

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE FONOAUDIOLOGIA

PAMELA CRISTINA SIMIÃO

**TESTES ELETROFISIOLÓGICOS COMPLEMENTARES AO
DIAGNÓSTICO DO TRANSTORNO DO PROCESSAMENTO AUDITIVO
CENTRAL: REVISÃO DE LITERATURA**

CAMPINAS

2020

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE FONOAUDIOLOGIA

PAMELA CRISTINA SIMIÃO

**TESTES ELETROFISIOLÓGICOS COMPLEMENTARES AO
DIAGNÓSTICO DO TRANSTORNO DO PROCESSAMENTO AUDITIVO
CENTRAL: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Fonoaudiologia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Fonoaudiologia pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas sob orientação da Prof.^a Iara Bittante de Oliveira.

CAMPINAS

2020

Ficha catalográfica elaborada por Fabiana A Bracchi CRB 8/10221
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

Simião, Pamela Cristina

Testes eletrofisiológicos complementares ao diagnóstico do transtorno do processamento auditivo central: revisão de literatura / Pamela Cristina Simião. - Campinas: PUC-Campinas, 2020.

73 f.

Orientador: Iara Bittante de Oliveira.

TCC (Bacharelado em Fonoaudiologia) - Faculdade de Fonoaudiologia, Centro de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2020.

1. Eletrofisiologia. 2. Processamento auditivo central. 3. Transtornos de audição. I. Oliveira, Iara Bittante de. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências da Vida. Faculdade de Fonoaudiologia. III. Título.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE FONOAUDIOLOGIA

SIMIÃO, PC

Testes Eletrofisiológicos Complementares ao Diagnóstico do Transtorno
do Processamento Auditivo Central: Revisão de Literatura

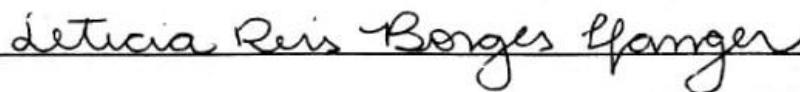
Trabalho de Conclusão de Curso

Graduação em Fonoaudiologia

Banca Examinadora de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso



Presidente e Orientadora – Prof^a Dr^a Lara Bittante de Oliveira



Prof^a Dr^a Letícia Reis Borges Ifanger

Examinadora

Campinas, 25 de Novembro de 2020

Dedico este trabalho ao menino, que graças as suas particularidades e singularidades, em toda a sua essência, me inspirou a escrever pensando em cada ser humano como um todo e me fez ver que para se tornar um bom profissional é preciso buscar alternativas que atendam as necessidades de cada um.

AGRADECIMENTOS

À Deus,

Por ter me guiado e me dado forças durante todo o processo de elaboração desse trabalho em um ano tão difícil.

À minha família e amigos,

Por todo apoio e suporte, mas principalmente por terem acreditado em mim.

À Prof^a. Dr^a. Iara Bittante de Oliveira,

Por ter acreditado no meu tema e acima de tudo, por toda dedicação, inspiração, carinho e orientação durante todo o processo.

À Prof^a. Dr^a Leticia Reis Borges Ifanger,

Pela correção cuidadosa e suas valiosas sugestões, além de todo apoio e inspiração, acima de tudo, por ter aceitado fazer parte do processo como banca de defesa.

“Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

Josué capítulo 1, versículo 9.

RESUMO

Simião, Pamela Cristina. Testes Eletrofisiológicos Complementares ao Diagnóstico do Transtorno do Processamento Auditivo Central: Revisão de Literatura. 2020. F 73. Trabalho de Conclusão de Curso, (Bacharel em Fonoaudiologia) Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências da Vida, Faculdade de Fonoaudiologia.

Introdução: O Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC) pode ser considerado quando há presença de falhas no processamento da informação dos sinais auditivos com acuidade auditiva e cognição dentro da normalidade. O diagnóstico de indícios de risco para o TPAC pode ser feito através de exames eletrofisiológicos, a fim de avaliar a resposta do sistema auditivo, via medidas elétricas para monitoramento das mudanças funcionais do Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC), sendo utilizados nos casos em que não é possível se obter respostas com os testes comportamentais. **Objetivos:** Realizar revisão integrativa de literatura em exames eletrofisiológicos como complementares ao diagnóstico do TPAC, verificando-se a eficácia dos exames, aqueles de maior uso e quais alterações funcionais encontradas. **Métodos:** O presente estudo consiste em uma revisão integrativa de literatura, em que foram selecionados e analisados artigos científicos originais, publicados na íntegra, entre os anos de 2010 e 2019, que passaram por teste de relevância, para atendimento a critérios de inclusão. **Resultados:** Os exames eletrofisiológicos trazem informações complementares para o diagnóstico diferencial das alterações do Sistema Nervoso Auditivo Central, sendo assim, testes importantes para complementar à avaliação do TPAC. Tais testes fazem a análise das atividades corticais, demonstrando o local de alteração, podendo ser ela no tálamo, córtex e/ou hemisférios cerebrais. Também foi observado que o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL) foi apontado como o principal e mais utilizado exame para o diagnóstico complementar das alterações do TPAC. As alterações funcionais mais encontradas estão relacionadas a atividades corticais relativas às habilidades de atenção, memória, cognição e discriminação. Portanto, os exames eletrofisiológicos são essenciais na avaliação do SNAC e complementar o diagnóstico do TPAC, já que mostram as alterações do SNAC através da modificação da amplitude e latência das ondas dos testes utilizados. **Conclusão:** A avaliação do SNAC através dos exames eletrofisiológicos se mostrou eficaz e precisa no diagnóstico complementar do TPAC em casos em que não se tem os resultados esperados através dos exames comportamentais.

Palavras-chave: Eletrofisiologia; processamento auditivo central; transtornos da audição; testes auditivos; percepção auditiva.

ABSTRACT

Simião, Pamela Cristina. Complementary Electrophysiological Tests for the Diagnosis of Central Auditory Processing Disorder: Literature Review. 2020. F 73. Conclusion Work Course, (Bacharel em Fonoaudiologia) Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências da Vida, Faculdade de Fonoaudiologia.

Introduction: The Central Auditory Processing Disorder (CAPD) can be considered when there're failures in the processing of information from auditory signals with hearing acuity and normal cognition. The diagnosis of evidence of risk for the CAPD can be performed through electrophysiological exams, in order to assess the response of the auditory system, via electrical measures to monitor the functional changes of the Central Auditory Nervous System (CANS), being used in cases where it is not possible to obtain responses with behavioral tests. **Objective:** Conduct an integrative literature review on electrophysiological tests as complementary to the diagnosis of CAPD, verifying the effectiveness of the tests, those of greater use and which functional changes were found. **Methods:** The present study consists of an integrative literature review, in which original scientific articles, published in full, between 2010 and 2019, were selected and analyzed, which underwent a relevance test to meet the inclusion criteria. **Results:** Electrophysiological exams provide complementary information for the differential diagnosis of changes in the Central Auditory Nervous System, thus being important tests in the assessment of CAPD. Such analysis of the cortical activities, demonstrating the alteration site, which can be in the thalamus, cortex and/or cerebral hemispheres. It was also observed that the Long Latency Auditory Evoked Potential (LLAEP) was pointed out as the main and most used exam for the complementary diagnosis of CAPD alterations. The most common functional changes are related to cortical activities related to attention, memory, cognition and discrimination skills. Therefore, electrophysiological examinations are essential in the assessing of the CANS and comenting the diagnosis of CAPD since they show changes in the CANS through the modification of the amplitude and latency of the waves of the tests used. **Conclusion:** The assessment of CANS through electrophysiological tests proved to be effective and accurate in the complementary diagnosis of CAPD in cases where the expected results are not obtained through behavioral tests.

Keywords: Electrophysiology; central auditory processing; hearing disorders; hearing tests; auditory perception.

SIGLÁRIO

ASHA	<i>American Speech-Language-Hearing Association</i>
MAE	Meato Acústico Externo
SNC	Sistema Nervoso Central
SNAC	Sistema Nervoso Auditivo Central
NC	Núcleo Coclear
COS	Complexo Olivar Superior
LL	Lemnisco Lateral
CI	Colículo Inferior
CA	Córtex Auditivo
ATL	Audiometria Tonal Limiar
VA	Via Aérea
VO	Via Óssea
OMS	Organização Mundial de Saúde
LRF	Limiar de Reconhecimento de Fala
IPRF	Índice Percentual de Reconhecimento de Fala
EOA	Emissões Otoacústicas
EOAT	Emissões Otoacústicas Transientes
EOAPD	Emissões Otoacústicas Produto de Distorção
PEA	Potenciais Evocados Auditivos
PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
BERA	<i>Brainstem Evoked Response Audiometry</i>
RAEE	Resposta Auditiva de Estado Estável
PEAML	Potencial Evocado Auditivo de Média Latência
TPAC	Transtorno do Processamento Auditivo Central
PEALL	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência
MMN	<i>Mismatch Negativity</i>
PAC	Processamento Auditivo Central

TFF	Teste de Fala Filtrada
LPFST	<i>Low-pass Filtered Speech Test</i>
TFR	Teste de Fala no Ruído
SNT	<i>Speech in Noise Test</i>
SSI	Teste de Inteligibilidade de Sentenças Sintéticas em Português
PSI	Teste de Inteligibilidade de Fala Pediátrica
MCI	Mensagem Competitiva Ipsilateral
MCC	Mensagem Competitiva Contralateral
SSW	<i>Staggered Spondaic Word</i>
TDD	Teste Dicótico de Dígitos
TDCV	Teste Dicótico Consoante Vogal
TDNV	Teste Dicótico Não Verbal
TPF	Teste de Padrão de Frequência
TPD	Teste Padrão de Duração
RT	Resolução Temporal
RGDT	<i>Random Gap Detection Test</i>
GIN	<i>Gap in Noise</i>
TFB	Teste de Fusão Binaural
MLD	<i>Masking Level Difference</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - Descritores “eletrofisiologia” e “processamento” combinados com outros descritores (DeCs)	45
FIGURA 2 - Descritores “ <i>electrophysiology</i> ” e “ <i>auditory processing</i> ” combinados com outros descritores (DeCs)	46
FIGURA 3 – Teste de relevância utilizado na pesquisa.....	48
FIGURA 4 - Fluxograma de seleção dos artigos.....	49
FIGURA 5 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	40
FIGURA 6 – Testes eletrofisiológicos utilizados na avaliação comportamental do SNAC	58

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – Identificação dos artigos em português selecionados para o estudo	51
QUADRO 2 – Resumo dos artigos em português selecionados para o estudo.....	52
QUADRO 3 – Identificação dos artigos em inglês selecionados para o estudo	54
QUADRO 4 – Resumo dos artigos em inglês selecionados para o estudo.....	55
QUADRO 5 – Testes eletrofisiológicos utilizados nos estudos.....	56
QUADRO 6 – Resumo dos testes eletrofisiológicos utilizados na avaliação do SNAC	57
QUADRO 7 – Testes eletrofisiológicos utilizados nos estudo e conclusão	59

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
REVISÃO DE LITERATURA	17
Audição	17
Sistema Auditivo Periférico	17
Sistema Nervoso Auditivo Central	22
Avaliação do Processamento Auditivo Central	26
Avaliação Eletrofisiológica	29
Correlação Entre os Testes Eletrofisiológicos e o Transtorno do Processamento Auditivo Central	40
OBJETIVOS	43
Objetivo Geral	43
Objetivo Específico	43
MÉTODOS.....	44
RESULTADOS	51
DISCUSSÃO	60
CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

A habilidade de ouvir depende da capacidade do indivíduo e da experiência vivenciada pelo mesmo no ambiente social. O ouvir é de extrema importância no processo de aprendizado da linguagem, que quando está prejudicado pode acarretar *déficits* em linguagem expressiva e receptiva, sendo assim, a audição tem um papel essencial no desenvolvimento da linguagem oral e da aprendizagem. O processamento auditivo central (PAC) faz parte do desenvolvimento da linguagem e do processo de comunicação, dependendo de atividades geradas através do sistema nervoso auditivo central (SNAC)^{1,2,3,4}.

O processamento do som depende de um sistema de conexões centrais e estruturas sensoriais chamado sistema auditivo periférico e central, que envolve etapas que vão desde a detecção do som até a análise e interpretação do mesmo. A porção periférica é subdividida em orelha externa, orelha média e orelha interna, faz a captação e transmissão da onda sonora. Já a porção central é formada por vias auditivas que vão desde o nervo auditivo, passando por tronco encefálico até chegar a áreas cerebrais corticais que fazem o processamento e interpretação da informação^{1,2}.

O Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC) é caracterizado pela falha no processamento da informação de sinais auditivos que não estão relacionados a alguma patologia auditiva ou déficit intelectual^{3,4}.

A avaliação do SNAC é realizada através de testes auditivos comportamentais e eletrofisiológicos a fim de avaliar as habilidades auditivas

nos casos dos testes comportamentais e, avaliar a resposta do sistema auditivo via medidas elétricas nos casos dos exames eletrofisiológicos⁴.

Em diversos estudos os exames eletrofisiológicos são utilizados para investigação dos riscos para Transtorno do Processamento Auditivo Central. Alguns desses exames, diferentemente dos testes comportamentais do processamento, não dependem do desempenho ou respostas do indivíduo, da sua idade, idioma, motivação ou nível de atenção⁵.

A ASHA (*American Speech-Language-Hearing Association*) determinou que os exames eletrofisiológicos devessem ser utilizados na avaliação dos Transtornos do Processamento Auditivo Central, além de serem recomendados para estarem na bateria de exames utilizados para o diagnóstico de transtornos escolares. Foi determinado também que os exames eletrofisiológicos podem ser utilizados para monitoramento das mudanças funcionais do SNAC e para avaliação da plasticidade do sistema auditivo de crianças com dificuldades escolares^{5,6}.

Tendo em vista a importância dos exames eletrofisiológicos como testes complementares para o diagnóstico das alterações encontradas no SNAC, este trabalho tem por objetivo selecionar e analisar estudos científicos relacionados aos exames eletrofisiológicos utilizados na avaliação do PAC, destacando-se a importância desses exames no diagnóstico e quais alterações funcionais mais encontradas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Audição

Estruturas sensoriais e conexões centrais são o que formam o sistema auditivo, sendo ele dividido entre auditivo periférico e auditivo central. O sistema nervoso auditivo periférico é formado por orelha externa, orelha média, orelha interna e nervo vestibulococlear. Já o sistema auditivo central é constituído pelas vias auditivas localizadas no tronco encefálico e áreas corticais⁷.

2.2. Sistema Auditivo Periférico

O sistema auditivo periférico é responsável pela captação e transmissão da onda sonora através da orelha externa, passando pelo meato acústico externo, membrana timpânica, ossículos e parte coclear do nervo vestibulococlear, envolvendo orelha interna e sistema nervoso periférico. Toda a parte periférica do sistema auditivo se encontra na região do osso temporal, que se liga com os outros ossos do crânio^{7,8}.

A orelha externa é formada pelo pavilhão auricular e meato acústico externo, sendo ela responsável pela amplificação e pressão sonora, além de auxiliar na localização sonora. Essa é uma estrutura de cartilagem flexível constituída pela hélice, tubérculo da orelha, concha, antélice, fossa triangular, escafa, trago, incisura antitrágica e lóbulo. Existe uma lâmina fibrocartilágnea formando a orelha que é coberta por pele, músculos e ligamentos que faz com

que sua forma e posição sejam mantidas e permitem a movimentação. Além disso, a lâmina possui veias, artérias, vasos linfáticos e inervação sensitiva e motora, se ligando ao meato acústico externo^{7,8}.

O meato acústico externo (MAE) é um tubo fechado com um terço cartilágneo e dois terço ósseos revestidos por pele que possui folículos pilosos, glândulas sebáceas e ceruminosas. Sua parte cartilágnea é contínua junto à cartilagem da orelha, além da parte óssea do MAE estar fixada por tecido fibroso. A parte óssea do MEA tem parede óssea que se unem às partes timpânica e escamosa do osso temporal. Ele tem como função proteção e ressonância^{7,8}.

A orelha média é formada pela cavidade timpânica, espaço no osso temporal preenchido por ar e túnica mucosa. Nessa parte do sistema auditivo periférico se tem os ossículos da audição que se articulam entre si. Essa cadeia ossicular é formada por três ossículos, sendo eles o martelo, que se fixa na membrana timpânica, a bigorna que articula o martelo com o próximo ossículo e o estribo, fixado na janela do vestíbulo através do ligamento estapedial localizada na base da cóclea⁷.

Essa cadeia ossicular fica suspensa através da conexão de ligamentos, músculos e articulações, sendo eles, o ligamento superior do martelo, ligamento superior da bigorna, ligamento lateral do martelo, ligamento anterior do martelo, ligamento posterior da bigorna, ligamento estapedial anular, músculo tensor do tímpano, músculo estapédio, articulação incumalear, incudoestapedial e sindesmose timpanoestapedial. É importante lembrar que

tais músculos são responsáveis pelo enrijecimento da cadeia ossicular a fim de ser um mecanismo de proteção da cóclea frente a um estímulo sonoro alto⁷.

As paredes da cavidade timpânica são formadas por partes, sendo elas, membranácea (membrana timpânica), labiríntica (janela oval, promontório, janela redonda e proeminência do canal facial), tegmental (separa a cavidade timpânica da fossa medial do crânio), jugular (abertura para a passagem do ramo timpânico do nervo glossofaríngeo), carótica (semicanal para o músculo tensor do tímpano e tuba auditiva) e mastoidea (abertura para o antro mastoide, fossa para a bigorna e eminência piramidal contendo o músculo estapédio)⁷.

A membrana timpânica é responsável pela passagem da vibração sonora para a cadeia ossicular. Ela é dividida em quatro partes, posterossuperior, posteroinferior, anterossuperior e anteroinferior. O ponto de luz observado na otoscopia se dá devido o arranjo fibroso do quadrante anteroinferior não ser tão denso e pela membrana timpânica ser côncava, aparecendo assim essa zona brilhante com aspecto triangular por reflexão dos raios luminosos⁷.

A tuba auditiva é localizada na parede anterior da cavidade timpânica, sendo um tubo achatado com direção medial, anterior e inferior, formado de parte cartilaginosa e óssea que se estende até a parte nasal da faringe e que faz com que haja a igualação da pressão do ar nas faces medial e lateral da membrana timpânica. A tuba tem função respiratória e de drenagem, arejando a orelha média e equalizando a pressão do ar externo com pressão do ar na

orelha média, para que proteja contra as mudanças de pressão, mantendo assim, a túnica mucosa íntegra⁷.

A orelha interna é localizada na parte petrosa do osso temporal. Contém os órgãos sensoriais da audição e do equilíbrio corporal, formada pelo labirinto ósseo preenchido com perilinfa, líquido de sódio e Na^+ e labirinto membranáceo preenchido com endolinfa, líquido com potássio e K^+ . Na parte anterior da orelha interna se tem a cóclea, principal estrutura responsável pela audição, tendo dois giros completos e mais 2/3 de giro. A região periférica da mesma é formada pela cápsula óssea e a região central tem um eixo ósseo com canais para a passagem de ramos vasculares e nervosos. No fundo do meato acústico interno penetram fibras do nervo coclear que percorrem todo o conduto e se abrem no canal espiral do modíolo, contendo o gânglio espiral da cóclea. No canal espiral da cóclea localizado ao redor do modíolo contém um giro que forma o promontório^{7,8}.

O canal espiral é dividido pela lâmina espiral óssea em rampa do vestíbulo e a rampa do tímpano, preenchidas por perilinfa e se comunicam no helicotrema (abertura no ápice da cóclea). As membranas basilar e vestibular formam entre si uma terceira rampa cheia de endolinfa. A membrana basilar é formada por duas camadas de células onde uma se volta para a endolinfa e a outra para perilinfa. A produção da endolinfa é feita através estria vascular, uma estrutura vascularizada e com atividade metabólica^{7,8}.

O Órgão de Corti se localiza sobre a lâmina basilar, ao longo do ducto coclear, formado pela membrana tectória, células de sustentação e células ciliadas. Essa membrana é uma cápsula gelatinosa em cima das células

ciliadas e fixada na lâmina espiral óssea que fica em contato com os cílios das células ciliadas externas no período de vibração da lâmina basilar. As células ciliadas são células sensoriais que transformam as ondas sonoras em impulsos nervosos^{7,8}.

Tudo se inicia com o deslocamento do estribo na janela oval que desencadeia uma onda vibratória na base da cóclea amplificando e dissipando quando chega ao local da lâmina basilar que possui frequência natural de ressonância igual à frequência do som correspondente. Cada frequência atinge determinado ponto do ducto coclear, fazendo com que haja a excitação de células sensoriais e fibras nervosas daquela área provenientes do órgão espiral⁷.

Quando uma região da cóclea vibra, os descolamentos da lâmina basilar em relação à membrana tectória e reticular fazem com que haja inclinação dos estereocílios das células ciliadas externas contra a membrana tectória, provocando abertura dos canais iônicos de potássio provocando despolarização produzindo potenciais microfônicos cocleares. O alto potencial elétrico das células ciliadas provoca despolarização da membrana com o deslocamento dos cílios. As células ciliadas externas formam uma espécie de amplificador coclear do estímulo para determinar a deflexão dos cílios das células ciliadas internas, que transmitem a informação sonora codificada da cóclea para os núcleos cocleares e partem para o córtex auditivo^{7,8}.

Portanto, a passagem do som é realizada através da captação e transmissão do som pela orelha externa, que faz com que a membrana timpânica vibre. Essa vibração é passada pelos ossículos até a janela oval que

faz com que o líquido dentro da cóclea se movimente mexendo a membrana nela localizada que faz com que os cílios das células ciliadas se movimentem causando estimulação nervosa que faz com que a informação sonora seja decodificada para os núcleos cocleares indo para o córtex auditivo⁷.

Todo esse conjunto de estruturas, nervos, ligamentos, músculos, fibras, articulações e cartilagens formam o sistema auditivo periférico⁷.

2.3. Sistema Nervoso Auditivo Central

O sistema auditivo central é responsável pela percepção e sensação sonora, permitindo que uma pessoa detecte sons diferentes ao mesmo tempo. Dentro das vias auditivas existem centros de integração que fazem o processamento das informações sonoras, sendo que os impulsos nervosos do nervo craniano VIII (vestibulococlear) são transmitidos para os núcleos cocleares, tronco encefálico, tálamo e córtex auditivo⁹.

As informações temporais são codificadas pelas fibras do nervo auditivo de forma ipsilateral e contralateral, sendo mantido esse padrão nas vias auditivas centrais. Devido a isso, ambos hemisférios cerebrais recebem informações da localização da fonte sonora da orelha direita e esquerda, fazendo assim com que haja uma audição binaural. Ocorrem sinapses em uma série de estações distintas e o sinal elétrico é transmitido pelas fibras neurais do nervo auditivo que passa pelo tronco encefálico, enviando informação acústica para os centros do processamento auditivo no córtex, sendo conhecido como SNAC⁹.

O SNAC é formado pelos núcleos cocleares, complexo olivar superior, lemnisco lateral, colículo inferior, corpo geniculado medial, formação reticular e córtex auditivo^{8,9}.

O núcleo coclear (NC) é composto por células que modificam o impulso neural e iniciam a codificação da informação sonora. A célula e sua resposta sugerem uma relação sobre o processamento temporal, importante para a localização por meio da identificação das diferenças de tempo, além de ajudar na seleção e modulação de frequências. Danos no núcleo coclear podem acarretar em déficits na percepção de tons puros ipsilaterais e simular uma disfunção do nervo auditivo. Ocorrem projeções do núcleo coclear para os núcleos do complexo olivar superior e núcleos do corpo trapezoide, ocorrendo assim o processamento da localização da fonte sonora, formando uma via binaural. As fibras do mesmo se dirigem de forma ipsilaterais e contralaterais para o complexo olivar superior, núcleos periolivares e núcleos do lemnisco lateral^{8,9,10}.

O complexo olivar superior (COS) é um conjunto de núcleos que recebe impulsos auditivos dos núcleos cocleares de forma ipsilateral e contralateral. O COS é uma estação de transmissão de informação sonora binaural, fazendo com que as diferenças de tempo e intensidade reflitam características que determinam a localização sonora. Tem como papel também a integração e interpretação binaural dos sinais sonoros^{8,10}.

O lemnisco lateral (LL) é uma via que passa informações auditivas ascendentes e descendentes da sensibilidade. Seus neurônios recebem

aférentes do núcleo olivar superior lateral e enviam sinais excitatórios e inibitórios para o colículo inferior^{8,9,10}.

O colículo inferior (CI) é a maior estrutura do tronco encefálico, composta por fibras auditivas e somatossensitivas, recebendo impulsos e fazendo sinapses. O CI tem participação importante na localização da fonte sonora já que possui organização topográfica e alto nível de resolução de frequência, além de possuir neurônios sensíveis às modificações espaciais e de tempo e estimulação binaural. Ele é um núcleo que transmite informação para os centros auditivos altos. O CI é um dos principais centros de processamento de informações auditivas que interferem no comportamento de uma pessoa^{8,9,10}.

O corpo geniculado medial contém células que respondem a estimulações acústicas e somatossensitivas, transmitindo informações de discriminação, alerta multissensorial, associação e manutenção da atenção auditiva para o córtex cerebral. O córtex auditivo primário recebe informações do corpo geniculado medial ventral ipsilateral^{8,10}.

A formação reticular é um conjunto de células e fibras nervosas que estão em toda a região central do tronco encefálico, do bulbo ao mesencéfalo, influenciando assim quase todos os setores do SNAC. A formação reticular está interligada com o sistema auditivo nas funções do controle da atividade de sono e vigília. Por ter as características de controlar o sono e vigília, controle da motricidade somática, o controle do sistema nervoso autônomo, controle neuroendócrino e a integração de reflexos, a formação reticular pode ser responsável pela capacidade de ouvir na presença de ruído^{8,10}.

O córtex auditivo (CA) é formado por subáreas que possuem diversas características diferenciadas, recebendo informações ipsilaterais do corpo geniculado medial, dos núcleos do colículo inferior e de fibras de associação do corpo caloso. No córtex cerebral existem células auditivas em praticamente todas as camadas sendo responsáveis pela estimulação acústica⁸.

A área primária do CA é localizada no giro transversal, na porção mais posterior desse giro, sendo um plano mais largo no lado esquerdo, além disso, está relacionado à linguagem receptiva. A estimulação acústica está localizada na região do giro supramarginal, perto da área de Wernicke. Essas pertencem às partes da área de associação que integram informações auditivas, visuais e somatossensitivas, sendo assim, importantes para a linguagem, leitura e escrita. A área primária da audição está na fissura de Sylvian, além de ter parte da área da linguagem^{8,9}.

Algumas partes do córtex respondem à estimulação acústica, sendo elas a porção inferior do lobo parietal, parte inferior do lobo frontal e a ínsula (parte do córtex localizada dentro da fissura de Sylvian). O CA tem organização colunar e tonotópica, onde células respondem a faixas de frequências específicas, além de demonstrar plasticidade após lesão coclear. O CA é dividido em camadas que possuem aspectos binaurais, distribuindo corretamente assim, as estimulações acústicas^{8,9,10}.

O processamento da informação auditiva se dá pela percepção auditiva que reflete nas funções e mecanismos do sistema auditivo quando recebe um estímulo acústico. Os estímulos dados que chegam ao córtex levam informações ipsilaterais e contralaterais sobre tempo e intensidade dos sinais

acústicos, permitindo assim, a localização sonora. O processamento do estímulo acústico se dá através de uma série de conexões neuroanatômicas que se originam nos neurônios da cóclea e tem seu fim no córtex auditivo cerebral, envolvendo o sistema auditivo periférico e SNAC⁸.

O SNAC tem a capacidade de detecção e discriminação auditiva, de fazer a separação som do ruído, de compreensão, de reconhecimento do padrão auditivo, localização e lateralização sonoras, aspectos temporais da audição, entre outros. Os processos e mecanismos SNAC interferem nos sinais verbais e não verbais, influenciando nas funções de linguagem e aprendizado⁸.

Portanto, o TPAC nada mais é do que um déficit na percepção ou na análise completa da informação auditiva verbal ou não verbal, por obtenção de falha em alguma parte do SNAC, podendo alterar as funções de escuta dicótica, os processos temporais e a interação binaural⁸, com acuidade auditiva e cognitiva normais.

2.4. Avaliação do Processamento Auditivo Central

Para a avaliação audiológica completa é necessária à realização de uma série de exames, sendo eles eletroacústicos, eletrofisiológicos e comportamentais. Os exames eletroacústicos incluem a pesquisa do meato acústico externo através da otoscopia, audiometria tonal, logaudiometria, timpanometria e pesquisa do reflexo acústico. Já os exames eletrofisiológicos são compostos pela pesquisa dos potenciais evocados auditivos, podendo ser eles, o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico, Resposta Auditiva de

Estado Estável, Potencial Evocado Auditivo de Média Latência, *Mismatch Negativity* e Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência. Além disso, se tem a avaliação comportamental que envolve todos os exames de PAC, sendo eles, os Testes Monoaurais de Baixa Redundância que envolvem, o teste de fala filtrada (TFF) ou *low-pass filtered speech test* (LPFST), teste de fala no ruído (TFR) ou *speech in noise test* (SNT), teste de inteligibilidade de sentenças sintéticas em português (*Synthetic Sentence Identification*) com mensagem competitiva ipsilateral – SSI com MCI, teste de inteligibilidade de fala pediátrica (*Pediatrics Speech Inteligibility*) com mensagem competitiva ipsilateral – PSI com MCI. Existem também os Testes Dicóticos, sendo eles, o teste dicótico de dissílabos alternados ou *staggered spondaic word* (SSW), teste dicótico de dígitos (TDD), teste dicótico consoante vogal (TDCV) e teste dicótico não verbal (TDNV). Existem também testes como, o teste de inteligibilidade de sentenças sintéticas em português (*Synthetic Sentence Identification*) com mensagem competitiva contralateral – SSI com MCC, teste de inteligibilidade de fala pediátrica (*Pediatrics Speech Inteligibility*) com mensagem competitiva contralateral – PSI com MCC. Também pode-se ter os Testes de Ordenação e Sequência Temporal que envolve o teste de padrão de frequência (TPF) e o teste de padrão de duração (TPD), além de ter os Testes de Resolução Temporal (RT), sendo eles, o teste de detecção de intervalos aleatórios ou *random gap detection test* (RGDT) e o *gap in noise* (GIN). Por último se tem os Testes de Interação ou Integração Binaural, sendo eles, o teste de fusão binaural (TFB) e o limiar diferencial de mascaramento ou *masking level difference* (MLD)^{11,12}.

Para a confirmação de qualquer alteração auditiva ou do SNAC, é preciso aplicar um conjunto de procedimentos que juntos irão dar um diagnóstico mais preciso e assim, auxiliar no melhor tratamento^{11,12}.

O PAC nada mais é do que a forma como o indivíduo recebe uma informação auditiva e analisa a mesma. Tal processamento atua no desenvolvimento da linguagem e das habilidades relacionadas ao aprendizado, além de fazer parte do processo de comunicação humana. Dessa forma, o processamento auditivo é um conjunto de habilidades específicas que o indivíduo usa para interpretar o que escuta, sendo elas mediadas pelos centros auditivos do tronco encefálico e córtex, sendo divididas em atenção, discriminação, associação, integração e organização de saída.^{12,13}.

O processamento neurológico das informações auditivas depende das atividades do sistema nervoso auditivo central e cérebro, se desenvolvendo através das experiências vivenciadas nos primeiros anos de vida do indivíduo. Tais experiências são memorizadas e a partir disso é adquirido conhecimento dos sons da língua e das suas regras¹².

O *déficit* do processamento das informações dos sinais auditivos não relacionados a perdas auditivas ou comprometimento intelectual é considerado distúrbio do processamento auditivo, sendo este uma limitação da transmissão, organização, transformação, armazenamento, análise, elaboração, memória e uso das informações de um evento acústico¹².

O atraso da fala ou da linguagem pode ser um sinal de alterações relacionadas ao processamento neurológico devido uma desorganização funcional do cérebro. Tal transtorno pode acarretar para o indivíduo

dificuldades de aprendizado da linguagem, leitura e escrita, além de dificuldades de aprendizado meio a um ruído de fundo, fala rápida e alterada e dificuldade de executar instruções dadas¹².

Para se realizar a avaliação comportamental é necessária a utilização de uma série de testes que medem determinadas habilidades. Nem todos os testes comportamentais do processamento auditivo são necessariamente utilizados na bateria de exames, a bateria mínima sugerida envolve a utilização de pelo menos um teste por categoria. Entre 7 e 8 anos de idade, sugere-se que sejam utilizados os testes de Fala Filtrada ou PSI (Monoaurais de baixa redundância), MLD ou Fusão Binaural (Interação Binaural), Dicótico de Dígitos – atenção livre (Dicóticos), GIN ou RGDT (Resolução Temporal) e TPF (Ordenação Temporal). À cima de 9 anos de idade sugere-se o uso dos testes Fala Filtrada ou SSI (Monoaurais de baixa redundância), MLD ou Fusão Binaural (Interação Binaural), Dicótico de Dígitos – atenção livre (Dicóticos), GIN (Resolução Temporal) e TPF (Ordenação Temporal)¹³.

2.5. Avaliação Eletrofisiológica

Os potenciais evocados auditivos (PEA) são atividades bioelétricas provocadas pela estimulação auditiva, sendo classificados em: fonte geradora (potencial coclear e do nervo coclear, potenciais de tronco encefálico, potenciais subcortical e potenciais cortical), em função da posição dos eletrodos em relação à fonte geradora (potencial de campo próximo e potencial de campo distante), baseado no padrão de estímulo gerador (potencial

exógeno e potencial endógeno) e de acordo com a latência (potenciais de curta latência, média latência e longa latência). Os potenciais são utilizados de acordo com a sua latência, sendo os de curta latência estímulos até 10ms, de média latência de 10 à 80ms e de longa latência de 80 a 750ms¹⁴.

Os potenciais de curta latência geram cinco ondas, sendo elas, I e II no nervo coclear e III, IV e V no tronco encefálico, que aparecem em uma janela de até 8,0ms. Os potenciais de média latência são representados por gerados na via talâmica-cortical (Na, Pa, Pb e Pc), aparecendo em latências entre 15ms e 80ms. Já os potenciais de longa latência são representados por ondas N1, P2 e P300, geradas no córtex cerebral tendo latência de 90ms à 500ms¹⁴.

Na avaliação dos PEA, é gerada atividade elétrica que é dividida entre sinal e ruído, sendo o sinal a atividade gerada pelo sistema auditivo e o ruído a atividade captada pelos eletrodos que são de fora¹⁵.

O tipo de estímulo acústico gerado para a realização da pesquisa depende do tipo de potencial utilizado, podendo ser o clique (som de início e fim abruptos e de curta duração) ou *tone burst* (som de longa duração, sendo compreendido como a soma da ausência do som até sua chegada a amplitude necessária). Nesse caso, o computador é utilizado para a realização da pesquisa do potencial processando a atividade elétrica gerada em um período de tempo toda vez que um estímulo é dado. A resposta recebida a cada sinal é medida de forma a criar uma relação temporal fixa, desse modo as respostas acontecem em um mesmo grupo de sítios de memória. O ruído de fundo é reduzido através do estabelecimento da média dos estímulos, extraindo assim,

os potenciais evocados do ruído de fundo. As respostas geradas são transferidas e armazenadas para análise^{15,16}.

A aplicação dos exames eletrofisiológicos no diagnóstico de alterações auditivas advindas do sistema auditivo central é recomendada pela ASHA, associação internacional de audiologia, que inclui na bateria de testes mínima para a avaliação do PAC os potenciais evocados auditivos^{17,18}.

A pesquisa dos PEA é um método de avaliação da atividade neurológica da via auditiva desde o nervo auditivo até córtex cerebral frente a um estímulo acústico, ou seja, diz respeito a mudanças elétricas que acontecem nas vias auditivas periféricas e centrais devido à estimulação acústica. A pesquisa do PEA é realizada através da colocação de eletrodos no couro cabeludo, testa, lóbulos das orelhas e mastoides, onde as respostas obtidas são filtradas, amplificadas, separadas dos artefatos e somadas para a observação dos resultados em forma de ondas dadas no computador^{17,18}.

Os potenciais evocados são classificados de acordo com sua latência (tempo de geração de atividade neuroelétrica frente a um estímulo), origem anatômica (sítio gerador), relação estímulo e resposta (transitória ou contínua; endógena ou exógena) e o posicionamento dos eletrodos^{17,18}.

As principais aplicações clínicas do PEA são apresentação dos limiares de detecção do sinal acústico e avaliação da integridade funcional e estrutural dos componentes da via auditiva¹⁷.

Dentro dos potenciais evocados auditivos se tem o potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE) ou *Brainstem Evoked Response Audiometry* (BERA), potencial auditivo de curta latência que permite a obtenção

da atividade eletrofisiológica do sistema auditivo desde o primeiro neurônio do sistema auditivo até tronco encefálico entre 0 e 10ms após estimulação^{17,19}.

O PEATE é constituído por sete ondas de pico positivo, sendo seus sítios geradores: ondas I e II – nervo auditivo, onda III – núcleo coclear, onda IV – complexo olivar superior, onda V – lemnisco lateral, onda VI – colículo inferior e onda VII – corpo geniculado medial, sendo as cinco primeiras ondas as mais importantes e as ondas I, III e V e seus interpicos (I-III, III-V e I-V) geradores dos parâmetros mais importantes para a interpretação do exame devido a apresentação de maior pico e estabilidade^{17,19}.

O PEATE pode ser utilizado para pesquisa do limiar eletrofisiológico da audição e pesquisa da integridade da via auditiva, podendo ser útil para detecção de tumores e lesões, monitoramento cirúrgico, avaliação do grau de coma, diagnóstico de morte encefálica, identificação de neuropatia, avaliação da maturação do sistema auditivo central, diagnóstico do tipo de perda auditiva, identificação de limiar eletrofisiológico em neonatos e em crianças com transtornos psiquiátricos, problemas neurológicos e déficit de atenção, além de ser um exame objetivo que auxilia no diagnóstico auditivo de paciente simuladores¹⁷.

O exame deve ser realizado em ambiente adequado, através da colocação dos eletrodos nas mastoides ou lóbulos, meia da testa e lateral da testa, fazendo a limpeza da pele antes para melhor aderência dos mesmos. Em seguida é realizada a verificação da impedância para verificação da colocação correta dos eletrodos¹⁷.

No PEATE deve-se ter a reprodutibilidade do traçado, dois traçados devem ter os mesmos parâmetros para a confirmação da geração das ondas e resposta do tronco encefálico. O limiar eletrofisiológico é determinado pelo menor valor de intensidade de estímulo no qual há a presença da onda V. A latência e intensidade da onda V pode demonstrar o tipo de alteração auditiva do sujeito. O tipo de estímulo acústico tem relação com as características neurofisiológicas da via auditiva, desse modo, o PEATE pode ser avaliado através de estímulo acústico clique, tone burst ou até mesmo estímulo de fala^{17,19}.

O PEATE fornece informações sobre tipo de perda auditiva dependendo da amplitude e latência das ondas e seus interpicos¹⁹.

Ainda nos potenciais evocados auditivos de curta latência, se tem a resposta auditiva de estado estável (RAEE) que é um potencial evocado auditivo obtido através de um estímulo apresentado a uma taxa de frequência suficientemente rápida para causar sobreposição das respostas sucessivas, ou seja, a velocidade do estímulo não permite que o sistema nervoso volte a sua condição inicial gerando assim uma continuidade das respostas se sobrepondo a resposta do próximo estímulo, denominando-se estado estável^{19,20,21}.

Diferentemente do PEATE, a resposta auditiva de estado estável é um estímulo contínuo que não cessa. Por ser um estímulo sonoro com energia em uma faixa de frequência muito menor se comparado ao clique, faz com que a estimulação com esse tom tenha como resultado uma resposta com maior especificidade de frequência da cóclea^{20,21}.

A RAEE permite a pesquisa do limiar psicoacústico em ambas as orelhas simultaneamente para várias frequências, através de um estímulo repetitivo que é apresentado à cóclea. A resposta auditiva de estado estável pode caracterizar o grau de perda auditiva do indivíduo, principalmente em casos de perdas auditivas sensorineurais mais graves, demonstrando ser mais eficaz já que fornece informações sobre a audição residual da pessoa com deficiência auditiva. Essa medida eletrofisiológica ainda não é muito utilizada na rotina clínica, sendo assim, mais usada no diagnóstico ligado à pesquisa científica^{18,20,21}.

O potencial evocado auditivo de média latência (PEAML) é um conjunto de potenciais dentro da latência de pós-estímulo de 10 a 60ms. O PEAML aparenta ter múltiplos picos de múltiplos geradores, sendo esses picos positivos e negativos. Ele é uma série de ondas em um intervalo que vai de 10 a 80ms após a iniciação do estímulo, sendo representados pelos componentes Po, Na, Pa, Nb, Pb e Nc²².

Através desse potencial é possível obter resultados que refletem em atividades corticais envolvidas no reconhecimento, discriminação, figura-fundo, atenção, sequência auditiva e integração auditiva e visual. A resposta do PEAML corresponde também ao limiar auditivo comportamental do sujeito, ou seja, é capaz de dar informações sobre a integridade do sistema nervoso auditivo central (SNAC). O PEAML é um dos melhores potenciais para ser utilizado na avaliação da integridade do SNAC e do TPAC por causa da localização dos seus geradores que são distribuídos em áreas primárias e não primárias das vias auditivas talamocorticais, além de ser discutido sobre geradores distribuídos por todo o giro de Heschl. No potencial evocado auditivo

de média latência são analisadas as ondas Pa, Pb, Na e Nb por serem as ondas com maiores amplitudes e mais estáveis. Quando há alteração da latência e/ou amplitude dessas ondas, há indicação de comprometimento funcional das áreas avaliadas no exame. É apresentada intensidade de 70dBNA para a verificação da integridade da via auditiva central. Os eletrodos são colocados na mastoide esquerda e direita, posição frontal e temporoparietal esquerda e direita²².

Esse potencial é utilizado para determinação dos limiares auditivos em frequências baixas, avaliação do funcionamento do implante coclear, na avaliação e diagnóstico do funcionamento da via auditiva, localização de lesões, monitoramento intracirúrgico, perdas auditivas periféricas, funcionais e disfunção cortical, além de ser utilizado para a avaliação de distúrbios do processamento auditivo. A utilização desse potencial no processamento auditivo pode dar informações sobre as disfunções cerebrais de difícil detecção²².

A captação do PEAML reflete a atividade cortical auditiva primária envolvendo as habilidades de reconhecimento, discriminação e figura-fundo, além da atenção seletiva, sequência auditiva e integração auditiva visual, com auxílio das vias tálamo corticais, colículo inferior e formação reticular. Esse potencial se mostra um dos melhores testes para a avaliação do SNAC devido à localização dos sítios geradores e de suas ondas, além de seu surgimento necessitar da integridade das áreas auditivas centrais mais altas^{18,22}.

O potencial de média latência pode ser útil para a reabilitação fonoaudiológica, já que ajuda na melhora e direcionamento da terapia de

linguagem e aponta alterações do processamento auditivo e atividade funcional do córtex auditivo. Além disso, esse potencial pode auxiliar na avaliação da audição em pacientes autistas, com distúrbios neuropsiquiátricos, distúrbios sistêmicos que afetam o sistema auditivo ou qualquer tipo de alteração que impeça uma avaliação comportamental do indivíduo^{18,22}.

O potencial evocado auditivo de longa latência (PEALL) é uma resposta bioelétrica da atividade do tálamo e do córtex frente a um estímulo acústico ou elétrico. Tal potencial participa da mensuração da atividade neuroelétrica nos sítios da via auditiva, além de fazer a observação do processamento da informação auditiva em milissegundos. Por esse motivo, esse potencial pode ser utilizado como instrumento de investigação do processamento da informação, tais como, decodificação, seleção, memória e tomada de decisão^{18,23}.

Os potenciais de longa latência são respostas bioelétricas do tálamo e do córtex que acontecem entre 80 e 600ms, tendo seus picos polaridades positivas e negativas sucessivamente, formando as ondas N1, P2, N2 e P3. Tal potencial é tanto exógeno quanto endógeno, pois as ondas N1, P2 e N2 se formam a partir dos estímulos dados, já a onda P300 necessita de resposta cognitiva do indivíduo para sua formação²³.

As ondas P1, N1 e P2 são exógenas, mostrando se o estímulo acústico dado chegou ao córtex e deu início ao processamento, além de mostrar se o sinal sonoro chegou de forma adequada no córtex auditivo, sendo, portanto, componentes utilizados para a determinação dos limiares auditivos através da investigação da resposta auditiva. Tais componentes se mostram alterados

quando há latências aumentadas ou diminuição da amplitude da onda. Esses componentes têm como geradores as áreas corticais auditivas primária e secundária, além de sistema límbico²³.

O potencial evocado auditivo P300 é formado por uma onda de pico positivo que tem latência em aproximadamente 300ms, refletindo a atividade das áreas cerebrais responsáveis pelas funções de atenção, discriminação, integração e memória, atividades necessárias para o processamento auditivo central^{23,24}.

Este é um potencial endógeno gerado voluntariamente, de forma ativa, durante o desempenho de uma tarefa específica. Esse potencial requer que o sujeito processe um sinal acústico em nível cognitivo, executando uma tarefa que requer atenção^{23,24}.

As áreas cerebrais que são geradoras da resposta desse potencial são o hipocampo, córtex auditivo, córtex centro-parietal e córtex frontal. Alguns autores sugerem que o neocórtex lateral do lobo parietal inferior auxilia nas habilidades de orientação e atenção, interagindo assim com as áreas pré-frontais medial e lateral nos processos que requerem atenção, além de interagirem com o hipocampo nos processos de memória^{23,24}.

O P300 é realizado de forma consciente, onde a pessoa necessita diferenciar dois estímulos, sendo um frequente e outro raro dado em forma de tom puro ou estímulo de fala, diferenciando-se em relação à frequência, intensidade e duração. O indivíduo deverá levantar a mão ou contar os estímulos raros, formando assim a onda P300. A pele do sujeito é adequadamente preparada e esfoliada para a recepção dos eletrodos, em

seguida são colocados eletrodos no vértex (ativo) e lóbulo da orelha ou mastoide (referência e terra). São dados estímulos de 1000Hz (estímulos frequentes que aparecem em 80% das apresentações) e 2000Hz (estímulos raros que aparecem em 20% das apresentações), podendo variar num total de 200 à 500 estímulos, com o tempo de duração total de 10 à 20 minutos^{23,24}.

Em casos onde o paciente não consegue contar os estímulos raros, é possível que a onda P300 não se forme. Pode acontecer também de ter ausência da resposta devido a distúrbios do processamento auditivo, mas isso só é considerado quando o indivíduo conta corretamente o número de estímulos raros e há ausência da resposta do mesmo modo. É necessário que o indivíduo esteja descansado, pois o cansaço pode fazer com que haja uma alteração da latência, além disso, o horário de preferência da pessoa para atividades, fome, tipo de tarefa, idade e gênero, dominância cerebral, perda auditiva, motivação e memória, vigília e atenção à tarefa podem modificar a latência do P300^{23,24}.

Esse exame é indicado em casos de distúrbios da cognição relacionados a patologias neurológicas, para detecção de simuladores de perda auditiva, além de distúrbios do processamento auditivo central em crianças de forma mais rápida e objetiva, podendo ser útil também para o monitoramento do tratamento²⁴.

O P300 tem se mostrado um instrumento necessário para a compreensão do funcionamento do processamento auditivo central e das condições patológicas, sendo assim, de extrema importância para a escolha do melhor tratamento dos distúrbios da linguagem (fala e escrita)^{23,24}.

O *Mismatch Negativity* (MMN) é um potencial negativo relacionado a eventos, sendo ele um componente endógeno de longa latência. Esse potencial é uma resposta cerebral elétrica desencadeada por um estímulo diferente em aspecto repetitivo da estimulação auditiva que aparece sem necessitar da atenção do indivíduo. Esse componente está relacionado à detecção de uma mudança, sendo gerado a partir de um processo de discriminação da mudança, onde o sistema auditivo usa traços de memória neuronal do estímulo como uma referência para a detecção da mudança^{18,25}.

O MMN fornece medida dos processos de memória auditiva de curto prazo, além da capacidade de guardar e discriminar diferenças sensoriais auditivas. Esse potencial é gerado no córtex auditivo, entretanto, sua área exata depende da frequência, intensidade e duração do estímulo, além de depender da complexidade do som²⁵.

Para a realização do exame são dados estímulos iguais repetitivamente com curtos intervalos onde são dados estímulos diferentes, podendo ser diferenciado pela frequência, duração, intensidade ou localização. Geralmente os estímulos são dados através de fones de ouvido em ambas as orelhas ao mesmo tempo, colocando eletrodos de forma frontotemporais ou frontocentrais, sendo apresentados em média de 1200 a 2700 estímulos padrão e de 200 a 300 estímulos diferentes, em uma variação de frequência de 65dB à 80dB. O pico do MMN aparece entre 150 e 350 ms²⁵.

Portanto, o MMN é um potencial de longa latência que acontece quando o sistema auditivo detecta diferenças na estimulação acústica padrão. Sua aplicação clínica é útil devido ao fato de ser desencadeado por qualquer

mudança discriminativa sem necessitar da atenção do indivíduo, apresentando uma boa correlação com o limiar de discriminação comportamental²⁵.

Os achados encontrados nos exames eletrofisiológicos através da mudança de latência e amplitude das ondas apresentadas podem ser sinais de alterações auditivas, cognitivas, de memória, linguagem, atenção, codificação, seleção, tomada de decisão e discriminação^{23,24,25}.

2.6. Correlação Entre os Testes Eletrofisiológicos e o Transtorno do Processamento Auditivo Central

O processamento da informação auditiva é uma atividade complexa do SNAC, que envolve mecanismos auditivos e habilidades para o processamento de um sinal auditivo. Os testes comportamentais e eletrofisiológicos devem ser utilizados de forma conjunta para uma avaliação mais eficaz do funcionamento do SNAC, permitindo qualificar e quantificar as disfunções do mesmo oferecendo informações para o planejamento do tratamento²⁴.

Para o fechamento do diagnóstico das alterações comportamentais do SNAC pode ser feita uma avaliação do processamento onde são realizados testes auditivos comportamentais (teste de fala filtrada, fala no ruído, SSI/PSI, dicótico de dígitos, dicótico consoante vocal, SSW, padrão de frequência, RGDT, GIN e MLDT) e/ou eletrofisiológicos (EOA, PEATE, RAEE, PEAML, MMN e PEALL), sendo os testes eletrofisiológicos um meio de avaliação alternativa e complementar das respostas do sistema auditivo por meio de medidas elétricas. Os testes comportamentais avaliam tronco encefálico, corpo

caloso e córtex auditivo primário. Já os testes eletrofisiológicos avaliam todo o sistema auditivo periférico e central, desde cóclea (EOA) até córtex auditivo (PEALL)^{24,25}.

A utilização dos PEA como um instrumento diagnóstico é promissora, com colaboração para o fechamento do diagnóstico fonoaudiológico, já que investiga o caminho do som desde de sua captação na orelha externa até sua chegada e interpretação no córtex auditivo. A integridade do sistema auditivo é de extrema importância para o desenvolvimento da linguagem, fala, leitura e escrita, portanto, a investigação do processamento auditivo central é essencial para abordagens terapêuticas mais adequadas, prevenção e tratamento dos distúrbios relacionados a linguagem^{15,24}.

Para relacionar as alterações do SNAC são muito utilizados os exames eletrofisiológicos, principalmente o PEATE e o PEALL (onde há alterações das ondas N2, P2 e P300, principalmente), mostrando alterações de latência e amplitude das ondas nas respostas dos exames. Também são utilizados exames como PEAML por apresentar boa visibilidade da onda Pa para disfunção funcional do SNAC, demonstrando alterações de latência a amplitude como os exames anteriores. Portanto, a diminuição da amplitude ou aumento da latência das ondas nos exames eletrofisiológicos indicam que há alterações das vias auditivas e uma disfunção funcional das estruturas envolvidas no processamento da informação sonora, sendo assim, as medidas eletrofisiológicas darão ao terapeuta melhor possibilidade de associação dos aspectos comportamentais aos funcionais ao nível do sistema nervoso, contribuindo para o diagnóstico complementar, fazendo necessária a

intervenção terapeuta fonoaudiológica para melhoria e adaptação das habilidades auditivas alteradas^{15,26,27,28}.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo Geral

Realizar revisão integrativa de literatura em exames eletrofisiológicos como complementares ao diagnóstico do transtorno do processamento auditivo central, verificando-se a eficácia dos exames, aqueles de maior uso e quais alterações funcionais encontradas.

3.2. Objetivos Específicos

3.2.1. Verificar qual exame eletrofisiológico mais utilizado na avaliação do sistema nervoso auditivo central.

3.2.2. Analisar a eficácia dos exames eletrofisiológicos no diagnóstico de alterações do sistema nervoso auditivo central.

3.2.3. Verificar quais as alterações funcionais do sistema nervoso auditivo central que são mais encontradas nos testes eletrofisiológicos.

4. MÉTODOS

O presente estudo consiste em uma revisão integrativa de literatura, de caráter quanti-qualitativo, analítico descritivo em que foram selecionados e analisados artigos científicos originais, publicados na íntegra, entre os anos de 2010 e 2019, que estudaram e avaliaram a utilização dos exames eletrofisiológicos como exames complementares para o diagnóstico de alterações encontradas no SNAC.

Para se realizar esta pesquisa foram consultadas as bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (Scielo) e pela base de dados Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs).

Para a seleção dos artigos foram utilizados os descritores em português, constantes da lista dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCs): Eletrofisiologia, Processamento, Testes Auditivos, Transtornos da Audição e Percepção Auditiva, além dos descritores em inglês: *Eletrophysiology*, *Processing*, *Hearing Tests*, *Hearing Disorders* e *Auditory Perception*. Os descritores Eletrofisiologia e Processamento em português e os descritores *Electrophysiology* e *Processing* em inglês foram os principais utilizados, sendo estes combinados com os demais descritores por meio de uso do operador *booleano* “AND” (Figuras 1 e 2).

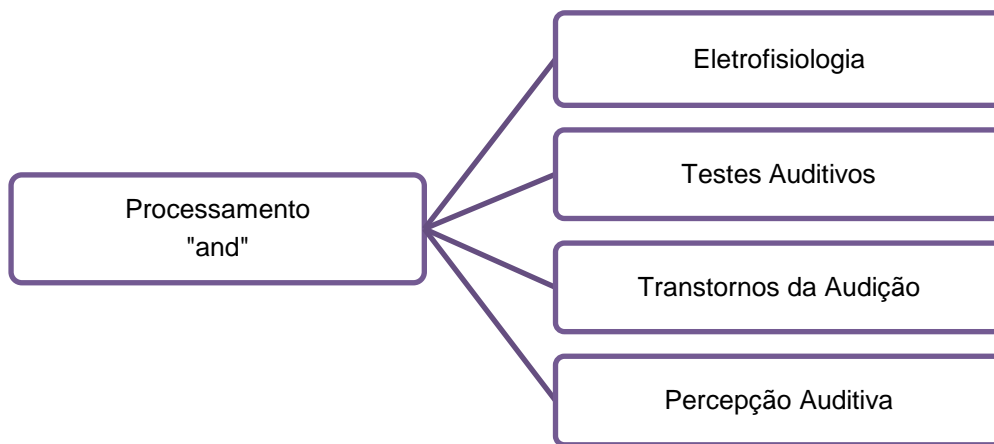
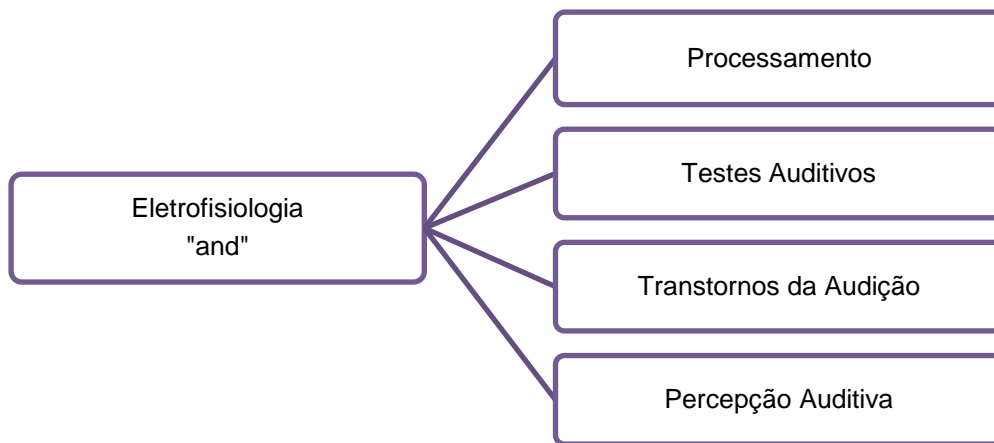


Figura 1 – Descritores “eletrofisiologia” e “processamento” combinados com outros descritores (DeCs).

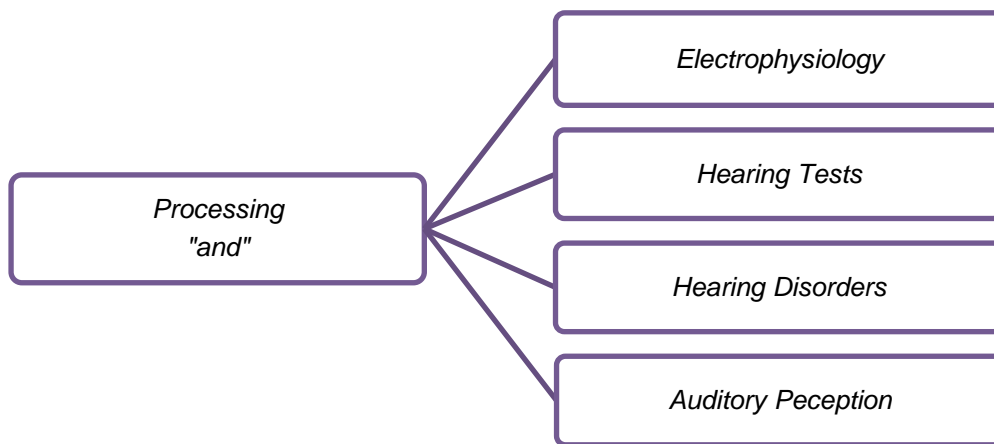
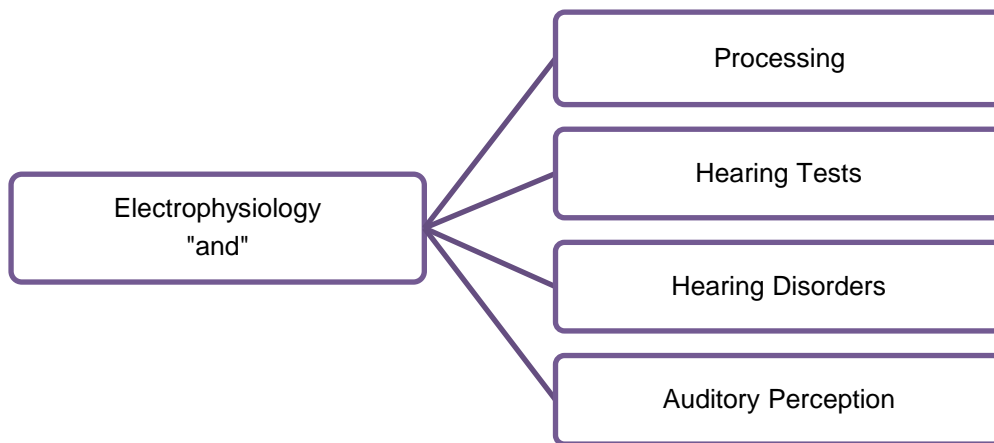


Figura 2 – Descritores “*electrophysiology*” e “*processing*” combinados com outros descritores (DeCs).

Para a filtragem dos artigos foi elaborado um formulário para a realização do Teste de Relevância com os seguintes critérios de inclusão:

1. Artigo original publicado na íntegra nos bancos de dados escolhidos.
2. Artigo científico publicado nos últimos dez anos.

3. Estudo relacionando testes eletrofisiológicos a avaliação do processamento auditivo central.

Os critérios de exclusão consistiram em:

1. Publicações fora do período de análise estipulado.
2. Artigos que não estão nos idiomas inglês e/ou português.
3. Publicações que não relacionam os exames eletrofisiológicos com o processamento auditivo central.
4. Artigos de revisão de literatura e estudos de caso.

Na seleção dos artigos, os descritores foram inseridos inicialmente em combinação nas bases de dados Scielo e Lilacs, sendo registrado o número total de artigos encontrados (n=148) que estavam nos idiomas selecionados. Na seleção por meio de análises dos títulos foram eliminados 35, restando 113 artigos (Figura 3).

Desses artigos foram excluídos 23, por não estarem no período selecionado, além de serem eliminados mais 44 artigos após a leitura dos resumos, restando 46 artigos. Após a verificação da relação dos testes eletrofisiológicos com o processamento auditivo central foram eliminados 10 artigos, restando 36. Após verificação de artigos duplicados em ambas as bases de dados, restaram 21 artigos para serem lidos.

Após leitura na íntegra, foram selecionados nove artigos que compõem a amostra final do presente estudo.

Para atendimento aos critérios de inclusão e exclusão foi utilizado o teste de relevância demonstrado na Figura 3.

Questões	Sim	Não
Trata-se de artigo científico?		
O artigo encontra-se na íntegra?		
O artigo está em inglês ou em português?		
O artigo é dos últimos dez anos?		
O estudo aborda os testes eletrofisiológicos?		
A publicação correlaciona os exames eletrofisiológicos com as alterações do sistema auditivo central, sua eficácia e diz qual exame é mais utilizado?		

Figura 3 – Teste de Relevância utilizado na pesquisa.

O fluxograma do processo de seleção e filtragem dos artigos para esta revisão apresenta-se na Figura 4 e as etapas do presente estudo apresentam-se na Figura 5.

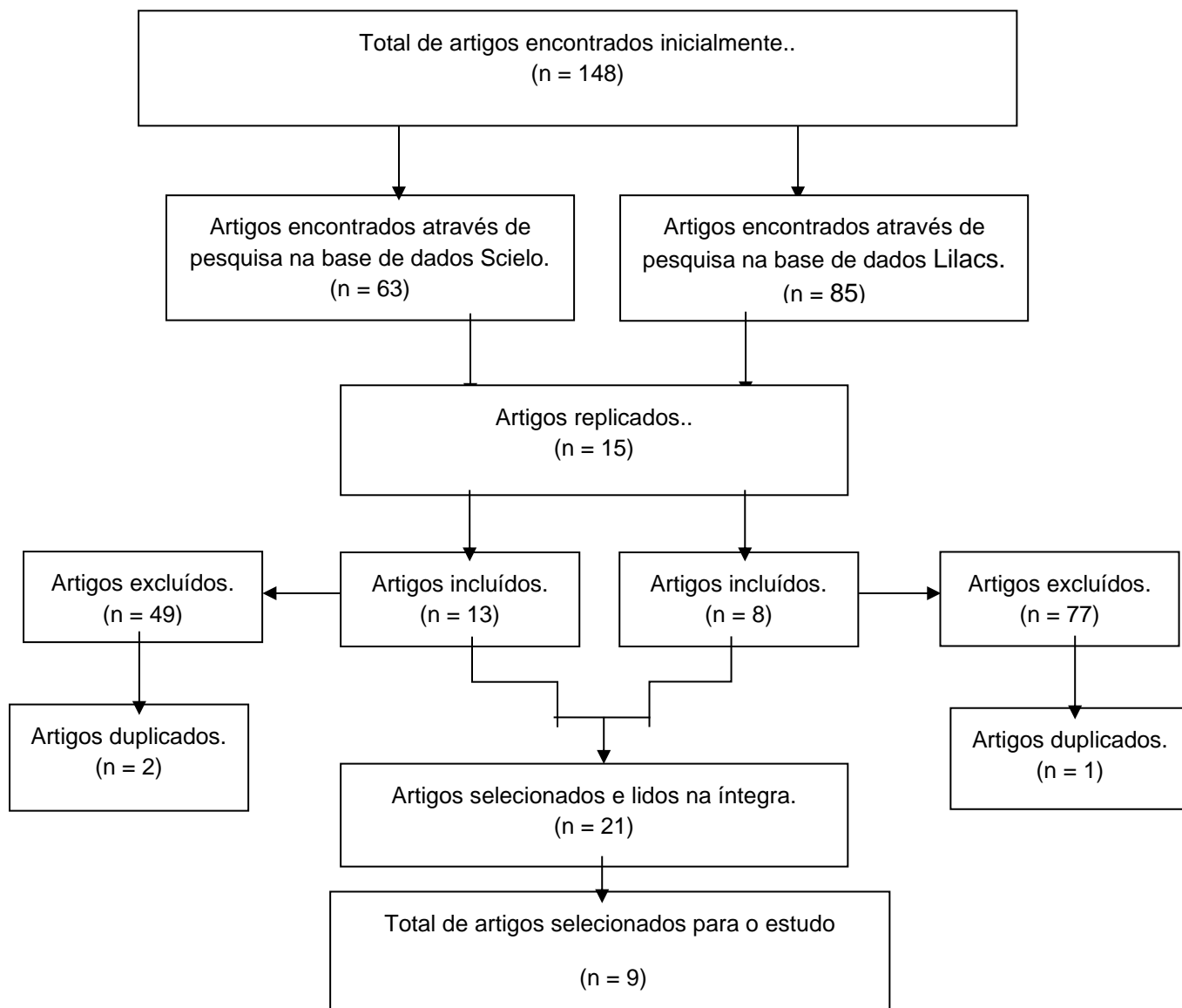


Figura 4 – Fluxograma de seleção dos artigos.

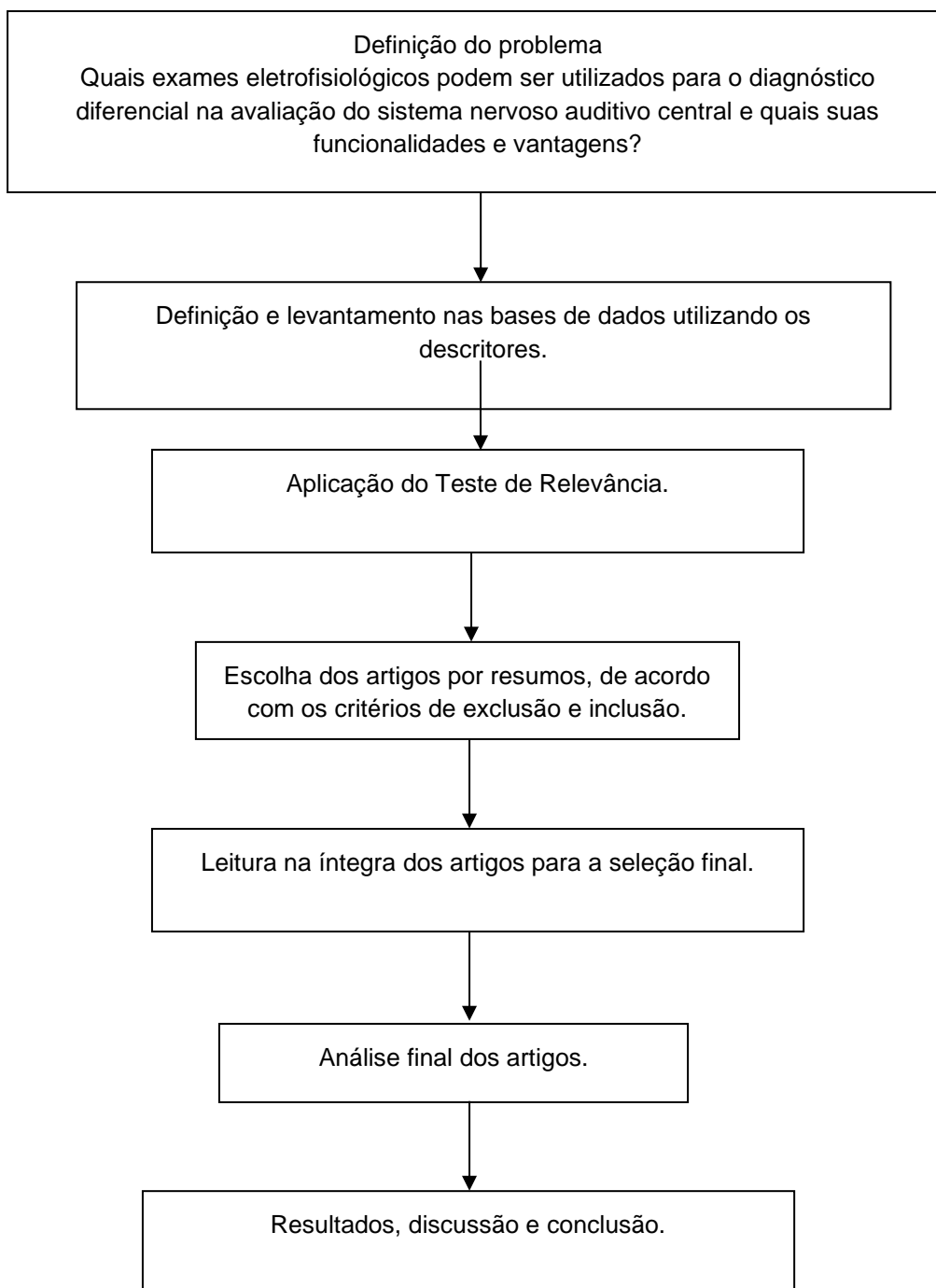


Figura 5 – Fluxograma das etapas da pesquisa.

5. RESULTADOS

A partir da consulta às bases de dados Scielo e Lilacs foram encontrados, a princípio, 148 artigos. Após a seleção a partir dos critérios de inclusão e exclusão restaram nove artigos relacionados a utilização dos exames eletrofisiológicos na avaliação do transtorno do processamento auditivo central, além de destacar os resultados das alterações encontradas nos exames e sua importância.

A identificação dos artigos em português selecionados para o estudo apresenta-se no Quadro 1 e os resumos dos artigos em português selecionados apresentam-se no Quadro 2. Já a identificação dos artigos em inglês apresenta-se no Quadro 3 e os resumos dos mesmos no Quadro 4.

Quadro 1 – Identificação dos artigos em português selecionados para o estudo.

	Título do Artigo	Dados de Publicação
1	Processamento auditivo (central) em crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica.	Oliveira JC, Murphy CFB, Schochat E. 2013. Rev. CoDAS. Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia.
2	Aplicabilidade do teste padrão de frequência e P300 para avaliação do processamento auditivo.	Mendonça EBS, Muniz LF, Leal MDC, Diniz ADS. 2013. Rev. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology: 79(4), 512-521.
3	Resolução temporal e potenciais corticais em diferentes níveis de proficiência da língua inglesa.	Oppitz SJ, Bruno RS, Didoné DD, Garcia MV. 2017. Rev. CEFAC: 19(1), 27-40.
4	Mismatch negativity em crianças com distúrbio específico de linguagem e transtorno do processamento auditivo.	Rocha-Muniz CN, Befi-Lopes DM, Schochat E. 2015. Rev. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology: 81(4), 408-415.
5	Avaliação audiológica comportamental e eletrofisiológica no transtorno do espectro do autismo.	Romero ACL, Gução ACB, Delecrode CR, Cardoso ACV, Misquiatti ARN, Frizzo ACF. 2014. Revista CEFAC: 16(3), 707-714.
6	Potencial cognitivo em crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade.	Romero ACL, Capellini SA, Frizzo ACF. 2013. Rev. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology: 79(5), 609-615.
7	Achados da avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo.	Santos TSD, Mancini PC, Sancio LP, Castro AR, Labanca L, Resende LMD. 2015. Rev. Audiology-Communication Research: 20(3), 225-232.

Quadro 2 – Resumo dos artigos em português selecionados para o estudo.

ARTIGO 1: Processamento auditivo (central) em crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica.
Objetivo: Comparar o desempenho de crianças com dislexia e grupo controle em testes de processamento auditivo e P300. Métodos: Vinte e dois indivíduos com dislexia (grupo estudo) e 16 indivíduos com desenvolvimento considerado típico (grupo controle) participaram do estudo. Todos os indivíduos foram submetidos aos testes de processamento auditivo (Teste Padrão de Frequência, Dicótico de Dígitos e Fala com Ruído) e o P300. Resultados: Em relação aos testes comportamentais, houve diferença para o Teste Padrão de Frequência e para a orelha esquerda no Teste Dicótico de Dígitos, sendo que o grupo estudo apresentou pior desempenho em ambos os testes. Para o P300, houve diferença entre os grupos em relação aos valores absolutos de amplitude e latência, mas esta não foi significativa. Conclusão: Os achados sugerem que crianças com dislexia apresentam alteração das habilidades auditivas de processamento temporal e figura-fundo, o que foi evidenciado por meio de testes comportamentais de processamento auditivo. Não houve diferença em relação aos desempenhos de ambos os grupos para o P300. Descritores: Dislexia; Percepção auditiva; Eletrofisiologia; Leitura; Testes auditivos.
ARTIGO 2: Aplicabilidade do teste padrão de frequência e P300 para avaliação do processamento auditivo.
A ordenação temporal e atenção auditiva são habilidades importantes no processamento da informação, sendo avaliadas com teste comportamental, como o teste padrão de frequência (TPF), na ordenação temporal (OT) e por teste eletrofisiológico, como o P300, na atenção auditiva. Objetivo: Analisar a aplicabilidade do TPF e P300 como testes para avaliação do processamento auditivo. Método: Foi realizada uma revisão bibliográfica integrativa, com artigos que atenderam aos critérios de inclusão, utilizando as bases de dados MedLine, LILACS e SciELO, com as palavras-chave: atenção auditiva, potencial evocado P300, eletrofisiologia e P300, ordenação temporal, processamento e TPF. Foram identificados 13 artigos concernentes ao uso do TPF e 16 referentes ao uso do P300. Resultados: O TPF foi o teste mais utilizado na avaliação da OT, apresentado de forma diótica em indivíduos com alterações de linguagem, músicos, com cegueira, trabalhadores rurais e diversas faixas etárias. O P300 é feito na frequência de 1.000 Hz no estímulo frequente e 2.000 Hz para estímulo raro, aplicável em indivíduos de ambos os sexos, diversas faixas etárias, e em portadores de síndrome de Down, cirrose hepática, AIDS e síndrome da apneia do sono. Conclusão: O TPF e P300 são instrumentais eficazes para avaliação das habilidades propostas. Descritores: Atenção; Audição; Eletrofisiologia; Potencial evocado P300.
ARTIGO 3: Resolução temporal e potenciais corticais em diferentes níveis de proficiência da língua inglesa.
Objetivos: investigar e comparar as habilidades auditivas entre normo-ouvintes bilíngues estudantes de diferentes níveis de proficiência do inglês por meio de teste comportamental e eletrofisiológico. Métodos: este estudo tem caráter descritivo, quantitativo e transversal. A amostra foi composta por 39 sujeitos (alunos de escolas de idiomas: 13 no nível avançado (GA); 13 no nível intermediário (GI); 13 no nível básico (GB)), com idade entre 18 a 35 anos, limiares auditivos tonais dentro dos limites da normalidade e sem queixas de habilidades de processamento auditivo. Foram submetidos aos testes comportamentais: teste de detecção de gap (RGDT); e ao teste eletrofisiológico potencial evocado auditivo de longa latência (PEALL), com estímulos verbais (sílabas /ba/ – frequente – e /di/ – raro) Resultados: verificou-se diferença estatisticamente significativa entre as orelhas para: o GB, para a amplitude de N1 e P2, com maiores valores para a orelha esquerda; o GI, para a amplitude de P1, N1 e P2, com maiores valores para a orelha esquerda, o GA, para a latência do componente N1, com maiores valores para a orelha esquerda, e, para as amplitudes dos componentes P2, N2 e P3, com maiores valores para a orelha esquerda. Entre os grupos, o teste RGDT mostrou menores valores para GA e para latência do componente N1, com maiores valores para o GB. Conclusões: pode-se concluir que o nível de proficiência avançado da língua inglesa estimula a velocidade de conexões neurais desencadeando a ocorrência mais rápida do potencial N1, assim a habilidade de resolução temporal é significativamente melhor à medida que o tempo de estudo aumenta. Descritores: Audição; Bilinguismo; Eletrofisiologia; Potencial Evocado P300; Adulto.
ARTIGO 4: Mismatch negativity em crianças com distúrbio específico de linguagem e

transtorno do processamento auditivo.

Introdução: Mismatch Negativity (MMN), uma medida eletrofisiológica, mede a habilidade do cérebro em discriminar sons, independente da capacidade atencional e comportamental. Assim, esse potencial mostra-se promissor no estudo das bases neurofisiológicas que subjaz o processamento auditivo. **Objetivo:** Investigar a discriminação de sinais acústicos complexos (fala) no sistema auditivo por meio do MMN, com crianças com distúrbio específico de linguagem (DEL), comparando com transtorno do processamento auditivo (TPA) e desenvolvimento típico (DT). **Método:** Estudo Prospectivo. 75 crianças (6-12 anos) participaram deste estudo: 25 crianças com DEL, 25 com TPA e 25 em DT. O MMN foi obtido por meio da subtração das ondas obtidas pelos estímulos /ga/ (frequente) e /da/ (raro). Foram analisadas as medidas de latência do MMN e duas medidas de amplitude. **Resultados:** Foi possível verificar ausência do MMN em 16% no TPA e 24% DEL. Na análise comparativa, os grupos TPA e DEL apresentaram maiores valores latências e menores valores de amplitude em relação ao DT. **Conclusão:** Estes dados demonstram uma alteração na discriminação automática de componentes acústicos cruciais dos sons de fala em crianças com TPA e DEL, o que poderia indicar alterações nos processos fisiológicos responsáveis pela discriminação precisa de contrastes acústicos em níveis pré-atencionais e pré-conscientes, contribuindo para uma percepção deficiente. © 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados. **Descritores:** Eletrofisiologia; Percepção auditiva; Transtornos da percepção auditiva; Potenciais evocados auditivos; Transtornos do desenvolvimento da linguagem.

ARTIGO 5: avaliação audiológica comportamental e eletrofisiológica no transtorno do espectro do autismo.

Objetivo: descrever os achados das avaliações audiológicas comportamentais e eletrofisiológicas de pacientes com diagnóstico de transtorno do espectro do autismo. **Métodos:** estudo descritivo, de coorte contemporânea com corte transversal, composto por nove pacientes com diagnóstico de transtorno do espectro do autismo, submetidos a avaliação comportamental e eletrofisiológica da audição. Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva. **Resultados:** todos os pacientes avaliados apresentaram limiares audiométricos dentro dos padrões de normalidade. Oito pacientes apresentaram curva timpanométrica do tipo A, e um do tipo C. Observou-se emissões otoacústicas por produto de distorção presentes em todos os pacientes avaliados. Os resultados do potencial evocado auditivo de tronco encefálico demonstraram integridade das vias auditiva. **Conclusão:** a população estudada apresentou resultados compatíveis com a normalidade tanto na avaliação comportamental como na avaliação eletrofisiológica da audição. Pelo fato de não haver consenso, na literatura especializada, quanto aos achados audiológicos nesta população, principalmente no que se refere à avaliação eletrofisiológica do processamento auditivo, sugere-se a realização de novos estudos. **Descritores:** Audição; Potenciais Evocados Auditivos; Eletrofisiologia; Transtorno Autístico.

ARTIGO 6: Potencial cognitivo em crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade.

A literatura tem descrito comorbidades entre os sintomas das crianças com Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) e as alterações de processamento auditivo e tais sintomas têm sido negligenciados na avaliação e, conseqüentemente, na reabilitação desses indivíduos. **Objetivo:** Comparar os achados do potencial evocado auditivo de longa latência em crianças com e sem TDAH. **Método:** Este estudo é de coorte histórica com corte transversal do tipo caso-controle, no qual participaram 30 crianças, com e sem TDAH na faixa etária de 8 a 12 anos. Foi realizado o potencial evocado auditivo de longa latência em duas varreduras, por meio de tarefas passivas diferindo quanto frequência e duração (MMNf e MMNd) e ativas (P300f e P300d). **Resultados:** Na comparação entre o desempenho das crianças com e sem TDAH no teste de avaliação eletrofisiológica da audição foram observadas diferenças ao nível de significância para a amplitude de P2 da OE, que foi maior para o grupo com TDAH, e para a amplitude e latência de N2, que se mostraram alteradas no grupo com TDAH. **Conclusão:** O presente estudo possibilitou maior conhecimento da via auditiva central das crianças com e sem TDAH quando avaliadas a partir de testes eletrofisiológicos. **Descritores:** Eletrofisiologia; Potenciais evocados auditivos; Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade.

ARTIGO 7: Achados da avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo.

Objetivo: Realizar uma análise descritiva do desempenho de pacientes encaminhados a um

hospital de uma instituição de ensino público, para avaliação do processamento auditivo, e correlacionar os achados desta avaliação à idade, queixas, resultados e às avaliações auditivas comportamental e eletrofisiológica. **Métodos:** O estudo incluiu 159 indivíduos encaminhados pelo sistema público de saúde para avaliação do processamento auditivo. Todos os participantes realizaram audiometria tonal liminar, medidas de imitância acústica, testes comportamentais do processamento auditivo e avaliação eletrofisiológica da audição. **Resultados:** A principal queixa referida foi a de dificuldade de aprendizagem e os testes que avaliam processamento temporal e escuta dicótica foram os que apresentaram maior prevalência de alteração. Em todos os testes eletrofisiológicos, o número de resultados normais foi superior aos alterados. A proporção de indivíduos normais e alterados, nos testes comportamentais e eletrofisiológicos, não diferiu em relação ao gênero. Houve correlação fraca entre fechamento auditivo e potencial evocado auditivo de média latência da orelha direita; potencial evocado auditivo de média latência da orelha esquerda e potencial evocado auditivo de média latência total; ordenação temporal e efeito eletrodo direito e P300; processamento temporal e potencial evocado auditivo de média latência da orelha direita; escuta dicótica e P300 e entre interação binaural e reflexo acústico das orelhas direita e esquerda. **Conclusão:** A dificuldade de aprendizagem prevaleceu sobre as queixas dos participantes e as habilidades de processamento temporal e escuta dicótica apresentaram maior prevalência de alteração. A maioria dos participantes foi encaminhada para a avaliação do processamento auditivo pelo fonoaudiólogo. Os testes eletrofisiológicos apresentaram correlação fraca com os testes comportamentais. **Descritores:** Fonoaudiologia; Audição; Percepção auditiva; Transtornos da percepção auditiva; Potenciais evocados auditivos; Testes auditivos.

Quadro 3 – Identificação dos artigos em inglês selecionados para o estudo.

	Título do Artigo	Autor, Ano e Local de Publicação
1	Computerized Auditory Training in Students: Electrophysiological and Subjective Analysis of Therapeutic Effectiveness.	de Melo Â, Mezzomo CL, Garcia MV, Biaggio EPV. (2018). Rev. International archives of otorhinolaryngology: 22(01), 023-032.
2	Sensitivity and specificity of auditory steady-state response testing.	Rabelo CM, Schochat E. 2011. Rev. Clinics: 66(1), 87-93.

Quadro 4 – Resumo dos artigos em inglês selecionados para o estudo.

<p>ARTIGO 1: Computerized Auditory Training in Students: Electrophysiological and Subjective Analysis of Therapeutic Effectiveness.</p> <p>Introduction: Computerized auditory training (CAT) has been building a good reputation in the stimulation of auditory abilities in cases of auditory processing disorder (APD). Objective: To measure the effects of CAT in students with APD, with typical or atypical phonological acquisition, through electrophysiological and subjective measures, correlating them pre- and post-therapy. Methods: The sample for this study includes 14 children with APD, subdivided into children with APD and typical phonological acquisition (G1), and children with APD and atypical phonological acquisition (G2). Phonological evaluation of children (PEC), long latency auditory evoked potential (LLAEP) and scale of auditory behaviors (SAB) were conducted to help with the composition of the groups and with the therapeutic intervention. The therapeutic intervention was performed using the software Escuta Ativa (CTS Informática, Pato Branco, Brazil) in 12 sessions of 30 minutes, twice a week. For data analysis, the appropriate statistical tests were used. Results: A decrease in the latency of negative wave N2 and the positive wave P3 in the left ear in G1, and a decrease of P2 in the right ear in G2 were observed. In the analysis comparing the pre- and post-CAT groups, there was a significant difference in P1 latency in the left ear and P2 latency in the right ear, pre-intervention. Furthermore, eight children had an absence of the P3 wave, pre-CAT, but after the intervention, all of them presented the P3 wave. There were changes in the SAB score pre- and post-CAT in both groups. The presence of correlation between the scale and some LLAEP components was observed. Conclusion: The CAT produced an electrophysiological modification, which became evident in the effects of the effects of neural plasticity after CAT. The SAB proved to be useful in measuring the therapeutic effects of the intervention. Moreover, there were behavioral changes in the SAB (higher scores) and correlation with LLAEP. Keywords: Auditory perception; Electrophysiology; Speech disorders; Acoustic stimulation; Software.</p>
<p>ARTIGO 2: Sensitivity and specificity of auditory steady-state response testing.</p> <p>Introduction: The ASSR test is an electrophysiological test that evaluates, among other aspects, neural synchrony, based on the frequency or amplitude modulation of tones. Objective: The aim of this study was to determine the sensitivity and specificity of auditory steady-state response testing in detecting lesions and dysfunctions of the central auditory nervous system. Methods: Seventy volunteers were divided into three groups: those with normal hearing; those with mesial temporal sclerosis; and those with central auditory processing disorder. All subjects underwent auditory steady-state response testing of both ears at 500 Hz and 2000 Hz (frequency modulation, 46 Hz). The difference between auditory steady-state response-estimated thresholds and behavioral thresholds (audiometric evaluation) was calculated. Results: Estimated thresholds were significantly higher in the mesial temporal sclerosis group than in the normal and central auditory processing disorder groups. In addition, the difference between auditory steady-state response-estimated and behavioral thresholds was greatest in the mesial temporal sclerosis group when compared to the normal group than in the central auditory processing disorder group compared to the normal group. Discussion: Research focusing on central auditory nervous system (CANS) lesions has shown that individuals with CANS lesions present a greater difference between ASSR-estimated thresholds and actual behavioral thresholds; ASSR-estimated thresholds being significantly worse than behavioral thresholds in subjects with CANS insults. This is most likely because the disorder prevents the transmission of the sound stimulus from being in phase with the received stimulus, resulting in asynchronous transmitter release. Another possible cause of the greater difference between the ASSR-estimated thresholds and the behavioral thresholds is impaired temporal resolution. Conclusions: The overall sensitivity of auditory steady-state response testing was lower than its overall specificity. Although the overall specificity was high, it was lower in the central auditory processing disorder group than in the mesial temporal sclerosis group. Overall sensitivity was also lower in the central auditory processing disorder group than in the mesial temporal sclerosis group. Keywords: Auditory evoked potentials; Auditory Perception; Electrophysiology; Temporal lobe epilepsy.</p>

Os testes eletrofisiológicos identificados nos estudos, utilizados nos processos de avaliação dos participantes estão apresentados no Quadro 5, a seguir.

Quadro 5 – Testes eletrofisiológicos utilizados nos estudos.

	Título do Artigo	Testes Utilizados
1	Processamento auditivo (central) em crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica.	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL/P300).
2	Aplicabilidade do teste padrão de frequência e P300 para avaliação do processamento auditivo.	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL - P300).
3	Resolução temporal e potenciais corticais em diferentes níveis de proficiência da língua inglesa.	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL).
4	<i>Mismatch negativity</i> em crianças com distúrbio específico de linguagem e transtorno do processamento auditivo.	<i>Mismatch Negativity</i> (MMN).
5	Avaliação audiológica comportamental e eletrofisiológica no transtorno do espectro do autismo.	Emissões Otoacústicas por Produto de Distorção (EOAPD) e Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE).
6	Potencial cognitivo em crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade.	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL - P300f).
7	Achados da avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo.	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE); Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML); e P300.
8	Computerized Auditory Training in Students: Electrophysiological and Subjective Analysis of Therapeutic Effectiveness.	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL - P300).
9	Sensitivity and specificity of auditory steady-state response testing.	Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE).

Entre os artigos utilizados para o estudo, cinco deles (52%) apontam o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL) como principal exame utilizado para o diagnóstico complementar das alterações do sistema nervoso auditivo central, sendo que entre os quatro artigos restantes, um (12%) aponta o *Mismatch Negativity* (MMN) como principal exame utilizado, outro (12%) aponta o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) combinado com as Emissões Otoacústicas Produto de Distorção (EOAPD), o terceiro

(12%) aponta a Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE) como principal exame e o quarto (12%) aponta a combinação do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) com o Potencial Evocado Auditivo de Média Latência e o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência – P300 (PEALL).

O resumo dos testes eletrofisiológicos utilizados na avaliação do Sistema Nervoso Auditivo Central apresentados nos estudos apresentam-se no Quadro 6.

Quadro 6 – Resumo dos testes eletrofisiológicos utilizados na avaliação do SNAC.

Exames Eletrofisiológicos	Principais Características dos Testes
Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE)	Potencial evocado auditivo de curta latência que obtém respostas desde nervo auditivo até corpo geniculado medial, sendo utilizado para pesquisa de limiar auditivo e pesquisa da integridade da via auditiva. Nesse potencial são analisadas uma série de ondas de I à VII, cada uma representando um sítio gerador ^{23,24,25} .
Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE)	Potencial evocado auditivo de curta latência que permite a pesquisa do limiar em ambas as orelhas simultaneamente através de um estímulo repetitivo apresentado na cóclea, fornecendo informações sobre perda auditiva ^{24,26,27} .
Potencial Evocado Auditivo de Média Latência (PEAML)	Potencial evocado auditivo de média latência reflete a atividade cortical envolvida no reconhecimento, discriminação, figura-fundo, atenção, sequência auditiva e integração auditiva e visual, dando informação sobre o SNAC, além de auxiliar na pesquisa do processamento auditivo devido à localização dos seus gerados (ondas Po, Na, Pa, Nb, Pb e NC) distribuídos em áreas primárias e não primárias da audição ^{24,28} .
<i>Mismatch Negativity</i> (MMN)	Potencial evocado auditivo de longa latência é gerado no córtex através da detecção do sistema auditivo de diferentes estímulos acústicos. É um potencial que não necessita da atenção do sujeito para se obter respostas, além de fornecer informações sobre discriminação, frequência, intensidade e memória ^{30,31} .
Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL)	Potencial evocado auditivo de longa latência que corresponde às respostas da atividade do tálamo e córtex frente a um estímulo, sendo um potencial utilizada para pesquisa do processamento da informação de decodificação, seleção, memória e tomada de decisão, gerando as ondas N1, P2, N2 e P300 como resposta. É um exame utilizado na pesquisa para o processamento auditivo em casos em que o indivíduo não consegue responder ao teste comportamental adequadamente ^{29,30} .

Segundos os estudos, o Potencial Evocado Auditivo (PEA) mais utilizado entre as pesquisas do sistema nervoso auditivo central é o Potencial Evocado

Auditivo de Longa Latência, podendo ser ele combinado ou não com demais testes eletrofisiológicos para um melhor diagnóstico. Na Figura 6 são apresentadas as porcentagens de utilização dos testes eletrofisiológicos utilizados nos estudos selecionados.

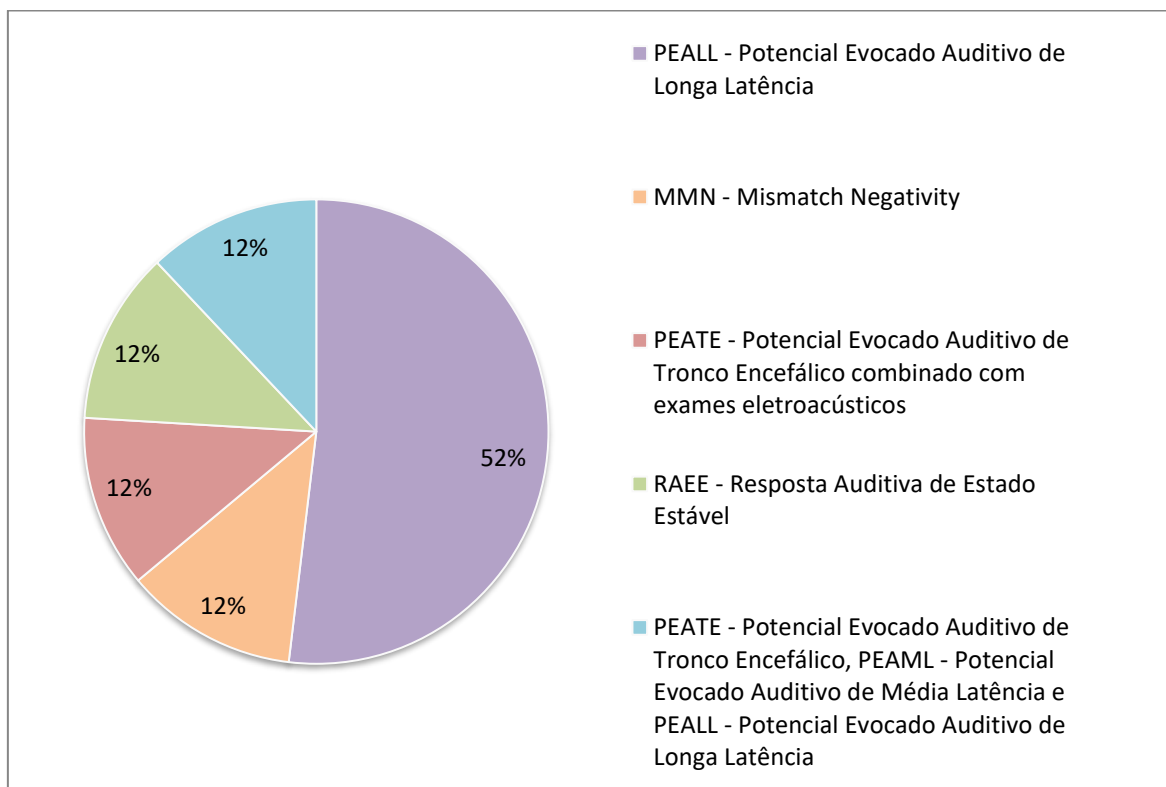


Figura 6 – Testes eletrofisiológicos utilizados na avaliação comportamental do SNAC.

Dos estudos encontrados, cinco apontam que os exames eletrofisiológicos são importantes na avaliação dos TPAC por fazerem a análise das atividades corticais e demonstrarem o local da alteração, podendo ser ela no tálamo, córtex e/ou hemisférios cerebrais. Além disso, as alterações do SNAC mais encontradas nos testes eletrofisiológicos em sete dos estudos utilizados são das atividades corticais relacionadas às habilidades de atenção, cognição, memória e discriminação auditiva.

No Quadro 7 são apresentados os testes eletrofisiológicos utilizados nos estudos e suas conclusões.

Quadro 7 – Testes eletrofisiológicos utilizados nos estudos e conclusão.

	Título do Artigo	Conclusão
1	Processamento auditivo (central) em crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica.	Foi concluído que não houve diferença significativa da onda P300.
2	Aplicabilidade do teste padrão de frequência e P300 para avaliação do processamento auditivo.	O estudo concluiu que o P300 é o melhor indicador para análise da atenção auditiva, favorecendo o treinamento da memória auditiva e discriminação de frequência.
3	Resolução temporal e potenciais corticais em diferentes níveis de proficiência da língua inglesa.	Foi concluído que tanto a onda N1 do PEALL quanto a habilidade de resolução temporal houve melhora significativa.
4	<i>Mismatch negativity</i> em crianças com distúrbio específico de linguagem e transtorno do processamento auditivo.	O estudo concluiu que o MMN possibilitou o estudo da discriminação dos sinais acústicos em crianças com e sem alterações de linguagem e processamento auditivo.
5	Avaliação audiológica comportamental e eletrofisiológica no transtorno do espectro do autismo.	Foi possível concluir que as avaliações eletrofisiológica e comportamental estão de acordo com a normalidade. Também foi sugerido novos estudos em indivíduo com Transtorno do Espectro Autista para auxiliar no diagnóstico das alterações e melhorar a intervenção fonoaudiológica.
6	Potencial cognitivo em crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade.	O estudo concluiu que houve diferença significativa para amplitude das ondas N2 e P2 entre o grupo controle e as crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade, sem alterações significativas da P300.
7	Achados da avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo.	Não houve diferença entre os participantes do estudo nos testes comportamentais e eletrofisiológicos (normais e alterados, idade e gênero). Foi concluído que os exames eletrofisiológicos apresentam fraca correlação com os exames comportamentais.
8	Computerized Auditory Training in Students: Electrophysiological and Subjective Analysis of Therapeutic Effectiveness.	O estudo concluiu que houve diferença significativa na latência das ondas N2 e P3, além de alteração da latência da onda P2 pré-intervenção. Foi comprovado também alterações da latência da onda P1 e P2 após intervenção, além de 8 dos participantes terem apresentado ausência da onda P3 pré intervenção e presença da mesma após a intervenção.
9	Sensitivity and specificity of auditory steady-state response testing.	O estudo chegou à conclusão de que o RAEE é útil na avaliação eletrofisiológica, mostrando-se mais eficaz em alguns casos específicos.

6. DISCUSSÃO

Este estudo teve como finalidade selecionar estudos científicos voltados a exames eletrofisiológicos como complementares ao diagnóstico do transtorno do processamento auditivo central, verificando-se a eficácia dos exames e aqueles de maior uso na avaliação do SNAC e discorrer ainda a respeito das alterações funcionais do SNAC mais encontradas nos testes eletrofisiológicos.

A pesquisa do funcionamento do SNAC através dos exames eletrofisiológicos é uma prática aprovada e utilizada atualmente devido à precisão dos resultados, sendo possível obter resultados sem precisar de resposta do paciente, facilitando assim, o diagnóstico do distúrbio do processamento auditivo em casos onde não é possível obter respostas devido a algum fator externo^{5,6}.

Estudos apontam que utilizar os potenciais evocados como instrumento de diagnóstico é essencial já que investiga todo o caminho do som, sendo a integridade desse sistema importante para o desenvolvimento da linguagem, fala, leitura e escrita fazendo com que haja uma abordagem mais adequada de terapia, prevenção e tratamento dos distúrbios associados a linguagem^{18,27}.

Foi observado que o PEALL é o exame mais utilizado entre os estudos selecionados de forma complementar de avaliação do processamento auditivo, pois reflete a atividade do tálamo e córtex onde se localiza os centros das principais habilidades auditivas relacionadas ao processamento da informação sonora, tais como, discriminação, integração, cognição, atenção e memória. Desse modo, tal exame é capaz de apontar integridade das estruturas, assim

como seu funcionamento, sem se fazer necessária a participação direta do paciente para se obter respostas, estando de acordo com a literatura, que diz que o PEALL é indicado nos casos de distúrbios do processamento auditivo central para obtenção de respostas de forma mais rápida e objetiva, sendo um instrumento necessário para a compreensão do funcionamento do processamento auditivo^{23,24,29,30,31,34,35,36}.

Outros exames também são utilizados para a pesquisa da atividade auditiva do sistema auditivo além do PEALL, apesar de não serem tão comuns devido aos sítios geradores dos potenciais ou utilidade clínica, tais como, PEATE, RAEE, PEAML e MMN. Estudos apontam que os resultados encontrados a partir da realização dos exames eletrofisiológicos através da mudança de latência e amplitude das ondas apresentadas podem ser sinais de alterações cognitivas, de memória, atenção, seleção, discriminação, cognição e linguagem^{23,24,25,32,33,35,37}.

O PEATE e o RAEE não obtiveram resultados significativos já que são potenciais mais utilizados para a pesquisa da integridade da via auditiva e dos limiares auditivos. Apesar de se obter respostas do o tronco encefálico, são potenciais de curta latência, não sendo possível obter respostas das principais áreas corticais envolvidas no processamento auditivo^{17,18,19,20,21,33,37}.

O estudo sobre o *Mismatch Negativity* diz que há modificações nos resultados, mostrando que crianças com alterações de linguagem e transtorno do processamento auditivo possuem alterações corticais nos processos automáticos de detecção de mudança. O estudo que fala sobre O PEATE em conjunto com a EOA e o estudo que fala sobre a combinação do PEATE,

PEAML e PEALL não demonstraram alterações significativas em tais exames eletrofisiológicos, além de correlação fraca com os exames comportamentais. Já o estudo que apontam a RAEE como principal exame diz haver alterações dos limiares em indivíduos com alterações do SNC, sendo eles mais altos do que de um indivíduo “normal” podendo apontar alterações na integridade da cóclea e do nervo auditivo^{32,33,35,37}.

O MMN é um potencial auditivo de longa latência que reflete a habilidade do cérebro de discriminação, independentemente da capacidade de atenção e comportamento do sujeito, entretanto, é pouco utilizado na prática clínica devido a sua complexidade, sendo mais usado em pesquisas científicas²⁵.

Estudos apontam que o processamento neurológico da informação depende de uma série de atividades do sistema nervoso que envolvem diversas estruturas desde a orelha externa até o córtex auditivo. Quando alguma parte desse processo está em desordem causa um distúrbio do processamento auditivo da informação que altera as habilidades auditivas que influenciam no aprendizado do indivíduo. Para a realização de uma melhor avaliação para o diagnóstico dessas alterações é necessário uma série de exames incluindo testes comportamentais e eletrofisiológicos^{25,26}.

Esses dados estão de acordo com os estudos que dizem que os exames eletrofisiológicos são eficazes para o diagnóstico diferencial dos distúrbios do sistema nervoso auditivo central já que fornecem informações do processamento do sinal da atividade do tálamo e córtex em situações em que a avaliação comportamental é um método subjetivo e não preciso, demonstrando resultados inconsistentes devido às razões cognitivas, auditivas ou linguísticas

já que necessita da resposta do indivíduo, diferentemente da avaliação eletrofisiológica que é um método objetivo de avaliação que não necessita de resposta do sujeito. Tais exames são utilizados para detecção das alterações neurais do processamento sequencial trazendo informações complementares sobre a percepção, atenção, discriminação, integração, cognição e memória do indivíduo sem a subjetividade da resposta comportamental^{29,30,31,32,33,35}.

As alterações do SNAC mais encontradas nos testes eletrofisiológicos em sete dos estudos utilizados são, das atividades corticais relacionadas às habilidades de atenção, cognição, memória e discriminação auditiva, representadas nos resultados dos exames do PEALL pela alteração da amplitude e da latência das ondas N2 e P300, além de possíveis alterações da onda P1 e N1, principalmente se relacionadas ao estímulo de fala, sendo que um dos artigos demonstrou que os resultados normais de amplitude e latência das ondas eram superiores aos resultados alterados. Nos demais exames eletrofisiológicos apresentados nos estudos restantes, também são apontadas alterações de latência e amplitude das ondas apresentadas por cada teste especificamente^{23,24,29,30,31,34,35,36}.

Através dos exames eletrofisiológicos é possível verificar quais alterações funcionais um indivíduo pode ter dependendo do sítio gerador da onda. O PEATE, segundo alguns autores, pode ser utilizado para pesquisa do limiar eletrofisiológico da audição, além de ser usado para a pesquisa da integridade da via auditiva, podendo ser utilizado para detectar tumores e lesões, avaliar maturação do SNAC, diagnosticar perda auditiva, identificar limiares eletrofisiológicos em neonatos e crianças com distúrbios neurológicos, entre outros. O que está de acordo com o estudo que aponta o PEATE como

um exame eletrofisiológico para investigação do sistema nervoso auditivo, entretanto, o estudo não relaciona diretamente o PEATE com o processamento auditivo da informação, assim como diz na literatura que aponta o PEATE como um exame de curta latência não alcançando os sítios geradores das alterações mais relacionadas com o distúrbio do processamento auditivo¹⁷.

Assim como o PEATE, o RAEE também é um exame eletrofisiológico de curta latência que é utilizado mais com o papel de diagnosticar perdas auditivas mais graves, entretanto, esses dados não estão de acordo com o estudo realizado que aponta que esse potencial pode ser utilizado para a pesquisa da integridade das estruturas, tais como, lemnisco lateral, tálamo e córtex auditivo^{19,20,21,33,35,37}.

O PEAML foi utilizado em apenas um dos estudos em combinação com outros exames eletrofisiológicos (PEATE e PEALL – P300), sendo mais utilizado em áreas de pesquisa, apesar de ser um potencial muito eficaz para o diagnóstico diferencial das patologias do sistema nervoso central. Tal estudo aponta que o teste eletrofisiológico é útil para avaliação da integridade das vias auditivas, além de avaliar aspectos relacionados à comunicação, linguagem, fala, leitura e escrita, atenção, memória e cognição. Segundo os estudos, o PEAML é capaz de dar informações sobre a integridade do SNAC, sendo um dos melhores potenciais para realizar a avaliação do TPAC, devido à localização dos seus geradores, determinando os limiares auditivos em baixas frequências, avaliação e diagnóstico do funcionamento das vias auditivas, localização de lesões, avaliação do processamento auditivo, entre outros. A captação do PEAML envolve as habilidades de reconhecimento, discriminação, figura-fundo, atenção, sequência e integração^{18,22,35}.

Portanto, a literatura e os resultados obtidos nos estudos entram em contradição em relação à funcionalidade do PEAML, já que a literatura aponta o mesmo como o melhor exame para o diagnóstico, porém ele é utilizado poucas vezes. Já em relação às alterações do SNAC que o teste aponta, a literatura e o estudo estão de acordo³⁵.

Segundo a literatura, o PEALL deve ser utilizado como instrumento de investigação do processamento da informação, decodificação, seleção, memória e tomada de decisão, podendo ter uma maior compreensão do funcionamento do processamento auditivo central e das condições patológicas. Tal informação está de acordo com o presente estudo que aponta que tais alterações são encontradas nos potenciais de longa latência, sendo as principais intensidade, duração, frequência, atenção, memória, discriminação, integração e cognição^{23,24}.

Um dos estudos apontou o MMN como exame para o diagnóstico das alterações do SNAC mostrando que o mesmo avalia o processamento e discriminação dos sons e percepção acústica. Essa informação está de acordo com a literatura que diz que tal potencial avalia a discriminação das diferenças sensoriais auditivas^{25,32}.

Em uma visão geral, a literatura demonstra que os exames eletrofisiológicos podem apontar alterações auditivas, cognitivas, de linguagem, codificação, memória, atenção, seleção, tomada de decisão e discriminação, estando assim, de acordo com o presente estudo^{23,24,25}.

As pesquisas realizadas apontam diminuição da latência e aumento da amplitude das ondas nos testes eletrofisiológicos quando há alterações do

SNAC. Tal dado está de acordo com a literatura que diz que a diminuição da amplitude e/ou aumento da latência das ondas nos exames eletrofisiológicos indicam que há alterações das vias auditivas e uma disfunção funcional das estruturas envolvidas no processamento da informação sonora, contribuindo para o diagnóstico complementar auxiliando na intervenção fonoaudiológica visando melhoria das habilidades auditivas alteradas^{17,26,27,28,29,30,31,32,33,35}.

7. CONCLUSÃO

Os exames eletrofisiológicos são eficazes na avaliação do TPAC por demonstrarem através da modificação de latência e amplitude das ondas as alterações no SNAC, tanto fisiológicas quanto funcionais. A avaliação do SNAC através dos exames eletrofisiológicos se mostrou eficaz e precisa no diagnóstico complementar do TPAC em casos onde não se tem os resultados esperados através dos exames comportamentais.

Verificou-se que o exame eletrofisiológico complementar mais utilizado no diagnóstico das alterações do sistema nervoso auditivo central é o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência, devido aos seus sítios geradores de respostas eletroacústicas.

Existem também, no entanto, outros testes eletrofisiológicos e comportamentais que são importantes para o diagnóstico complementar, que se combinados com o PEALL podem ser mais eficazes no diagnóstico correto para uma melhor intervenção. Os demais testes de média e longa latência também se mostraram úteis para a avaliação, apesar de não se evidenciar serem tão utilizados na prática clínica. Já os testes de curta latência, em sua maioria, não se mostraram eficientes para a pesquisa de alterações do sistema nervoso auditivo central já que suas medidas não alcançam tálamo e córtex.

8. REFERÊNCIAS

1. Bonaldi LV. Sistema Auditivo Periférico. In: Belvilacqua MC, Martinez MAN, Balen SA, et al .Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Livraria Santos Editora Ltda, 2011.
2. Kappel V, Moreno ACP, Buss CH. Plasticidade do sistema auditivo: considerações teóricas. Braz J Otorhinolaryngol. [Internet]. 2011[acesso em 2019 out 2] ;77(5):670-4. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3924/392437918022.pdf>
3. Pereira LD. Avaliação do Processamento Auditivo Central. In: Campiotto AR, Levy CCAC, Redondo MC, et al .Novo Tratado de Fonoaudiologia. 3. ed. São Paulo: Manole Ltda, 2013.
4. Pereira LD. Introdução ao Processamento Auditivo Central. In: Belvilacqua MC, Martinez MAN, Balen SA, et al .Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Livraria Santos Editora Ltda, 2011.
5. Schochat E, Musiek FE, Alonso R, Agota J. Effect of Auditory Training on the Middle Latency Response in Children With (Central) Auditory Processing Disorder. Rev. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. [Internet]. 2010 [Acesso em 2020 fev 21]; 43 777-785. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bjmr/v43n8/7803.pdf>
6. Romero ACL, Oliveira ACS, Regaçone SF, Frizzo ACF. Uso do Potencial Evocado Auditivo de Média Latência em Populações Infantis: Uma Revisão Integrativa. Rev. CEFAC. [Internet]. 2016 [Acesso em 2020 fev 21]; 18 (1):226-231. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rcefac/v18n1/1982-0216-rcefac-18-01-00226.pdf>

7. Bonaldi LV. Sistema Auditivo Periférico. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
8. Munhoz MSL, Silva MLG, Caovilla HH, et al. Neuroanatomofisiologia da Audição. In: Munhoz MSL, Caovilla HH, Silva MLG, GONANÇA MM. Audiologia Clínica. 2. ed. São Paulo: Atheneu; 2000.
9. Teixeira CF, Griz SMS. Sistema Auditivo Central. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
10. Guida HL, Giacheti CM, Zorzetto NL. Neuroanatomia do Processamento Auditivo. In: Giacheti CM, Paschoal SRG. Perspectivas Multidisciplinares em Fonoaudiologia: da Avaliação à Intervenção. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica; 2013.
11. Lopes AC. Audiometria Tonal Limiar. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
12. Pereira LD. Introdução ao Processamento Auditivo Central. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
13. Civitella MM, Junior AC, Ferreira MIC, et al. Guia de Orientação: Avaliação e Intervenção no Processamento Auditivo Central. [Internet] 2020. [2020 nov 29]. CFFa, 22-23. Disponível em: https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/CFFa_Guia_Orientacao_Avaliacao_Intervencao_PAC.pdf

14. Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Conceitos básicos e fundamentos neurofisiológicos. In: Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. 2.ed. Ribeirão Preto: Editora Novo Conceito, 2010.
15. Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Sistema de Registro dos Potenciais. In: Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. 2.ed. Ribeirão Preto: Editora Novo Conceito, 2010.
16. Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Características do estímulo para gerar potenciais evocados. In: Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. 2.ed. Ribeirão Preto: Editora Novo Conceito, 2010.
17. Matas CG, Magliaro FCL. Introdução aos Potenciais Evocados Auditivos e Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
18. Frizzo ACF. Aplicabilidade das Medidas Eletrofisiológicas para o Diagnóstico Fonoaudiológico. In: Giacheti CM, Paschoal SRG. Perspectivas Multidisciplinares em Fonoaudiologia: da Avaliação à Intervenção. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica; 2013.
19. Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE). In: Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. 2.ed. Ribeirão Preto: Editora Novo Conceito, 2010.

20. Bucuvic EC, Iório MCM. Resposta Auditiva de Estado Estável. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
21. Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE). In: Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. 2.ed. Ribeirão Preto: Editora Novo Conceito, 2010.
22. Schochat E. Potencial Evocado Auditivo de Média Latência. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
23. Reis ANMB, Frizzo ANF. Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
24. Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Potenciais Evocados Auditivos Corticais Relacionados a Eventos (P300). In: Sousa LCA, Piza MRT, Alvarenga KF et al. Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. 2.ed. Ribeirão Preto: Editora Novo Conceito, 2010.
25. Roggia SM. Mismatch Negativity. In: Bevilacqua MC, Martinez MAN, Balen AS, et al. Tratado de Audiologia. 1.ed. São Paulo: Santos Editora; 2011.
26. Abdo AGR, Murphy CFB, Schochat E. Habilidades auditivas em crianças com dislexia e transtorno do déficit de atenção e hiperatividade. [Internet] 2010. [2020 mar 27]. Rev. Pró-Fono Revista de Atualização Científica: 22(1), 25-30. Disponível em:

- http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-56872010000100006&script=sci_arttext
27. Leite RA, Wertzner HF, Matas CG. Potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com transtorno fonológico. [Internet] 2010. [2020 mar 27]. Rev. Pró-Fono Revista de Atualização Científica: 22(4), 561-566. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-56872010000400034&script=sci_arttext&tlng=pt
28. Romero ACL, Sorci BB, Frizzo ACF. Relação entre potenciais evocados auditivos de média latência e distúrbio de processamento auditivo: estudo de casos. [Internet] 2013. [2020 mar 27]. Rev. CEFAC: 15(2), 478-484. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-18462013005000002&script=sci_arttext
29. Oliveira JC, Murphy CFB, Schochat E. Processamento auditivo (central) em crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica. [Internet] 2013. [2020 março 23]. CoDAS: 25 (1), 39-44. Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2317-17822013000100008&script=sci_arttext
30. Mendonça EBS, Muniz LF, Leal MDC, Diniz ADS. Aplicabilidade do teste padrão de frequência e P300 para avaliação do processamento auditivo. [Internet] 2013. [2020 março 23]. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology. 79(4), 512-521. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1808-86942013000400020&script=sci_arttext&tlng=pt
31. Oppitz SJ, Bruno RS, Didoné DD, Garcia MV. Resolução temporal e potenciais corticais em diferentes níveis de proficiência da língua inglesa. [Internet] 2017. [2020 março 23]. Revista CEFAC: 19(1), 27-40. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-18462017000100027&script=sci_arttext&tlng=pt

32. Nunes Rocha-Muniz C, Befi LDM, Schochat E. Mismatch negativity em crianças com distúrbio específico de linguagem e transtorno do processamento auditivo. [Internet] 2015. [2020 março 2020]. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology: 81(4), 408-415. Disponível em: <http://www.bjorl.org/pt-mismatch-negativity-em-criancas-com-articulo-X2530053915428976>
33. Romero ACL, Gução ACB, Delecrode CR, Cardoso ACV, Misquiatti ARN, Frizzo ACF. Avaliação audiológica comportamental e eletrofisiológica no transtorno do espectro do autismo. [Internet] 2014. [2020 março 23]. Revista CEFAC, 707-714. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/114615>
34. Romero ACL, Capellini SA, Frizzo ACF. Potencial cognitivo em crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade. [Internet] 2013 [2020 março 23]. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology: 79(5), 609-615. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1808-86942013000500609&script=sci_arttext&tlng=pt
35. Santos TSD, Mancini PC, Sancio LP, Castro AR, Labanca L, Resende LMD. Achados da avaliação comportamental e eletrofisiológica do processamento auditivo. [Internet] 2015 [2020 março 23]. Audiology-Communication Research: 20(3), 225-232. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2317-64312015000300225&script=sci_arttext&tlng=pt
36. Melo ÂD, Mezzomo CL, Garcia MV, Biaggio EPV. Computerized auditory training in students: Electrophysiological and subjective analysis of therapeutic effectiveness. [Internet] 2018. [2020 março 23]. International archives of otorhinolaryngology: 22(1), 23-32. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1809-48642018000100023&script=sci_arttext
37. Rabelo CM, Schochat E. Sensitivity and specificity of auditory steady-state response testing. [Internet] 2011 [2020 março 23]. Clinics: 66(1), 87-93. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-59322011000100016&script=sci_arttext