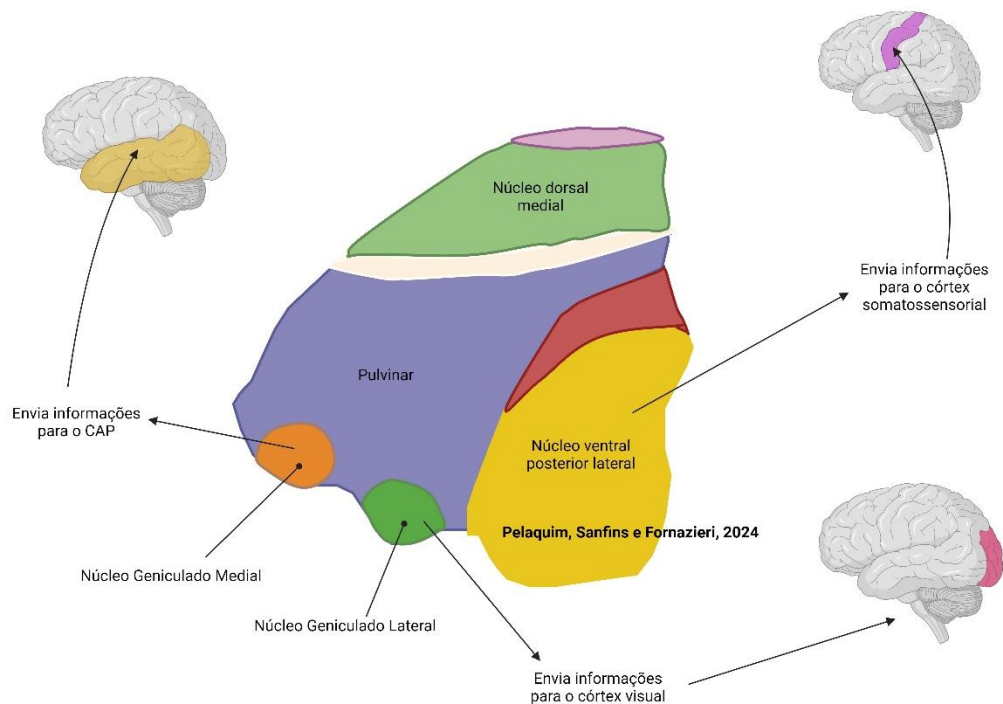


Figura 7: Imagem representativa dos núcleos talâmicos e suas projeções. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

O CAP localiza-se no giro temporal superior e corresponde a área 41 de Brodmann²⁶ (Figura 8). É formado por três tipos de células nervosas: piramidal, estrelada e fusiforme. Está organizado em seis camadas, sendo que cada camada é distinta de acordo com o tipo e a densidade celular. Exceto a primeira camada que é codifica o estímulo acústico, todas as demais possuem células auditivas.²²

O CAP compreende o giro de Heschl ou transversal que é levemente assimétrico entre os hemisférios cerebrais, porém não significativo. O plano temporal apresenta-se mais largo no hemisfério esquerdo, pois se relaciona com a dominância cerebral e com a linguagem receptiva. Os hemisférios são interligados por fibras comissurais.^{21,22}

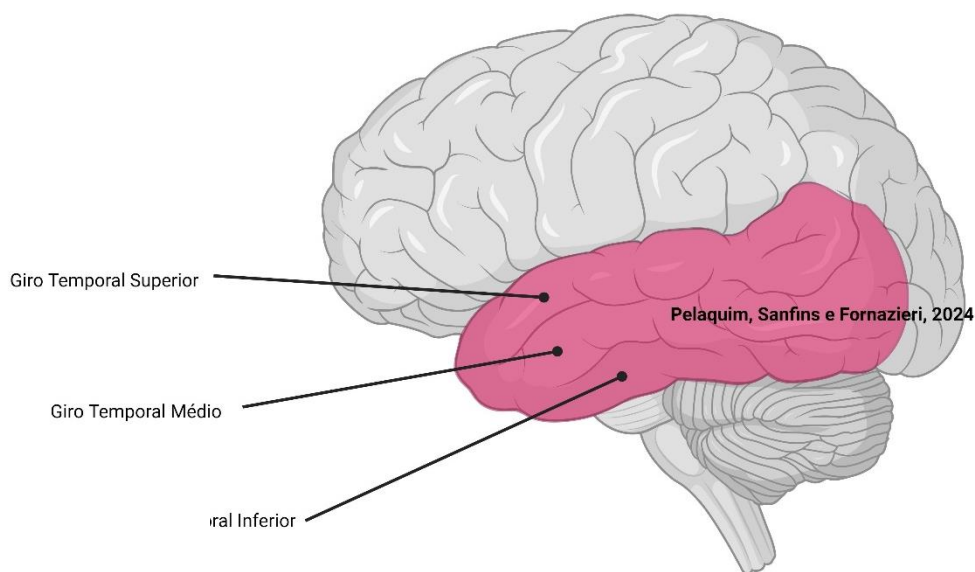


Figura 8: Imagem representativa da face lateral do lobo temporal. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

Os neurônios do CAP detectam de forma precisa todo o espectro de frequências sonoras. Observa-se que há uma organização colunar, sendo que as baixas frequências estão representadas rostral e lateralmente e as altas frequências localizam-se na porção caudal e medialmente. Essa organização colunar é denominada bandas de isofrequências e se estendem por toda a área do CAP (Figura 9). Além das frequências, há neurônios especializados na detecção de diferentes intensidades e em estímulos complexos.²⁷

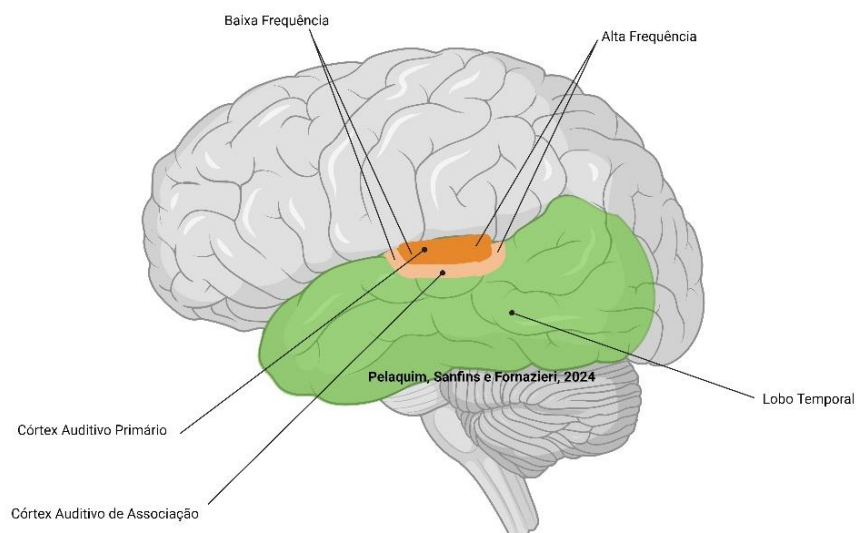


Figura 9: Imagem representativa da localização das baixas e altas frequências no córtex auditivo primário e de associação. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.

Além do CAP, outras áreas corticais do lobo temporal também respondem aos estímulos acústicos. A área 42 de Brodmann é composta por diversas subáreas de características distintas. Recebe informações ipsilaterais provenientes do CGM, CI e de fibras ipsilaterais e contralaterais do corpo caloso.²²

A principal atribuição do CAP é a sensação e percepção auditiva. Entretanto, ele faz ligação com a área de Wernicke, área associada com a linguagem (Figura 10). Sendo assim, o CAP reconhece e interpreta os estímulos linguísticos que se referem à memória e compreensão da linguagem oral.²²

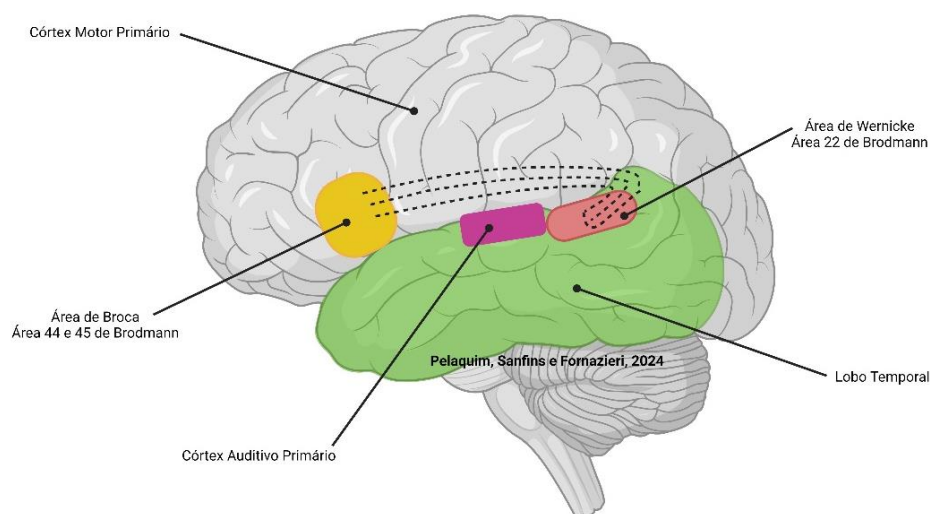


Figura 10. Imagem representativa do córtex auditivo primário e áreas associativas, evidenciando a área de Broca e a área de Wernicke. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

III.3. PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL

O processamento da informação acústica começou a ser questionado na década de 50 por inúmeros cientistas. No início da década de 70, as novas descobertas acerca do SNAC permitiram a criação de vários testes comportamentais para avaliar as habilidades auditivas.²⁸ No Brasil, a avaliação comportamental do PAC iniciou-se na década de 90, impulsionado pela publicação do livro *Processamento Auditivo Central: Manual de Avaliação*.²⁹ Essa publicação contribuiu para a divulgação e uniformização da avaliação fonoaudiológica no país.²⁸

Diante a importância do conhecimento anatômico e fisiológico para a compreensão da neurofisiologia das vias auditivas centrais na avaliação por meio dos PEAs, a aplicação da avaliação comportamental do PAC exige o conhecimento prévio dos testes, da análise e dos valores normativos de cada teste comportamental.²⁸ Visto que os testes são dependentes da resposta do indivíduo, muitos fatores e variáveis podem interferir nas respostas como a idade,

condições da audição periférica, nível de conhecimento linguístico e de fala, comorbidades, cansaço (que pode gerar falta de atenção) e motivação. Dessa forma, esses fatores e variáveis devem ser analisados cuidadosamente para nortear a escolha e a ordem de aplicação de cada teste. Recomenda-se monitorar sempre o estado de atenção do indivíduo, a fazer pausas frequentes para descanso ou até mesmo realizar o exame em duas sessões.²⁸

Os testes comportamentais podem ser realizados com estímulos verbais e não verbais e de forma binaural ou monoaural. Cada teste visa avaliar um mecanismo e uma habilidade auditiva, e conseqüentemente áreas e funções distintas do SNAC.²⁸

Os testes da avaliação comportamental do PAC são divididos nas seguintes categorias:²⁸

- Testes monoaurais de baixa redundância;
- Testes dicóticos;
- Testes de Ordenação Temporal;
- Testes de Resolução Temporal;
- Teste de Interação Binaural.

O *guideline* da Academia Americana de Audiologia (2010)³⁰ e a Academia Brasileira de Audiologia (ABA)³¹ recomenda que o teste do PAC seja realizado a partir dos sete anos de idade, pois a realização depende do mínimo de desenvolvimento da criança, além da maturação do SNAC. Ressalta-se que se for realizado em menores de sete anos, o exame deve ser feito e interpretado com muita cautela. Quanto à escolha dos testes, recomenda-se que sejam incluídos dois testes para avaliar a escuta dicótica (atenção dirigida e integração binaural), um de ordenação temporal, um de resolução temporal, um teste monoaural de baixa redundância e um de interação binaural.^{30,31} Cada teste permite a análise de diferentes processos tais como a localização sonora, reconhecimento de um padrão sonoro, aspectos acústicos relacionados com o tempo e a frequência, além do desempenho frente a sinais competitivos e distorcidos.³¹

A investigação da existência do TPAC em indivíduos com limiares auditivos normais frequentemente se concentram na faixa etária de sete a 17 anos, uma vez que esses indivíduos se encontram em período escolar, e, portanto, há maior facilidade de identificar dificuldades de aprendizagem, alterações de linguagem e outros transtornos^{32,33,34}. Na fase adulta, a avaliação comportamental do PAC é comumente realizada em indivíduos com limiares auditivos normais, porém associado a alguma comorbidade ou condição específica^{14,15,16,35} ou ainda em idosos com declínio cognitivo ou com deficiência auditiva^{36,37}. Até o momento, não foram identificados estudos que se dedicaram a avaliar o PAC em indivíduos adultos com limiares auditivos normais e sem comorbidades.

Corazza³⁸ recomendou a utilização do teste padrão de frequência (TPF) e padrão de duração (TPD), após avaliar 80 jovens adultos, de ambos os sexos, com limiares auditivos normais. Gresele et al.³⁹ observaram que experiências bilíngues parecem influenciar positivamente a capacidade de escuta dicótica de alta e baixa previsibilidade, ao compararem o desempenho de escuta dicótica de 87 adultos monolíngues e bilíngues para o italiano e alemão, entre 18 e 55 anos e com limiares auditivos normais.

Raj-Koziak et al.³⁵ ao avaliarem 97 adultos com limiares auditivos normais, sendo 54 indivíduos com zumbido crônico e 43 sem zumbido verificaram que, a presença de zumbido em adultos com limiares normais pode ser acompanhada de dificuldades no processamento auditivo. Tiezzi et al.⁴⁰ identificaram a presença de TPAC em mulheres no período do climatério, com e sem terapia de reposição hormonal.

Sanguébuche et al.⁴¹ geraram valores de referência para os testes comportamentais do PAC ao avaliarem 94 adultos de ambos os sexos, com limiares auditivos normais, com e sem TPAC.

Uma hipótese é que os indivíduos adultos estão imersos em ambientes que demandam o uso de diferentes habilidades auditivas. E esta vivência associada aos processos cognitivos e comportamentais possibilitam que estes indivíduos criem estratégias para enfrentar as dificuldades em processar de forma adequada as informações auditivas. Assim sendo, a percepção da dificuldade pode passar despercebida o que poderia incluir no número reduzido de estudos sobre o tema.

Entretanto, esta população não deve ser negligenciada, visto que, é o período em que estão plena atividade acadêmica, profissional, social etc., que demandam em demasia do processamento das informações auditivas. Ademais, cabe ainda salientar que a escassez de estudos também ocorre no âmbito dos PEAs em adultos com o TPAC e sem outras alterações/patologias associadas.

III.4. POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO (PEA)

Os PEAs têm sua origem na Eletroencefalografia e são registros da atividade neurofisiológica, que ocorre entre nervo auditivo até o córtex auditivo, mediante a apresentação de um estímulo acústico. Com a evolução da tecnologia, os exames eletrofisiológicos se tornaram parte integrante da avaliação audiológica diferencial, a fim de auxiliar na investigação da maturação da via auditiva central, verificar a integridade funcional e estrutural da via auditiva, bem como estimar limiar em casos de suspeita de deficiência auditiva, entre outros.⁴²

A captação dos PEAs é realizada através da colocação de eletrodos de superfície em pontos específicos tais como couro cabeludo, fronte, mastoides e lóbulos da orelha. As respostas registradas são ondas que representam a atividade neuroelétrica da região da via auditiva central que se encontra em investigação. Além disso, podem ser classificados quanto à latência (curta, média e longa latência), origem anatômica (sítio gerador na via auditiva central), relação estímulo-resposta e posicionamento dos eletrodos. A classificação mais utilizada internacionalmente é a latência (Figura 11).⁴²

Os PEAs mais conhecidos são o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE), Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML) e o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL). Na prática clínica, o PEA mais utilizado é o PEATE, devido à boa repetibilidade e sítios geradores bem definidos.⁴²

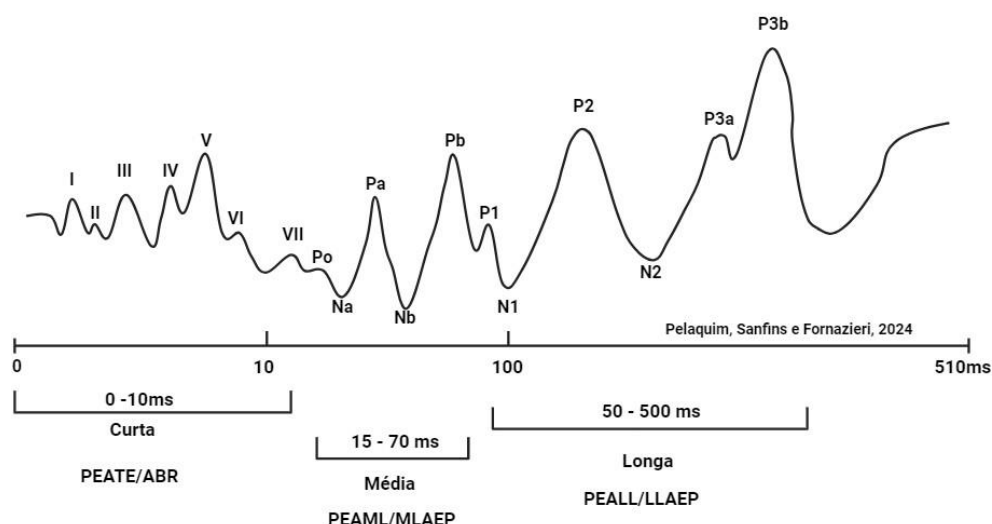


Figura 11. Imagem representativa das ondas dos PEAs de curta, média e longa latência. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo.

O PEATE foi descrito pela primeira vez por Jewett e Williston⁴³, como uma série de sete ondas denominadas por algarismos romanos de I a VI. O PEATE consiste no registro da atividade elétrica da via auditiva, desde o nervo auditivo até o tronco encefálico⁴⁴ (Figura 12).

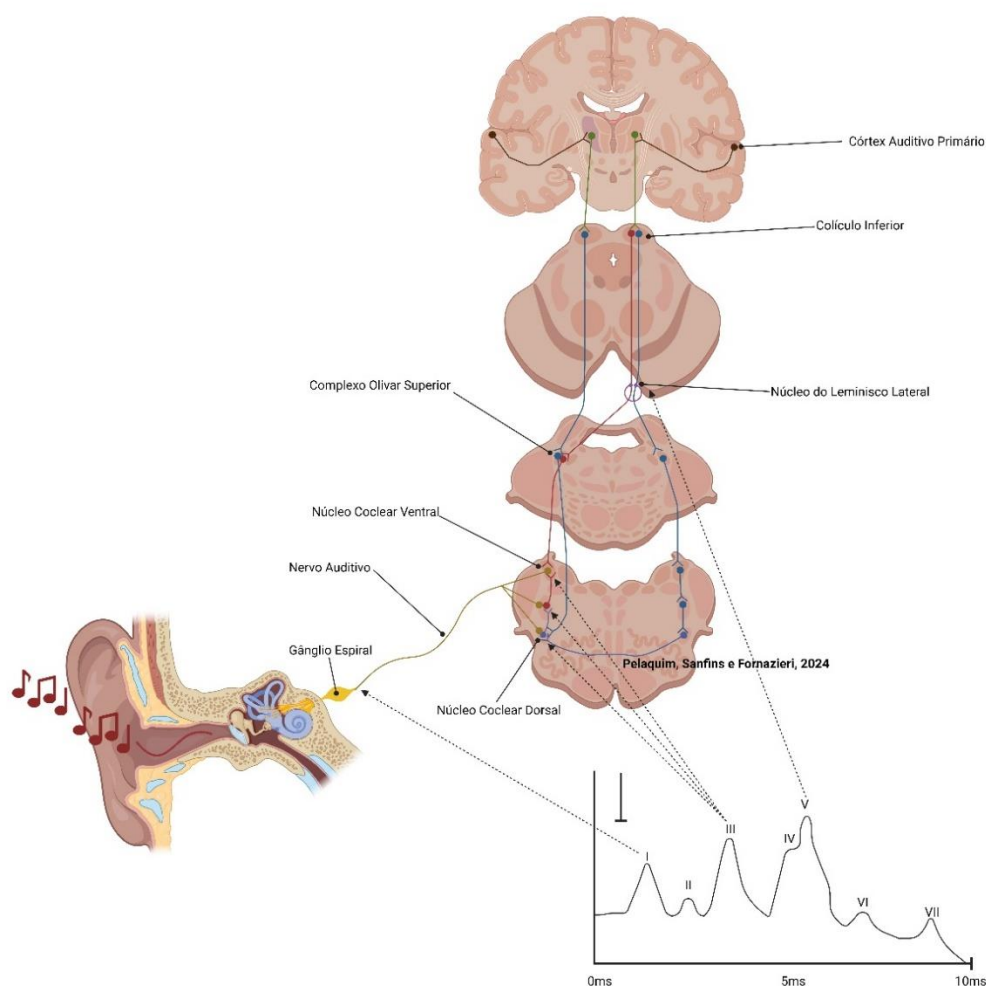


Figura 12. Imagem representativa dos sítios geradores das ondas do PEATE. Imagem desenvolvida pelos autores do presente estudo

A onda I é uma representação do potencial de ação originado nas fibras neurais aferentes na porção distal do NA e a onda II tem sua origem na porção proximal do NA. Ambas refletem a atividade dos neurônios de primeira ordem. Por sua vez, a onda III é a representa a despolarização dos neurônios de segunda ordem que estão localizados perto do NC. A depressão que acontece após o pico da onda III reflete a atividade do corpo trapezoide. Enquanto isso, a onda IV aparece como um complexo da onda V, ou seja, uma elevação anterior ao surgimento da onda V. Tem sua origem no COS refletindo a atividade dos neurônios de segunda e terceira ordens. Já a onda V surge após a despolarização do LL e a depressão subsequente reflete a atividade do CI. Por fim, acredita-se que as ondas VI e VII são geradas no CI e/ou no CGM, pois ocorre uma despolarização síncrona dos neurônios do NC ao COS, e muito tempo depois uma despolarização dessincronizada no LL e no CI^{44,45} (Tabela 1).

Tabela 1. Componentes do PEATE e seus sítios geradores no tronco encefálico⁴⁵

Componentes do PEATE	Sítios Geradores
I	Porção distal do nervo auditivo
II	Porção proximal do nervo auditivo
III	Núcleos cocleares
IV	Complexo Olivar superior
V	Lemnisco Lateral
VI e VII	Lemnisco Lateral e/ou Colículo Inferior

Legenda: PEATE = Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico

Os componentes do PEATE ocorrem entre 0 e 10 milissegundos (ms) e, para a captação das respostas, pode ser utilizado o estímulo do tipo *clique* (PEATE - *clique*) ou estímulo do tipo *tone burst* e/ou *chirp* (PEATE – FE). O PEATE - clique tem como função avaliar a integridade da via auditiva do tronco encefálico, ao passo que o PEATE- FE é aplicado para pesquisar o limiar eletrofisiológico.⁴⁴

Clinicamente, costuma-se analisar apenas as ondas I, III e V, uma vez que a repetibilidade dessas ondas é consistente. As demais ondas, principalmente a VI e VII, não apresentam valor clínico, pois podem não estar presentes em indivíduos com limiares normais.⁴² A análise é feita com base na presença das ondas I, III e V, na repetibilidade dos traçados, nos valores das latências absolutas das ondas I, III e V, latências interpicos I-III, III-V e I-V, diferença interaural da onda V e no valor da razão de amplitude das ondas V/I.^{42,44}

O PEAML é um PEA com sítios geradores no CI, nas vias talâmicas, no CAP e nas áreas associativas. Mas, especificamente, a FR, cápsula interna, globo pálido, putâmen, insula e giro de Heschl.⁴⁶ É formado por uma sequência de ondas negativas (N) e positivas (P), que ocorrem aproximadamente entre 15 a 70 ms, no qual se observa a presença dos componentes Na, Pa, Nb e Pb, representação introduzida por Goldstein e Rodman⁴⁷ e utilizada universalmente até os dias atuais.⁴⁶ Os componentes Na-Pa-Nb são mais consistentes, enquanto que o componente Pb é muito variável e pode não aparecer em indivíduos com limiares auditivos normais.^{48,49} Os traçados são analisados de acordo com os valores de latências de cada componente e pela análise da interamplitude do complexo Na-Pa. A análise da interamplitude Na – Pa permite verificar se há presença de efeito orelha e efeito eletrodo, que são alterações encontradas no PEAML⁵⁰ (Figura 12).

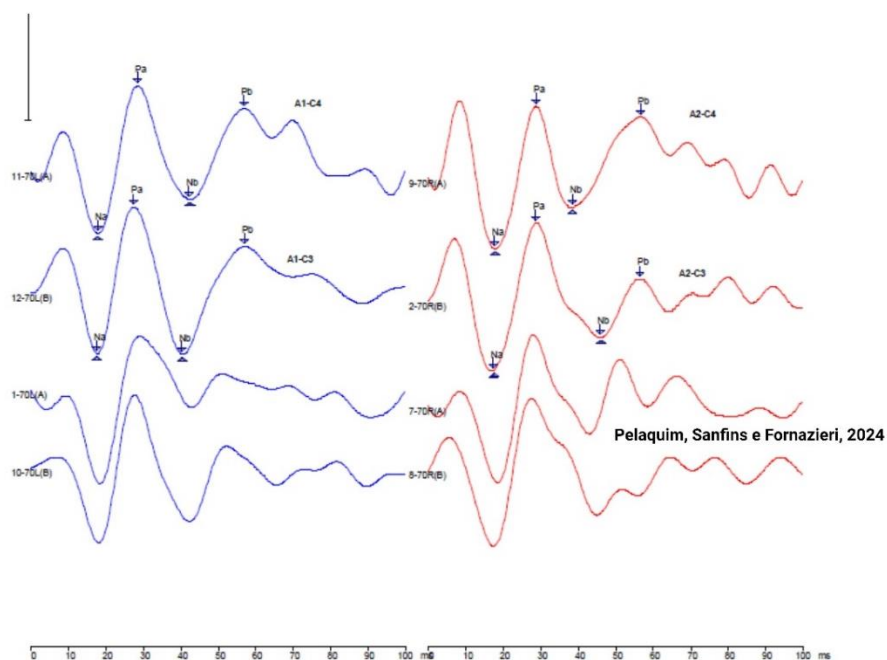


Figura 13. Imagem da resposta de um PEAML de um indivíduo com limiares auditivos normais

Clinicamente pode-se utilizar o PEAML para investigar alterações nas vias talamocorticais e na chegada do estímulo sonoro ao córtex auditivo, como no caso do TPAC.^{46,47} Entretanto, observa-se ainda é um PEA pouco utilizado na rotina clínica.

O estudo de Romero e cols.⁴⁹ encontraram disfunção das vias auditivas corticais no PEAML em adolescentes com TPAC, mostrando que o PEAML pode ser útil para a identificação de alterações na via auditiva central. Contrariamente, Santos e cols.⁵ quando correlacionaram aos achados dos testes comportamentais do PAC com os resultados do PEAML observaram correlação fraca entre o PEAML e as habilidades auditivas.

Mattsson et al.⁵¹ identificaram aumento das latências dos componentes Na e Pa e sugeriram a presença de um disparo neuronal assíncrono nas vias auditivas tálamo-corticais. Porém, devido ao tamanho amostral reduzido, observou-se correlação fraca entre PEAML e alterações nas habilidades auditivas.

Os estudos demonstram que o PEAML pode apresentar alterações em casos de TPAC, porém a correlação com os resultados dos testes comportamentais é fraca.

O PEALL é um PEA eliciado por múltiplos geradores tais como as áreas talâmicas, CAP, lobo frontal, hipocampo e áreas associativas e resulta nos componentes P1, N1, P2, N2 e P300 situados entre 50 e 300 ms⁵² (Figura 13).

Os componentes P1, N1 e P2 são respostas bioelétricas auditivas referentes à atividade do tálamo e do CAP. São considerados sensoriais e exógenos, pois sofrem influência das características do estímulo sonoro como intensidade, duração e frequência. O

complexo P1-N1-P2 relaciona-se com as habilidades auditivas de detecção e discriminação, pois corresponde a chegada da informação sonora e o início do processamento cortical dessa informação. O componente N2 é mais tardio, pois refere-se à atividade das áreas corticais, o que o faz ter características mistas, isto é, é exógeno e endógeno, sendo este último não dependente das características acústicas do som. O N2 está ligado com a habilidade de discriminação do estímulo acústico e atenção passiva.^{52,53} Entretanto, o componente P300, também denominado de potencial cognitivo apresenta certa peculiaridade. O P300, também denominado de potencial cognitivo, foi descrito por Sutton et al.⁵⁴ e é considerado um potencial endógeno, que surge entre 300 e 500ms e reflete a atividade do hipocampo, córtex auditivo e o córtex frontal.^{53, 55} Relaciona-se com as habilidades auditivas de discriminação, integração e memória. A peculiaridade que envolve a captação do componente P300 que é ele necessita que seja realizada uma tarefa cognitiva de discriminação sonora entre estímulos raros e frequentes.⁵¹

Todos os componentes do PEALL podem ser captados empregando o *paradigma Oddball*, isto é, utiliza-se o estímulo *tone burst* em duas faixas de frequências, sendo uma para o estímulo raro, que representa 20% dos estímulos e aparece aleatoriamente, e outra frequência para o estímulo frequente que corresponde a 80% dos estímulos apresentados. Por outro lado, também pode-se utilizar estímulos complexos, como os estímulos de fala.⁵

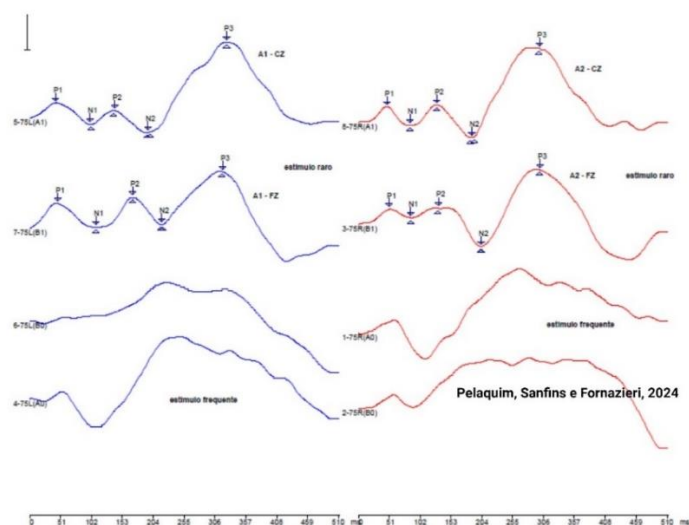


Figura 14. Imagem da resposta de um PEALL de um indivíduo com limiares auditivos normais.

O PEALL é um exame muito utilizado na rotina clínica, especialmente para casos de suspeita de TPAC.

Wienes et al.⁵⁶ examinaram 21 indivíduos, com idades entre 7 e 14 anos, com dificuldades em leitura e escrita, com o objetivo de investigar se o aumento na latência do P300 poderia indicar alterações nos testes comportamentais do PAC. Os resultados indicaram que aqueles com latência do P300 acima da média também apresentaram alterações nos

testes do PAC. Contudo, é importante notar que a amostra foi pequena, e os autores realizaram apenas dois testes na avaliação comportamental do PAC, sendo um deles com uma carga linguística significativa. Esses fatores podem influenciar a generalização dos resultados. Assim sendo, novos estudos são necessários estudos adicionais com amostras mais representativas e uma variedade mais ampla de testes para uma compreensão mais abrangente.

Oliveira et al.⁵⁷ comparam os resultados da avaliação comportamental do PAC com o resultado do P300 entre crianças com e sem dislexia, no qual observaram alterações nas habilidades auditivas de processamento temporal e figura-fundo. Entretanto, não houve diferença no desempenho entre o grupo controle e o grupo de estudo para o P300. Todavia é importante saliente que nesse estudo, também não houve a aplicação da bateria completa dos testes do exame de PAC. Mattsson et al.⁵¹ encontram correlação moderada entre a presença de alterações nos testes comportamentais do PAC e no componente cognitivo P300, ao avaliar crianças entre 8 e 14 anos.

Destaca-se que o componente P300 é o mais utilizado para complementar a avaliação comportamental do PAC, em detrimento aos demais componentes do PEALL. Essa tendência é evidenciada pela quantidade significativa de estudos presentes na literatura que concentraram sua atenção, principalmente no P300, como um indicador relevante nas investigações sobre o TPAC.

III.5. AVALIAÇÃO COMPORTAMENTAL DO PAC E ELETROFISIOLÓGICA EM ADULTOS COM LIMIARES AUDITIVOS NORMAIS

Nos últimos anos, a busca pela prevalência do TPAC em adultos, na faixa etária entre 18 e 50 anos, vem sendo direcionada à indivíduos com lesões traumáticas adquiridas ou na presença de outras patologias, como zumbido, disfonia, gagueira, entre outros.⁵⁸ Contudo, é importante notar que adultos com limiares auditivos normais também podem ter o TPAC, sem necessariamente estar associado a uma condição específica.⁵⁹ Nesse sentido, observa-se na literatura a escassez de estudos que explorem a ocorrência de TPAC e suas consequências em adultos com limiares auditivos normais e sem outras patologias, incluindo investigações neurofisiológicas por meio dos PEAs.

No quadro 1 consta a relação de estudos publicados nos últimos anos que avaliaram adultos com limiares auditivos normais, por meio da avaliação comportamental do PAC e exames eletrofisiológicos. Foram selecionados estudos publicados nos últimos dez anos, por meio da base de dados *Scopus*.

Quadro 1. Estudos prévios envolvendo o TPAC e Avaliação Eletrofisiológica em Adultos com Limiars Auditivos Normais

Título do Estudo	Autoria/Ano	Objetivo	Característica da amostra	Testes/exames realizados	Conclusão
Temporal processing and long-latency auditory evoked potential in stutterers	Prestes et al. (2017) ¹⁴	Caracterizar o processamento temporal e o potencial evocado auditivo de longa latência em indivíduos gagos e compará-los com indivíduos sem gagueira.	41 indivíduos entre 18 e 46 anos (sendo 20 sem gagueira e 21 com gagueira).	Testes de padrão de duração, teste de identificação de intervalos aleatórios e o potencial evocado auditivo de longa latência.	Indivíduos com gagueira apresentaram processamento temporal com desempenho abaixo do esperado e latências aumentadas para os componentes N2 e P3.
Hormones and Hearing: Central Auditory Processing in Women	Trott et al. (2019) ⁶⁰	Avaliar as relações entre alterações hormonais e a função auditiva em mulheres na pré e pós-menopausa.	28 mulheres, entre 18 e 70 anos, na pré e na pós menopausa e com limiars auditivos normais.	Testes comportamentais do PAC e avaliação eletrofisiológica.	Mulheres no período pós-menopausa apresentaram alteração na avaliação comportamental do PAC e latências mais longas nos exames eletrofisiológicos.
Electrophysiological and Behavioral Evaluation of Auditory Processing in Adults with Dysphonia	Bez et al. (2021) ¹⁶	Caracterizar o potencial evocado auditivo de longa latência (P300) com estímulos tonais e complexos e fazer avaliação comportamental do PAC em adultos com disfonia.	20 indivíduos entre 18 e 58 anos, diagnosticados com disfonia comportamental.	Testes comportamentais do PAC e avaliação eletrofisiológica - P300 com estímulo tonal e complexo.	Os pacientes avaliados apresentavam alteração do processamento auditivo central, evidenciada pela avaliação comportamental.
Mild Traumatic Brain Injury: Long-Term Follow-Up of Central Auditory Processing After Auditory Training	Buriti e Gil (2021) ¹⁵	Comparar o desempenho de indivíduos com TCE leve em testes auditivos comportamentais e eletrofisiológicos antes e após o treinamento auditivo formal, e verificar a estabilidade dessas medidas ao longo do tempo.	Dez indivíduos de 16 a 64 anos com diagnóstico de lesão cerebral traumática leve	Testes comportamentais do PAC e avaliação eletrofisiológica - P300.	Houve melhora nos testes comportamentais do PAC, enquanto o P300 permaneceu estável com ambos os estímulos, seis meses após a conclusão do treinamento auditivo formal.
Evaluation of Subtle Auditory Impairments with Multiple Audiological Assessments in Normal Hearing Workers Exposed to Occupational Noise	Samelli et al. (2023) ⁶¹	Investigar, por meio de múltiplas avaliações audiológica, a função auditiva de trabalhadores normo-ouvintes expostos ao ruído ocupacional.	60 indivíduos de ambos os sexos, entre 18 e 50 anos e com limiars auditivos normais (sendo 30 expostos ao ruído e 30 não expostos).	Avaliação comportamental do PAC e avaliação eletrofisiológica por meio do PEATE e PEALL.	Indivíduos expostos ao ruído obtiveram pior desempenho na avaliação comportamental do PAC e alteração nos exames eletrofisiológicos.
Auditory middle latency responses and hearing skills in adults.	Malavolta et al. (2023) ⁶²	Comparar a latência e a amplitude dos componentes do PEAML em adultos com e sem alterações em habilidades auditivas, bem como analisar a sensibilidade e a especificidade dos valores de corte de 30% e 50% para o Efeito de Orelha.	32 indivíduos de ambos os sexos, entre 18 e 35 anos e com limiars auditivos normais (sendo 16 indivíduos sem alterações em habilidades auditivas e 16 com alterações).	Testes comportamentais do PAC: TDD e RGDT e avaliação eletrofisiológica: PEATE e PEAML.	Adultos com alterações nas habilidades auditivas apresentaram menor amplitude de resposta nos componentes Na e Pa das ondas geradas no hemisfério esquerdo. O valor de corte de 50% apresentou um melhor equilíbrio na análise do Efeito de Orelha para a contribuição no diagnóstico de alterações de habilidades auditivas.

Legenda: TPAC = Transtorno do Processamento Auditivo Central; PAC = Processamento Auditivo Central; PEATE = Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico; PEAML = Potencial Evocado Auditivo de Média Latência; PEALL = Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência; TCE = Trauma Cranioencefálico; TDD = Teste Dicotico de Dígitos; RGDT = Random Gap Detection Test; % = Porcentagem.

Como observado acima, os estudos prévios buscaram verificar possíveis alterações nos testes eletrofisiológicos ou estabelecer correlações em adultos que apresentavam alguma patologia, limiares auditivos normais e diagnóstico de TPAC. Até o momento presente, nenhum estudo conseguiu determinar se os testes eletrofisiológicos são acurados na identificação de alterações na via auditiva central em indivíduos exclusivamente com TPAC.

O presente estudo vem, portanto, preencher essa lacuna da literatura ao investigar a precisão dos PEAs de média e longa latência em adultos com audição normal e TPAC, sem a presença de outras patologias que possam influenciar os resultados.

IV.OBJETIVOS

IV.1.GERAL

Mensurar a acurácia do Potencial Evocado Auditivo de Média e Longa Latência em identificar indivíduos adultos com alterações no processamento auditivo central.

IV.2.ESPECÍFICOS

1. Analisar os resultados do PEAML e PEALL em indivíduos adultos com limiares auditivos normais, sem patologias associadas e sem TPAC (Grupo Controle – GC);
2. Analisar os resultados do PEAML e PEALL em indivíduos adultos com limiares auditivos normais, sem patologias associadas e com TPAC (Grupo Estudo – GE);
3. Verificar a sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN) do PEAML e PEALL.
4. Investigar a associação entre a avaliação individual das habilidades auditiva e possíveis alterações nos PEAs de média e longa latência.

V. MÉTODO

V.1. DESENHO DO ESTUDO E ASPECTOS ÉTICOS

Estudo transversal, realizado em uma clínica audiológica, especializada na avaliação e reabilitação da audição e do equilíbrio, na cidade de Londrina-PR, Brasil. Os dados foram coletados no período entre agosto de 2018 a setembro de 2019. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa em seres humanos da Universidade Estadual de Londrina (UEL), sob o número CAAEE: 95467918.2.0000.5231.

V.II. CASUÍSTICA

Compuseram a amostra 73 indivíduos de ambos os sexos na faixa etária de 18 a 45 anos, provenientes da comunidade universitária (Figura 15).

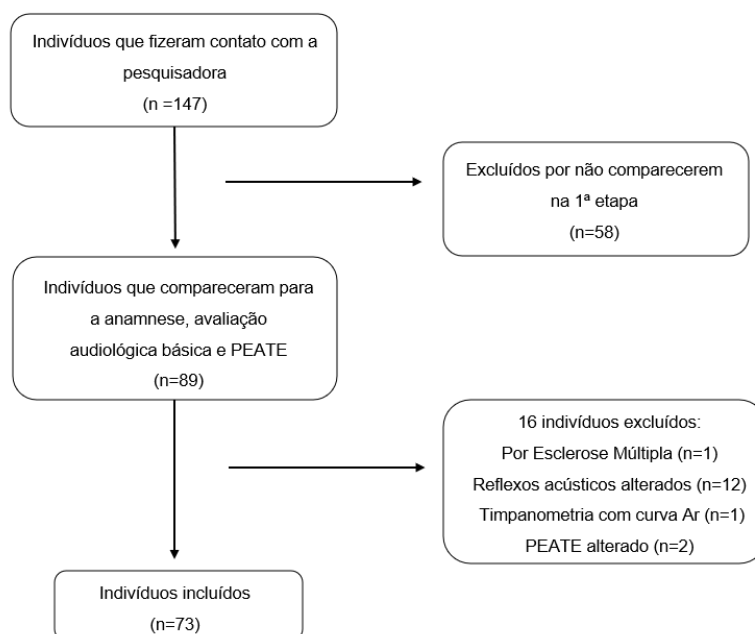


Figura 15. Figura esquemática com a seleção da amostra

Os indivíduos foram alocados em dois grupos e realizaram os mesmos exames:

Grupo Controle (GC): composto por 30 indivíduos de ambos os sexos, com limiares auditivos dentro dos limites de normalidade, sem outras doenças e sem alterações na avaliação do comportamental PAC.

Grupo Estudo (GE): Composto por 43 indivíduos com limiares auditivos dentro limites de normalidade, sem outras doenças e com alterações na avaliação comportamental do PAC.

V.III.CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Os critérios de inclusão foram definidos para ambos os grupos:

A) GRUPO CONTROLE:

1. Idade entre 18 e 45 anos;
2. Avaliação auditiva dentro dos limites de normalidade no momento da avaliação (até 25 dB NA);⁶³
3. Curva timpanométrica do tipo A, com complacência entre 0.30 e 1.3 ml e pico de pressão ao redor de 0 daPa podendo variar até -100daPa⁶⁴ e presença do reflexo acústico ipsilateral e contralateral nas duas orelhas em níveis normais;
4. Indivíduos com o PEATE normal em bilateralmente;
5. Indivíduos sem queixas de dificuldade na compreensão de fala no silêncio e no ruído, sem dificuldade de memória auditiva e ou queixa de desatenção, autorrelatado na anamnese audiológica;
6. Indivíduos sem histórico otológico de alteração ou patologia em orelha média;
7. Indivíduos sem Diabetes tipo I ou II relatado na anamnese;
8. Indivíduos sem zumbido contínuo, uni ou bilateralmente;
9. Indivíduos sem alterações neurológicas e/ou neurodegenerativas;
10. Indivíduos que não realizaram treinamento auditivo para intervenção ao TPAC anteriormente;
11. Indivíduos sem uso contínuo de drogas ou álcool;

B) GRUPO ESTUDO: seguirá os padrões do GC, porém foram incluídos nesse grupo indivíduos com queixas de TPAC e alterações na avaliação comportamental do PAC.

O PEATE click entrou como critério de inclusão de todos os indivíduos para assegurar a integridade auditiva até o tronco encefálico.

V.4. CRITÉRIO DE EXCLUSÃO

1. Indivíduos que, por algum motivo, não participaram de todas as etapas do estudo.

V.5. DELINEAMENTO DO ESTUDO

A coleta de dados foi realizada em duas sessões, composta por três etapas (figura 16), pois alguns exames exigem a concentração e a atenção do indivíduo. O estado de sono,

cansaço, dor e fome podem interferir diretamente nos resultados, por isso, os indivíduos foram questionados acerca do melhor período e horário para a realização dos exames.

Inicialmente, os indivíduos de ambos os grupos foram submetidos à anamnese audiológica e inspeção do meato acústico externo, para verificar queixas relacionadas à audição e observar possíveis impedimentos para a realização do exame, respectivamente. Todos realizaram a avaliação audiológica básica, composta pela audiometria tonal limiar, logaudiometria, pelas medidas de imitância acústica (timpanometria) e pesquisa dos reflexos acústicos estapedianos ipsilaterais e contralaterais. Posteriormente, realizaram o PEATE, a fim de verificar a integridade da via auditiva do tronco encefálico. Ao todo, essa sessão teve duração de 40 minutos.

Atendendo aos critérios de inclusão da primeira etapa, posteriormente realizaram a avaliação comportamental do PAC e a avaliação eletrofisiológica, esta composta pelo PEAML e PEALL. A avaliação comportamental do PAC teve duração média de 40 minutos e a eletrofisiológica com duração média de 1 hora.

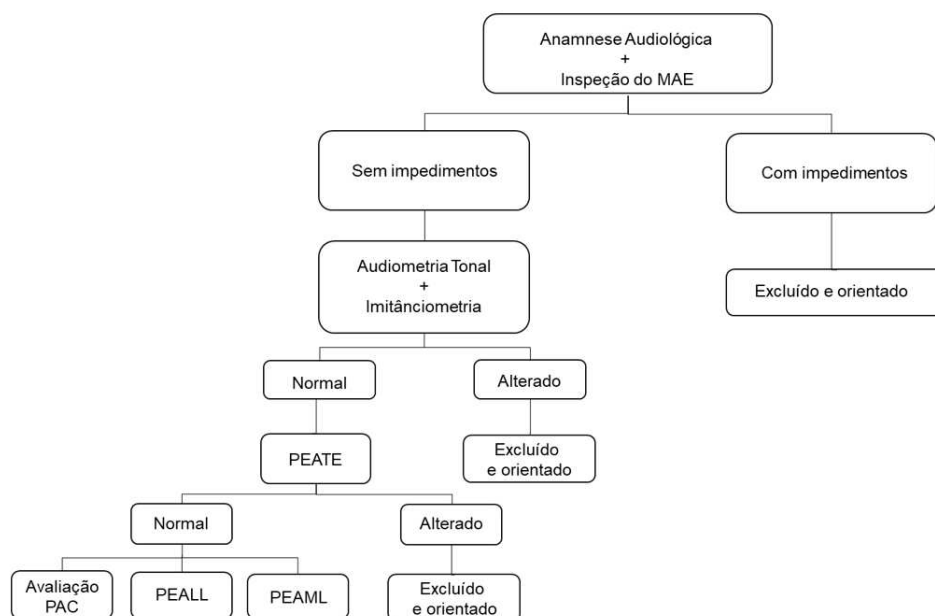


Figura 16. Figura esquemática do delineamento do estudo

V.6. AMOSTRA

Considerando que a prevalência de alterações nos PEAs na população adulta com o TPAC ainda é desconhecida e que a prevalência de TPAC aumenta com a faixa etária, optou-se por considerar uma diferença na porcentagem de alteração do PEAML e PEALL em adultos estimada de 40% entre o grupo com PAC normal e alterado, um nível de significância de 5%, um poder de 80%, foi calculada a necessidade de 23 pacientes para o grupo controle e 23

pacientes para o grupo estudo. Um acréscimo de 7 pacientes por grupo foi feito para aumentar precisão de análises secundárias.

V.7. PROCEDIMENTOS

Os indivíduos foram submetidos aos seguintes procedimentos:

A avaliação auditiva foi composta por:

(A) Anamnese audiológica: os indivíduos foram entrevistados pela avaliadora para obtenção de dados de identificação como: nome, endereço, idade, escolaridade, data de nascimento, passado otológico, queixas auditivas e doenças prévias (Anexo I).

(B) Avaliação audiológica básica

B.1) Meatoscopia: Inicialmente, foi realizada a inspeção do meato acústico externo, com o otoscópio marca *Rieste*, para confirmar a ausência de impedimento para a realização dos exames.

B.2) Imitanciometria (timpanometria e pesquisa dos reflexos acústicos): A timpanometria foi realizada no equipamento OTOFLEX 100 da marca *Otometrics* e com sonda com tom de 226Hz. Os reflexos acústicos ipsilateral e contralateral foram pesquisados em ambas as orelhas nas frequências sonoras de 500Hz, 1000Hz, 2000Hz e 4000Hz.

B.3) Audiometria tonal limiar: Os pacientes foram acomodados em uma cadeira dentro de uma cabina acústica e foram instruídos quanto aos procedimentos do teste. Foi utilizado o audiômetro MADSEN ITERA II, da marca *GN Otometrics*, de dois canais, calibrado no padrão ANSI-69 e fones supra-aurais TDH39, como transdutor dos estímulos. Foram pesquisados os limiares auditivos por via aérea nas frequências de 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 3000Hz, 4000Hz, 6000Hz e 8000Hz. Foram considerados limiares auditivos normais até 25dBNA.⁶³ A Logaudiometria foi composta por dois procedimentos: a) **Limiar de Reconhecimento de fala:** foi apresentada a viva voz ao indivíduo uma lista de trissílabos e adotado como resultado a intensidade em que o participante acertou 50% das palavras apresentadas; b) **Índice de Reconhecimento de Fala:** Foram acrescidos 30dB acima do limiar tonal da média de 500, 1000 e 2000Hz para realização do teste com uma lista de palavras monossilábicas balanceadas foneticamente⁶⁵, e que foram apresentadas ao indivíduo por meio de gravação. Foram consideradas respostas normais uma porcentagem de acertos entre 88 e 100%.

B.4) Avaliação Comportamental do Processamento Auditivo Central: Os testes da avaliação do PAC foram constituídos por estímulos não verbais apresentados por meio de CDs, de acordo com os descritos por Pereira e Schochat^{29,66} e Auditec⁶⁷. Os procedimentos de escolha dos testes obedeceram aos padrões sugeridos no AAA Clinical Guide²⁵ e ABA³¹.

A Avaliação foi composta pelos seguintes testes: teste de localização sonora em cinco direções, teste de fala no ruído (TFR); teste dicótico de dígitos (TDD), teste padrão de

frequência (TPF), Random Gap Test Detection (RGDT), teste de localização em cinco direções e Masking Level Difference (MLD).

Quadro 2: Testes comportamentais realizados para a avaliação do processamento auditivo central e habilidades auditivas²⁸

Categoria	Testes	Habilidades auditivas
Teste Monoaural	Teste Fala com ruído (TFR)	Fechamento auditivo
Teste de escuta dicótica	Teste dicótico de dígitos (TDD)	Figura – fundo (integração binaural)
Testes de processamento temporal	Teste Padrão de Frequência (TPF)	Discriminação da frequência sonora; Ordenação temporal e nomeação.
	Random gap detection test (RGDT)	Resolução temporal
Testes de interação binaural	Teste de localização em cinco direções	Localização
	Masking level difference (MLD)	Detecção ou reconhecimento de um estímulo acústico mascarado

B.4.1) Teste Monoaural

Possibilita a análise das habilidades auditivas de fechamento auditivo, figura-fundo e discriminação auditiva quando uma parte do sinal acústico se encontra distorcido ou ausente.²⁸

A) Fala com ruído - FR: Foi aplicado 25 monossílabos sob a forma monótica na relação sinal/ruído de +20 dB, considerando-se o audiômetro utilizado e a calibração do ruído tipo White Noise (WN) efetivo. Avaliou-se a habilidade de fechamento auditivo. O indivíduo foi instruído a repetir as palavras ouvidas.²⁸

O padrão de normalidade será de acordo com Pereira e Schochat^{29,66} conforme tabela 3.

Tabela 3. Valor de referência para o teste fala no ruído, segundo Pereira e Schochat^{29,66}

TESTE DE FALA COM RUÍDO (TFR) – Relação S/R +5dB	
IRF com gravação OD	≥ 88%
IRF com gravação OE	≥ 88%
Fala com ruído OD	≥ 72%
Fala com ruído OE	≥ 72%
OD ≠ IRF e F/R	< 20%
OE ≠ IRF e F/R	< 20%

Legenda: S/R – Relação Sinal/ Ruído; dB – decibel; OD – Orelha Direita; OE – Orelha Esquerda; IRF – Índice de Reconhecimento de Fala; F – Fala; R – Ruído.

B.4.2) Teste de Escuta Dicótica

Possibilita a avaliação das duas orelhas de forma simultânea ou de maneira sobreposta. possibilita a análise das habilidades auditivas de integração binaural e atenção dirigida.²⁸

A) Teste Dicótico de Dígitos (TDD): O TDD consistiu na apresentação de dois dígitos simultaneamente em cada orelha, 30 dBNS acima da média tritonal das frequências de 500Hz, 1KHz e 2KHz. A lista foi composta por 80 pares de dígitos, que representam dissílabos da língua portuguesa. O indivíduo foi orientado a repetir os quatro dígitos apresentados.²⁸ Para a análise dos dados considerou-se apenas a etapa de integração binaural.

O padrão de normalidade para o TDD será de acordo com Pereira e Schochat^{29,66}, conforme tabela 4.

Tabela 4. Critério de referência para o teste TDD, segundo Pereira e Schochat^{29,66}

Padrão de Normalidade			
TDD faixa etária	Tarefa/Habilidade Auditiva	Mínimo de acertos	
≥ 9 anos	Tarefa de atenção livre – Habilidade de Integração Binaural	OD	OE
		≥ 95%	≥ 95%

Legenda: TDD – Teste Dicótico de Dígitos; dB – decibel; OD – Orelha Direita; OE – Orelha Esquerda; ≥ - Maior ou igual.

B.4.3) Testes de Processamento Temporal

Os testes de processamento temporal permitem a análise da discriminação de sons em sequência e do intervalo entre estímulos. Avalia o reconhecimento de padrões de frequência, ordenação temporal, nomeação e resolução temporal.²⁸

A) TPF (Teste de Padrão de Frequência): realizado para avaliar a habilidade de ordenação temporal, o TPF consistiu em 30 sequências de estímulos acústicos não verbais, que variaram em frequência (ex: pi-pi-po – agudo, agudo, grave) para cada orelha à 50 dBNS. O indivíduo foi orientado a nomear a sequência ouvida.²⁸

O padrão de normalidade do TPF para a versão adulta da Auditec St. Louis⁶⁷, conforme tabela 5.

Tabela 5. Padrão de normalidade para o TPF, segundo Auditec St. Louis⁶⁷

Versão Adulto – Auditec	Referência
Nomeação – Binaural	≥ 90%

Legenda: ≥ - Maior ou igual; % - Porcentagem.

B) RGDT (Teste de Detecção de Intervalos Aleatórios): realizado para a investigação da integridade da habilidade auditiva de resolução temporal, o RGDT consistiu em determinar o menor intervalo de tempo em que dois estímulos bem próximos foram detectados. Inicialmente foram apresentados pares de tons e depois de clicks, em ordem randômica, com intervalos de 0 a 40ms, com os seguintes intervalos específicos: 0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 40 ms. Entre as gravações dos pares de estímulos houve um intervalo de 4,5 segundos para que o indivíduo respondesse. A sequência de frequências iniciou-se com a frequência de 500 Hz e seguiu por 1000, 2000 e 4000Hz, na intensidade de 30 dBNS acima da média tritonal das frequências de 500Hz, 1KHz e 2KHz. O indivíduo foi orientado a responder verbalmente quando ouvisse um ou dois tons.²⁸

Foi obtido o menor intervalo de tempo entre dois tons puros percebido pelo indivíduo para cada frequência testada. Ao final, calculou-se a resposta total do teste, por meio da média aritmética dos resultados nas quatro frequências avaliadas.

O padrão de normalidade considerado foi o proposto por Keith⁶⁸, média de até 10ms.

B.4.4) Testes de Interação Binaural

A interação binaural é um dos principais mecanismos do sistema auditivo, no qual permite ao SNAC do indivíduo processar as informações sonoras que são distintas, porém complementares, quando apresentadas em ambas as orelhas. Além disso, permitem examinar a habilidade do sistema em unificar essas informações em um evento perceptual, ou seja, avaliar as habilidades auditivas de fechamento auditivo e localização auditiva.²⁸

A) Teste de localização sonora em cinco direções (LOC): possibilita a análise da habilidade de localização da fonte sonora. Realizado com um guizo, o indivíduo foi instruído a apontar para a direção de onde acredita provir o som. Esperou-se a localização de pelos menos em quatro das cinco posições testadas²⁸, conforme tabela 6.

Tabela 6. Valores de normalidade para os testes dióticos, segundo Pereira e Schochat ^{29,66}

Teste	Referência
Localização Sonora	≥ 4/5

Legenda: ≥ - Maior ou igual.

B) MLD: permite a análise da habilidade auditiva detecção ou reconhecimento de diferenças de tempo e amplitude de sinal e / ou ruído na presença de um som mascarador. A interação binaural é capacidade que a via auditiva central tem de processar informações diferentes e, porém, complementares, que são apresentadas bilateralmente de forma sequencial.⁶⁹

A execução do MLD tonal consistiu na apresentação de 33 segmentos de ruído na mesma fase em ambas as orelhas, na intensidade de 50dB e com duração aproximada de quatro minutos. Os segmentos foram apresentados juntamente com um tom puro pulsátil de 500Hz (sinal), em diferentes relações sinal/ruído (S/R), podendo estar o sinal em duas condições: SoNo (condição homofásica bilateralmente) ou SπNo (fase invertida em uma das orelhas - condição antifásica). Além disso, alguns itens do teste foram compostos apenas pelo ruído e sem o sinal (No Tone – NT) como condição controle.

O indivíduo foi orientado a ignorar o ruído mascarador e a levantar a mão quando ouvisse o tom puro. Ao final do teste, foram quantificados os acertos nas condições SoNo e SπNo. O cálculo MLD foi realizado por meio da equação $MLD = S/R \text{ no Limiar } S\pi No - S/R \text{ no Limiar } SoNo$. A versão utilizada do MLD foi a proposta por Richard Wilson e comercializada pela *Auditec Sant Louis*.⁶⁷ O valor normativo considerado para o MLD: limiar $\geq 10dB$.^{69,70,71}

B.4.5) Critério para o diagnóstico do TPAC

Neste estudo, a alteração em um único teste da bateria mínima de avaliação foi considerada suficiente para indicar a presença do TPAC.³¹

(C) Avaliação Eletrofisiológica

C.1) Equipamento e Materiais: a avaliação eletrofisiológica foi realizada no equipamento SMART – EP da empresa *Intelligent Hearing Systems* (IHS) e com transdutores *Insert* (ER – 3A, Natus Medical, em uma sala acústica e eletricamente preparada). Os indivíduos foram acomodados em uma poltrona reclinável e em posição confortável. Antes de iniciar a coleta, a pele de cada sujeito foi higienizada com uma pasta abrasiva *Nuprep*, da marca *Weaver and Company*, nos locais onde os eletrodos descartáveis da *Solidor* foram fixados. Em seguida, os eletrodos foram colocados utilizando-se a pasta eletrolítica Ten 20 da marca *Weaver and Company* para melhor a condutividade elétrica. A montagem dos eletrodos seguiu os padrões estabelecidos pelo *International Electrode System 10 – 20* para seu uso correto. A impedância dos eletrodos permaneceu abaixo de 3 KΩ e a diferença entre os eletrodos inferior a 2 KΩ para todos os potenciais.

C.2) Orientação ao paciente

Ao serem convocados para a avaliação, todos foram orientados a não comparecerem com o cabelo molhado e/ou com gel fixador, maquiagem no rosto e brincos nas orelhas, a fim de não prejudicar a colocação dos eletrodos e alterar captação dos potenciais.

Os indivíduos foram acomodados em um poltrona confortável e reclinável e para o PEATE foram orientados a manterem os olhos fechados durante a avaliação para evitar a contaminação de artefatos, porém foram instruídos a permanecerem despertos. Para a obtenção do PEALL, os indivíduos foram orientados ficarem atentos e a contar mentalmente os estímulos raros que ouvissem, para que ao final dissessem quantos estímulos raros foram identificados. No PEAML, foram instruídos a permanecerem quietos, em estado de relaxamento e sem apertar as pálpebras dos olhos. O avaliador ficou atento durante todo o processo de avaliação para checar estas condições. Todos os exames foram realizados monoauralmente em duas condições: avaliação da orelha direita e orelha esquerda.

Optou-se pela realização do PEALL antes do PEAML por ser um exame que exige maior atenção do indivíduo.

C.3) Exames Eletrofisiológicos

C.3.1) Potencial auditivo evocado de tronco encefálico (PEATE): como medida eletrofisiológica da audição, foi realizado primeiramente o PEATE, a fim de verificar a integridade do tronco encefálico, com a presença ou ausência das ondas I, III e V e a análise de suas latências absolutas e interpicos I-III, I-V e III-V. O teste foi realizado em sala com isolamento acústico e elétrico e pouca luminosidade.

O eletrodo ativo (positivo) foi posicionado na região frontal (Fpz); os eletrodos de referência (negativos) foram posicionados nos lóbulos A1 e A2 e o eletrodo terra na fronte, lateralmente à Fpz. A apresentação dos estímulos foi realizada através de fones de inserção ER – 3A da marca *Intelligent Hearing Systems (IHS)*.

Para a obtenção dos PEATE com estímulo *clique* foram utilizados os parâmetros recomendados por Hall⁷³ que são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Parâmetros para obtenção dos PEATE clique, segundo Hall⁷²

Parâmetros	
Tipo de Estímulo	Clique
Orelha estimulada	OD/OE
Intensidade do estímulo	80dBNA
Taxa de apresentação	21.1/seg
Polaridade	Rarefeita
Promediação	2000
Filtro passa-alta	100Hz
Filtro passa-baixa	3000Hz
Ganho	100k
Tempo de análise	12 ms

Legenda: OD - Orelha Direita; OE – Orelha Esquerda; dBNA – Decibel Nível de Audição; seg – segundos; Hz – Hertz; ms – milissegundos.

O PEATE foi pesquisado na intensidade de 80 dBnNA e foram realizadas 2 coletas contendo 2000 estímulos promediados e livre de artefatos. Observou-se a repetibilidade dos traçados para a confirmação da presença de respostas. Após a realização dos exames, três ondas (I, III e V) foram identificadas visualmente e marcadas pelo avaliador. Elas foram analisadas quanto aos valores de latências absolutas, latências interpicos I-III, III-V e I-V e amplitudes. Todos os registros do PEATE foram analisados por um avaliador experiente. Considerou-se para a análise os valores sugeridos no manual do equipamento (Tabela 8).

Tabela 8. Valores de latência absoluta e latências interpicos para o PEATE em adultos

Componentes	Valores de Latências (ms)
I	1,65
III	3,76
V	5,61
I-III	2,11
III-V	1,86
I-V	3,94

Legenda: ms – Milissegundos. Fonte: Manual equipamento Smart EP – IHS.

Para a análise da amplitude do interpico I-V, utilizou-se um valor de corte para a razão de amplitude $V/I > 0,5 \mu V$, indicando um sistema com funcionamento normal. Esse critério foi baseado na afirmação de Don e Kwong⁷³ de que qualquer valor da razão de amplitude da onda $V / I < 0,5 \mu V$ é considerado anormal e indicativo de patologia retrococlear.

C.3.2) Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência com estímulo *tone burst* (não-verbal): os eletrodos ativos foram posicionados no vértice (Canal A - Cz) e (Canal B – Fpz), o eletrodo de referência nos lóbulos direito (A2) e esquerdo (A1) e o eletrodo terra na frente. Foi utilizado um *jumper* para conectar as entradas dos eletrodos referência do canal A e B. Quando a orelha direita foi estimulada, conectou-se o cabo A2 ao *jumper* para a aquisição de resposta da derivação A2-Cz-Fpz, e quando a orelha esquerda foi estimulada conectou-se o cabo A1 ao *jumper* para a aquisição de resposta da derivação A1-Cz-Fpz.

Para a realização do PEALL foram utilizados os parâmetros baseados na recomendação de Hall⁵⁵, e que são apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Parâmetros para aquisição do PEALL com estímulo *tone burst* (não verbal), segundo Hall⁵⁵

Parâmetros	
Orelha estimulada	OD/OE
Estímulo	Não verbal
Tipo de estímulo	<i>Tone burst</i>
Frequência do estímulo frequente	1000Hz
Porcentagem do estímulo frequente promediado	80%
Frequência do estímulo raro	2000Hz
Porcentagem do estímulo raro promediado	20%
Polaridade do estímulo	Alternada
Intensidade do estímulo	75dBNA
Velocidade do estímulo	1,1/sec
Número de varreduras	300
Filtro	1-30Hz
Janela	533 ms

Legenda: OD - Orelha Direita; OE – Orelha Esquerda; Hz – Hertz; dBNA – Decibel Nível de Audição; sec – segundos; ms – milissegundos.

O estímulo *tone burst* foi eliciado na intensidade de 75dBNA, na frequência de 1000Hz (estímulo frequente) e 2000Hz (estímulo raro), de forma randomizada, através do paradigma *oddball* com um total de 300 estímulos, dentre os quais 80% de estímulos frequentes (1000Hz) e 20% de estímulos raros (2000Hz). As coletas com valores de artefatos superiores a 10% foram excluídas e novas coletas foram realizadas a fim de obter uma resposta confiável e com menor número de artefatos. Os participantes foram orientados a contar mentalmente o tom raro e o examinador verificou seu desempenho perguntando quantos estímulos raros foram percebidos ao final do teste

Para a análise foi considerada apenas a onda captada em Cz em ambas as orelhas, por apresentar melhor morfologia em relação à Fz, muito provável devido à proximidade dos sítios geradores dos componentes. Os componentes foram identificados visualmente e marcados manualmente pelo pesquisador cinco componentes: P1, N1, P2, N2 e P300. Todos foram identificados no traçado correspondente ao estímulo raro sendo analisado em relação aos valores de latência e amplitude.⁵² Os critérios de normalidade adotados seguiram o proposto por McPherson⁷⁴, conforme tabela 10.

Tabela 10. Padrão de normalidade dos valores de latências do PEALL proposto por McPherson⁷⁵, considerando a coleta em Cz em média/ alta intensidade

Componentes	Valores de Latências (ms)
P1	54-75ms
N1	83-135ms
P2	137-194ms
N2	188-280ms
P300	241-396ms

Legenda: ms = Milissegundos.

C.3.3) Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML)

Os eletrodos descartáveis foram dispostos da seguinte forma: eletrodo terra na frente (A); os eletrodos ativos (positivos) na região coronal direita e esquerda (C4 e C3); os eletrodos referência (negativos) nos lóbulos das orelhas direita e esquerda (A2 e A1), utilizando os dois canais do equipamento. Foi utilizado um *jumper* para conectar as entradas dos eletrodos referência do canal A e B. Quando a orelha direita foi estimulada, conectou-se o cabo A2 ao *jumper* para a aquisição de respostas das derivações A2-C4 e A2-C3, e quando a orelha esquerda foi estimulada conectou-se o cabo A1 ao *jumper* para a aquisição de respostas das derivações A1-C3 e A1-C4.

Para a obtenção do PEAML foram utilizados os parâmetros baseados na recomendação de Hall⁴⁶ que são apresentados na tabela 11.

Tabela 11. Parâmetros para obtenção do PEAML com estímulo clique, segundo Hall⁴⁶

PARÂMETROS	
Orelha Estimulada	OD/OE
Tipo de Estímulo	Clique
Taxa de apresentação	9.8 /sec
Polaridade	Rarefeita
Duração	200µs
Promediação	1000
Ganho	75K
Intensidade	70dBNA
Filtro para aquisição passa-alta	20Hz
Filtro para aquisição passa-baixa	1500Hz
Filtro para análise passa – alta	10Hz
Filtro para análise passa – baixa	100Hz
Tempo de análise	70 ms

Legenda: OD - Orelha Direita; OE – Orelha Esquerda; sec – segundos; dBNA – Decibel Nivel de Audição; Hz – Hertz; ms – milissegundos.

O PEAML foi pesquisado na intensidade de 70 dBNA e as respostas foram gravadas duas vezes em cada condição (C3A1, C4A1, C3A2, C4A2) para aumentar a fidedignidade. Os componentes Na, Pa, Nb e Pb foram identificados e analisados quanto aos valores de latência e as interamplitude de Na-Pa e Nb-Pb.

No primeiro pico negativo foi identificado o componente Na; o componente Pa foi denominado como o primeiro e maior pico positivo após o Na; o Nb foi o segundo pico negativo identificado logo após o Pa e o componente Pb foi o segundo pico positivo encontrado posteriormente ao Nb.⁴⁸ Os critérios de normalidade adotados para a análise do PEAML foram os propostos por Hall⁴⁶ (Tabela 12).

Tabela 12. Padrão de normalidade dos valores de latências do PEAML, segundo Hall⁴⁶

Componentes	Valores de Latências (ms)
Na	16 - 30ms
Pa	30 - 45ms
Nb	46 - 56ms
Pb	55 - 65ms

Legenda: ms = Milissegundos.

A análise da interamplitude Na- Pa foi realizada considerando três pontos de corte, sendo 30%, 40% e 50% de diferença entre as interamplitudes de Na-Pa em relação ao mesmo eletrodo e em orelhas distintas.

V.8. Análise dos Dados

Os dados foram analisados por meio de testes diagnósticos de sensibilidade ($S = a / (a + c)$), especificidade ($E = d / (b + d)$), valor preditivo positivo ($VPP = a / (a + b)$), valor preditivo negativo ($VPN = d / (c + d)$) e acurácia ($A = (a + d) / (a + b + c + d)$)⁷⁵, conforme a descrição da tabela 12.

Tabela 13. Possíveis resultados de um teste diagnóstico

Teste Eletrofisiológico	Normal	TPAC		Total
		Presente a Verdadeiro-Positivo	Ausente b Falso-Positivo	
	Alterado	c Falso-negativo	d Verdadeiro -negativo	c+d
Total		a+c	b+d	a+b+c+d

Fonte: Tabela adaptada.⁷⁶ Legenda: TPAC: Transtorno do Processamento Auditivo Central.

A chance de alteração (*Odds Ratio*) da avaliação comportamental do PAC, nos exames eletrofisiológicos e de cada habilidade auditiva foi calculada pela regressão logística. As variáveis categóricas foram analisadas pelo teste Exato de Fisher. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro – Wilk e os dados paramétricos pelo teste t de Student. Os dados não paramétricos foram analisados com o teste de Mann – Whitney. Valores $p < 0,05$ foram considerados significativos. Os dados foram analisados com o programa Statistical Package for the Social Sciences IBM-SPSS versão 20.0.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Artigo original publicado pela *International Archives of Otorhinolaryngology*. Disponível online: DOI: 10.1055/s-0042-1759747

4 Original Research



Changes in Auditory Evoked Potentials Increase the Chances of Adults Having Central Auditory Processing Disorder

Andressa Pelaquim¹ Milaine Dominici Sanfins² Marco Aurélio Fornazieri³

¹ Postgraduate Program (Doctorate) in Health Sciences, State University of Londrina (UEL), Londrina, PR, Brazil

² Department of Clinical Audiology, Center for Advanced Electrophysiology and Neuroaudiology (CENA), Israeli Institute of Education and Research Albert Einstein, São Paulo, SP, Brazil.

³ Department of Clinical Surgery, Londrina State University (UEL) and Pontifical Catholic University of Paraná, Londrina, PR, Brazil

Address for correspondence Andressa Pelaquim, MSc, Health Sciences Center, Londrina State University (UEL), Robert Koch, 60, Londrina, PR, Brazil 86038350 (email: andressapelaquim@gmail.com).

Int Arch Otorhinolaryngol 2024;28(1):e134–e140.

Abstract

Introduction Auditory evoked potentials are widely used in clinical practice to complement the assessment of central auditory processing. However, it is necessary to understand whether these potentials are highly accurate, to assist in the diagnosis of auditory processing disorder.

Objective To measure the accuracy of middle and long latency auditory evoked potentials in the diagnosis of auditory processing disorder in adults.

Methods This is a case-control study, formed by a control group of 30 individuals with normal auditory processing assessment, and a case group composed of 43 individuals with altered auditory processing assessment. Their sensitivities, specificities, accuracies, positive and negative predictive values for the diagnosis of alterations were measured and compared between the potentials.

Results The accuracies of the middle and long latency potentials were 51% and 67%, respectively. The P1-N1-P2 and N2-P300 complexes had an accuracy of 57.5% and 58.9%, respectively. The cognitive potential P300 showed an accuracy of 55%. There was no significant result for the middle-latency potential (OR = 1.8; 95% CI: 0.6–5.4, $p > 0.42$) and for P300 (OR = 2.63, 95% CI: 0.85–8.43, $p > 0.11$). However, the result was significant for the long-latency potential (OR = 6.3; 95% CI: 2–19.6, $p < 0.01$). There was a significant result for the P1-N1-P2 complexes (OR = 6.76, 95% CI: 1.4–32.5, $p < 0.010$) and N2-P300 (OR = 3.60; 95% CI: 10.16–11.20, $p < 0.039$).

Conclusion Individuals with altered long-latency auditory evoked potential are more likely to have auditory processing disorder and, as such, this test can be used as a complementary tool to confirm the diagnosis.

Keywords

- ▶ electrophysiology
- ▶ auditory processing disorder
- ▶ auditory evoked potentials
- ▶ adults

received
August 8, 2022
accepted
October 9, 2022

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0042-1759747>.
ISSN 1809-9777.

© 2024. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

Introduction

The interpretation of acoustic information is performed by the Central Auditory Nervous System (CANS), through the occurrence of a cascade of mechanisms. For sound information to be detected and interpreted properly, the anatomical and functional integrity of the peripheral and central auditory pathways is necessary, so that the processing takes place effectively.^{1,2}

Auditory processing (AP) refers to the efficiency and effectiveness with which the CANS uses verbal and nonverbal auditory information.³ It is widely studied, mainly with the aim of identifying and clarifying the hearing difficulties of children and adults in relation to sound perception, even while having thresholds within the normal range.⁴ The AP includes mechanisms underlying the abilities of sound localization and lateralization, auditory discrimination and recognition, temporal aspects of hearing, such as temporal integration and discrimination, temporal ordering and masking, auditory performance in dichotic listening, and performance in degraded acoustic speech signals.^{3,5}

The assessment of central auditory processing (CAP) consists of checking for one or more altered auditory skills. It consists of behavioral tests capable of identifying Central Auditory Processing Disorder (CAPD).^{1,6} The APD refers to a deficit in the neural processing of acoustic stimuli, through preserved cognitive and language skills. However, this disorder can be the cause or coexist with specific alterations in language and learning, among other neurological alterations.³

The American Speech-Language-Hearing Association (ASHA)³ recommends that AP assessment be complemented by the electrophysiological assessment, through the Auditory Evoked Potentials (AEPs). The use of middle- and, mainly, long-latency auditory evoked potentials in AP alterations has been studied in recent years. Therefore, it reinforces the need for further studies to establish the clinical utility of AEPs in APD cases.

The AEPs assess the neuroelectric activity of the central auditory pathway, starting in the auditory nerve up to the auditory cortex.⁷

The Brainstem Auditory Evoked Potential (ABR) evaluates the electrical activity of the first neurons of the auditory system up to the brainstem. It is the most used AEP.^{7,8} The Middle Latency Auditory Evoked Potential (MLAEP) reflects cortical activity related to the primary auditory skills of recognition, discrimination, and figure-ground and non-primary skills, such as selective attention, auditory sequence, and auditory/visual integration.^{9,10} Long-Latency Auditory Evoked Potential (LLAEP) is composed of sequential waves P1, N1, P2 and N2. The P1-N1-P2 complex evidences the arrival of the sound stimulus to the auditory cortex and the beginning of cortical processing, being very important to verify if the acoustic signal was received properly. The N2 wave is considered a mixed component related to sound stimulus discrimination. Furthermore, the P300 cognitive component is between 300 and 500 ms post-stimulation. It reflects the activity of cortical auditory areas related to discrimination, integration, and auditory memory skills.¹¹⁻¹³

In all age groups, the performance of the AP assessment is consolidated, as well as the use of electrophysiological tests is highly recommended to complement the diagnosis. There are several previous studies in the literature involving the AP and the AEPs, especially regarding the P300 cognitive component.^{11,14-16} Additionally, there are studies that sought to investigate the electrophysiological activity of the central auditory pathway in cases of APD, correlating the objective findings with the behavioral ones.^{17,18} However, there are no in-depth studies on the accuracy of AEPs in AP alterations in adults, without other associated pathologies.

Accuracy is considered in epidemiology a measure of high validity, being widely applied in studies on the evaluation of diagnostic or screening tests. Its investigation makes it possible to verify the degree to which the data measure what they should measure or how much the results of an assessment correspond to the true state of the phenomenon being measured.¹⁹

The aim of this study was to measure the accuracy of the middle- and long-latency auditory evoked potential in adults with central auditory processing disorders.

Methods

Participants

This is a case-control study. The sample was recruited through an invitation directed by e-mail to the academic community of State University of Londrina (UEL).

The community was informed about the objective and justification of the study, the inclusion and exclusion criteria, the place where the exams were performed, as well as the researchers' telephone number and email address, in case they were interested in participating. Only individuals without otoscopic alterations, with normal hearing thresholds, according to the criteria of the World Health Organization (WHO)²⁰ for the adult population, tympanometry with peak of maximum compliance around atmospheric pressure of 0 daPa and equivalent volume of 0.3 and 1.3 ml for both groups, ipsilateral and contralateral stapedial acoustic reflexes present for the control group²¹ integrity of the auditory pathway of the brainstem verified by the ABR, with or without complaints of difficulty in understanding speech in silence and in noise, difficulty in auditory memory, and complaint of inattention. Individuals with an otologic history of alteration or pathology in the middle ear, previous diagnosis of type I or II diabetes, neurological or neurodegenerative diseases, previous auditory training for APD intervention, and drug users were excluded.

The present study was approved by the Human Research Ethics Committee, CAAEE: 95467918.2.0000.5231. Data were collected at an audiological clinic specializing in hearing and balance, in the city of Londrina, Paraná, Brazil, between August 2018 and August 2019. All participants were instructed and signed the informed consent (IC) form.

Study Design

In the first stage, the volunteers underwent a basic audiological assessment to define audibility thresholds and

conditions of the middle ear, and a complete CAP exam to identify individuals with altered AP. In the second stage, the electrophysiological assessment was performed, consisting of ABR, MLAEP and LLAEP. The ABR was performed before the other potentials, to verify the integrity of the brainstem auditory pathway.

After the two steps described, the exams were evaluated by an examiner experienced in audiology and the volunteers were divided into two groups. One group consisting of controls ($n=30$) with normal hearing thresholds and no changes in the CAP exam and a group of cases ($n=43$), composed of individuals with normal auditory thresholds and with alterations in the AP exam.

Procedures

Immitanciometry, Audiometry and Logoaudiometry

Tympanometry was performed using the Otometrics OTO-FLEX 100 (Natus Medical Inc., Middleton, WI, USA) equipment and a probe with a 226Hz tone. The ipsilateral and contralateral acoustic reflexes were investigated in both ears at sound frequencies of 500, 1,000, 2,000 and 4,000Hz.

In the pure tone audiometry, a two-channel MADSEN ITERA II (Natus Medical Inc., Middleton, WI, USA) audiometer calibrated to the ANSI-69 standard and TDH39 supra-aural headphones, was used as a stimulus transducer. Hearing thresholds were surveyed via air at frequencies of 250, 500, 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 6,000, and 8,000Hz. The speech audiometry was composed by the speech recognition threshold (SRT), which was performed live through a list of trisyllables and the intensity in which the participant hit 50% of the presented words was adopted as a result. To perform the percentage index of speech recognition (PISR), 30dB were added above the tonal threshold of the average of 500, 1,000, and 2,000Hz. A list of phonetically balanced monosyllabic words was used, which were presented to the individual by means of recording.²² A percentage of correct answers between 88 and 100% was considered normal.

Assessment of Central Auditory Processing

The battery of tests for the CAP assessment consisted of non-verbal stimuli, except for the dichotic digit test, presented through CDs, according to the literature.²³⁻²⁵ The test selection procedures followed the standards suggested by the Clinical Guide.²⁶ The assessment consisted of the following tests: speech-in-noise (SIN) test, binaural interaction and separation, frequency pattern test (PPS), Random Gap Detection Test (RGDT), and Masking Level Difference (MLD). The normality standard considered for each test was the one proposed in the literature.^{23-25,27}

Electrophysiological Assessment

The electrophysiological assessment was performed with the SMART – EP (Intelligent Hearing Systems, Miami, FL, USA) equipment and the Insert ER – 3A transducers (Natus Medical Inc., Middleton, WI, USA), in an acoustically and electrically prepared room. The subjects were accommodated in a reclining chair in a comfortable position. Before starting the

collection, the skin of each subject was cleaned using a Nuprep abrasive paste (Weaver and Company, Aurora, CO, USA) in the places where the Solidor disposable electrodes (São Paulo, SP, Brazil) were fixed. Then, they were fixed using the Tem 20 electrolytic paste (Weaver and Company, Aurora, CO, USA) to improve the electrical conductivity.

Subjects were instructed to keep their eyes closed during the assessment to avoid artifacts, while awake. All assessments were performed monaurally under two conditions: assessment of the right ear and assessment of the left ear.

The assembly of the electrodes followed the standards established by the International Electrode System (IES) 10 to 20 for its correct use. The electrode impedance remained below 3 K Ω and the difference between the electrodes was below 2 K Ω for all exams.

MLAEP

The electrodes were arranged as follows: ground electrode on the forehead (A); the active (positive) electrodes in the right and left coronal region (C4 and C3); the reference electrodes (negative) on the right and left ear lobes (A2 and A1), using the two channels of the equipment. A jumper was used to connect the inputs of the reference electrodes of channel A and B.

In the acquisition of the MLAEP, two collections were performed containing 1,000 intermediated stimuli and free of artifacts, and the responses were recorded twice in each condition (C3A1, C4A1, C3A2, C4A2) to increase reliability. The components were identified and marked by the researcher, following the baseline. The Na component was the first negative peak identified between 16 and 30ms; Pa was the next highest positive peak observed between 30 and 45ms; Nb was the second negative peak located between 46 and 56ms; and Pb was the second negative peak identified between 55 and 65ms.²⁸

The functional analysis of the CANS was performed by comparing the interamplitude of Na and Pa between the ears and between the cerebral hemispheres. Each response on one side and the other should not be less than 50% in the same individual. The presence of electrode effect and ear effect configured a functional abnormality of the CANS.²⁹

LLAEP

The active electrodes were positioned at the vertex (Channel A - Cz) and (Channel B - Fpz), the reference electrode at the right (A2) and left lobes (A1) and the ground electrode at Fpz. A jumper was used to connect the inputs of the reference electrodes of channel A and B.

The subjects were instructed to count aloud the number of rare stimuli so that the assessment could be performed correctly. Only the tracing of the rare stimulus captured in Cz in both ears was considered for the analysis and for presenting better morphology in relation to Fz. The collections considered were those with artifact values lower than 10%. The following components were identified and manually marked by the researcher: P1, N1, P2, N2, and P300. The P1 component was identified between 54 and 73ms; N1 was the first negative peak found between 83 and 135ms; P2 was

Table 1 Parameters used to acquire the MLAEP and LLAEP^{28,31}

Parameters	MLAEP	LLAEP
Stimulated ear	OD / OE	OD / OE
Stimulus type	Click	Nonverbal/tone burst
Presentation Rate	9.8 / sec	1.1 / sec
Number of scans	1,000	300
Polarity	Rarefied	Alternate
Intensity	70dB	75dB
Frequency of frequent stimulus	–	1,000Hz
Percentage of frequent presented stimulus	–	80%
Frequency of rare stimulus	–	2,000Hz
Percentage of rare presented stimulus	–	20%
High pass acquisition filter	20Hz	10Hz
Low pass acquisition filter	1,500Hz	300Hz
High pass analysis filter	10Hz	–
Low pass analysis filter	100Hz	–
Analysis time	70 ms	533 ms

Abbreviations: dBNA - decibels; ms - milliseconds; HZ - Hertz; LLAEP- Long latency auditory evoked potentials; MLAEP- Middle Latency Auditory Evoked Potential; OD- Right ear; OE- Left ear.

the second positive peak located between 137 and 194ms; and N2 was the second negative peak observed between 188 and 231ms. The P300 cognitive component was the third positive peak identified between 225 and 365ms for individuals between 17 and 30 years, and between 290 and 380ms for individuals between 30 and 50 years.³⁰ However, the presence of positive double deflection in P300 was verified, to correctly identify the presence of the P3a and P3b component. According to the literature, P3a occurs around 280ms and P3b has latency equal to or above 300ms. Thus, we consider the third positive peak with latency equal to or greater than 300ms as cognitive P300.³⁰

The parameters for acquiring the MLAEP and LLAEP are described in ►Table 1.

Statistical Analysis

The sample was calculated considering a difference in the percentage of presence of alteration in MLAEP and LLAEP of 40% between the group with normal and altered auditory processing. With a significance level of 5% and a power of 80%, the need for 23 individuals per group was determined. An addition of 7 subjects per group was made to increase the accuracy of secondary analyses.

The accuracy of the tests was verified through diagnostic tests of sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value. The chance of change in CAP due to changes in electrophysiological tests was calculated by logistic regression. Categorical variables were analyzed using the Fisher exact test. Furthermore, *p*-values < 0.05 were considered significant. Data were analyzed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, IBM Corp. Armonk, NY, USA), version 20.0.

Results

Among the 147 individuals who agreed to participate, 73 could be included in the study. The control group was composed of 63% of female subjects and the study group of 65% of female subjects. Most participants had completed or ongoing university education, aged 18 to 55 years, of both sexes, with normal hearing thresholds, and the demographic characteristics between volunteers with CAP alteration and controls were matched (►Table 2).

The MLAEP showed low sensitivity and high specificity to detect individuals with AP alterations. It also presented an accuracy of 51.4% for APD cases. Individuals with altered MLAEP were 1.78 times more likely to have APD (odds ratio, OR: 1.78, 95% confidence interval, CI: 0.6–5.4, *p* > 0.42), that is, it is not a good test to aid in the diagnosis of APD (►Table 3).

The LLAEP, as well as the subcomponents P1-N1-P2 and N2-P300, demonstrated showed low sensitivity and high specificity. The accuracy of the LLAEP encompassing all components was 67.1%, a 15.7% higher rate than the MLAEP. Individuals with altered LLAEP were six times more likely to have APD, which confirms that it is a good exam to complement the diagnosis (OR = 6.3, 95% CI: 2–19.6, *p* < 0.01) (►Table 3).

The P1-N1-P2 complex accuracy was 57.5%. Individuals with alterations in this complex were six times more likely to have APD (OR = 6.76, 95% CI: 1.4–32.5, *p* < 0.010). The N2-P300 complex obtained an accuracy of 58.9%. Individuals with altered N2-P300 were three times more likely to have the AP test altered (OR = 3.60; 95% CI: 1.16–11.20, *p* < 0.039). Finally, the cognitive component P300 did not obtain

Table 2 Demographic characteristics of participants by study group

Variables	Categories	Controls (n = 30)	APD (n = 43)
Age (mean, SD)	≥ 18 years ≤ 55 years	29.4 (7.9)	29.3 (6.9)
Sex (%)	Men	36.7	34.8
	Women	63.3	65.2
Race (%)	White	100	100
	Non-White	0	0
Education (%)	< Highschool	0	0
	Highschool	50	27.9
	Undergraduate degree or Higher	50	72.1

Abbreviations: APD- auditory processing disorder; SD- standard deviation.

Table 3 Comparison between electrophysiological tests in the diagnosis of central auditory processing disorders

Electrophysiological tests	N	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	Accuracy	OR (95% CI)	p-value
MLAEP	70	32%	80%	68%	45%	51%	1.78 (0.65-4)	0.42
LLAEP	73	56%	84%	83%	57%	67%	6.3 (2-19.6)	0.01*
P1-N1-P2 Complex	73	32%	93%	87%	49%	57%	6.76 (1.4-32.5)	0.01*
N2-P300	73	42%	83%	78%	50%	58%	3.6 (1.16-11.2)	0.039*
P300	73	35%	83%	75%	49%	55%	2.63 (0.85-8.43)	0.112

Abbreviations: APD- Auditory Processing Disorder; CI- Confidence interval; LLAEP- Long latency auditory evoked potentials; MLAEP- Middle Latency Auditory Evoked Potential; N- number of individuals; NPV- Negative Predictive Value; OR- Odds Ratio; P300 event related potential; PPV- Positive Predictive Value. Notes: The LLAEP, as well as the analysis of its complexes, demonstrated high accuracy in the detection of neurophysiological alterations, at the level of the primary auditory cortex, in adult individuals with APD. p-value <0.05; Fisher exact test; * Significant.

significant results, presenting an accuracy of 55% (OR = 2.63; 95% CI: 0.85-8.43, $p > 0.11$) (– Table 3).

Secondary results (supplementary material).

Discussion

The present study demonstrates that individuals with altered LLAEP are six times more likely to have APD. Thus, the LLAEP is an efficient electrophysiological method to be associated and used to confirm the diagnosis of APD (– Table 3). However, due to their low sensitivity, we emphasize that electrophysiological tests should not be used alone, as a screening or diagnostic method, in adult individuals with APD complaints.

In our study, we observed that among all the analyses, the MLAEP was the one with the lowest accuracy (– Table 3), indicating that it is not a good evaluation method to aid in the diagnosis of APD (51%, OR = 1.78). The low accuracy found in our study may justify a previous study that did not observe a correlation between the AEPs and temporal pattern tests³² and others that identified a weak and moderate correlation between the results of the MLAEP and the behavioral tests of the AP, respectively.^{17,18}

Regarding the analysis of the latency of the Pa component and the interamplitude of Na-Pa, we did not observe any difference between the group with and without APD, considering the leads C3A1/C3A2/C4A2/C4A1 (– Supplementary

Tables S1 and S2, supplementary material). However, we numerically observed a decrease in Na-Pa interamplitude in individuals with APD in our data, in line with a study³³ that observed lower latencies of the Na and Pa components, as well as the Na-Pa interamplitude for individuals with APD compared with controls. Perhaps, a larger sample could have statistically demonstrated this difference.

The analysis of the Pa wave amplitude demonstrates the presence of the electrode effect and/or ear effect. Presence indicates alteration and is one of the main ways of evaluating the results of the MLAEP.³² In our results, there was the presence of the ear effect (– Supplementary Figure S1, supplementary material), consistent with a study that concluded that the presence of the ear effect is more compatible with cases of APD, to the detriment of the presence of the electrode effect, which is more evident in cases of neurological injuries.³⁴ When evaluating three different cut-off points (50, 40, and 30%), we found that the lower the cut-off point, the greater the percentage of altered MLAEP (– Supplementary Figure S2, supplementary material). This finding corroborates a study that demonstrated that the 30% cutoff point is more reliable to identify neurological lesions and APD.³⁴

The LLAEP, as well as the P1-N1-P2 and N2-P300 complexes analyzed separately, showed good accuracy, in relation to MLAEP (– Table 3). This finding justifies the use of LLAEP in studies with different populations. Kumar et al.³⁵

observed higher latencies and reduced amplitudes of P1, N1, and P2 components in individuals with type II diabetes. Oliveira et al.³⁶ identified a relationship between LLAEP and cognitive performance in the elderly population. Prestes et al.³⁷ identified that adults who stutter have worse performance in auditory temporal processing skills and increased latencies of the N2 and P300 components. In addition to these, another study identified alterations in LLAEP components in children with APD.³⁸ Our results also demonstrated that the potential has good specificity, both for the joint analysis of all components and for the analysis of the complexes (– **Table 3**). Furthermore, by evaluating the latency values of the LLAEP components (– **Supplementary Table S3, supplementary material**), we identified the increase for N1, P2, and N2, in subjects diagnosed with APD. As for the amplitudes, we observed numerically smaller amplitudes for individuals with APD (– **Supplementary Table S4, supplementary material**). The increase in latency and decrease in the amplitude of the components is expected in cases of APD, as a neurobiological alteration is observed in the SNAC, which directly affects the auditory abilities.³⁹

Given the above, we can say that the LLAEP is the best electrophysiological method to assess CANS at the cortical level, and thus complement the assessment of the AP.

Regarding the P300 cognitive potential, our results indicated that it does not show good accuracy for APD cases (– **Table 3**). The test is often performed in clinical routine for the evaluation of AP, especially in school-age children and adolescents who may or may not have other pathologies or associated complaints.^{18,40–42} Considering P300 captures the potentials related to the executive functions of memory and attention, in our study, we excluded complaints phonological, reading, writing difficulties, among others. That could influence the AP assessment. Thus, even having presented specificity above 80%, the chance of an individual with APD having altered P300 was not significant.

It is important to emphasize that there is a lot of variation in the results in the literature, usually due to the protocol used, small sample sizes, and the form of analysis used, which are mostly correlations or just descriptions of results through cases. Additionally, it was found that studies on auditory processing are mostly performed with school-age children and adolescents^{43,44} with reading and writing difficulties, learning⁴⁵ phonological alterations, and associated pathologies, such as attention deficit, dyslexia, and autism.^{46,47} Thus, we point out the difficulty of finding studies with samples composed only of adults with characteristic complaints of APD to compare with our results. Another point is the fact that the studies did not use behavioral tests with a low linguistic load as a protocol for execution or did not use the complete minimum protocol recommended by ASHA.³

The present study has some limitations. First, it was performed only with adult subjects. There are few studies involving AP and electrophysiological assessment in adults with normal hearing thresholds in the literature. One hypothesis would be the lack of knowledge about the AP and its abnormalities, and consequently the nonidentification of changes, in addition to

the ability to create strategies to address the complaints. This hypothesis is consistent since in our study most the adult individuals were university students or had already graduated and not had complaints, but had alterations in the AP exam, which made it difficult to find a healthy individual. Additionally, it was not easy to obtain a homogeneous sample regarding gender, to perform an analysis separately, since there was little male adherence to the research.

Another relevant point is the type of stimulus used. We used the click stimulus in MLAEP and the oddball stimulus for LLAEP since we wanted to eliminate the interference of speech processing in the results. Nevertheless, it is important to point out that speech stimuli are already used in the assessment of LLAEP and P300 because they are more complex to be processed through the auditory pathway.⁴⁸

Conclusion

Individuals with altered LLAEP were more likely to have APD and, therefore, the test can be used as a complementary tool to confirm the diagnosis. The MLAEP did not prove to be a good test to aid in the diagnosis of APD in adults.

Funding

This article received a doctoral scholarship from CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel)

Conflict of Interest

None.

References

- Vilela N. Indicators for auditory processing disorder in pre-schoolers. São Paulo. Thesis - Faculty of Medicine of the University of São Paulo; 2016
- Sanguebuche TR, Peixe BP, Garcia MV. Behavioral tests in adults: reference values and comparison between groups with and without central auditory processing disorder. *Rev CEFAC* 2020; 22(01):e13718. Doi: 10.1590/1982-0216/202022113718
- American Speech-Language-Hearing Association (2005). (Central) auditory processing disorders the role of the audiologist [Position Statement]. Access in: <https://www.asha.org/PRPSpecificTopic.aspx?folderid=8589943561§ion=Overview>
- Frota S, Pereira LD. Auditory processing: study in children with reading and writing disorders. *Rev Psicopedag* 2010;27(83):214–222
- Bellis TJ. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: From science to practice. Clifton Park, NY: Delmar Learning; 2003
- Pereira LD, Frota S. Auditory Processing Assessment: Behavioral Tests. In: Boéchat EM et al. (orgs). *Textbook of Audiology* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015
- Matas CG, Magliaro FCL. Brainstem auditory evoked potential. In: Boéchat E.M., et al. (orgs). *Textbook of Audiology* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015
- Hall J. Auditory Brainstem Response: Acquisition Parameters and Test Protocols. In: Hall, J. *Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols*. Pearson Education, 2015
- Geisler CD, Frishkopf LS, Rosenblith WA. Extracranial responses to acoustic clicks in man. *Science* 1958;128(3333):1210–1211. Doi: 10.1126/science.128.3333.1210

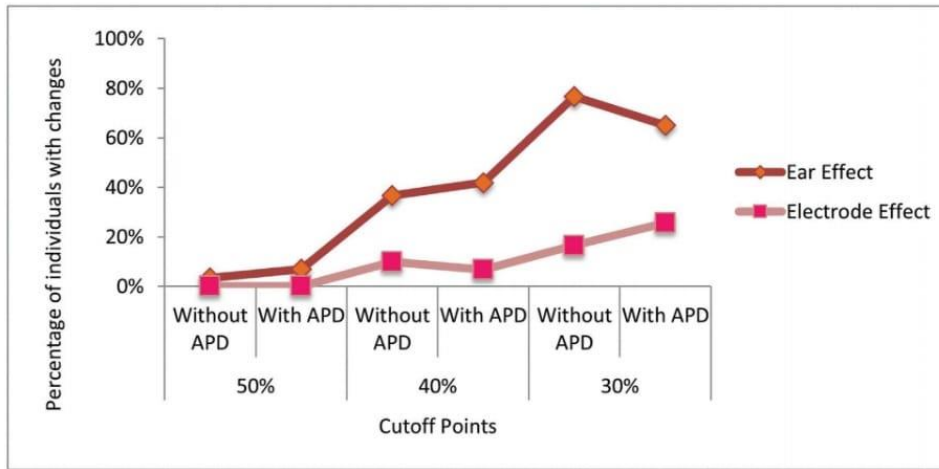
- 10 Schochat E (2015). Middle Latency Auditory Evoked Potential. In: In: Boéchat EM et al. (orgs). *Textbook of Audiology* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015
- 11 Mendonça EBS, Muniz LF, Leal MdeC, Diniz AdaS. Applicability of the P300 frequency pattern test to assess auditory processing. *Rev Bras Otorrinolaringol (Engl Ed)* 2013;79(04):512-521. Doi: 10.5935/1808-8694.20130091
- 12 Reis ACMB, Frizzo ACF. Cognitive Auditory Evoked Potential. In: Boéchat EM et al. org. *Textbook of Audiology*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015
- 13 Nascimento MSR, Soares-Mendonça EB, Leal MC, Muniz LF, Diniz AS. Long latency auditory evoked potential (P300) in adolescents. *Commun Disturb* 2017;29(02):309-317. Doi: 10.23925/2176-2724.2017v29i2p309-317
- 14 Wiemes GRM, Kozłowski L, Mocellin M, Hamerschmidt R, Schuch LH. Potencial evocado cognitivo e desordem de processamento auditivo em crianças com distúrbios de leitura e escrita. *Rev Bras Otorrinolaringol (Engl Ed)* 2012;78(03):91-97. Doi: 10.1590/S1808-86942012000300016
- 15 Medeiros GM, Silva DPC, Pinheiro MMC. Study of auditory evoked potential P300 before and after acoustically controlled auditory training. *Research. Soc Dev* 2020;9(10):e449108102. Doi: 10.33448/rsd-v9i10.8102
- 16 Bez ACMR, Luiz CBL, Paes SM, Azevedo RR, Gil D. Electrophysiological and Behavioral Evaluation of Auditory Processing in Adults with Dysphonia. *Int Arch Otorhinolaryngol* 2021;25(03):e349-e354. Doi: 10.1055/s-0040-1710303
- 17 Santos TS, Mancini PC, Sancio LP, Castro AR, Labanca L, Resende LM. Findings in behavioral and electrophysiological assessment of auditory processing. *Audiol Commun Res* 2015;20(03):225-232. Doi: 10.1590/2317-6431-2015-1589
- 18 Mattsson TS, Lind O, Follstad T, et al. Electrophysiological characteristics in children with listening difficulties, with or without auditory processing disorder. *Int J Audiol* 2019;58(11):704-716. Doi: 10.1080/14992027.2019.1621396
- 19 Silveira DP, Artmann E. Accuracy in probabilistic relationship methods of health databases: systematic review. *Public Health J* 2009;43(05):875-882. Doi: 10.1590/S0034-89102009005000060
- 20 World Health Organization (WHO) (2014). Geneva: WHO. Available at: http://www.who.int/deafness/hearing_impairment_grades/en/
- 21 Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol* 1970;92(04):311-324
- 22 Pen M, Mangabeira-Albenaz PL. Development of a test for speech discrimination logoaudiometry. In: Pan American Congress on Otorhinolaryngology and Bronchoesophagus. Peru, 223-26, Annals, 1973
- 23 Pereira LD, Schochat E. Central auditory processing: evaluation manual. São Paulo: Lovise; 1997
- 24 Pereira LD, Schochat E. Behavioral hearing tests to assess central auditory processing. Barueri: Pro-phono; 2011
- 25 Auditec. Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence. St. Louis: Auditec; 1997
- 26 AAA - American Academy of Audiology. Clinical practice guidelines: Diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder. 2010 Access in: <http://www.audiology.org/resources>
- 27 Mendes SC, Branco-Barreiro FCA, Frota S. Masking level difference: reference values in adults. *Audiol Commun Res* 2017;22:e1746. Doi: 10.1590/2317-6431-2016-1746
- 28 Hall JW. Auditory Middle Latency Response (AMLR). In: Hall, J. *Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols*. Pearson Education, 2015
- 29 Frizzo ACF. Middle Latency Auditory Evoked Potential: technical parameters. In: Menezes PL, Andrade KCL, Frizzo ACF, Carnaúba ATL, Lins OG. (Orgs). *Electrophysiology Treaty for Audiology*. Ribeirão Preto: Book Toy; 2018
- 30 McPherson DL. Late Potentials of the auditory system. San Diego: Singular Publishing Group; 1996
- 31 Hall JW. Auditory Late Responses (ALRs). In: Hall, J. *Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols*. Pearson Education, 2015
- 32 Schochat E, Andrade NA, Takeyama FC, Oliveira JC, Sanches SGG. Auditory processing: comparison between auditory middle latency response and temporal pattern tests. *Rev CEFAC* 2009;11(02):. Doi: 10.1590/S1516-18462009000200017 [online]
- 33 Schochat E, Musiek FE, Alonso R, Ogata J. Effect of auditory training on the middle latency response in children with (central) auditory processing disorder. *Braz J Med Biol Res* 2010;43(08):777-785. Doi: 10.1590/S0100-879x2010007500069
- 34 Schochat E, Rabelo CM, Loreti RCA. Sensitivity and specificity of middle latency potential. *Rev Bras Otorrinolaringol (Engl Ed)* 2004;70(03):353-358. Doi: 10.1590/S0034-72992004000300011
- 35 Kumar K, Bhat J, Varghese A. Auditory Late Latency Response in Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus. *J Int Adv Otol* 2018;14(03):408-411. Doi: 10.5152/jao.2018.3201
- 36 Oliveira MFF, Menezes PL, Carnaúba ATL, et al. Cognitive performance and long-latency auditory evoked potentials: a study on aging. *Clinics (São Paulo)* 2021;76:e1567
- 37 Prestes R, de Andrade AN, Santos RB, Marangoni AT, Schiefer AM, Gil D. Temporal processing and long-latency auditory evoked potential in stutterers. *Rev Bras Otorrinolaringol (Engl Ed)* 2017;83(02):142-146. Doi: 10.1016/j.bjorl.2016.02.015
- 38 Koravand A, Jutras B, Lassonde M. Abnormalities in cortical auditory responses in children with central auditory processing disorder. *Neuroscience* 2017;346:135-148. Doi: 10.1016/j.neuroscience.2017.01.011
- 39 Bellis TJ, Bellis JD. Central auditory processing disorders in children and adults. *Handb Clin Neurol* 2015;129:537-556. Doi: 10.1016/B978-0-444-62630-1.00030-5
- 40 Włodarczyk E, Szkiełkowska A, Pilka A, Skarżyński H. Assessment of cortical auditory evoked potentials in children with specific language impairment. *Otolaryngol Pol*. 2018;72(1):16-22. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.5933>
- 41 Ferreira L, de Simoni SN, Souza AEH, Bertuol B, Keske-Soares M, Biaggio EPV. Cognitive Auditory Evoked Potential in children with speech sound disorder. *RSD*. 2020; 9(2):e179921982. Available from: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1982>
- 42 Berticelli AZ, Bueno CD, Rocha VO, Ranzan J, Riesgo RDS, Sleifer P. Central auditory processing: behavioral and electrophysiological assessment of children and adolescents diagnosed with stroke. *Rev Bras Otorrinolaringol (Engl Ed)* 2021;87(05):512-520. Doi: 10.1016/j.bjorl.2019.10.010
- 43 Magimairaj BM, Nagaraj NK. Working Memory and Auditory Processing in School-Age Children. *Lang Speech Hear Serv Sch* 2018;49(03):409-423. Doi: 10.1044/2018_LSHSS-17-0099
- 44 Carvalho NG, Ubiali T, Amaral MIRD, Colella-Santos MF. Procedures for central auditory processing screening in schoolchildren. *Rev Bras Otorrinolaringol (Engl Ed)* 2019;85(03):319-328. Doi: 10.1016/j.bjorl.2018.02.004
- 45 Cunha P, Silva IMC, Neiva ER, Tristão RM. Auditory processing disorder evaluations and cognitive profiles of children with specific learning disorder. *Clin Neurophysiol Pract* 2019;4(04):119-127. Doi: 10.1016/j.cnp.2019.05.001
- 46 Ocak E, Eshraghi RS, Danesh A, Mittal R, Eshraghi AA. Central Auditory Processing Disorders in Individuals with Autism Spectrum Disorders. *Balkan Med J* 2018;35(05):367-372. Doi: 10.4274/balkanmedj.2018.0853
- 47 Fostick L, Revah H. Dyslexia as a multi-deficit disorder: Working memory and auditory temporal processing. *Acta Psychol (Amst)* 2018;183:19-28. Doi: 10.1016/j.actpsy.2017.12.010
- 48 Silva LS, Regaçone SF, Oliveira ACS, Oliveira LS, Fernandes FT, Frizzo ACF. Auditory cortical potential: using different types of speech stimuli in children Audiology. *Commun Res* 2017;22:e1788. Doi: 10.1590/2317-6431-2016-1788

Supplemental Information

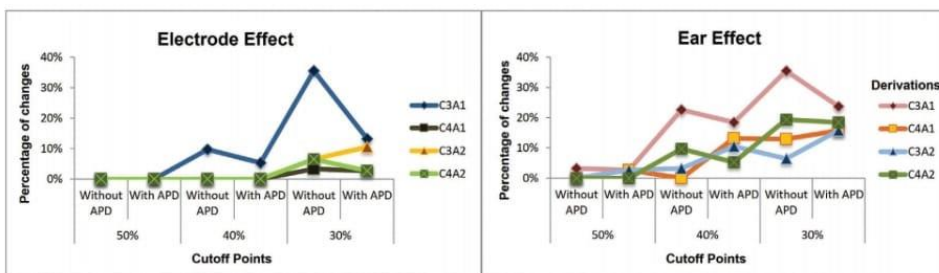
Results

Secondary Analysis

The MLAEP analysis showed numerically that individuals with APD presented a decrease in the Na-Pa interamplitude, indicating a possible decrease in synaptic activity in the subcortical and thalamic regions. However, there was no difference in the mean latency of the Pa component between individuals with and without APD, as well as for the Na-Pa interamplitude in leads C3A1, C4A1, C3A2, and C4A2. (→ **Supplementary Tables S1 and S2**).



Supplementary Fig. S1 Percentage of Electrode Effect and Ear Effect according to the cutoff points of 50, 40, and 30%. **Legend:** Smaller cut-off points tend to be more sensitive to detecting changes. Additionally, the predominance of the ear effect is observed in individuals with APD. APD = Auditory processing disorder.



Supplementary Fig. S2 Presence of Electrode Effect and Ear Effect according to the derivations and cutoff points of 50, 40 and 30%. **Legend:** The cut-off point of 30% proved to be more sensitive to the presence of electrode effect and ear effect. It is observed that the presence of the ear effect was predominant in the sample, for all the analyzed leads. This result confirms that the presence of the ear effect is more compatible with APD, and that MLAEP is a good method for identifying and evaluating individuals with brain injuries. APD = Auditory processing disorder.

Material Suplementar

Supplementary Table S1 Comparison between the interamplitude values of the Na-Pa (cut 50%) in adult individuals with and without APD

Interamplitude	Derivations							
	C3A1 Na-Pa		C4A1 Na-Pa		C3A2 Na-Pa		C4A2 Na-Pa	
microvolt (µV)	Without APD	With APD	Without APD	With APD	Without APD	With APD	Without APD	With APD
Mean	1.07	0.9	1.23	1.02	1.16	0.99	1.19	1.03
Median	0.78	0.83	1.04	1.04	1.05	0.92	1.16	1.1
SD	0.92	0.34	0.73	0.29	0.76	0.38	0.69	0.35
IQR	0.52	0.48	0.55	0.45	0.52	0.54	0.83	0.47
p-value	0.872*		0.517*		0.533*		0.426*	

Abbreviations: APD- Auditory processing disorder; IQR- Interquartile Range; SD- Standard Deviation; Microvolt

Notes: p-value < 0.05; Mann-Whitney Test*; Student T-Test**.

Supplementary Table S2 Comparison between the latency values of the Pa component in adult individuals without APD and with APD

Component	Derivations							
	C3A1 Pa		C4A1 Pa		C3A2 Pa		C4A2 Pa	
	Without APD	With APD	Without APD	With APD	Without APD	With APD	Without APD	With APD
Mean (Ms)	29.23	29.51	29.95	29.95	28.08	28.06	28.31	28.35
Median	29.5	29.3	29.80	29.9	28.2	28.1	28.9	28.7
SD	3.39	4.02	3.59	3.74	3.86	3.9	3.35	3.76
IQR	2.8	3.9	4.0	4.0	3.4	4.4	3.7	4.4
p-value	0.734*		0.941*		0.981**		0.963**	

Abbreviations: APD- Auditory processing disorder; IQR- Interquartile Range; SD- Standard Deviation; ms - milliseconds.

Notes: p-value < 0.05; Mann-Whitney Test*; Student T-Test**.

The investigation of the presence of electrode effect and/or ear effect indicated a greater presence of ear effect in both groups, considering the three different cutoff points 50, 40 and 30%. Furthermore, the results showed that cutoff points lower than 50% tended to increase the rate of altered exams, even in individuals without CAPD (→ **Supplementary Figure S1**). As for the analysis by leads, it was observed that the ipsilateral leads (C3A1 and C4A2) tended to present a higher rate of alteration for the ear effect (→ **Supplementary Figure S2**).

When comparing the latencies of components P1, N1, P2, N2 and P300 between the groups with and without CAPD, individuals with CAPD had higher latencies in both ears (→ **Supplementary Table S3**). As for the amplitude values, the P1 component in the right ear presented a difference between the groups, and it was observed that the amplitudes of the N2 and P300 components were lower in the group of individuals with CAPD. (→ **Supplementary Table S4**).

Supplementary Table S3 Comparison between the latency values of the components of LLAEPs in adult individuals without APD and with APD

Components	Mean (ms)	Median (ms)	SD	IQR	p-value
P1 RE Without APD With APD	56.13 55.5	54.0 49.0	15.47 17.52	28 26	0.688*
P1 LE Without APD With APD	50.77 57.71	49.0 56.0	13.14 18.56	13 34	0.066**

(Continued)

Material Supplementar

Auditory Evoked Potentials and Central Auditory Processing Disorder Pelaquim et al.

Supplementary Table S3 (Continued)

Components	Mean (ms)	Median (ms)	SD	IQR	p-value
N1 RE Without APD With APD	105.42 114.86	107.0 112.5	16.11 18.11	26 20	0.04*
N1 LE Without APD With APD	103.53 113.33	104.0 110.5	22.47 18.99	31 26	0.047**
P2 RE Without APD With APD	167.77 179.19	163.0 175.5	33.72 26.46	23 32	0.012*
P2 LE Without APD With APD	162.03 178.62	161.0 179.5	29.87 27.21	28 33	0.016**
N2 RE Without APD With APD	206.58 223.31	201.0 219.0	31.49 26.97	29 27	0.001*
N2 LE Without APD With APD	199.61 219.05	194.0 215.5	32.99 25.53	32 31	0.001*
P300 RE Without APD With APD	286.71 291.48	320.0 314.5	97.68 99.21	35 46	0.596*
P300 LE Without APD With APD	267.84 273.81	304.0 318.5	106.9 115.66	41 59	0.136*

Abbreviations: APD- Auditory processing disorder; IQR- Interquartile Range; LE- Left Ear; RE- Right Ear; SD- Standard Deviation.

Notes: p-value < 0.05; Mann-Whitney Test*; Student T-Test**; *Significant.

Supplementary Table S4 Comparison between the amplitude values of the components of LLAEPs in adult individuals without APD and with APD

Component Amplitudes	Mean (ms)	Median (ms)	SD	IQR	p-value
P1 RE Without APD With APD	2.95 3.91	3.2 3.77	1.65 2.05	2.41 2.88	0.036**
P1 LE Without APD With APD	3.72 3.35	3.69 3.09	2.09 1.82	2.9 2.57	0.424**
N1 RE Without APD With APD	4.97 5.84	5.04 5.56	3.5 3.39	3.7 4.7	0.222*
N1 LE Without APD With APD	4.33 4.53	3.91 3.99	3.28 2.63	3.24 2.21	0.479*
P2 RE Without APD With APD	2.26 2.57	1.59 2.37	2.1 2.24	2.29 3.64	0.600*
P2 LE Without APD With APD	1.87 2.47	1.5 2.16	1.67 1.89	3.09 2.8	0.145*
N2 RE Without APD With APD	9.17 8.26	8.68 7.6	5.23 5.9	8.06 6.24	0.375*

Material Supplementar

Supplementary Table S4 (Continued)

Component Amplitudes	Mean (ms)	Median (ms)	SD	IQR	p-value
N2 LE Without APD With APD	9.76 8.25	7.5 7.34	6.55 5.85	8.82 7.61	0.326*
P300 RE Without APD With APD	9.0 8.06	8.68 7.5	5.45 6.04	8.01 6.3	0.360*
P300 LE Without APD With APD	9.24 7.91	7.49 7.34	6.92 6.21	9.35 7.72	0.434*

Abbreviations: APD- Auditory processing disorder; IQR- Interquartile Range; LE- Left Ear; RE- Right Ear; SD- Standard Deviation.

Notes: p-value < 0.05; Mann-Whitney Test *; Student T-Test**; *Significant.

Artigo original que será submetido à Brazilian Journal of Otorhinolaryngology

Associação entre os resultados dos potenciais evocados auditivos de média e longa latência e alterações nas habilidades auditivas em adultos

Association between the results of middle and long - latency auditory evoked potentials and changes in auditory abilities in adults

Autores

Andressa Pelaquim^a MSc ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6151-5604>
andressapelaquim@gmail.com

Milaine Dominici Sanfins^b MD, PhD ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3647-3999>
msanfins@uol.com.br

Marco Aurélio Fornazieri^{c,d} MD, PhD ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5213-2337>
marcofornazieri@gmail.com

Afiliações

^aDoutoranda do Programa de Pós – Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil.

^bDepartamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil.

^cDepartamento de Clínica Cirúrgica, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

^dDepartamento de Medicina, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Londrina, PR, Brasil.

Autor correspondente:

Andressa Pelaquim

Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde.

Av. Robert Koch, 60, Operária

CEP: 86038440 - Londrina, PR - Brasil

Telefone: (43) 99171-4196

andressapelaquim@gmail.com

Associação entre os resultados dos potenciais evocados auditivos de média e longa latência e alterações nas habilidades auditivas em adultos

RESUMO

Objetivo: Investigar a associação entre os resultados dos potenciais evocados auditivos de média e longa latência e alteração nas habilidades auditivas em adultos com limiares normais. **Métodos:** Estudo transversal, envolvendo indivíduos de ambos os sexos, com idades entre 18 e 55 anos. Inicialmente, todos os participantes passaram por avaliação audiológica básica e potencial evocado auditivo de tronco encefálico. Aqueles com limiares normais e integridade na via auditiva central foram submetidos à avaliação por meio dos potenciais evocados auditivos de média e longa latência e a avaliação comportamental do processamento auditivo central. Cada habilidade auditiva e cada potencial foi categorizado como normal ou alterado. **Resultados:** Não houve associação entre os resultados dos potenciais de evocados auditivos de média e longa latência e habilidades auditivas alteradas. Os potenciais apresentaram baixa sensibilidade e acurácia para detectar alterações no processamento auditivo central. **Conclusão:** Não houve associação entre os resultados dos potenciais evocados auditivos de média e longa latência e a presença do transtorno de processamento auditivo isolado em adultos com limiares normais. Sendo assim, os PEAs de média e longa latência não são sensíveis para detectar alterações nas habilidades auditivas, reforçando que, o diagnóstico de TPAC deve ser realizado por meio dos testes comportamentais. Porém, podem ser utilizados para complementar a avaliação comportamental do PAC e para o monitoramento da neuroplasticidade da via auditiva central do indivíduo com ele mesmo ao longo do tempo.

Palavras-chave: Potenciais Evocados Auditivos; Transtorno da Percepção Auditiva; Eletrofisiologia; Adultos; Audição.

ABSTRACT

Objective: To investigate the association between the results of middle and long - latency auditory evoked potentials and changes in auditory abilities in adults with normal thresholds.

Methods: Cross-sectional study, involving individuals of both genders, aged between 18 and 55 years. Initially, all participants underwent basic audiological assessment and brainstem auditory evoked potential. Those with normal thresholds and integrity in the central auditory pathway underwent assessment using middle and long - latency auditory evoked potentials and behavioral assessment of central auditory processing. Each auditory ability and each potential were categorized as normal or altered. **Results:** There was no association between the results of middle and long - latency auditory evoked potentials and changed auditory abilities. The potentials showed low sensitivity and accuracy to detect changes in central auditory processing.

Conclusion: There was no association between the results of medium and long-latency auditory evoked potentials and isolated alterations in auditory processing in adults with normal thresholds. Therefore, medium and long-latency AEPs are not sensitive enough to detect changes in auditory abilities, reinforcing that the diagnosis of CAPD must be carried out through behavioral tests. However, they can complement the behavioral assessment of APD and monitor the neuroplasticity of the individual's central auditory pathway with themselves over time.

Keywords: Auditory Evoked Potentials; Auditory Perception Disorder; Electrophysiology; Adults; Hearing.

INTRODUÇÃO

A avaliação comportamental do processamento auditivo central (PAC) investiga por meio de testes comportamentais, a integridade dos mecanismos neurofisiológicos da audição.^{1,2} A alteração em um ou mais testes da avaliação comportamental do PAC indica déficit funcional no sistema nervoso auditivo central (SNAC), denominado de Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC).^{3,2} A avaliação objetiva do SNAC, por meio de testes eletrofisiológicos, é altamente recomendada, para enriquecer o diagnóstico e fornecer suporte no acompanhamento do processo terapêutico.^{1,4,5}

Os testes eletrofisiológicos são ferramentas que auxiliam na investigação comportamental do PAC, considerando a extensão do SNAC desde o núcleo coclear no tronco encefálico até o córtex auditivo primário (CAP).⁶ Especialmente o Potencial Evocado Auditivo de Média (PEAML) e o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL) por serem objetivos e devido aos sítios geradores, são boas opções para avaliar a atividade do SNAC. Além disso, minimizam a interferência das funções cognitivas, revelando-se essenciais para auxiliar na compreensão do TPAC.^{5,7,8,9,10,11,12}

A American Speech–Language–Hearing Association (ASHA)¹ e a Academia Americana de Audiologia (AAA)⁵ recomendam a utilização de exames para complementar a avaliação comportamental do PAC. Na literatura, nota-se que não há estudos, na população adulta com limiares auditivos normais e sem comorbidades associadas, que exploraram a associação entre as alterações nas habilidades auditivas e os resultados obtidos no PEAML e PEALL.

Em estudo recente, Malavolta, et al.⁸ observaram em indivíduos adultos que as habilidades auditivas alteradas não exerceram influência nos valores de latência dos componentes, no entanto houve uma diminuição na amplitude dos componentes Na e Pa.¹³

Outros estudos, também evidenciaram que indivíduos normo-ouvintes com alterações nas habilidades auditivas podem apresentar alterações nos resultados no PEAML.^{12,14,15}

Quanto ao PEALL, Prestes et al.¹⁶ identificaram processamento temporal com desempenho abaixo do esperado e latências aumentadas para os componentes N2 e P3, em indivíduos adultos com gagueira e limiares auditivos normais. Trott et al.¹⁷ observaram alteração na avaliação comportamental do PAC e latências mais longas nos exames eletrofisiológicos em mulheres com limiares auditivos normais e no período pós-menopausa.

Diante dos estudos prévios, mostra-se evidente a necessidade de aprofundar a investigação sobre se, os resultados do PEAML e do PEALL efetivamente se associam às alterações nas habilidades auditivas observadas em indivíduos com TPAC, com limiares auditivos normais e sem patologias.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi averiguar a possível associação entre alterações nas habilidades auditivas e nos potenciais evocados auditivos de média e longa latência em adultos. A hipótese desse estudo foi que haveria associação entre os resultados dos exames eletrofisiológicos e os resultados dos testes comportamentais do PAC.

MÉTODOS

Aspectos Éticos

O protocolo do estudo recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da XXXXX sob nº CAAE: 95467918.2.0000.5231, e todos os participantes formalizaram sua participação por meio da assinatura no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Desenho do Estudo

Estudo transversal, conduzido entre agosto de 2018 e agosto de 2019 em uma clínica especializada em diagnóstico e reabilitação auditiva na cidade de XXXX. Os participantes foram provenientes da comunidade acadêmica universitária. Após o primeiro contato,

procedeu-se ao agendamento de uma avaliação audiológica básica, visando analisar as condições auditivas dos indivíduos e determinar sua elegibilidade para participação na pesquisa.

Compuseram a amostra 73 indivíduos os quais foram alocados em dois grupos:

- Grupo Controle (GC): 30 indivíduos de ambos os sexos, sem alterações na avaliação comportamental do PAC, limiares auditivos dentro dos limites de normalidade e sem patologias associadas.
- Grupo Estudo (GE): 43 indivíduos de ambos os sexos, com alterações na avaliação comportamental do PAC, limiares auditivos dentro limites de normalidade e sem outras patologias.

Os participantes de ambos dos grupos realizaram os mesmos exames e foram inclusos considerando os seguintes critérios:

1. Idade entre 18 e 55 anos;
2. Avaliação auditiva dentro dos limites de normalidade no momento da avaliação;¹⁸
3. Curva timpanométrica do tipo A¹⁹ e presença do reflexo acústico ipsilateral e contralateral nas duas orelhas em níveis normais;
4. Indivíduos com integridade da via auditiva confirmada pelo PEATE click;
5. Indivíduos sem queixas do TPAC, autorrelatado na anamnese audiológica;
6. Indivíduos sem histórico otológico de alteração ou patologia em orelha média;
7. Indivíduos sem Diabetes tipo I ou II relatado na anamnese;
8. Indivíduos sem zumbido contínuo, uni ou bilateralmente;
9. Indivíduos sem alterações neurológicas e/ou neurodegenerativas;
10. Indivíduos que não realizaram treinamento auditivo anteriormente;
11. Indivíduos sem uso contínuo de drogas ou álcool;
12. Termo de consentimento livre e esclarecido por escrito assinado.

No GE foram incluídos indivíduos com alterações na avaliação comportamental do PAC.

Foram excluídos do estudo:

1. Indivíduos que, por algum motivo, não participaram de todas as etapas do estudo.

Avaliação Audiológica

Na primeira visita, todos os participantes foram submetidos a uma avaliação abrangente que incluiu meatoscopia, audiometria tonal limiar e imitanciometria. A audiometria tonal limiar foi conduzida no equipamento MADSEN ITERA II, da marca GN Otometrics, composto por dois canais, calibrado conforme o padrão ANSI-69, e utilizando fones supra-aurais TDH39 e vibrador ósseo B-71. Foram registrados os limiares auditivos nas frequências de 250 a 8000Hz para via aérea e, quando necessário, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz para a via óssea. Os testes de fala empregados incluíram o Limiar de Reconhecimento de Fala e o Índice de Reconhecimento de Fala. A imitanciometria foi conduzida no equipamento OTOFLEX 100, da marca Otometrics, utilizando uma sonda com tom de 226Hz. Essa etapa teve em média duração de 30 minutos.

Avaliação Eletrofisiológica

No agendamento, os indivíduos foram instruídos a comparecerem para a avaliação com o cabelo seco e sem gel fixador, além de pele sem maquiagem.

A avaliação eletrofisiológica teve duração média total de 80 minutos e foi conduzida em um ambiente com tratamento acústico, utilizando o equipamento SMART – EP da Intelligent Hearing Systems (IHS) e transdutores Insert ER – 3A da Natus Medical. Durante os procedimentos, os participantes permaneceram confortavelmente sentados em uma poltrona reclinável. Antes da fixação dos eletrodos descartáveis da marca Solidor[®], a pele foi preparada

com a pasta abrasiva Nuprep da marca *Weaver and Company*, enquanto a condutividade elétrica foi aprimorada com a aplicação da pasta eletrolítica Ten 20, também da *Weaver and Company*.

A disposição dos eletrodos seguiu os padrões do International Electrode System 10 – 20. A impedância dos eletrodos foi mantida abaixo de 3 K Ω , com uma diferença inferior a 2 K Ω entre os eletrodos em todos os exames.²⁰

O PEATE foi o primeiro PEA a ser registrado como critério de inclusão, sendo adotado o protocolo sugerido por Hall (2015)²¹. Em seguida, foram realizados na ordem o PEALL e o PEAML.

Na condução do PEALL foram adotados os seguintes parâmetros:¹² um eletrodo foi fixado no vértice (Canal A - Cz) e outro em Fpz (Canal B); o eletrodo de referência foi posicionado nos lóbulos direito (A2) e esquerdo (A1), enquanto o eletrodo terra foi fixado em Fpz. Um jumper foi utilizado para conectar as entradas dos eletrodos de referência dos canais A e B. Dois traçados foram captados, um em Cz e outro em Fz. E para a aquisição dos traçados, utilizou-se o estímulo tone burst a 75dBNA. Foram promediados 300 estímulos a uma taxa de 1.1 estímulos por segundo. Deste total, 80% dos estímulos eram frequentes, com frequência de 1000Hz, e 20% eram estímulos raros, com frequência de 2000Hz. O filtro para aquisição e análise foi configurado entre 10 e 300Hz, com uma janela de 533ms.

Ao iniciar a coleta dos dados, os participantes receberam instruções para permanecerem atentos e contarem mentalmente os estímulos raros que ouvissem, para que ao final relatassem ao avaliador quantos estímulos raros foram identificados.

Após a aquisição, somente o traçado do estímulo raro captado em Cz foi considerado para a análise, pois apresentou melhor morfologia para identificação dos componentes. Isso deve-se ao fato da maior proximidade com os sítios geradores do potencial, o que acarreta melhores respostas. Os componentes P1, N1, P2, N2 e P300 foram marcados manualmente e os valores de latências foram analisados segundo dados normativos.²²

O PEAML foi conduzido colocando-se o eletrodo terra fixado na região frontal (A), os eletrodos ativos (positivos) posicionados na região coronal direita e esquerda (C4 e C3) e os eletrodos de referência (negativos) fixados nos lóbulos das orelhas direita e esquerda (A2 e A1).²³ Um jumper foi utilizado para conectar as entradas dos eletrodos de referência dos canais A e B. O estímulo utilizado foi o clique, com polaridade rarefeita a 70dBNA e janela de 70ms. Estes foram promediados em média duas vezes, totalizando 1000 estímulos a uma taxa de 9.8 estímulos por segundo em cada sessão. O filtro para aquisição foi configurado de 20 a 1500Hz, enquanto para análise foi definido de 10 a 100Hz.²³

Os indivíduos foram instruídos a permanecerem quietos, em estado de relaxamento, com olhos fechados e sem apertar as pálpebras. Visando aumentar a confiabilidade dos resultados, as respostas foram gravadas duas vezes em condições distintas: C3A1, C4A1, C3A2 e C4A2. A avaliadoras identificaram e marcaram os componentes Na, Pa, Nb e Pb em relação à linha de base, seguindo os valores de latência estabelecidos pela literatura.²³

Os componentes Na e Pa foram submetidos à análise dos valores de latência e, adicionalmente, realizou-se uma comparação da interamplitude entre Na-Pa entre as orelhas e os hemisférios cerebrais, assegurando que cada resposta de um lado não fosse inferior a 50% a resposta correspondente no outro lado para o mesmo indivíduo. Uma alteração na interamplitude Na-Pa indicou a presença de efeito eletrodo e/ou efeito orelha, sugerindo uma função comprometida do SNAC.²³

Os traçados dos PEAs foram marcados e analisados pela pesquisadora, sob a supervisão de uma pesquisadora experiente.

Avaliação Comportamental do Processamento Auditivo Central

A avaliação comportamental do PAC teve duração média de 40 minutos e compreendeu a aplicação de uma bateria mínima de testes comportamentais. Os testes foram administrados por meio de gravações armazenadas em CD.²⁴ Em conformidade com as recomendações do

AAA Clinical Guide⁷ e Academia Brasileira de Audiologia (ABA)²⁵ um teste representativo foi selecionado para cada habilidade auditiva, conforme a tabela 1. Os critérios de normalidade para cada teste foram baseados nas referências da literatura.^{24,26,27}

<INSERIR TABELA 1²⁸>

Análise estatística dos dados

Os dados dos indivíduos foram analisados e apresentados em média, desvio-padrão e porcentagem. O resultado de cada PEA, bem como de cada habilidade auditiva foi classificada como “normal” ou “alterada” e foram adotados testes diagnósticos para analisar os resultados.²⁹ A chance de ocorrer alteração em cada potencial evocado, decorrente de alteração em determinada habilidade auditiva foi avaliada por meio da razão de chances (*odds ratio* - OR). A associação entre habilidade auditiva alterada e PEA alterado foi verificada, levando em consideração um intervalo de confiança de 95%. Os dados foram analisados por meio do Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, IBM Corp. Armonk, NY, USA), versão 20.0.

RESULTADOS

A amostra foi composta em sua maioria por indivíduos do sexo feminino. A média de idade foi de 29,4 anos para o GC e 29,3 anos para o GE. Quanto à escolaridade, 30% dos indivíduos do GC e 44,2% do GE já haviam concluído ou estavam cursando a pós-graduação (Tabela 2).

<INSERIR TABELA 2>

Notou-se que as habilidades auditivas de ordenação e resolução temporal foram as que apresentaram as maiores taxas percentuais de alterações (Figura 1).

<INSERIR FIGURA 1>

Os resultados do PEALL e PEAML com as habilidades auditivas alteradas, demonstraram baixa sensibilidade e, portanto, baixa acurácia. Não houve associação entre os

resultados da avaliação comportamental do PAC e os resultados dos testes eletrofisiológicos (Tabelas 3,4,5,6 e 7).

<INSERIR TABELA 3>

<INSERIR TABELA 4 >

<INSERIR TABELA 5>

<INSERIR TABELA 6>

<INSERIR TABELA 7>

DISCUSSÃO

Neste estudo, não identificamos associação entre os resultados dos PEAs de média e longa latência e as habilidades auditivas alteradas. Além disso, observamos baixa acurácia dos potenciais para identificar alterações de PAC (Tabelas 2,3,4,5,6 e 7). Esses resultados foram observados em uma amostra de adultos com limiares auditivos normais e sem outras patologias associadas.

O PEAML é um teste que oferece informações sobre a integridade das áreas subcorticais e corticais, regiões envolvidas com as habilidades auditivas de reconhecimento, discriminação, figura-fundo, atenção e sequência auditiva.^{8,14,28} Em nosso estudo, observamos que o PEAML não demonstrou sensibilidade para identificar alteração nas habilidades auditivas, e não foi observada associação entre habilidades alteradas e PEAML alterado.

Estes achados estão em consonância com o estudo de Schochat et al.³⁰ que não encontraram concordância entre os resultados do PEAML e os testes de padrões temporais. Outro estudo³¹, apontou uma correlação fraca entre os resultados do PEAML com as habilidades auditivas alteradas. E Mattsson et al.¹⁵ também constataram correlação fraca entre os resultados do PEAML e os testes comportamentais do PAC, destacando uma baixa sensibilidade na detecção de alterações subcorticais e tálamo-corticais em indivíduos com TPAC isoladamente.

O PEAML apresentou baixa acurácia mediante alterações nas habilidades auditivas. Essa evidência corrobora com o estudo de Malavolta et al.⁸, que ao avaliarem adultos jovens com e sem o TPAC constataram que, a presença de habilidades auditivas alteradas não influenciou os valores de latências dos componentes Na e Pa do PEAML. No entanto, observou-se uma redução nas amplitudes. Os autores explicam que, quando ocorre uma pequena modificação no tempo de codificação do estímulo acústico, as latências podem não ser afetadas. Em contraste, as amplitudes têm maior chance de serem impactadas mesmo diante de pequenas alterações, uma vez que a diminuição das amplitudes reflete um menor recrutamento neuronal nos sítios geradores do PEAML, associados às habilidades de reconhecimento e discriminação auditiva. Nosso grupo verificou na mesma amostra³² diminuição numérica da interamplitude Na-Pa em indivíduos adultos com limiares auditivos normais e com diagnóstico de TPAC isolado, embora estatisticamente a redução não tenha sido significativa. Outro achado foi a maior ocorrência da presença do efeito orelha em indivíduos com o TPAC. A amplitude Na-Pa é o parâmetro mais suscetível à alteração do PEAML, especialmente ao analisar a presença dos efeitos orelha e eletrodo.³³

Na literatura ainda se observa uma variabilidade nos achados do PEAML, que inclui à falta de padronização nos protocolos e análise dos resultados.³⁴ Além disso, pode-se questionar a reprodutibilidade dos resultados.

Os PEAs de curta e média latência são altamente reprodutíveis no mesmo indivíduo e em diferentes momentos, pois captam a atividade neurofisiológica da via auditiva central de forma objetiva. Todavia, a reprodutibilidade dos testes pode variar dependendo de quem faz o exame, as condições do paciente no momento da avaliação e condições inerentes ao equipamento e protocolo dos testes.³⁵ No presente estudo, todos os PEAs foram coletados e analisados por uma única avaliadora e todos foram realizados no mesmo equipamento e com o

mesmo protocolo. Quanto a reprodutibilidade do PEAML, os traçados foram coletados duas vezes para demonstrar a existência do potencial e de seus componentes.

O PEALL tem a capacidade de investigar as áreas primárias e secundárias do córtex, associadas às habilidades auditivas de detecção e discriminação de sons, bem como às habilidades cognitivas de atenção e memória, as quais são frequentemente afetadas nos indivíduos de qualquer faixa etária com o diagnóstico de TPAC.^{36,37}

Entretanto, nossos resultados evidenciam que o PEALL tem baixa sensibilidade para detectar alterações no PAC. A acurácia do PEALL associada a cada habilidade auditiva também foi baixa. Sendo assim, nossos achados não demonstram associação entre os resultados dos PEALL e habilidades auditivas alteradas.

Esses achados corroboram com o estudo de Mattsson et al.¹⁵, que ao analisarem a latência e amplitude das ondas N1 e P2 encontraram correlação fraca entre a presença do TPAC e alteração nesses componentes. Em contrapartida, um estudo do nosso grupo³² verificou que indivíduos adultos com limiares auditivos normais e sem comorbidades apresentaram 6.76 vezes mais chances de terem o TPAC ao apresentarem o complexo P1-N1-P2 alterado. Prestes et al.¹⁶ observaram alterações nas latências dos componentes do PEALL associadas ao baixo desempenho nos testes de processamento temporal em adultos com gagueira.

Quanto ao componente cognitivo P300 identificamos baixa sensibilidade e baixa acurácia frente as alterações em cada habilidade auditiva do PAC. Portanto, não houve associação com as habilidades auditivas alteradas em adultos. Em consonância com nossos resultados, Bez et al.³⁸ encontraram alterações no PAC em adultos com disfonia e limiares auditivos normais, porém não foram constatadas alterações para o componente P300, tanto para estímulos *toneburst* quanto estímulo de fala. Rocha-Muniz et al.³⁷ não detectaram disparidades na avaliação do P300 com estímulo tonal entre grupos de idosos com e sem o TPAC.

Um ponto importante a ser discutido é o tipo de estímulo utilizado na aquisição do PEALL. Os componentes do PEALL podem ser eliciados por estímulo simples (*toneburst*) ou por estímulos complexos (fala). No entanto, o tipo de estímulo parece não influenciar nos resultados, como demonstrou o estudo supracitado de Bez et al.³⁸ e o de Buriti et al.³⁹ que, não encontraram diferença ao compararem os resultados obtidos com estímulo *toneburst* e de fala.

Quanto à reprodutibilidade dos resultados do PEALL, observa-se grande variação nas respostas eletrofisiológicas à medida que o potencial ascende no sistema nervoso.³⁵ Como o PEALL é um potencial com sítios geradores em áreas corticais e subcorticais, a reprodutibilidade do PEALL é baixa. Neste estudo, o PEALL foi coletado uma única vez, sendo captada respostas eletrofisiológicas concomitantemente em duas posições: Cz e Fz, a fim de comprovar a existência do potencial.

A hipótese desse estudo sobre a ausência de associação entre os resultados dos PEAs e o TPAC pode estar relacionada ao intervalo de confiança largo, como observado no presente estudo, dado que demonstra uma grande imprecisão na estimativa populacional; à complexidade anatomofisiológica do SNAC; às distintas naturezas das avaliações e a amostra composta por indivíduos bem instruídos.

No entanto, apontamos uma limitação: selecionamos uma bateria mínima de testes comportamentais na avaliação do PAC, sendo um teste para cada habilidade. Observamos que ao avaliar a habilidade de figura-fundo, o TDD foi um teste dicótico considerado fácil para os adultos e, se talvez tivéssemos associado outro teste mais sensível, poderíamos ter identificado alterações.

CONCLUSÃO

Não houve associação entre alterações nas habilidades auditivas e nos potenciais evocados auditivos de média e longa latência em adultos com limiares auditivos normais. Sendo assim, os PEAs de média e longa latência não são sensíveis para detectar alterações nas

habilidades auditivas, reforçando que, o diagnóstico de TPAC deve ser realizado por meio dos testes comportamentais.

Os PEAs podem ser utilizados para complementar a avaliação comportamental do PAC e para o monitoramento da neuroplasticidade do SNAC do indivíduo com ele mesmo ao longo do tempo.

Financiamento: Este trabalho foi apoiado pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

REFERÊNCIAS

1. ASHA: American Speech-Language-Hearing Association. [Internet]. (Central) auditory processing disorders the role of the audiologist [Position Statement]. 2005. Disponível em: <https://www.asha.org/PRPSpecificTopic.aspx?folderid=8589943561§ion=Overview>. Acesso em 21 de junho de 2023.
2. Sanguebuche TR, Peixe BP, Garcia MV. Behavioral tests in adults: reference values and comparison between groups presenting or not central auditory processing disorder. Rev CEFAC. 2020; 22(1): e13718. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/202022113718>
3. Cox LC, McCoy SL, Tun PA, Wingfield A. Monotic auditory processing disorder tests in the older adult population. J Am Acad Audiol. 2008;19(4):293-308. doi:10.3766/jaaa.19.4.3
4. Alonso R, Schochat E. The efficacy of formal auditory training in children with (central) auditory processing disorder: behavioral and electrophysiological

- evaluation. Braz J otorhinolaryngol. 2009; 75(5):726–32. doi:10.1016/s1808-8694(15)30525-5
5. AAA: American Academy of Audiology. [Internet]. Clinical practice guidelines: Diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder. 2010. Disponível em: <http://www.audiology.org/resources>. Acesso em 15 de agosto de 2023.
 6. Aristidou IL, Hohman MH. Central Auditory Processing Disorder. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587357/>. Acesso em 12 de julho de 2023.
 7. Filippini R, Weihing J, Chermak GD, Musiek FE. Current issues in the diagnosis and treatment of CAPD in children. In: Geffner D, Ross-Swain D, editores. Auditory processing disorders: assessment, management, and treatment. Third Edition. San Diego:Plural Publishing; 2019. p. 3-36.
 8. Malavolta VC, Tessele DR, Moreira HG, Weber V, Nascimento V de OC, Rohers DE, et al. Auditory middle latency responses and hearing skills in adults. Rev CEFAC. 2023;25(3): e3422. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/20232533422>
 9. Schochat E. Potencial evocado auditivo de média latência. In: Schochat E, Samelli AG, Couto CM, Teixeira AR, Durante AS, Zanchetta S, eds. Tratado de Audiologia. São Paulo: Manole; 2022. p. 240-60
 10. Schochat E, Rabelo CM, Loreti RCDA. Sensitividade e especificidade do potencial de média latência. Rev Bras Otorrinolaringol. 2004;70(3):353–8. <https://doi.org/10.1590/S0034-72992004000300011>
 11. Reis ACMB, Frizzo ACF. Potencial Evocado Auditivo Cognitivo. In: Schochat E, Samelli AG, Couto CM, Teixeira AR, Durante AS, Zanchetta S, eds. Tratado de Audiologia. São Paulo: Manole; 2022. p. 315-25.

12. Hall III JW. Auditory Late Responses (ALRs). In: Hall, J. Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols. Pearson Education; 2015. p. 631 -715.
13. Kraus N, McGee TJ. The middle latency response generating system. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1995;44(suppl.):93-101.
14. Romero ACL, Sorci BB, Frizzo ACF. Relação entre potenciais evocados auditivos de média latência e distúrbio de processamento auditivo: estudo de casos. *Rev CEFAC.* 2013; 15(2):478–84. <https://doi.org/10.1590/S1516-18462013005000002>
15. Mattsson TS, Lind O, Follestad T, Grøndahl K, Wilson W, Nicholas J, Nordgård S, Andersson S. Electrophysiological characteristics in children with listening difficulties, with or without auditory processing disorder. *Int J Audiol.* 2019;58(11):704-16. doi:10.1080/14992027.2019.1621396
16. Prestes R, de Andrade AN, Santos RB, Marangoni AT, Schiefer AM, Gil D. Temporal processing and long-latency auditory evoked potential in stutterers. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2017;83(2):142-46. doi:10.1016/j.bjorl.2016.02.015
17. Trott S, Cline T, Weihing J, Beshear D, Bush M, Shinn J. Hormones and Hearing: Central Auditory Processing in Women. *J Am Acad Audiol.* 2019;30(6):493-501. doi:10.3766/jaaa.17123
18. World Health Organization (WHO). Guidance on audiological assessment. 2014. Disponível em: http://www.who.int/deafness/hearing_impairment_grades/en/. Acesso em março de 2019.
19. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol.* 1970;92(4):311-24. doi:10.1001/archotol.1970.04310040005002.

20. Jasper HH. The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1958. 10: 371-75.
21. Hall JW. Auditory Brainstem Response: Acquisition Parameters and Test Protocols. In: Hall JW (Org.). *Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols*. Pearson Education: 2015. p. 284 – 320.
22. McPherson, D.L. *Late Potentials of the auditory system*. San Diego; Singular Publishing Group; 1996.
23. Hall III JW. Auditory Middle Latency Response (AMLR). In: Hall III JW. *Handbook of Auditory Evoked Responses*. Pearson Education; 2015.p. 549 – 630.
24. Pereira LD, Schochat E. *Processamento auditivo central: manual de avaliação*. Lovise; 1997.
25. ABA: Academia Brasileira de Audiologia. *Audiological diagnosis. Recomendações e valores de referência para o protocolo de avaliação do PAC: comportamental e eletrofisiológica*. 2016. Disponível em: [chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://audiologiabrasil.org.br/31eia/pdf/forum_f.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://audiologiabrasil.org.br/31eia/pdf/forum_f.pdf). Acesso em abril de 2018.
26. Auditec. *Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence*. St. Louis: Auditec; 1997.
27. Keith RW. *Random Gap Detection Test*. Auditec of St Louis Ltd. Disponível em: www.auditec.com. 2000.
28. Frota SMMC. *Avaliação do processamento auditivo central: testes comportamentais*. In: Schochat E, Samelli AG, Couto CM, Teixeira AR, Durante AS, Zanchetta S, eds. *Tratado de Audiologia*. São Paulo: Manole; 2022. p.372-93.

29. Medronho RA, Perez MA. Testes Diagnósticos. In: Medronho RA, Bloch KV, Luiz RR, Werneck GL. *Epidemiologia*. São Paulo: Atheneu; 2009. p. 389-402.
30. Schochat E, Andrade AN, Takeyama FC, Oliveira JC, Sanches SGG. Processamento auditivo: comparação entre potenciais evocados auditivos de média latência e testes de padrões temporais. *Rev CEFAC*. 2009;11(2):314–22. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1516-18462009000200017>
31. Santos TS dos, Mancini PC, Sancio LP, Castro AR, Labanca L, Resende LM de. Achados da avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo. *Audiol, Commun Res*. 2015;20(3):225–32. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2015-1589>
32. Pelaquim A, Sanfins MD, Fornazieri MA. Changes in Auditory Evoked Potentials Increase the Chances of Adults Having Central Auditory Processing Disorder. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2023;28(1):e134-e140. doi:10.1055/s-0042-1759747
33. Purdy CS, Kelly AS, Davies MG. Auditory Brainstem Response, Middle Latency Response, and Late Cortical Evoked Potentials in children with Learning disabilities. *J Am Acad Audiol*. 2002; 13:367–82.
34. Castro ARR de, Barreto SR, Mancini PC, Resende LM de. Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML) em crianças e adolescentes brasileiros: revisão sistemática. *Audiol, Commun Res*. 2015. 20(4):384–91. <https://doi.org/10.1590/2317-6431-2015-1606>
35. Soares IA, Menezes PL, Pereira LD. Testes de Desempenho: A importância do padrão de normalidade para equipamentos de avaliação eletrofisiológica de recepção de sons. In: Menezes PL, Andrade KCL, Frizzo ACF, Carnáuba ATL, Lins OG.

- Tratado de Eletrofisiologia para Audiologia. Ribeirão Preto: Book Toy; 2018. p.31-37.
36. Soares AJC, Sanches SGG, Neves-Lobo IF, Carvalho RMM, Matas CG, Cárnio MS. Potenciais evocados auditivos de longa latência e processamento auditivo central em crianças com alterações de leitura e escrita: dados preliminares. *Arquivos Int Otorrinolaringol.* 2011.15(4):486–91. <https://doi.org/10.1590/S1809-48722011000400013>
37. Rocha-Muniz CN, Zalczman TE, Alonso R, Rabelo CM, Neves-Lobo IF, Filippini R, et al. Avaliação das funções cognitivas em idosos com e sem alterações no processamento auditivo central. *CoDAS.* 2023;35(6):e20220185. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20232022185pt>
38. Bez ACMR, Luiz CBL, Paes SM, Azevedo RR, Gil D. Electrophysiological and Behavioral Evaluation of Auditory Processing in Adults with Dysphonia. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2021;25(3): e349-e354. doi:10.1055/s-0040-1710303
39. Buriti AKL, Gil D. Mild Traumatic Brain Injury: Long-Term Follow-Up of Central Auditory Processing After Auditory Training. *J Audiol Otol.* 2022;26(1):22-30. doi:10.7874/jao.2021.00360

Tabela 1. Testes comportamentais empregados na Avaliação Comportamental do Processamento Auditivo Central (PAC), destacando cada habilidade auditiva específica²⁸

Habilidade Auditiva	Teste comportamental - PAC
Localização Sonora	Teste de localização sonora em cinco direções
Fechamento Auditivo	TFR
Figura – Fundo (etapa de integração binaural)	TDD
Interação Binaural	MLD
Ordenação Temporal	TPF
Resolução Temporal	RGDT

Legenda: PAC = Processamento Auditivo Central; TFR = Teste de fala no ruído; TDD = Teste Dicótico de Dígitos; TPF = teste padrão de frequência; RGDT= Random Gap Test Detection; MLD= Masking Level Difference.

Tabela 2. Características demográficas dos participantes do estudo

	GC (n=30)	GE (n=43)
Idade (média, DP)	29.4 (7.9)	29.3 (6.9)
Sexo (% feminino)	63.3	65.2
Raça (% branca)	100	100
Escolaridade (%)	Graduação incompleta – 50	Graduação incompleta – 27,9
	Graduação completa – 20	Graduação completa – 27,9
	Pós-graduação – 30	Pós-graduação – 44,2

Legenda: DP = Desvio Padrão; n = número de indivíduos; % = porcentagem; GC = Grupo Controle; GE = Grupo Estudo.

Tabela 3. Sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo e acurácia dos testes eletrofisiológicos na confirmação de alteração nas habilidades auditivas de Localização Sonora por instrumentos e Fechamento Auditivo com sons verbais

Localização Sonora e Fechamento Auditivo (n=73)						
Testes Eletrofisiológicos	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Acurácia	OR (95% IC)
PEAML	0%	76,7%	0%	100%	76,7%	--
PEALL	0%	60,3%	0%	100%	60,3%	--
Complexo P1-N1-P2	0%	78,1%	0%	100%	78,1%	--
N2-P300	0%	78,1%	0%	100%	78,1%	--
P300	0%	69,9%	0%	100%	69,9%	--

Legenda: PEAML = Potencial Evocado Auditivo de Média Latência; PEALL = Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência; n = amostra de indivíduos; VPP = Valor Preditivo Positivo; VPN = Valor Preditivo Negativo; % = Porcentagem; OR = *Odds Ratio*; IC = Intervalo de Confiança.

Tabela 4. Sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo e acurácia dos testes eletrofisiológicos na confirmação de alteração na habilidade auditiva de figura -fundo para sons verbais

Figura-Fundo (n= 73)						
Testes Eletrofisiológicos	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Acurácia	OR (95% IC)
PEAML	44,4%	78,7%	23,5%	90,6%	74,3%	2,95 (0,69 – 12,6)
PEALL	66,7%	64,1%	20,7%	93,2%	64,4%	3,57 (0,81 – 15,6)
Complexo P1-N1-P2	44,4%	81,3%	25%	91,2%	76,7%	3,47 (0,80 – 14,9)
N2-P300	22,2%	68,8%	9%	86,3%	63%	0,63 (0,12 – 3,3)
P300	22,2%	73,4%	10,5%	87%	67,1%	0,79 (0,14 – 4,18)

Legenda: Utilizou-se o teste TDD (etapa de integração binaural); PEAML = Potencial Evocado Auditivo de Média Latência; PEALL = Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência; N = amostra de indivíduos; VPP = Valor Preditivo Positivo; VPN = Valor Preditivo Negativo; % = Porcentagem; OR = Odds Ratio; IC = Intervalo de Confiança.

Tabela 5. Sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo e acurácia dos testes eletrofisiológicos na confirmação de alteração na habilidade auditiva de Interação Binaural

Interação Binaural (n=73)						
Testes Eletrofisiológicos	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Acurácia	OR (95% IC)
PEAML	27,3%	76,6%	17,6%	84,9%	68,6%	1,2 (0,28 – 5,2)
PEALL	46,2%	61,7%	20,7%	84,1%	58,9%	1,38 (0,41 – 4,61)
Complexo P1-N1-P2	30,8%	80%	25%	84,2%	71,2%	1,78 (0,48 – 6,8)
N2-P300	30,8%	70%	18,2%	82,4%	63%	1,0 (0,28 – 3,8)
P300	23,1%	73,3%	15,8%	81,5%	64,9%	0,83 (0,20 – 3,4)

Legenda: PEAML = Potencial Evocado Auditivo de Média Latência; PEALL = Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência; N = amostra de indivíduos; VPP = Valor Preditivo Positivo; VPN = Valor Preditivo Negativo; % = Porcentagem; OR = *Odds Ratio*; IC = Intervalo de Confiança.

Tabela 6. Sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo e acurácia dos testes eletrofisiológicos na confirmação de alteração na habilidade auditiva de ordenação temporal

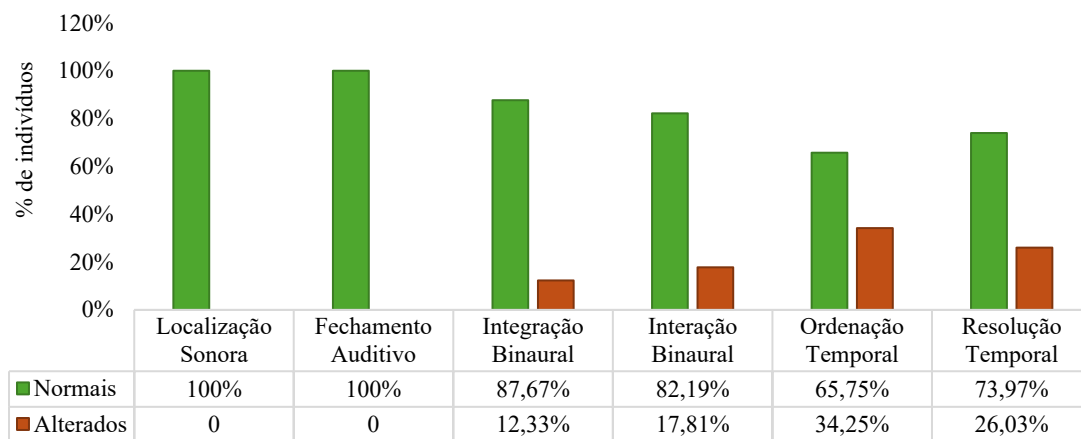
Ordenação Temporal (n=73)						
Testes Eletrofisiológicos	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Acurácia	OR (95% IC)
PEAML	33,3%	80,4%	47,1%	69,8%	64,3%	2,1 (0,67 – 6,3)
PEALL	48%	64,6%	41,6%	70,5%	58,9%	1,69 (0,63 – 4,5)
Complexo P1-N1-P2	28%	81,3%	43,8%	68,4%	63%	1,69 (0,54 – 5,3)
N2-P300	36%	72,9%	40,9%	68,6%	60,3%	1,51 (0,54 – 4,3)
P300	28%	75%	36,8%	66,7%	58,9%	1,17 (0,39 – 3,5)

Legenda: PEAML = Potencial Evocado Auditivo de Média Latência; PEALL = Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência; N = amostra de indivíduos; VPP = Valor Preditivo Positivo; VPN = Valor Preditivo Negativo; % = Porcentagem; OR = *Odds Ratio*; IC = Intervalo de Confiança.

Tabela 7. Sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo e acurácia dos testes eletrofisiológicos na confirmação de alteração na habilidade auditiva de resolução temporal

Resolução Temporal (n=73)						
Testes Eletrofisiológicos	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Acurácia	OR (95% IC)
PEAML	33,3%	78,8%	35,3%	77,4%	67,1%	1,86 (0,57 – 6,1)
PEALL	52,6%	64,8%	34,5%	79,5%	61,6%	2,04 (0,71 – 5,9)
Complexo P1-N1-P2	31,6%	81,5%	37,5%	77,2%	68,5%	2,03 (0,62 – 6,7)
N2-P300	42,1%	74,1%	36,4%	78,4%	65,8%	2,1 (0,69 – 6,2)
P300	31,6%	75,9%	31,6%	75,9%	64,4%	1,46 (0,46 – 4,6)

Legenda: PEAML = Potencial Evocado Auditivo de Média Latência; PEALL = Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência; N = amostra de indivíduos; VPP = Valor Preditivo Positivo; VPN = Valor Preditivo Negativo; % = Porcentagem; OR = *Odds Ratio*; IC = Intervalo de Confiança.



Habilidades Auditivas

FIGURA 1. Porcentagem de indivíduos adultos com as habilidades auditivas normais e alteradas

VII. CONCLUSÃO

Os potenciais evocados auditivos de média e longa latência apresentaram baixa acurácia em indivíduos adultos com limiares auditivos normais e sem comorbidades associadas e, portanto, não devem ser utilizados no rastreamento do transtorno do processamento auditivo central e nem como método isolado para o diagnóstico de alterações.

VIII. REFERÊNCIAS

1. ASHA: American Speech-Language-Hearing Association. [Internet]. Central Auditory Processing Disorders. 2005. Disponível em: www.asha.org/Practice-Portal/Clinical-Topics/Central-Auditory-Processing-Disorder/.
2. Bruno RS, Sanguibuche TR, Peixe BP, Bruckmman M, Lopes RA, Garcia MV. Auditory ability of background-figure in three different groups of elderly. *Disturb Comun.* 2016. 28(1): 72-81.
3. Engelmann L, Ferreira MIDC. Auditory processing evaluation in children with learning difficulties. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2009. 14(1): 69-74.
4. Jacob LCB, Alvarenga KF, Zeigelboim BS. Audiological evaluation of the auditory central nervous system. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2000. 4(4):144-51.
5. Santos TS, Mancini PC, Sancio LP, Castro AR, Labanca L, Resende LM. Findings in behavioral and electrophysiological assessment of auditory processing. *Audiol Commun Res.* 2015. 20(3): 225-32.
6. Lima IMS, Miranda – Gonzalez EC. Effects of age, schooling, and hearing loss on temporal processing in elderly. *Rev. CEFAC.* 2016. 18(1): 33-39.
7. Ramos CS, Pereira LD. Auditory processing, and high frequency audiometry in students of São Paulo. *Pró-Fono R. Atual. Cient.* 2005. 17(2): 153-64.
8. Tremblay KL, Kraus N. Beyond the ear: central auditory plasticity. *Otorinolaringol.* 2002.52(3):93-100.
9. Melo A, Sleifer P, Rechia IC, Biaggio EPV. Cortical auditory evoked potentials in full term and preterm neonates: gender and risk factors for hearing impairment. *Audiol Commun Res.* 2016. 21: e1645.
10. Ferreira DA. Caracterização do Mismatch Negativity em crianças. [Dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Faculdade de Medicina; 2017.
11. Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF, Cóser PL. Conceitos básicos e fundamentos neurofisiológicos. In: Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF, Cóser PL. (Org.)

- Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas: Princípios e Aplicações Clínicas. Ribeirão Preto: Book Toy. 2010. p.7-8.
12. Tonelotti FTF. Potenciais Evocados Auditivos em Idosos. [Dissertação]. Marília: Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Filosofia e Ciências; 2017.
 13. Romero ACL, Sorci BB, Frizzo ACF. Relationship between middle latency auditory evoked potentials and auditory processing disorder: case study. *Rev. CEFAC*. 2013. 15(2): 478-84.
 14. Prestes R, de Andrade AN, Santos RB, Marangoni AT, Schiefer AM, Gil D. Temporal processing and long-latency auditory evoked potential in stutterers. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2017. 83(2):142-46.
 15. Buriti AKL, Gil D. Mild Traumatic Brain Injury: Long-Term Follow-Up of Central Auditory Processing After Auditory Training. *J Audiol Otol*. 2022. 26(1):22-30.
 16. Bez ACMR, Luiz CBL, Paes SM, Azevedo RR, Gil D. Electrophysiological and Behavioral Evaluation of Auditory Processing in Adults with Dysphonia. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2021. 25(3): e349-e354.
 17. Bonaldi LV. Estrutura e Função do Sistema Auditivo Periférico. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastasio ART. (Org.). *Tratado de Audiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2015. p. 3-8.
 18. Makibara RR, Fukunaga JY, Gil D. Eustachian tube function in adults with intact tympanic membrane. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2010. 76(3): 340-46.
 19. Guyton AC, Hall JE. The Sense of Hearing. In: Hall JE, Hall ME (Org.). *Textbook of Medical Physiology*. 14^a ed. Elsevier. 2020. p.663- 673.
 20. Liu W, Li H, Edin F, Brännström J, Glueckert R, Schrott-Fischer A. et al. Molecular composition and distribution of gap junctions in the sensory epithelium of the human cochlea—a super-resolution structured illumination microscopy (SR-SIM) study. *Upsala J Med Sci*. 2017;122(3):160–70.
 21. Jacxsens L, De Pauw J, Cardon E, Jacquemin L, Gilles A, Michiels S, et al. Brainstem evoked auditory potentials in tinnitus: A best-evidence synthesis and meta-analysis. *Front Neurol*. 2022. 13: 941876.
 22. Teixeira C. et al. Sistema Auditivo Central. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastasio ART. (Org.). *Tratado de Audiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2015. 9-14.
 23. Marques MJ, Queiroz LS. Basic atlas of human neuroanatomy. 2000. Disponível em: <http://anatpat.unicamp.br/bineucerebrocoronal4.html#4b>.
 24. Silveira LCL. Os Sentidos e a Percepção. In: Lent R. *Neurociência da Mente e do Comportamento*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2008:133-81.

25. Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM, Siegelbaum AS, Hudspeth AJ. Sistema Nervoso Central Auditivo. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM, Siegelbaum AS, Hudspeth AJ (Org.). Princípios de Neurociências. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH. 2014. p. 592 – 618.
26. Henkel CK. Sistema Auditivo. In: Haines DE. (Org.). Neurociência Fundamental: para aplicações básicas e clínicas. Rio de Janeiro: Elsevier. 2006. p 391-407.
27. Brockmann CL. Auditory Cortex Frequency Mapping. PLoS Biology. 2009. 3(4): e137
28. Pereira LD, Frota S. Avaliação do Processamento Auditivo – Testes Comportamentais. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastasio ART. (Org.). Tratado de Audiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2015. p. 118-25.
29. Pereira LD, Schochat E. Processamento auditivo central: manual de avaliação. São Paulo: Lovise. 1997.
30. AAA: American Academy of Audiology. Clinical practice guidelines: Diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder. 2010. Disponível em: <https://www.audiology.org/practice-guideline/clinical-practice-guidelines-diagnosis-treatment-and-management-of-children-and-adults-with-central-auditory-processing-disorder/>
31. ABA: Academia Brasileira de Audiologia. Audiological diagnosis. Recomendações e valores de referência para o protocolo de avaliação do PAC: comportamental e eletrofisiológica. 2016. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://audiologiabrasil.org.br/31eia/pdf/forum_f.pdf
32. Cunha P, Silva IMC, Neiva ER, Tristão RM. Auditory processing disorder evaluations and cognitive profiles of children with specific learning disorder. Clin Neurophysiol Pract. 2019. 31 (4): 119-27.
33. Włodarczyk E, Szkiełkowska A, Piłka A, Skarżyński H. Evaluation of central auditory processing in children with Specific Language Impairment. Otolaryngol Pol. 2015. 69(5): 22-28.
34. Ocak E, Eshraghi RS, Danesh A, Mittal R, Eshraghi AA. Central Auditory Processing Disorders in Individuals with Autism Spectrum Disorders. Balkan Med J. 2018. 35(5): 367-72.
35. Raj-Koziak D, Gos E, Szkiełkowska A, et al. Auditory processing in normally hearing individuals with and without tinnitus: assessment with four psychoacoustic tests. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2022. 279(1):275-83.
36. Edwards JD, Lister JJ, Elias MN, Tetlow AM, Sardina AL, Sadeq NA, Brandino AD, Harrison Bush AL. Auditory Processing of Older Adults with Probable Mild Cognitive Impairment. J Speech Lang Hear Res. 2017. 60(5):1427-35.

37. Merten N, Fischer ME, Tweed TS, Breteler MMB, Cruickshanks KJ. Associations of Hearing Sensitivity, Higher-Order Auditory Processing, and Cognition Over Time in Middle-Aged Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2020. 75(3):545-51.
38. Corazza MCA. Avaliação do processamento auditivo central em adultos: teste de padrões e teste de padrão de duração. [Tese]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo. 1998. 150 p.
39. Gresele ADP, Garcia MV, Torres EMO, Santos SNS, Costa MJ. Bilingualism and auditory processing abilities: performance of adults in dichotic listening tests. *CoDAS*. 2013. 25: 506-12.
40. Tiezzi GA da S, Oliveira TT, Silva I da, Gil D. Avaliação comportamental do processamento auditivo central em mulheres no climatério. *Audiol, Commun Res*. 2023. 28: e2797.
41. Sanguebuche TR, Peixe BP, Garcia MV. Behavioral tests in adults: reference values and comparison between groups presenting or not central auditory processing disorder. *Rev CEFAC*. 2020. 22(1): e13718.
42. Hall JW. *Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols*. Pearson Education. 2015. 1031p.
43. Jewett DL, Williston JS. Auditory evoked far fields averaged from the scalp of humans. *Brain*. 1971. 94(4):681-96.
44. Matas CG, Magliaro FCL. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastasio ART (Org.). *Tratado de Audiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2015. p.118-25.
45. Møller AR, Jannetta PJ, Møller MB. Neural generators of brainstem evoked potentials. Results from human intracranial recordings. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1981. 90(6 Pt 1):591-96.
46. Hall JW. Auditory Middle Latency Response. In: Hall JW (Org.). *Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols*. Pearson Education: 2015. p. 549 – 630.
47. Goldstein R, Rodman LB. Early components of averaged evoked responses to rapidly repeated auditory stimuli. *J Speech Hear Res*. 1967. 10(4):697-705.
48. Schochat E. Potencial Evocado Auditivo de Média Latência. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastasio ART (Org.). *Tratado de Audiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2015. p. 135-39.
49. Romero ACL, Sorci BB, Frizzo ACF. Relação entre potenciais evocados auditivos de média latência e distúrbio de processamento auditivo: estudo de casos. *Rev CEFAC*. 2013.15(2):478–84.

50. Weihing J, Schochat E, Musiek F. Ear and electrode effects reduce within-group variability in middle latency response amplitude measures. *Int J Audiol*. 2012. 51(5): 405–12.
51. Mattsson TS, Lind O, Follestad T, Grøndahl K, Wilson W, Nicholas J, Nordgård S, Andersson S. Electrophysiological characteristics in children with listening difficulties, with or without auditory processing disorder. *Int J Audiol*. 2019. 58(11):704-16.
52. Frizzo ACF, Advíncula KP. Potenciais evocados auditivos de longa latência: conceitos e aplicações clínicas. In: Menezes PL, Andrade KCL, Frizzo ACF, Carnaúba ATL, Lins OG. *Tratado de Eletrofisiologia para Audiologia*. Ribeirão Preto: Book Toy. 2018. p.139-50.
53. Mendonça EBS, Muniz LF, Leal MC, Diniz AS. Applicability of the P300 frequency pattern test to assess auditory processing. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2013. 79(4): 512-21.
54. Sutton S, Braren M, Zubim J. Evoked-potential correlates stimulus uncertainty. *Science*. 1965. 150: p.1187-88.
55. Hall JW. Auditory Late Responses (ALRs). In: Hall JW (Org.). *Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols*. Pearson Education. 2015. p. 631 -715.
56. Wiemes GRM, Kozłowski L, Mocellin M, Hamerschmidt R, Schuch LH. Cognitive evoked potentials and central auditory processing in children with reading and writing disorders. *Braz J otorhinolaryngol*. 2012.78(3): 91-97.
57. Oliveira JC, Murphy CFB, Schochat E. Auditory processing in children with dyslexia: electrophysiological and behavior evaluation CoDAS. 2013. 25(1): 39-44.
58. Bellis TJ, Bellis JD. Central auditory processing disorders in children and adults. *Handb Clin Neurol*. 2015.129:537-56.
59. Abreu NCB, Jesus LC, Alves LM, Mancini PC, Labanca L, Resende LM. Validação da Escala de Autopercepção de Habilidades do Processamento Auditivo Central (EAPAC) para adultos. *Audiol Commun Res*. 2022. 27:e2577.
60. Trott S, Cline T, Weihing J, Beshear D, Bush M, Shinn J. Hormones and Hearing: Central Auditory Processing in Women. *J Am Acad Audiol*. 2019. 30(6):493-501.
61. Samelli AG, Rocha CH, Kamita MK, Lopes MEP, Andrade CQ, Matas CG. Evaluation of Subtle Auditory Impairments with Multiple Audiological Assessments in Normal Hearing Workers Exposed to Occupational Noise. *Brain Sci*. 2023.13(6):968.
62. Malavolta VC, Tessele DR, Moreira HG, Weber V, Nascimento VOC, Rohers DE, et al. Auditory middle latency responses and hearing skills in adults. *Rev CEFAC*. 2023.25(3): e3422.

63. WHO: World Health Organization. Grades of Hearing Impairment. 2014. Available from: http://www.who.int/deafness/hearing_impairment_grades/en/.
64. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol*. 1970; 92(4):311-24.
65. Pen M, Mangabeira-Albenaz PL. Development of test for speech discrimination logaudiometry. In: Pan American Congress on Otorhinolaryngology and Broncoesophage. *Anais. Peru*.1973: p.223-26.
66. Pereira LD, Schochat E. Behavioral hearing tests to assess central auditory processing. Barueri: Pró-fono. 2011.
67. Auditec. Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence. St. Louis: Auditec. 1997.
68. Keith RW. Random Gap Detection Test. Auditec of St Louis Ltd. Disponível em: www.auditec.com. 2000.
69. Mendes SC, Branco-Barreiro FCA, Frota S. Masking level difference: reference values in adults. *Audiol Commun Res*. 2017. 22: e1746.
70. Wilson RH, Moncrieff DW, Townsend EA, Pillion AL. Development of a 500-Hz masking-level difference protocol for clinic use. *J Am Acad Audiol*. 2003;14 (1):1-8.
71. Santiago JM, Luiz CBL, Garcia M, Gil D. Masking Level Difference and Electrophysiological Evaluation in Adults with Normal Hearing. *Int. Arch. Otorhinolaryngol*. 2020. 24(4): 399-406.
72. Hall JW. Auditory Brainstem Response: Acquisition Parameters and Test Protocols. In: Hall JW (Org.). *Handbook of Auditory Evoked Responses: Principles, Procedures & Protocols*. Pearson Education: 2015. p. 284 – 320.
73. Don M, Kwong B. Auditory brainstem response: Differential diagnosis. In P. Sabatini, E. Branger, K. Dietz, J. Glazer, & A. Noplock editors. *Handbook of Clinical Audiology*. Philadelphia, PA; Lippincott Williams & Wilkins: 2009. p. 265-92.
74. McPherson DL. *Late Potentials of the auditory system*. San Diego: Singular Publishing Group. 1996.
75. Medronho RA, Perez MA. Testes Diagnósticos. In: Medronho RA, Bloch KV, Luiz RR, Werneck GL. *Epidemiologia*. São Paulo: Atheneu, 2009. p. 389-402.

IX. APÊNDICES

APÊNDICE A

Termo de Consentimento Livre Esclarecido - TCLE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada **“Acurácia do potencial evocado auditivo de média latência em identificar alterações de processamento auditivo central”** realizada pela fonoaudióloga Andressa Pelaquim, CRFa 2/3 – 19141e sob orientação do Prof. Dr. Marco Aurélio Fornazieri e co-orientação da Profa. Dra. Milaine Dominici Sanfins. O objetivo deste estudo será mensurar a acurácia do potencial evocado auditivo de média latência em identificar indivíduos com alterações no processamento auditivo central. A realização do estudo é necessária para verificarmos se o potencial de média latência é um exame que deve ser realizado na rotina de exames. Você será submetido às seguintes avaliações: audiometria tonal liminar, logaudiometria, imitanciometria e pesquisa dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico, potencial evocado a de média latência e avaliação do processamento auditivo central.

Na audiometria tonal você será acomodado em uma cadeira dentro de uma cabina acústica, e por meio de um fone de ouvido você escutará vários sons finos e outros grossos em diferentes intensidades. Toda vez que você escutar o som deverá levantar a mão. O exame de logaudiometria será realizado com listas de palavras apresentadas em viva voz as quais você deverá repetir da maneira que entender.

Na imitanciometria, será colocada uma sonda de borracha em sua orelha e você sentirá uma pressão de ar dentro da orelha. Depois serão apresentados alguns sons fortes, e você não precisará responder para nenhum deles, pois o equipamento registrará todas as respostas necessárias.

Na pesquisa dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico a sua pele será limpa com uma pasta levemente porosa, serão colocados eletrodos descartáveis (adesivos) na testa e atrás da sua orelha e uma oliva de espuma dentro da sua orelha. Durante este exame, você deverá apenas ficar sentado de olhos fechados, confortavelmente em uma poltrona reclinável dentro de uma cabina acústica e não necessitará dar respostas ao avaliador. Você escutará um som grosso, como se estivesse ouvindo o barulho de um trator. Primeiro você ouvirá em uma orelha e depois na outra.

Na pesquisa dos Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência a sua pele será limpa com uma pasta levemente porosa, serão colocados eletrodos descartáveis (adesivos) que serão aderidos com uma pasta, na testa, na orelha e na cabeça (no meio do cabelo) e uma oliva de espuma dentro da sua orelha. Durante este exame, você deverá apenas ficar sentado e de olhos abertos, confortavelmente em uma poltrona reclinável e não necessitará dar respostas ao avaliador. Você escutará um som grosso, como se estivesse ouvindo o barulho de um trator. Primeiro você ouvirá em uma orelha e depois na outra.

Já na Avaliação do Processamento Auditivo você será acomodado em uma cadeira confortável dentro de uma cabine acústica, e por meio de um fone de ouvido você escutará as instruções da fonoaudióloga para realizar a sequência de testes existente na avaliação. E em cada teste, primeiro você será treinado para entender como deverá responder.

Estes procedimentos serão introduzidos na rotina de avaliação audiológica, não sendo necessário marcar um dia específico para o mesmo. Assim, você não terá despesas adicionais participando da pesquisa. Caso ocorra algum dano decorrente da sua participação nesta pesquisa, lhe será garantido o direito à indenização. A avaliação completa dos exames aplicados a essa pesquisa terá duração de aproximadamente 3 horas, em dias separados, como já previsto na rotina clínica.

Com os resultados obtidos por meio deste estudo, você saberá com precisão o quanto você está ouvindo e auxiliará os pesquisadores a utilizarem esse exame na rotina clínica para pacientes com alteração de processamento auditivo.

Os riscos envolvidos na participação nesta pesquisa são: sensação de ouvido tampado pelo fone durante a audiometria tonal, logaudiometria, na avaliação do processamento auditivo e na pesquisa dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico, sensação de uma leve pressão dentro do ouvido e possível desconforto a sons fortes durante a imitânciometria, irritação leve e temporária na pele provocada pela pasta de limpeza e posicionamento dos eletrodos durante a realização dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico e Média Latência e o possível cansaço ao fim da realização de todos os procedimentos.

Caso ocorra uma eventual interrupção ou mesmo após o encerramento da pesquisa, todos os participantes continuarão sendo atendidos na Audioclínica, caso queiram.

O seu nome será preservado nos resultados ou informações que forem utilizados para fins de publicação científica.

Fica claro que o sujeito da pesquisa ou seu representante legal pode a qualquer momento retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar

desta pesquisa e ciente de que todas as informações prestadas tornar-se-ão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional (Art.13 do Código de Ética em Fonoaudiologia).

“Caso o sujeito da pesquisa” queira apresentar reclamações ou tiver dúvidas em relação a sua participação na pesquisa, poderá entrar em contato com a pesquisadora ou com o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor (a).

Por estarem de acordo assinam o presente termo.

Londrina - PR, _____ de _____ de _____.

Assinatura do participante da Pesquisa

Assinatura do pesquisador responsável

Nome do Pesquisador Responsável: Andressa Pelaquim

Endereço Institucional: Rua Mato Grosso, 381, Apto 10B, Centro.

Cidade: Londrina Estado: PR CEP: 86010-180

Telefone: (19) 99842-8783

E-mail do pesquisador: andressapelaquim@gmail.com

X. ANEXOS

ANEXO A – Anamnese Audiológica para indivíduos adultos

ANAMNESE AUDIOLÓGICA BÁSICA – ADULTOS

Quanto à queixa audiológica:

Qual a queixa?

Início da dificuldade auditiva?

Se a dificuldade é progressiva ou não?

Antecedentes familiares:

Antecedentes de saúde:

() Meningite () Diabetes () Hipertensão

() Toxoplasmose () Otites (+ de 3 vezes ao ano)

() sífilis () outras _____

Já fez cirurgias: () sim () não Quais: _____

Medicamentos anteriores e atuais: () AAS () antibióticos

Outros: _____

Faz ou já fez abuso de álcool? () sim () não Já fez uso de drogas? () sim () não

Quanto à audição:

Zumbido: () sim () não

Tipo: _____ Há quanto tempo? _____

Frequência: _____ () Unilateral () Bilateral

Trabalhou ou trabalha exposto a ruído: () sim () não

Há quanto tempo? _____ Usa EPI(s)? () sim () não

Exposição a produto químico? (aqui inclui trabalho em postos de abastecimento de combustíveis, aplicação de agrotóxicos em lavoura, etc..) () sim () não

Há quanto tempo? _____

Usa EPI (s)? () sim () não

Está em repouso auditivo de 14 horas? () sim () não

Quanto ao sistema vestibular:

Tontura: () sim () não Há quanto tempo: _____ Frequência: _____

Vertigem: () sim () não Há quanto tempo: _____ Frequência: _____

Desequilíbrios: () sim () não Há quanto tempo: _____

Frequência: _____

Dores de cabeça: () sim () não Há quanto tempo: _____

Frequência: _____

Enxaqueca: () sim () não Há quanto tempo: _____

Frequência: _____

Tem dificuldade para compreender conversas?

() no silêncio () no ruído () em grupos de pessoas () nega

Tem dificuldade de memória?

() sim () não

Tem dificuldade de atenção?

() sim () não

Consegue localizar a fonte sonora?

() sim () não () não sabe referir

Já fez terapia fonoaudiológica? (treinamento auditivo)



() sim () não

Observações:

A linguagem oral do paciente é compreensível? () sim () não

O paciente consegue compreender perguntas simples? () sim () não

ANEXO B – Aprovação do Projeto no Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP)
/ Plataforma Brasil

 <p>Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos</p>	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP		
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA		
Título da Pesquisa: ACURÁCIA DO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE MÉDIA E LONGA LATÊNCIA EM IDENTIFICAR ALTERAÇÕES DE PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL		
Pesquisador: ANDRESSA PELAQUIM		
Área Temática:		
Versão: 2		
CAAE: 95467918.2.0000.5231		
Instituição Proponente: CCS - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde - Stricto sensu		
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio		
DADOS DO PARECER		
Número do Parecer: 2.899.180		
Apresentação do Projeto:		
<p>O processamento auditivo central se refere à eficiência e à efetividade com que o Sistema Nervoso Auditivo Central utiliza a informação auditiva. O potencial evocado auditivo de média latência (PEAML) e o potencial evocado auditivo de longa latência (PEALL) são exames eletrofisiológicos objetivos que podem complementar o diagnóstico de alterações que envolvam o processamento auditivo central. Será um estudo observacional transversal com quarenta e seis indivíduos adultos, na faixa etária de 18 a 55 anos e sem deficiência auditiva que realizarão o exame PEAML e PEALL. Vinte e três serão sem alteração de processamento auditivo central e vinte e três com alterações nesses exames. Espera-se verificar que o potencial evocado auditivo de média e longa latência possam identificar com precisão os indivíduos que apresentarão alterações no PAC.</p>		
Objetivo da Pesquisa:		
Objetivo Primário:		
Mensurar a acurácia do Potencial Evocado Auditivo de Média e Longa Latência em identificar indivíduos com alterações no processamento auditivo central.		
Objetivo Secundário:		
1. Verificar a confiabilidade do PEAML em indivíduos com e sem alterações de PAC.		
2. Analisar os resultados obtidos no PEATE clique, na avaliação do processamento auditivo central.		



Comitê de Ética em
Pesquisas Envolvendo
Serres Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.899.180

PEAML e PEALL em indivíduos sem TPAC e sem deficiência auditiva (Grupo Estudo I – GEI controle), considerando-se sexo, orelha e a faixa etária.

3. Analisar os resultados obtidos no PEATE clique, na avaliação do processamento auditivo central, PEAML e PEALL em indivíduos com TPAC e sem deficiência auditiva (Grupo Estudo II - GEII), considerando-se sexo, orelha e a faixa etária.

4. Verificar a sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN) do PEAML e PEALL.

5. Comparar a acurácia do PEAML e PEALL para identificar alterações de PAC.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A redação dos riscos e benefícios está feita com clareza e precisão.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Não há.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

É apresentada a folha de rosto, o TCLE, a declaração de concordância da clínica e um termo de sigilo (este não necessário por não haver acesso a dados de formulário, prontuário, etc).

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências solicitadas foram providenciadas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado (a) Pesquisador (a),

Este é seu parecer final de aprovação, vinculado ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina. É sua responsabilidade imprimi-lo para apresentação aos órgãos e/ou instituições pertinentes.

Coordenação CEP/UEL

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1176943.pdf	07/09/2018 21:59:38		Aceito



Coletiv. de Ética em
Pesquisa Envolvendo
Serem Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.899.180

Outros	RISCOSEBENEFICIOS.pdf	07/09/2018 21:57:56	ANDRESSA PELAQUIM	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	07/09/2018 21:55:57	ANDRESSA PELAQUIM	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracaocoparticipante.pdf	06/08/2018 21:24:19	ANDRESSA PELAQUIM	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETOFINAL.pdf	06/08/2018 21:22:36	ANDRESSA PELAQUIM	Aceito
Folha de Rosto	FOLHADEROSTO.pdf	06/08/2018 16:53:01	ANDRESSA PELAQUIM	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	06/08/2018 09:39:29	ANDRESSA PELAQUIM	Aceito
Outros	DECLARACAOSIGILO.pdf	06/08/2018 09:30:52	ANDRESSA PELAQUIM	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LONDRINA, 17 de Setembro de 2018

Assinado por:

Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli
(Coordenador)