

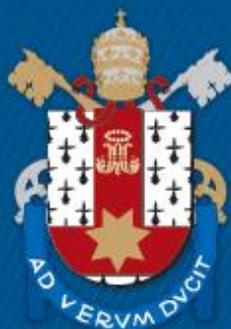
ESCOLA DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA E CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM NEUROCIÊNCIAS

VANESSA ONZI ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA LATÊNCIA
EM CRIANÇAS COM DISLEXIA**

Porto Alegre
2019

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA E CIÊNCIAS DA SAÚDE

VANESSA ONZI ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE
LONGA LATÊNCIA EM CRIANÇAS COM DISLEXIA**

Porto Alegre (RS)

2019

VANESSA ONZI ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA
LATÊNCIA EM CRIANÇAS COM DISLEXIA**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina e Ciências da Saúde - Neurociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. PhD. Augusto Buchweitz

Porto Alegre (RS)

2019

Ficha Catalográfica

R672c Rocha, Vanessa Onzi

Caracterização dos Potenciais evocados auditivos de longa latência em crianças com dislexia / Vanessa Onzi Rocha . – 2019.

64p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Medicina e Ciências da Saúde, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Buchweitz.

1. Potenciais Evocados Auditivos. 2. Dislexia. 3. Potencial Evocado P300. 4. Audição. 5. Transtorno de déficit de atenção com hiperatividade. I. Buchweitz, Augusto. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecária responsável: Salete Maria Sartori CRB-10/1363

VANESSA ONZI ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA
LATÊNCIA EM CRIANÇAS COM DISLEXIA**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós Graduação da Faculdade de Medicina e Ciências da Saúde – Neurociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovada em: ____ de _____ de 2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Michele Vargas Garcia

Prof. Pricila Sleifer

Prof. Magda Nunes

Porto Alegre
2019

DEDICATÓRIA

A realização de uma pesquisa como esta só é possível com o apoio de vários colaboradores. Aos membros do Projeto Acerta e as crianças participantes. A minha mãe e meu marido que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma, meu reconhecimento e gratidão.

Agradecimentos

Todo agradecimento é consequência de atos e acontecimentos. Normalmente são carregados de afeto, parceria, empatia, troca de conhecimentos. Durante estes dois anos de mestrado, muitas pessoas contribuíram, agregaram com conhecimento e bons sentimentos. Quando me senti incapaz, me cercaram de coragem e palavras de incentivo nunca me faltaram. Comemorei cada conquista, cada aula elaborada, aprovação do projeto, cada paciente que compareceu e pude ajudar de alguma forma.

A educação faz parte da minha história. Em 1955, meus avós, Idalina (in memoriam) e Attilio Onzi, cederam a sala da sua casa para que suas filhas e as crianças da cidade pudessem estudar. Quando suas quatro filhas cresceram, se mudaram para a cidade grande, com o objetivo de que todas se formassem. Sem nenhuma surpresa as quatro tornaram-se professoras.

Meu primeiro agradecimento tem que ser pra vocês, Nono Attilio e Nona Ida, obrigada por nos criarem com raízes fortes na educação, obrigada por me ensinarem princípios e a ter Deus no coração. Nona, você não conseguiu me acompanhar até o final desta etapa, mas a conclusão deste mestrado é a primeira demonstração de que não vou esquecer de todos os seus ensinamentos.

Obrigada as minhas tias educadoras, Geni, Zaira e Zulma, que leram meu trabalho, revisaram o português e me ensinaram muito sobre alfabetização durante toda a vida.

Mãe, meu exemplo de educadora, cresci te vendo elaborar aulas, corrigir provas, quantos momentos vi a admiração que os alunos tinham por ti, sempre autoritária e carinhosa, na medida certa. Obrigada por ser minha maior incentivadora, por teu amor incondicional, por me amparar e me mostrar que sou capaz. Minhas conquistas, são tuas conquistas!

Meu marido, Luciano, obrigada por ficar ao meu lado, pelos conselhos, por ouvir meus desabafos, por entender meu momento de dedicação profissional e saber esperar para darmos continuidade aos nossos planos pessoais.

Amanda, minha grande parceira nessa pesquisa, obrigada por compartilhar comigo teus conhecimentos, por sentir junto comigo os amores e as dores dessa etapa. Nunca vou

esquecer da nossa parceria e que ela seja eterna. Te admiro demais como pessoa e profissional e tenho imenso orgulho da nossa luta.

Muito obrigada a todos os familiares e amigos, a paciência, o apoio e incentivo de vocês foram de extrema importância para que eu concluísse essa etapa.

Agradeço ao Serviço de Otorrinolaringologia do Hospital São Lucas, que cedeu espaço e equipamentos para que a pesquisa pudesse ser feita. Em especial, a Amália, que sempre me incentivou a ingressar no mestrado e me deu total apoio para que eu concluísse essa etapa.

À instituição, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, que ao longo da minha formação ofereceu um ambiente de estudo agradável, motivador e repleto de oportunidades.

Agradeço ao professor, Augusto Buschweitz, responsável pela orientação desse trabalho, por todas as revisões, traduções e conhecimento compartilhado.

Ao grupo do Projeto Acerta, por terem ajudado na coleta e contribuído com as revisões.

E por fim, meu agradecimento a banca examinadora, três profissionais de referência na área, que admiro e me inspiram há anos e que com certeza enriquecerão este trabalho.

RESUMO

INTRODUÇÃO: A dislexia do desenvolvimento (DD) é a dificuldade inesperada de ler com fluência e acurácia. O aprendizado da leitura não é natural para o ser humano, diferentemente da aquisição da linguagem oral; desta forma, a DD é um subproduto desta invenção humana, a escrita. A aprendizagem da leitura, entretanto, alicerça-se no desenvolvimento da linguagem oral, por meio da consciência da relação entre sons e símbolos (consciência fonológica) e do vocabulário. A partir deste entendimento da importância da consciência dos sons da linguagem oral, investigar o processamento auditivo central em crianças com dislexia do desenvolvimento pode ajudar a desvelar associações entre a dificuldade inesperada de aprender a ler e possíveis déficits de processamento auditivo central, bem como diferenças associadas a mecanismos de processamento auditivo central na DD. Nesse sentido, as latências e amplitudes de ondas representam o tempo, em milissegundos, que a informação levou para ser processada e a quantidade de estrutura neuronal envolvida na resposta, respectivamente. **OBJETIVO:** investigar as latências e amplitudes das ondas geradas pelos potenciais evocados auditivos de longa latência em um grupo de crianças com diagnóstico de dislexia do desenvolvimento. **MATERIAIS E MÉTODOS:** 28 crianças com diagnóstico de dislexia participaram do estudo. Foram investigados os componentes P1, N1, P2, N2, P300 e MMN, com o equipamento Masbe, através de fones de inserção, com estímulo não verbal, sendo sempre analisados por dois avaliadores. **CONCLUSÃO:** Não foi encontrada diferença estatística ao comparar a orelha direita e esquerda, dado aponta para a viabilidade da avaliação binaural. Não foram encontradas diferenças significativas ao comparar os grupos de dislexia unicamente e dislexia associado ao déficit de atenção, o que indica que falhas atencionais não são um viés para esse tipo de estudo.

Palavras-chave: Potenciais Evocados Auditivos, Dislexia, Potencial Evocado P300, Audição, Transtorno de déficit de atenção com hiperatividade

ABSTRACT

INTRODUCTION: Developmental dyslexia (DD) is the unexpected difficulty of reading with fluency and accuracy. Learning of reading is not natural for the human being, unlike the acquisition of oral language; in this way, DD is a by-product of this human invention, writing. The learning of reading, however, is based on the development of oral language, through the awareness of the relationship between sounds and symbols (phonological awareness) and vocabulary. From this understanding of the importance of awareness of oral language sounds, investigating central auditory processing in children with developmental dyslexia may help to uncover associations between the unexpected difficulty of learning to read and possible deficits in central auditory processing as well as associated differences to central auditory processing mechanisms in DD. In this sense, latencies and wave amplitudes represent the time, in milliseconds, that the information took to be processed and the amount of neuronal structure involved in the response, respectively. **OBJECTIVE:** to investigate the latencies and amplitudes of the waves generated by long-latency auditory evoked potentials in a group of children diagnosed with developmental dyslexia. **METHODS:** 28 children with a diagnosis of dyslexia participated in the study. The components P1, N1, P2, N2, P300 and MMN were investigated with the MASBE ATC Plus (Contronic) and used the earphones inserted, with stimulus tone burst for the tests. And were always analyzed by two evaluators. **CONCLUSION:** No statistical difference was found when comparing the right and left ears, given the feasibility of binaural evaluation. No significant differences were found when comparing the dyslexia groups alone and dyslexia associated with attention deficit, indicating that attention failures are not a bias for this type of study.

Keywords: Evoked Potentials, Auditory, Dyslexia, Event-Related Potentials, P300, Hearing, Attention Deficit Disorder with Hyperactivity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Anatomia do ouvido externo, médio e interno.....	30
Figura 2 - Funcionamento da via auditiva central	32
Figura 3 - Traçado eletrofisiológico do Potencial evocado auditivo de curta latência.....	35
Figura 4 – Traçado eletrofisiológico do Potencial evocado auditivo de média latência	35
Figura 5 - Traçado eletrofisiológico do potencial evocado auditivo de longa latência.....	38
Figura 6 - Traçado eletrofisiológico do componente MMN.....	40
Figura 7 - Fluxograma	52
Figura 8 - Ilustração do posicionamento dos eletrodos	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos componentes avaliados	41
Tabela 2 - Descrição da amostra de crianças participantes do projeto ACERTA (N=28)	50
Tabela 3 - Descrição dos principais achados do histórico médico e avaliações complementares da amostra de crianças participantes do projeto ACERTA (N=28)	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACERTA	Avaliação de crianças em risco de transtorno de aprendizagem
CID	Classificação Internacional de Doenças
daPa	decaPascal ou um décimo de pascal
dB	decibel
dBNA	decibel em nível de audição
DSM	<i>Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders</i>
EEG	eletroencefalografia
HSLPUCRS	Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Hz	Hertz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPRF	índice percentual de reconhecimento de fala
LLR	<i>long latency response</i>
LRF	limiar de reconhecimento de fala
MASBE	módulo de aquisição de sinais bioelétricos
NA	nível de audição
N1	pico de polaridade negativo próximo a 100ms
N2	pico de polaridade negativo próximo a 200ms
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OD	orelha direita
OE	orelha esquerda
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
PEA	Potencial evocado auditivo
PEALL	potencial evocado auditivo de longa latência
P2	pico de polaridade positivo ao redor de 200 ms
P3	pico de polaridade positivo ao redor de 300 ms
P300	potencial evocado auditivo endógeno composto por onda positiva com latência aproximada em 300 ms
MMN	Mismatch negativity
PAC	Processamento auditivo central

PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
QI	Quociente de inteligência
RMIf	ressonância magnética por imagem funcional
RS	Rio Grande do Sul
SUS	Sistema Único de Saúde
TANU	Triagem auditiva neonatal universal
TPAC	Transtorno do processamento auditivo central

LISTA DE SÍMBOLOS

ms	milissegundos
Ω	ohm unidade de medida da impedância
μV	microvolt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 APRENDIZAGEM DA LEITURA	20
2.2 TRANSTORNO DE APRENDIZAGEM	24
2.3 TRANSTORNO ESPECÍFICO DA LEITURA: DISLEXIA DO DESENVOLVIMENTO	26
2.4 SISTEMA AUDITIVO: DA VIA AUDITIVA PERIFÉRICA à VIA AUDITIVA CENTRAL	29
2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO AUDITIVA	33
2.6 PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL	41
2.7 DIFICULDADES AUDITIVAS E DISLEXIA DO DESENVOLVIMENTO	42
3 OBJETIVOS	48
3.1 OBJETIVO GERAL	48
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	48
4. HIPÓTESE	49
5. METODOLOGIA	50
5.1 DELINEAMENTO	50
5.2 PARTICIPANTES	50
5.3 LOCAL DE REALIZAÇÃO	51
5.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	51
5.5 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	51
5.6 COLETA DE DADOS	51
5.7 AVALIAÇÕES	52
6. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é investigar as latências e amplitudes das ondas geradas pelos potenciais evocados auditivos de longa latência em um grupo de crianças com diagnóstico de dislexia do desenvolvimento. Almeja-se investigar atrasos na morfologia das ondas e diferenças na amplitude. A investigação dos atrasos de latência e diferenças de amplitude podem ajudar a caracterizar, de forma objetiva, possíveis transtornos do processamento auditivo central em dislexia do desenvolvimento a partir de uma perspectiva que relaciona desempenho leitor e mecanismos de processamento auditivo central.

O desenvolvimento da linguagem oral e do processamento da fala vale-se de uma predisposição do cérebro humano para desenvolver os mecanismos neurais a comunicação por este meio. Mesmo assim, para um bom desenvolvimento da linguagem oral é necessário que a criança seja estimulada pelo meio social em que está inserida (MOUSINHO et al., 2008). A estimulação fará diferença, principalmente, para o desenvolvimento da consciência fonológica e do vocabulário, elementos fundamentais para a aprendizagem da leitura (CASELLA; AMARO; DA COSTA, 2011; MOLL et al., 2014; NATIONAL READING PANEL, 2000). Há evidências robustas sobre a influência da escolaridade e nível socioeconômico dos pais sobre o tamanho do vocabulário de uma criança (HOFF, 2003; HOFF; TIAN, 2005); e sobre o vocabulário ser também um fator determinante para o sucesso da aprendizagem da leitura (NATIONAL READING PANEL, 2000; SHONKOFF et al., 2000). Para além do vocabulário, há variáveis neurobiológicas que são determinantes para o sucesso da aprendizagem da leitura. Neste trabalho, voltaremos para um transtorno específico da aprendizagem da leitura e de origem neurobiológica: a dislexia do desenvolvimento.

Além dos fatores ambientais e neurobiológicos fundamentais para a aquisição da leitura, a criança também precisa valer-se de habilidades auditivas como, por exemplo, distinguir os padrões de frequência e duração dos fonemas, focar na mensagem alvo ignorando os sons competitivos existentes na sala de aula, conseguir entender o que lhe é dito mesmo com a informação incompleta, entre outros. Para realizar essas tarefas, ela precisa ter um processamento auditivo central eficiente, isto é, saber o que fazer com aquilo que ela ouve. Para um estudante não basta apenas ouvir, ele precisa transformar o que escutou em informação. E para que isso aconteça é preciso ter uma boa audição, onde a onda mecânica dos sons que entra pelo ouvido até chegar ao cérebro se transforma em mensagem sonora que foi identificada, decodificada, processada e compreendida (ABDO; MURPHY; SCHOCHAT, 2010; FRIZZO; REIS, 2015). Neste trabalho, faremos uma investigação da relação entre as

medidas eletrofisiológicas da audição e as dificuldades de aprendizagem; mais especificamente, as dificuldades relacionadas com a dislexia do desenvolvimento.

A ASHA (*American Speech and Language Association*) define o PAC como um conjunto de mecanismos e processos do sistema auditivo central responsável pelo desempenho das seguintes habilidades auditivas: localização sonora, lateralização sonora, discriminação auditiva, reconhecimento de padrões auditivos, aspectos temporais (resolução, mascaramento, integração e ordenação), desempenho auditivo diante de estímulos acústicos competitivos e/ou degradados. Falhas nessas habilidades auditivas comprometem áreas funcionais, como a fala e a linguagem, devido a correspondência neurofisiológica e funcional existente entre elas (ASHA, 1996).

Crianças com dificuldade de produzir e compreender a linguagem falada normalmente recebem como diagnóstico transtorno específico de linguagem, este comumente está associado a transtornos de leitura, como a dislexia. Acredita-se que essas dificuldades surgem por incapacidade de distinguir acusticamente sons parecidos da fala. Muitas dessas crianças só conseguem compreender o que lhes é dito em ambientes acusticamente favoráveis. A sala de aula normalmente não é, o ruído de fundo facilmente dispersa essas crianças, necessitando que a informação seja repetida várias vezes, principalmente quando há mais de um interlocutor (SCHOCHAT; RABELO; SANFINS, 2000).

Para ter um bom desempenho de fala e linguagem o indivíduo precisa ter a percepção, mesmo que inconsciente, das pistas acústicas dos sons produzidos durante a comunicação, seja ela verbal ou não verbal. É preciso perceber e diferenciar os padrões de frequência e duração presentes em uma sequência de eventos sonoros, principalmente quando esses eventos são constituídos por sons similares (DELECRODE et al., 2014; SCHOCHAT; RABELO; SANFINS, 2000). Por exemplo, nas palavras *calo e galo, vaca e faca*, que são compostas por fonemas com propriedades similares e representam um destes desafios de percepção e que, se não resolvidos, podem ter efeitos associados com a subsequente aprendizagem da leitura e da escrita gerando trocas comuns na ortografia como os erros do tipo conversor fonema grafema.

Através de um exemplo simples e cotidiano da sala de aula pode-se ilustrar como é difícil para a criança perceber os aspectos acústicos da linguagem. Imagine a seguinte situação: a professora lê uma história curta: *Quer ver a foca feliz? É por uma bola no seu nariz! Quer ver a foca bater palminha? É dar a ela uma sardinha!* Observe que aqui estão presentes várias palavras que se diferenciam por apenas um traço de sonoridade, some há isso, os ruídos competitivos presentes no ambiente. Nessa situação, uma criança que apresenta

dificuldade em perceber os padrões acústicos não conseguirá realizar o fechamento correto da informação oral recebida e conseqüentemente irá reproduzir de forma errada, seja através da fala ou da escrita.

Ao realizar testes comportamentais e eletrofisiológicos para avaliar o sistema auditivo central, é possível obter dados sobre o desenvolvimento neuromaturacional e a integridade do sistema nervoso auditivo central. Identificar transtornos do processamento auditivo central em crianças com transtornos de linguagem corrobora para um programa de prevenção, a fim de minimizar possíveis distúrbios da comunicação e num período de intervenção, pode-se associar a terapia convencional, o treinamento auditivo (DELECRODE et al., 2014).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 APRENDIZAGEM DA LEITURA

A aprendizagem da leitura está associada a fatores neurobiológicos e ambientais, e está alicerçada em um período de aquisição da linguagem oral muito bem estimulado socialmente e cognitivamente pelo meio em que a criança está inserida. Quanto mais a criança for estimulada com leitura, mais a criança desenvolverá habilidades de atenção, memória e percepção da língua falada. A língua falada dá a base linguística para o aprendizado da leitura (MOUSINHO et al., 2008).

Do ponto de vista neurobiológico, existem as estruturas cerebrais parietais, temporais e frontais que estão predispostas, ou “*hardwired*” em inglês, para o processamento da linguagem oral e para a produção oral. A rede da linguagem oral, por sua vez, é a base da rede da leitura que, diferentemente daquela se forma a partir da adaptação do cérebro para leitura e do processo sistemático de aprendizagem e quebra do código escrito. Às estruturas fronto-temporo-parietais, incorporam-se estruturas occipitotemporais antes não envolvidas com linguagem e que se “enxertam” (MICHAEL et al., 2001) no cérebro da linguagem oral e formam a rede da leitura. Nesse sentido, estudos de neuroimagem mostram uma associação da ativação da porção occipitotemporal com a fluência em leitura (um neuromarcador de aprendizagem) (CENTANNI et al., 2017; DEHAENE; COHEN, 2011; HOEFT et al., 2007), estabelecendo uma relação cérebro-aprendizagem; além disso, estudo recente sugere que quanto maior a semelhança entre a rede cerebral da compreensão oral e da compreensão leitora, no cérebro adulto, melhor a proficiência leitora (RUECKL et al., 2015).

Do ponto de vista ambiental e comportamental, uma criança com atraso de linguagem está em risco de atrasos também na leitura e na aprendizagem. Existem marcos de linguagem (marcadores comportamentais) que podem prever a relação do comportamento cerebral com a linguagem e auxiliam a prever atrasos no desenvolvimento da linguagem (BUCHWEITZ, 2016; PRESTON et al., 2011; SHAYWITZ, 2008a). Crianças normalmente começam a falar suas primeiras palavras entre 10 e 15 meses de vida, e a idade que ela começa a falar é um marcador comportamental. Aquelas que começam a falar depois disso, já indicam ter desenvolvimento de linguagem atípico e este marco é um indicador de risco para uma disfunção na leitura (PRESTON et al., 2011).

Meses	Produção infantil
0-6	Choram e emitem os primeiros sons; são capazes de distinguir línguas de grupos rítmicos diferentes.
6	Baluciam várias sílabas diferentes e repetidas.
10	O balúcio infantil se restringe aos sons que ouvem; as crianças começam a emparelhar som e significado.
12	Decresce a capacidade das crianças de discriminar sons de línguas diferentes de sua língua materna; produção das primeiras palavras, que valem por frases.
18	Começam a produzir duas palavras com contorno frasal; conhecem a ordem das palavras da sua língua materna.
24-36	O vocabulário passa de 400 para 900 palavras; fase das sobregeneralizações
+36	Vocabulário já tem 1.200 palavras; sentenças produzidas possuem preposições, artigos e outras palavras gramaticais; produção de estruturas complexas

Quadro 1: As fases da aquisição

Fonte: Buchweitz; Mota (2018)

É o desenvolvimento inicial da linguagem que vai determinar o nível de capacidade linguística do indivíduo para o resto da sua vida. O desenvolvimento da linguagem está diretamente ligado com as capacidades cognitivas e de socialização. Uma criança com atraso de linguagem não consegue empregar todo seu potencial nessas outras áreas. Por essa razão, existem marcos de linguagem (marcadores comportamentais) que podem prever a relação do comportamento cerebral com a linguagem e auxiliam a prever atrasos no desenvolvimento da linguagem (BUCHWEITZ, 2016).

Crianças normalmente começam a falar suas primeiras palavras entre 10 e 15 meses de vida, e a idade que ela começa a falar é um marcador comportamental. Aquelas que começam a falar depois disso, já indicam ter desenvolvimento de linguagem atípico e este marco é um indicador de risco para uma disfunção na leitura. A identificação precoce do atraso desses marcos auxilia a neurociência a informar e possibilitar uma intervenção e estimulação precoce minimizando as possíveis consequências (BUCHWEITZ, 2016).

Baseados nos marcadores comportamentais, estudos demonstram que ao comparar crianças de oito anos com marco de fala precoce e crianças com marco de fala tardia é possível concluir que as crianças com fala precoce apresentaram melhor desempenho em teste de linguagem e maior ativação das estruturas do córtex associadas ao processamento de

linguagem e das estruturas do subcórtex associadas ao aprendizado de sistema baseado em regras, essas estruturas são responsáveis pelo aprendizado de habilidades linguísticas (PRESTON et al., 2011).

Os aspectos socioeconômicos e educacionais do meio em que a criança está inserida influenciam qualitativamente e quantitativamente no seu desenvolvimento cognitivo e de linguagem, apesar das dificuldades e da falta de instrução, o processo ocorre em quase todas as crianças (NOBLE et al., 2015). Porém, o aprendizado da leitura depende de instrução e a partir daí estes aspectos devem ser levados em conta (BUCHWEITZ, 2016).

A diferença entre os processos de aquisição de fala e de leitura é que o de fala é inato, o de leitura não. O cérebro não é organizado desde o nascimento para compreender a leitura, essa é uma habilidade que os seres humanos precisam aprender até automatizar. Estudos mostram que durante a leitura o cérebro se comporta de maneira diferente quando comparado a outras formas de comunicação. Durante a leitura, o cérebro trabalha em conjunto e os quatro lobos (frontal, parietal, temporal e occipital) entram em ação (KEARNS et al., 2019).

Para aprender a ler a criança precisa de auxílio, precisa de um tutor que lhe oriente e ajude a dar significado as informações que agora lhe são apresentadas graficamente. E para conseguir construir essas representações gráficas é fundamental que tenha ocorrido adequado desenvolvimento da linguagem oral (HULME; SNOWLING, 2016).

Ao iniciar o processo de aprendizagem da leitura, a primeira tarefa da criança é compreender que cada grafema (letra) é a representação de unidades sonoras (fonemas) e que a união de vários fonemas formará uma palavra e um grupo de palavras, constituirá uma frase. E, então, chegamos ao conjunto de frases: o texto. No texto, a criança se depara com a necessidade de além de decodificar, compreender e interpretar o texto produzido pelo autor. A criança que não passou por um processo adequado de aquisição da linguagem, começará a demonstrar sinais de dificuldade de aprendizagem em alguma das etapas citadas acima (MOUSINHO et al., 2008).

Para iniciar esse processo de forma efetiva, a criança precisa desenvolver habilidades determinantes para o sucesso do aprendizado de leitura e escrita. A primeira delas é a consciência fonológica, que é a capacidade de conscientemente prestar atenção e organizar mentalmente os sons da fala; realizar a correspondência fonema/grafema para compreender que as palavras são compostas por sons, e que estes são representados por letras; ter conhecimento do léxico, entender o significado das palavras; ter uma boa fluência, que é a capacidade de ler com precisão e por fim a compreensão leitora, que é a habilidade de compreender aquilo se lê (GALABURDA et al., 2006; KAMALA, 2014).

Uma criança em processo de aquisição da leitura precisa passar por três fases (FRITH, 1985). A primeira ela chama de Pictórica/Logográfica, em que a criança identifica símbolos e logotipos com base nas pistas visuais que têm guardadas na memória. Depois há a fase Alfabética, em que a criança realiza a correspondência entre fonemas e grafemas e evolui para decodificação de grafema e palavras. A fase Ortográfica representa o terceiro estágio da aprendizagem da leitura, em que a criança passa a ler também palavras irregulares (ou seja, com mais de uma pronúncia) e mais rapidamente. Neste momento, a criança desenvolveu a consciência fonêmica e a leitura está automatizada (FRITH, 1985).

Perceber as diferenças existentes entre os sons da fala e aprender a associá-los são habilidades fundamentais para um adequado desenvolvimento da leitura e da ortografia. Estudos demonstram que crianças com risco familiar de dislexia do desenvolvimento necessitam de mais tempo para aprender a mapear os sons da fala quando comparadas a crianças com histórico familiar típico. Atrasos nos estágios iniciais da correspondência entre fonemas e grafemas, que já podem ser observados antes do início do processo de aquisição de leitura e escrita, influenciam nos processos cognitivos posteriores, que podem gerar dificuldades na decodificação e compreensão da leitura (CARAVOLAS et al., 2012; GALLAGHER; FRITH; SNOWLING, 2000; LONIGAN; BURGESS; ANTHONY, 2000; SCHATSCHNEIDER et al., 2004; TORPPA et al., 2006).

Concomitantemente a essas três fases, a criança precisa estabelecer a rota fonológica e a rota lexical, para se tornar um leitor fluente. A primeira é a que realiza a decodificação, é a via utilizada para aprender a ler e ao ler pela primeira vez uma palavra. Durante a leitura, quando ocorre a necessidade de ler pausadamente uma palavra para depois decodificá-la é a via fonológica que está em uso, ao ler o todo, de forma fluente, é a via lexical que está em funcionamento (DEHAENE, 2012).

Só se torna um bom leitor aquele que consegue compreender e interpretar um texto. Para que isso ocorra é preciso desenvolver a habilidade de decodificação, pois para realizar leitura fluente é necessário estabelecer uma relação automática entre grafemas e fonemas. Um leitor fluente precisa ter uma boa velocidade e precisão de leitura e para isso precisa dominar a leitura dos grafemas, sílabas, morfemas e por fim, palavras, para atribuir significado, a criança constrói as rotas fonológica e lexical (DEHAENE, 2012).

A rota fonológica é indireta, onde o indivíduo lê a palavra por partes. É essa via utilizada quando aprendemos a ler ou quando um leitor experiente lê uma palavra nova. Através desta via, realizamos a decodificação, sempre que lemos uma palavra consciente ou inconscientemente e articulamos esta palavra, mesmo que apenas mentalmente. Para

reconhecer letras visualmente leva-se cerca de 20 a 30 milissegundos, já o reconhecimento sonoro demora por volta de 40 milissegundos. A rota lexical é direta, utilizada ao ler a palavra inteira, ela surge quando a rota fonológica está bem desenvolvida (DEHAENE, 2012).

Através das imagens cerebrais captadas principalmente pela RMif (Ressonância magnética por imagem funcional) pode-se captar, de forma não invasiva, dados cerebrais funcionais e acompanhar o desenvolvimento da linguagem e determinar neuromarcadores. Estudos com neuroimagem mostram que essas duas rotas ativam regiões cerebrais diferentes durante a leitura. Ao ler pseudopalavras, a via fonológica está em ação e ao realizar essa atividade na RMif observa-se que o córtex temporal superior é ativado. Nesta região se concentram as áreas associativas e a pronúncia das imagens acústicas da língua. Ao utilizar a via lexical, a região ativada é a frontal inferior (DEHAENE, 2012).

A origem do déficit fonológico apresentado por crianças com dislexia motiva muitos debates, por isso o uso de imagens neurais vem se tornando uma ferramenta confiável para avaliar e acompanhar o desenvolvimento da linguagem, pois através delas é possível monitorar os circuitos e mecanismos neurais específicos para aquisição e disfunções da linguagem e processos relacionados à linguagem. Estudos atuais com neuroimagem têm se mostrado eficazes para determinar neuromarcadores (medidas da função cerebral), pois quando são definidos de forma efetiva, em pequenas amostras da população, se tornam preditores confiáveis e podem ser generalizados acarretando melhora na qualidade de vida dos cidadãos e retorno do investimento de verbas públicas empregadas em pesquisas (BUCHWEITZ, 2016).

2.2 TRANSTORNO DE APRENDIZAGEM

O conhecimento obtido através dos meios escritos possibilita muito mais que a qualificação para o trabalho, permite a formação de cidadãos responsáveis e atuantes (MORAIS, 2013). No contexto da sociedade brasileira, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a taxa de evasão escolar entre o ensino fundamental e médio era de 11,6% e, em 2014, o mesmo órgão apresentou uma taxa 8,3% de analfabetos de 15 ou mais anos de idade (IBGE, 2010).

Em 2009, o Brasil ocupou a 53ª posição (407 pontos) entre os 65 países que participaram da avaliação da competência de leitura do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), promovida pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Nos resultados referentes a 2015, divulgados em 2016, o Brasil atingiu

exatamente o mesmo escore médio de 407 pontos para leitura, e caiu para a 59a. posição nesta competência.

O baixo nível de sucesso na leitura não possui uma causa única. Aproximadamente 40% das crianças em séries iniciais de alfabetização (PONTES; DINIZ; MARTINS-REIS, 2013) apresentam dificuldades escolares atribuídas a múltiplas causas, incluindo falta de oportunidade social, ambiente cultural pouco estimulante, limitações socioeconômicas, falhas no acesso ao ensino e métodos pedagógicos inadequados (TOPCZWESKI et al., 2011). Um fator que contribui para que um grupo elevado de escolares apresentem mau desempenho é a dificuldade diagnóstica e de conhecimento dos próprios educadores relativa aos Transtornos Específicos de Aprendizagem (SIQUEIRA; GURGEL-GIANNETTI, 2011).

Ao avaliar uma criança que demonstra algum tipo de alteração de aprendizagem é fundamental diferenciar aquelas que possuem dificuldade das que indicam ter um transtorno de aprendizagem. O termo dificuldade de aprendizagem não se refere a um único transtorno, mas a uma série de desordens que podem se manifestar, dentre outras formas, por meio de dificuldades de compreensão auditiva (NJCLD, 1991). A dificuldade pode ser transitória e tendem a ser superadas. Normalmente ocorrem por fatores naturais, como: proposta pedagógica inadequada, baixa assiduidade, fatores socioeconômicos ou então pouca estimulação. O transtorno, de origem neurobiológica como a dislexia do desenvolvimento, perdura e representará um obstáculo com o qual terá de se conviver. O aprendizado da leitura para uma criança com dislexia é um processo trabalhoso e cheio de obstáculos (ENGELMANN; FERREIRA, 2009).

Os transtornos específicos de aprendizagem se definem por comprometimento desproporcional e inesperado de habilidades específicas, como a leitura e escrita (dislexia do desenvolvimento). Diferente dos transtornos globais de aprendizagem (como transtorno do espectro autista), os transtornos específicos se caracterizam por comprometimento de habilidades específicas, sem relação com déficit cognitivo ou transtorno psiquiátrico, por exemplo.

A identificação de transtornos específicos de aprendizagem requer exclusão de deficiências intelectuais, transtornos emocionais ou falta de experiência cultural e aprendizagem adequada (MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007; SHAYWITZ, 2008; SHAYWITZ; SHAYWITZ, 2005). Excluídos esses fatores, identifica-se a dislexia em crianças com déficit persistente em habilidades de leitura que permanecem dois desvios padrão abaixo do esperado para a série ou idade (APA, 2014) este parâmetro, entretanto,

tende a variar de acordo com o contexto escolar e socioeconômico e, no Brasil, não há índices de leitura que estabeleçam uma régua confiável para as diferentes situações nacionais.

2.3 TRANSTORNO ESPECÍFICO DA LEITURA: DISLEXIA DO DESENVOLVIMENTO

A Organização Mundial da Saúde organizou uma lista internacional de doenças e problemas relacionado à saúde, conhecida como Classificação Internacional de Doenças (CID 10), essa lista visa padronizar a codificação das doenças e seus problemas associados, fornecendo um código para cada uma delas. A dislexia recebeu o código F81.0 com o título de Transtorno específico de leitura e é caracterizada como um transtorno do neurodesenvolvimento caracterizado pela dificuldade específica e inesperada de leitura não explicada por fatores externos ou relacionados com diferenças individuais (por exemplo, déficit de inteligência, memória de trabalho, falta de oportunidade de aprendizado, motivação geral ou transtorno visual ou auditivo). Este transtorno inicia na infância e persiste mesmo quando o indivíduo apresenta alguns progressos na leitura. Normalmente é precedido por transtornos de fala ou de linguagem e também pode se apresentar associado a transtorno emocional e de comportamento durante a fase escolar (“F80-F89 Transtornos do desenvolvimento psicológico”, 1997). Estima-se que a prevalência mundial de dislexia varie de 5,0 a 10,0% (DEHAENE, 2012; SHAYWITZ, 2008b; TOPCZWESKI et al., 2011). O Brasil teria, portanto, aproximadamente 1,8 milhões de crianças e adolescentes disléxicos (TOPCZWESKI et al., 2011).

Outra importante classificação internacional utilizada por profissionais da saúde é o DSM-5 (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*). É uma referência para a classificação de perturbações neurodesenvolvimentais e mentais. Aqui, a dislexia do desenvolvimento, foi classificada na categoria Perturbação da Aprendizagem Específica, no subitem Déficit na Leitura, também com o código F81.0. Além das características citadas pelo CID-10, o DSM-5 enfatiza que o diagnóstico de dislexia do desenvolvimento deve ocorrer após uma análise dos seguintes itens: história clínica (neurodesenvolvimento, aspectos gerais de saúde, características familiares e perfil educacional), relatórios de professores e/ou profissionais da saúde envolvidos e análise da evolução após intervenção especializada (APA, 2014).

Na pesquisa de Kearns et al. (2019), a dislexia é definida como uma deficiência complexa, podendo ser chamada de incapacidade ou distúrbio de leitura. Segundo os autores

existem muitas variações de definição entre organizações educacionais, médicas e governamentais. Porém, a grande maioria, concorda que a dislexia é caracterizada por uma dificuldade em reconhecer palavras. Disléticos demonstram dificuldade em identificar ou pronunciar com precisão e fluência palavras familiares e/ou desconhecidas, acarretando em dificuldade de compreensão de leitura (KEARNS et al., 2019).

Todos os estudos definem a dislexia do desenvolvimento como um transtorno que apresenta discrepância entre as capacidades de leitura e escrita e a capacidade intelectual de crianças que recebem instrução apropriada. São considerados disléticos aqueles estudantes que tem adequada capacidade intelectual, porém apresentam dificuldade inesperada durante o processo de desenvolvimento da leitura e escrita. A principal característica é o déficit de consciência fonológica e na rota fonológica da leitura.

Nessas crianças é muito evidente a dificuldade em organizar a correspondência letra-som durante a leitura (AFFONSO et al., 2011; CAPELLINI et al., 2010). Tunmer e Greaney (2010) defendem que a dislexia tem algumas características, como: dificuldade persistente de aprendizagem da alfabetização, as crianças não têm outros transtornos, estão expostas a um meio de alta qualidade de instrução e intervenção e possuem transtorno nas habilidades de processamento fonológico fundamentais para aprender a ler e escrever.

Os erros com maior ocorrência observados em crianças com dislexia nas tarefas de escrita são: erros ortográficos (omissões, inversões, substituições, transposições, erros do tipo conversor fonema grafema), lentidão durante a cópia, traçado da letra irregulares e uso incorreto da folha. Já na leitura observa-se com mais frequência: leitura muito lenta, que ocasiona dificuldade de compreensão e fluência ao final do texto, muitas vezes também ocorre imprecisão. A grande maioria das crianças também não realiza leitura oral em sala de aula (ENGELMANN; FERREIRA, 2009). Estudos de Capellini (2010) e Affonso (2011) apontam que no Brasil, 30 a 40% das crianças dos primeiros anos escolares apresentam alguma dificuldade de aprendizagem, entre elas 3 a 5% tem algum transtorno de aprendizagem, sendo o mais frequente, a dislexia. O Brasil teria aproximadamente 1,8 milhões de crianças disléticas (TOPCZWESKI et al., 2011).

Na prática, observa-se que essas dificuldades já são evidentes nos primeiros anos da vida acadêmica, porém o diagnóstico geralmente é tardio. Nesse sentido, no ambulatório de aprendizagem do Projeto Avaliação de Crianças em Risco de Transtorno de Aprendizagem (ACERTA), em sua fase anterior, coordenado por um dos proponentes (BUCHWEITZ) (<http://tinyurl.com/ol3lqnx>), um trabalho transversal de avaliação de crianças que apresentam queixas de dificuldade de aprender a ler, diagnosticou, entre setembro de 2013 e dezembro de

2016, mais de 60 crianças com dislexia (dentre mais de 250 que procuraram a avaliação do ambulatório do projeto ACERTA, que é feita sem custo aos participantes). Dentre estas, 60% já haviam sido reprovadas ao menos uma vez em suas escolas, apesar de apresentarem capacidades cognitivas médias e, em alguns casos, muito acima da média (COSTA et al., 2015).

O relato frequente de professores e pais que acompanham crianças ingressantes ao Projeto ACERTA é de desinformação das escolas e dos agentes educacionais sobre os transtornos de aprendizagem, colocando estes alunos em situação evitável se houvesse informação. Desta forma, salienta-se a importância do rastreamento precoce apresentado neste projeto, bem como da intervenção proposta e entendimento de suas bases neurais, para avançar na proteção do desenvolvimento das habilidades de leitura em crianças no ensino fundamental.

Baseados nestes dados, a equipe do ambulatório de aprendizagem do Projeto ACERTA, pode inferir que o diagnóstico de dislexia do desenvolvimento acaba ocorrendo em média aos dez anos de idade, mesmo entre crianças de nível socioeconômico médio (COSTA et al., 2015); ou seja, após três ou quatro anos de escolaridade com dificuldades efetivas de aprendizagem da leitura, as crianças disléxicas permanecem sem avaliação adequada e sem uma abordagem educativa apropriada para suas dificuldades.

Além das avaliações comportamentais, o Projeto ACERTA utiliza de exames de neuroimagem (RMIf) para corroborar aos estudos envolvendo crianças com diagnóstico de dislexia do desenvolvimento (COSTA et al., 2015). Com o avanço dos estudos neurocientíficos, pode-se entender melhor a dinâmica dos transtornos de leitura, pois através da neuroimagem é possível compreender de forma objetiva o comportamento cerebral tanto em leitores típicos como em disléxicos e a comparação de pares permite reconhecer as diferenças do funcionamento cerebral durante a leitura (KEARNS et al., 2019).

A neurobiologia é a ciência que descreve a organização cerebral e as funções de cada uma de suas partes (lobos). Por meio da RMIf, os pesquisadores puderam analisar o cérebro durante a leitura e identificar as regiões envolvidas e as suas funções. Através da oxigenação cerebral é possível detectar as áreas ativadas (quanto mais oxigenado, maior a ativação) (KEARNS et al., 2019).

Estudos neurocientíficos mostram que quando o ser humano aprende a ler automaticamente são alterados os sistemas cerebrais responsáveis pela área visual e a forma como os sons da língua são processados. Após a alfabetização, a região occipito-temporal sofre mudanças, ela deixa de processar faces e objetos para passar a identificar as formas

visuais das palavras e quanto mais a pessoa lê, maior a ativação dessa região. Essa área que passa a realizar o reconhecimento de letras e palavras é chamada de área da forma visual de palavras. Em estudos com adultos analfabetos não se observa ativação desta área quando lhe são apresentados estímulos linguísticos visuais (BUCHWEITZ, 2016; KEARNS et al., 2019).

Sendo assim, a neurociência cognitiva e as avaliações funcionais de imagens cerebrais permitiram o estudo das relações entre o cérebro e a leitura servindo de base para o conhecimento de como se desenvolve um leitor típico e um atípico. Para o futuro, se espera que essas evidências se tornem ferramentas confiáveis que possam ser utilizadas nas políticas públicas de saúde e educação (BUCHWEITZ, 2016).

2.4 SISTEMA AUDITIVO: DA VIA AUDITIVA PERIFÉRICA À VIA AUDITIVA CENTRAL

Para fazer uso pleno das informações auditivas é preciso que o som que entra pela orelha percorra todo o sistema auditivo até chegar ao córtex auditivo sem que se perca informação pelo caminho. O sistema auditivo é dividido em: sistema auditivo periférico e sistema auditivo central (FRIZZO; REIS, 2015).

O sistema auditivo periférico é composto pela orelha externa, orelha média, orelha interna e nervo vestibulococlear. Este sistema é responsável pela captação e transmissão da onda sonora feita pela orelha e meato acústico externo, após ocorre a transdução sonora na membrana timpânica, cadeia ossicular e músculos intratimpânicos e então ocorre o processamento da informação sonora na cóclea e porção coclear do nervo vestibulococlear (FRIZZO; REIS, 2015).

A orelha interna fica dentro do osso temporal e é composta pelo labirinto ósseo e o labirinto membranoso. O labirinto ósseo é composto pelos canais semicirculares, que faz conexão com o vestíbulo, que possui uma abertura chamada de janela oval. Essas estruturas compõem o sistema vestibular, que é um dos responsáveis pelo equilíbrio do corpo (BONALDI, 2015; GRIZ; PACÍFICO, 2018).

A janela oval abre a cavidade timpânica para a orelha média, fazendo conexão com a cóclea. A cóclea tem a aparência de um caracol e dentro dela fica o órgão responsável pela audição. Em toda extensão da cóclea observamos a presença das membranas basilar e vestibular e a sua junção da origem ao ducto coclear, que é preenchido por endolinfa ou líquido ótico. A endolinfa preenche o labirinto membranoso e é resultado da secreção de várias estruturas, é diferente de qualquer outro líquido corpóreo. Também podemos encontrar

outro tipo de líquido, a perilinfa ou líquido periótico, de composição iônica, semelhante ao plasma, ele ocupa espaços perilinfáticos, como por exemplo, o vestíbulo e canais semicirculares (BONALDI, 2015; GRIZ; PACÍFICO, 2018).

A cóclea também é composta por camadas de células. Na parte interna, existe apenas uma camada de células que são chamadas de células ciliadas internas e na parte externa existem três camadas de células denominadas de células ciliadas externas (BONALDI, 2015; GRIZ; PACÍFICO, 2018).

A cóclea é o componente sensorial, nela o impulso sonoro se transforma em impulso elétrico. Também ocorrem as conexões neurais, que se desenvolvem a partir das experiências sonoras que a criança passa a partir dos primeiros anos de vida, essas conexões permitem que se receba, analise e programe uma resposta (ENGELMANN; FERREIRA, 2009).

Só acontecem respostas mecânicas da orelha interna quando o estribo se movimenta na janela oval, movimentando conseqüentemente os líquidos da cóclea. A movimentação destes líquidos gera o movimento da membrana basilar que provoca a deflexão das células ciliadas. Quando as células ciliadas se movimentam inicia o processo de transdução do som, pois a função mais importante da cóclea é transformar energia mecânica em energia neural através da sua conexão com o nervo auditivo (BONALDI, 2015; GRIZ; PACÍFICO, 2018).

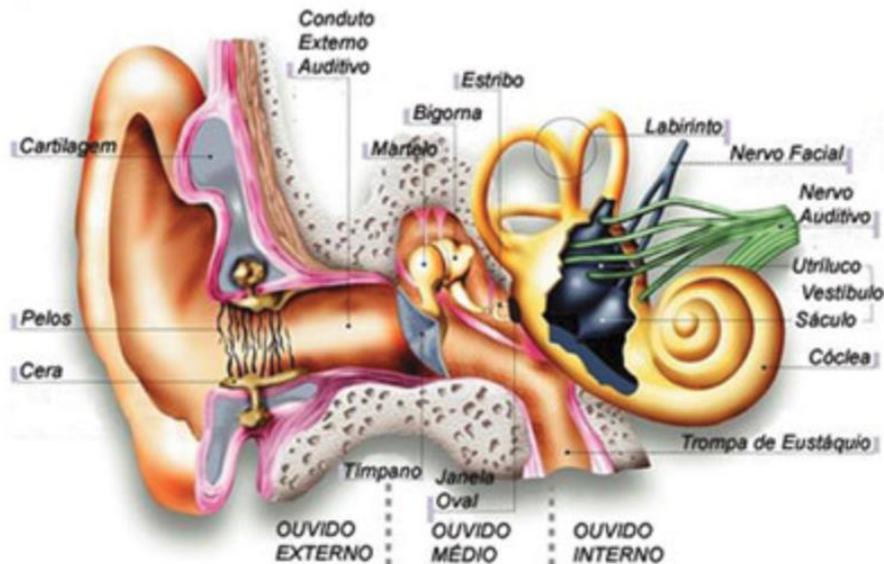


Figura 1 – Anatomia do ouvido externo, médio e interno

Fonte: Oliveira; Bica (2019)

O nervo auditivo é composto por fibras nervosas aferentes e eferentes. As fibras aferentes são responsáveis por transmitir as informações que tem origem na cóclea até o

tronco encefálico e cérebro. As fibras eferentes fazem o caminho contrário, trazendo informações dos centros neurais até a periferia (GRIZ; PACÍFICO, 2018).

De forma geral, estes são os principais processos que ocorrem no sistema auditivo periférico. Devido a sua complexidade, existem outras regiões e outros processos que corroboram para o funcionamento.

Quando a informação sonora consegue passar por todos esses órgãos até chegar ao tronco encefálico com integridade, é possível afirmar que o indivíduo ouviu a informação. Mas somente após o tronco encefálico, começa o sistema auditivo central responsável pela habilidade de compreender a informação sonora recebida do sistema auditivo periférico. É o sistema auditivo central o responsável pela compreensão da mensagem ouvida.

O sistema auditivo central é composto pelas vias auditivas do tronco encefálico e áreas corticais. Este sistema é muito mais complexo do que o periférico, pois sistema auditivo tem uma ordem crescente de complexidade. Para que a audição seja efetiva é necessário que ela passe por três fases: captação dos estímulos, processamento auditivo através da modulação e integração dos sinais e estimulação sensorial, que propicia respostas emocionais, cognitivas e linguísticas (FRIZZO; REIS, 2015).

Depois que as fibras neurais deixam a cóclea, elas percorrem o seguinte caminho: gânglio espiral, núcleo coclear, complexo olivar superior ipsilateral e contralateral, neste ponto as representações começam a ocorrer de forma bilateral. As fibras nervosas se dividem, uma parte faz sinapses com o núcleo lemnisco lateral e a outra parte, que sai do complexo olivar superior se direcionam para o complexo olivar superior, colículo inferior, lemnisco lateral, corpo geniculado medial, para então finalmente chegar ao córtex auditivo (GRIZ; PACÍFICO, 2018).

O núcleo celular é composto por vários tipos de células que tem a capacidade de modificar o impulso neural. É nele que se inicia o processo de codificação sonora. Ele está relacionado com a habilidade de processamento temporal. O complexo olivar superior recebe os impulsos auditivos vindo dos núcleos cocleares ipsilaterais e contralaterais, é o primeiro órgão a receber informação sonora de maneira binaural, portanto cabe a ele a habilidade de integração e interpretação binaural dos sinais sonoros. O lemnisco lateral também recebe impulsos nervosos vindo dos núcleos cocleares. Os neurônios dos núcleos cocleares, complexo olivar superior e do lemnisco lateral são responsáveis por enviar sinais excitatórios e inibitórios para o colículo inferior (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

O colículo inferior possui muitos interneurônios, o que indica que existam interconexões neurais. Contribui para a habilidade de localização sonora e acredita-se que ele

sofra influência de várias vias sensoriais, pois é um centro de processamento de informações auditivas que interferem no comportamento auditivo do indivíduo (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

O corpo geniculado medial é dividido em três partes: ventral, dorsal e medial. As células da região ventral são ativadas pelas estimulações acústicas e essa parte transmite informações de discriminação para o córtex cerebral. A parte dorsal envia axônios para as áreas de associação do córtex auditivo. Já a parte medial funciona como um sistema de alerta multissensorial. Os neurônios do corpo geniculado medial se irradiam para áreas auditivas do cérebro (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).

Por fim, o córtex auditivo, é uma estrutura mais complexa, pois recebe informações de vários outros órgãos por meio do corpo caloso. Nele podemos encontrar o giro de Heschl, uma área primária, que em sua porção posterior possui o plano temporal, que é uma área cortical que está relacionada a linguagem receptiva. O giro supramarginal é uma área responsável pela estimulação acústica, localizada próximo a área de Wernicke. Todos eles fazem parte da região associativa, que integra informações auditivas, visuais e somatossensitivas, sendo extremamente importante para a aquisição de linguagem, principalmente a leitura e escrita (TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015).



Figura 2 - Funcionamento da via auditiva central

Fonte: Pujol (2019)

No sistema auditivo central, o estímulo sonoro percorre duas vias auditivas: a via contralateral (primária) e a via ipsilateral. A via contralateral é rápida, composta por longas fibras mielinizadas que tem função de decodificação e interação. Ela também dá início ao processo de análise de frequência e

de intensidade e duração do estímulo sonoro. A via ipsilateral é responsável por conduzir informações auditivas vindas de outras modalidades sensoriais e tem a função de atenção seletiva, gerenciando a escolha da mensagem alvo. (ALVAREZ; SANCHEZ; CARVALHO, 2017; TEIXEIRA; GRIZ; ADVÍNCULA, 2015)

As fibras nervosas que compõe essas vias cruzam e descruzam de um lado para o outro do em algum ponto do sistema nervoso central, 2/3 dessas fibras se projetam contralateralmente, enquanto que 1/3 permanecem ipsilateralmente, esse cruzamento é a base anatômica para a binauralidade. As características de tempo e a intensidade dos estímulos sonoros que percorrem as vias contralaterais e ipsilaterais permitem ao indivíduo localizar a direção da fonte sonora. Quando a fonte sonora é de origem verbal, normalmente levará mais tempo para chegar a orelha esquerda, em indivíduos com área de especialização de linguagem no hemisfério esquerdo, tendo em vista o cruzamento intrahemisférico via corpo caloso até a chegada da mensagem as áreas cerebrais da linguagem (ALVAREZ; SANCHEZ; CARVALHO, 2017; BELLIS, 2011; MUSIEK; WEIHING; OXHOLM, 2007).

Na prática clínica, observa-se que crianças com queixa de dificuldade de compreensão auditiva possuem, muitas vezes, avaliações audiológicas do sistema auditivo periférico com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade. Porém, ao avaliar as habilidades auditivas com exames comportamentais e eletrofisiológicos, encontram-se evidências de transtornos do sistema auditivo central (FARIAS; TONIOLO; CÓSER, 2004; WIEMES et al., 2012).

O sistema auditivo periférico e central pode ser avaliado através de exames como a Audiometria tonal e vocal e Imitanciometria, Processamento auditivo central e os Potenciais evocados auditivos. Estes procedimentos avaliam a audição de forma comportamental e eletrofisiológica (FRIZZO; REIS, 2015).

2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO AUDITIVA

A audiometria tonal e vocal tem por objetivo avaliar o tipo e o grau da perda auditiva e a capacidade de detecção e reconhecimento de fala. A imitanciometria avalia o comportamento da orelha média em função da variação da pressão introduzida no meato acústico externo, identificando alterações de orelha média, como: otites, flacidez ou rigidez da membrana timpânica (FRIZZO; REIS, 2015).

Segundo a ASHA, o Processamento Auditivo Central é a eficiência e a efetividade pela qual o sistema nervoso auditivo central utiliza a informação auditiva. Através do PAC podemos avaliar, de forma comportamental, os déficits de processamento de informação que não são provenientes de uma perda auditiva. Analisam-se as habilidades auditivas, como

masreamento temporal, integração temporal, reconhecimento temporal, ordenação temporal, integração temporal, discriminação dos padrões temporais, discriminação auditiva, escuta em ambientes competitivos, escuta com sinais degradados, localização e lateralização (ASHA, 1996).

Já os Potenciais Evocados Auditivos (PEA) são respostas elétricas do sistema auditivo (orelha interna, nervo auditivo e sistema nervoso central) frente a um estímulo acústico (FRIZZO; REIS, 2015; MATAS; MAGLIARO, 2015).

Os equipamentos utilizados para a captação dos PEA são constituídos por três partes. A primeira parte é composta pelo computador que é responsável pela geração e análise do estímulo, conversores de sinais digitais em analógicos e um transdutor, que são os fones de ouvido de inserção. Na segunda parte fica o sistema de medida que é constituído de eletrodos, amplificadores, filtros analógicos, conversor analógico-digital e materiais de registro. A última parte é um sistema lógico para o processamento de dados, que é capaz de realizar sincronismo, promediações, transformadas de Fourier, estatística para confirmação e análise dos resultados (MENEZES, 2018). A captação dos PEA é realizada utilizando-se eletrodos fixados na superfície do couro cabeludo, frente, lóbulos das orelhas ou mastoides. As respostas neuroelétricas captadas passam por um processo de filtragem e amplificação, são separadas dos artefatos e somadas, permitindo, assim, sua observação em forma de ondas no computador (ROGGIA; COLARES, 2008).

Durante a aquisição dos PEA, é fundamental estar atento as possíveis interferências no sinal de captação. Essas interferências podem ser originadas de fontes de ruídos fisiológicos, como a ação muscular, cardíaca ou ocular, e do meio ambiente, rede elétrica, radiofrequência ou interferências de outros equipamentos. O isolamento e aterramento elétrico são extremamente importantes a fim de evitarem interferências elétricas e protegerem o paciente de possíveis descargas (MENEZES, 2018).

Os PEA são classificados de acordo com o período de latência, origem anatômica e relação estímulo/resposta (COSTA; LEAL; MENEZES, 2018; MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007). Sendo denominados de acordo com a primeira classificação, chamados então de:

- Potenciais evocados auditivos de curta latência: Mais conhecido como Potencial evocado auditivo de troco encefálico (PEATE), é obtido entre 0 e 10 ms após a estimulação acústica, sendo captado desde os primeiros neurônios do sistema auditivo até tronco encefálico. Instrumento de avaliação da audição em recém-nascidos, crianças pequenas, indivíduos hiperativos, com distúrbios emocionais, alterações neurológicas e indivíduos

difíceis de serem avaliados por meio de métodos comportamentais. É o mais utilizado clinicamente, pois é de fácil registro, o paciente não precisa realizar nenhuma atividade, podendo estar até mesmo dormindo e não sofre alterações por uso de medicações neurológicas. Sua análise se dá pela medida das latências de seus 5 picos de ondas e na medida de seus intervalos interpicos. Também é muito utilizado como medida objetiva para avaliar a maturação e integridade da via auditiva.

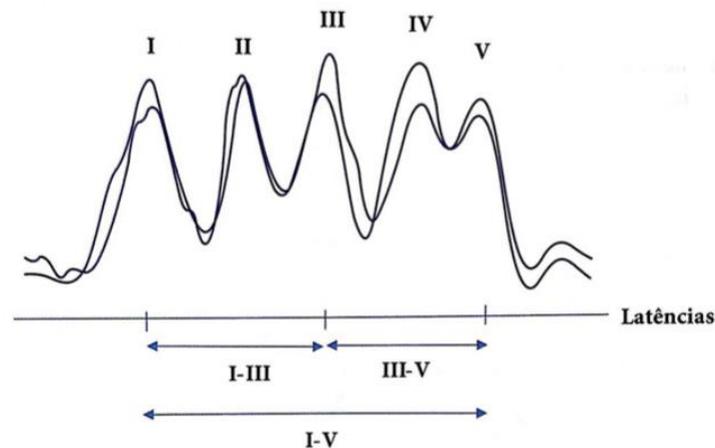
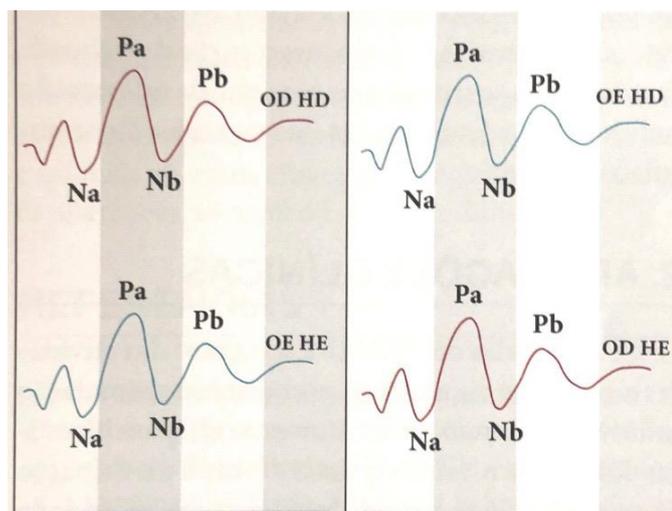


Figura 3 - Traçado eletrofisiológico do Potencial evocado auditivo de curta latência
Fonte: Costa; Leal; Menezes (2018)

- Potenciais evocados auditivos de média latência: É obtido entre 10 e 80 ms após a estimulação acústica, sendo gerado na via talâmico-cortical. Consiste em um traçado que apresenta uma seqüência de 3 ondas positivas e 3 negativas, intercaladas.



Legenda: HD: hemisfério direito; HE: hemisfério esquerdo; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda

Figura 4 – Traçado eletrofisiológico do Potencial evocado auditivo de média latência
Fonte: Menezes (2018)

Também não exige que se desenvolva nenhuma tarefa, mas é necessário que o avaliado esteja em estado de alerta. É o potencial menos estudado e suas aplicações clínicas ainda não estão bem definidas. Mas indica ser promissor para corroborar com o diagnóstico de alterações do processamento auditivo central, tendo em vista que faz uma análise da via auditiva do tálamo até o córtex auditivo.

- Potenciais evocados auditivos de longa latência: são os potenciais que serão utilizados e detalhados neste estudo.

Em nosso estudo, serão utilizados avaliados os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL) também conhecidos como Potenciais Relacionados ao Evento ou Potencias corticais.

Os PEALL avaliam as mudanças elétricas que acontecem nos sistemas auditivos periférico e central após a percepção da presença de um estímulo acústico ou elétrico. Desta forma, é possível medir a atividade neuroelétrica de cada sítio da via auditiva e o tempo, em milissegundos, que a região leva para processar a informação. Os PEALL são capazes de medir a atividade bioelétrica que ocorre no tálamo e no córtex em um intervalo de tempo de 80 a 600ms (FRIZZO; REIS, 2015).

Através de estudos eletrofisiológicos percebeu-se que existem duas áreas distintas no córtex auditivo, uma área exclusivamente auditiva e outra associativa. A área auditiva é composta pelos córtices auditivos primário, secundário e terciário, a região periaquedutal silviana posterior, a franja suprasilviana e a ínsula (HYPPOLITO, 2018).

O córtex auditivo apresenta quatro níveis organizacionais hierárquicos de vias ascendentes e descendentes, que se relacionam e trocam informações excitatórias e inibitórias. O primeiro nível é composto da área cortical auditiva primária e área cortical auditiva anterior que se conectam com a porção lateral dos neurônios talâmicos e da porção lateral da divisão ventral do corpo geniculado medial. No segundo nível fica a área cortical auditiva secundária que faz conexão direta e indiretamente com os outros níveis e recebe conexão do corpo geniculado medial. No terceiro nível fica localizada a área cortical auditiva posteroventral, que recebe conexão do corpo geniculado medial. Essas áreas estão integradas com áreas da ínsula e do sistema límbico (HYPPOLITO, 2018).

Na avaliação eletrofisiológica, os PEALL podem ser resultado de fatores exógenos ou sensoriais, como o complexo P1-N1-P2, pois são influenciados pelas características físicas do estímulo acústico, como por exemplo: frequência, duração e intensidade. E endógenos, pois sofrem influência de tarefas de discriminação e da atenção e são menos afetados pelas características físicas do estímulo acústico, estão relacionados a eventos (tarefas) corticais,

como o P3 e o MMN (FRIZZO; ADVINCULA, 2018; FRIZZO; REIS, 2015; MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007).

O complexo P1-N1-P2 traz informações da chegada do estímulo auditivo ao córtex e início do processo cortical e mostra se o sinal sonoro foi recebido adequadamente no córtex auditivo. Também tem a função de dar informações sobre os processos neurais da percepção da fala, maturação do sistema auditivo, capacidade de audibilidade de indivíduos com perda auditiva, inclusive bebês, e a qualidade do processamento da informação auditiva (FRIZZO; ADVINCULA, 2018; FRIZZO; REIS, 2015).

Esses potenciais podem ser analisados em grupo, como um complexo, e individualmente. A seguir, serão apresentados cada componente individualmente para melhor explicação.

- Componente P1: acontece, em média, de 50 ms depois da apresentação do estímulo sonoro e é capaz de codificar as características acústicas do estímulo, como frequência e tempo. É observada a diminuição da latência e amplitude do componente P1 ao longo da vida. Ocorre em consequência a ativação de áreas corticais auditivas secundárias (giro de Heschel) e hipocampo. Seu possível sítio gerador é o giro de Heschel ou córtex auditivo primário (FRIZZO; ADVINCULA, 2018).

- Componente N1: tem latência em torno de 100 ms depois do início do estímulo sonoro. Tende a se torna mais robusto e proeminente ao longo dos anos, podendo estar ausentes em crianças pequenas. Ocorre através das mudanças acústicas do início do som, modulações de frequência e intensidade de um estímulo complexo. É um marcador da atividade cortical auditiva da decodificação das características acústicas. Tem como sítio gerador o córtex auditivo primário e secundário, no lobo frontal (FRIZZO; ADVINCULA, 2018).

- Componente P2: apresenta-se em torno de 145 e 200ms. Ainda não se pode afirmar qual o seu sítio gerador, mas há probabilidade de ser o giro temporal superior anterior, pois observa-se a influência de áreas do córtex auditivo primário e secundário e formação reticular. É um componente misto, pois é elicitado tanto por fatores exógenos quanto endógenos. A discriminação física das características acústicas dos estímulos está ligada a este componente. Alguns estudos mostram que é possível melhorar sua latência através de treinamento auditivo especializado e por este motivo ele é considerado um biomarcador da aprendizagem dos aspectos auditivos e linguísticos. Essas mudanças na morfologia deste componente são indicativas do aumento da sincronia neural associado a uma melhor percepção de fala (FRIZZO; ADVINCULA, 2018; REGAÇONE et al., 2014).

- Componente N2: surge em torno de 180 e 250ms. Também ainda não tem seu sítio gerador definido, mas a topografia da sua onda sugere que sua localização seja o córtex visual secundário, o que reforça a hipótese de que essas ondas não são restritas a regiões do cérebro de modalidades específicas. Essa onda é um registro pré-consciente. Acredita-se que a mudança do estágio pré-atencional para o atencional ocorra por volta da onda N2, talvez seja este o motivo desta ser a onda que menos discutida e caracterizada na literatura (FRIZZO; ADVINCULA, 2018).

- Componente P3: também conhecido como Potencial relacionado ao evento é um potencial cognitivo, endógeno, exige a realização de uma tarefa cognitiva com resposta ativa do avaliado e representa fenômenos fisiológicos associados à atenção, discriminação e memória. Para que ocorra o registro da onda é necessário que se faça uma tarefa de discriminação, identificar um estímulo raro entre vários frequentes, essa atividade implica no reconhecimento da mudança de estímulo auditivo por parte do indivíduo avaliado (COSTA; LEAL; MENEZES, 2018).

Sua latência em indivíduos a partir de oito anos é observada em torno de 300ms, sendo que é observada uma diminuição desta latência com o avanço da idade. Este potencial tem como sítios geradores áreas mais complexas e associativas auditivas e linguísticas, como: hipocampo, córtex sensorial auditivo, córtex centroparietal e córtex frontal (FRIZZO; ADVINCULA, 2018; FRIZZO; REIS, 2015; HYPPOLITO, 2018; MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007; NÄÄTÄNEN et al., 2007).

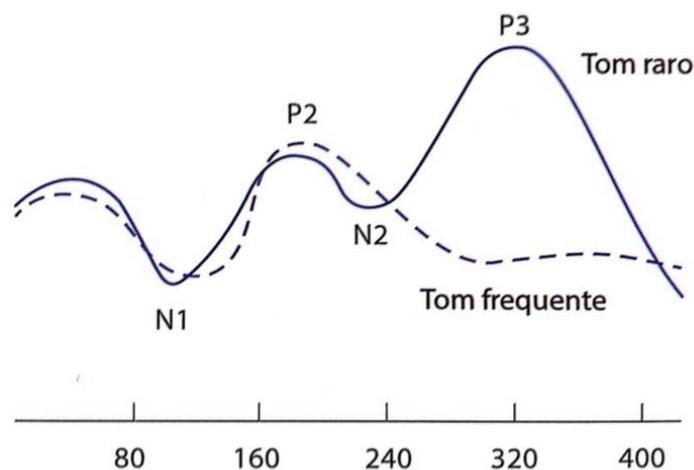


Figura 5 - Traçado eletrofisiológico do potencial evocado auditivo de longa latência
Fonte: Hyppolito (2018)

Consegue refletir o redirecionamento da atenção diante de distratores do ambiente, funcionando como um botão de controle. A latência desta onda faz referência ao tempo, em milissegundos, de reação consciente a mudança de estímulo, sendo assim considerado um processo cerebral de conclusão final. Quanto aos processos auditivos envolvidos, ele utiliza o reconhecimento, a discriminação e a classificação do estímulo sonoro (HYPPOLITO, 2018).

Este potencial tem se mostrado uma promissora avaliação objetiva da evolução do tratamento de transtornos do processamento auditivo central, pois ao longo do tratamento observa-se redução da latência e aumento da onda. Essa mudança acontece devido as alterações neurofisiológicas decorrentes da plasticidade neuronal do sistema nervoso central em indivíduos expostos a treinamento auditivo (COSTA; LEAL; MENEZES, 2018).

- Componente Mismatch Negativity (MMN): também é um potencial cognitivo e endógeno, porém é pré-atencional, envolve as habilidades de discriminação auditiva pré-atentiva, automática e a ativação da memória ecóica diante de qualquer variação acústica de um estímulo auditivo (FRIZZO; ADVINCULA, 2018; ROGGIA; COLARES, 2008; ROMERO et al., 2015).

É uma onda negativa, que surge em torno de 150 a 250 ms. A literatura refere como seus sítios geradores: o plano supratemporal do córtex auditivo (lobos temporais), o córtex temporal posterior lateral e o giro frontal direito (lobos frontais, predominantemente o direito). Todos esses sítios formam um complexo de conexões neuronais responsável por grande parte do processamento auditivo central, por isso é considerado a medida objetiva mais acurada para avaliar o mesmo. Existe uma relação intrínseca entre as habilidades de discriminação das propriedades do som e a presença do componente MMN (COSTA; LEAL; MENEZES, 2018; FRIZZO; ADVINCULA, 2018).

O MMN é uma resposta cerebral elétrica desencadeada por um estímulo diferente apresentado dentro de um processo repetitivo da estimulação auditiva, que surge independente da atenção, consciência ou resposta comportamental. O MMN é gerado a partir de um processo automático de detecção de mudança de estímulo. É considerado como um processo preparatório para a percepção consciente do estímulo sonoro e por essa razão, ele sempre deve ser pesquisado antes dos outros componentes, pois é fundamental que o indivíduo não preste atenção no estímulo durante a avaliação, a fim de que se garanta que a resposta recebida é automática e involuntária (BRUCKMANN et al., 2016; FRIZZO; ADVINCULA, 2018; FRIZZO; REIS, 2018).

O fato do MMN de adultos e de crianças de 4 meses serem muito semelhantes somado ao fato de não precisar de interferência do avaliado, faz dele uma excelente ferramenta de

avaliação pediátrica. Também demonstra boa relação entre o limiar eliciado e o limiar de discriminação comportamental. Por isso ele tem sido utilizado para acompanhar a maturação neurofisiológica durante treinamento auditivo. Em estudos com disléxicos o MMN costuma se apresentar comprometido, com redução de suas amplitudes. Acredita-se que isso ocorra por haver comprometimento no processamento simultâneo das características do som, conteúdo e informação contextual nessa população (COSTA; LEAL; MENEZES, 2018).

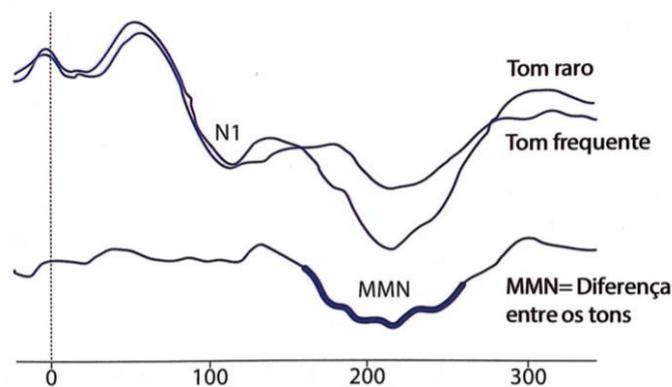


Figura 6 - Traçado eletrofisiológico do componente MMN

Fonte: Hyppolito (2018)

Os PEALL têm sido utilizados em pesquisas com o objetivo de investigar o processamento da informação de forma não comportamental, corroborando a investigação de habilidades de codificação, seleção, memória e tomada de decisão. Outro motivo é a capacidade de refletir a atividade de áreas auditivas corticais responsáveis pelas funções de ouvir, atenção, detecção e discriminação dos sons, que são fundamentais para o desenvolvimento da linguagem (CRIPPA; AITA; FERREIRA, 2011; FRIZZO; ADVINCULA, 2018; FRIZZO; REIS, 2015; OLIVEIRA; MURPHY; SCHOCHAT, 2013).

Por fim, salientamos a importância de atentar a maturação auditiva durante a avaliação das funções auditivas centrais e/ou da integridade da via auditiva. Os testes que avaliam estes aspectos são dependentes de funções neurais e devem ter sua interpretação baseada correlação entre o comportamento e o desenvolvimento neuromaturation do indivíduo avaliado. Alguns estudos afirmam que principal objetivo de uma avaliação auditiva central é analisar a integridade e a neuromaturation da via auditiva (NEVES; SCHOCHAT, 2005; SILVA et al., 2014; SLEIFER, 2008).

Neves e Schochat relatam em seu estudo, diversas pesquisas que discutiram o desenvolvimento da maturação da via auditiva e afirmam que até os 12 anos observa-se

melhora quantitativa nas respostas, especialmente entre os 8 e 10 anos e que aos 12 anos, são muito semelhantes as respostas dos adultos. Assim como ocorre com as habilidades de leitura, na dislexia, também é possível observar uma melhora das habilidades auditivas centrais com o aumento da idade (NEVES; SCHOCHAT, 2005).

Componentes dos PEALL	Varição esperada de latência	Varição esperada de amplitude	Endógeno/ Exógeno	Sítios geradores	Estado do paciente
P1	50 a 80 ms	3 a 6 μ V	Exógeno	Giro de Heschl ou córtex auditivo secundário	Atento
N1	80 a 150 ms	5 a 10 μ V	Exógeno	Lobo frontal	Atento
P2	145 a 180 ms	3 a 6 μ V	Exógeno	Giro temporal superior anterior	Atento
N2	180 a 250 ms	3 a 6 μ V	Exógeno e endógeno	Regiões supratemporais incluindo córtex frontal	Atento
P3	220 a 380 ms	8 a 15 μ V	Endógeno	Hipocampo e córtex auditivo	Atento
MMN	150 a 250 ms	1 a 3 μ V	Endógeno	Lobos temporais e lobos frontais	Distraído

Tabela 1 - Resumo dos componentes avaliados

Fonte: Elaborado pela autora

2.6 PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL

O processamento auditivo central pode ser definido como o conjunto de mecanismos e processos do sistema nervoso auditivo responsável pelos fenômenos de localização, discriminação, reconhecimento, aspectos temporais da audição, incluindo a resolução temporal, mascaramento temporal, ordenação temporal, desempenho auditivo com mensagem competitiva e com sinais acústicos distorcidos (FRIZZO; REIS, 2015).

A avaliação do processamento auditivo central pode ser realizada de duas formas: comportamental e eletrofisiológica. Diversos estudos relatam a importância de se utilizar os dois tipos de avaliações, a fim de confirmar os achados obtidos e auxiliar na terapia fonoaudiológica (FARIAS; TONIOLO; CÓSER, 2004; OLIVEIRA; MURPHY; SCHOCHAT, 2013; SCHOCHAT, 2003; WIEMES et al., 2012b).

A avaliação comportamental do processamento auditivo analisa o grau de eficiência e efetividade com que o sistema nervoso central utiliza a informação auditiva. Qualquer falha do mecanismo neural pode ocasionar um transtorno de processamento auditivo central. Este transtorno normalmente está associado a dificuldades de aprendizagem, linguagem, atenção e

memória (FARIAS; TONIOLO; CÓSER, 2004).

Através de exame eletrofisiológicos, também é possível avaliar o processamento auditivo central, como foi descrito anteriormente, por meio dos potenciais evocados auditivos de curta, média e longa latência. Com a avaliação eletrofisiológica, é possível investigar alterações funcionais e integridade da via auditiva central de forma objetiva (FARIAS; TONIOLO; CÓSER, 2004; FRIZZO; REIS, 2018b; MCPHERSON; BALLACHANDA; KAF, 2007).

Ao realizar de forma associada, testes comportamentais e eletrofisiológicos, é possível obter dados sobre o desenvolvimento neuromaturacional e a integridade do sistema nervoso auditivo central. Desta forma, pode-se investigar se as alterações das funções auditivas centrais ocorrem por razões comportamentais e/ou fisiológicas respectivamente (DELECRODE et al., 2014).

2.7 DIFICULDADES AUDITIVAS E DISLEXIA DO DESENVOLVIMENTO

Dificuldades auditivas na infância podem acarretar atraso no desenvolvimento de habilidades da fala e, conseqüentemente, da leitura. Em muitos casos, o diagnóstico auditivo só acontece depois de a criança estar há muito tempo em um tratamento sem evolução (PUPO et al., 2008).

A Lei nº 12.303 de agosto de 2010 tornou obrigatória a realização do exame de Emissões Otoacústicas Evocadas, o Teste da Orelhinha. A lei determina que todos os hospitais e maternidades devem oferecer o teste gratuitamente para crianças nascidas em suas instituições, tornando obrigatória a Triagem Auditiva Neonatal Universal (TANU).

O Teste da Orelhinha é rápido e indolor, consiste em avaliar a atividade da cóclea. Uma sonda é colocada no conduto auditivo do bebê para captar sons emitidos pelas células ciliadas internas da cóclea. Este teste não tem como objetivo quantificar a audição do bebê, mas sim identificar se existe alguma alteração auditiva. O resultado se dá por meio de presença ou ausência de respostas. Quando presentes, sugere atividade coclear normal e quando ausentes, aponta para alteração auditiva e então os responsáveis são encaminhados para avaliação otorrinolaringológica e direcionados para tratamento adequado do bebê (DURANTE, A.S.; DHAR, 2015).

Atualmente, alterações auditivas são consideradas um problema de saúde pública, tendo em vista sua alta prevalência e as implicações que acarreta ao neurodesenvolvimento. Apesar de a TANU ainda ser relativamente nova, já é possível perceber o quanto a avaliação

precoce de alterações auditivas beneficiou bebês que provavelmente só teriam esse diagnóstico quando começassem a apresentar atrasos de linguagem. Hoje em dia, podemos ver bebês de poucos meses de vida com perdas auditivas que fazem uso de próteses auditivas e tem a possibilidade de manter o processo cronológico normal do desenvolvimento da linguagem (FERNANDES; NOZAWA, 2010).

Ao estimular precocemente o Sistema Nervoso Central, principalmente antes dos 12 meses de idade, a resposta neural a plasticidade é muito maior, permitindo melhores resultados na reabilitação auditiva e desenvolvimento de linguagem em crianças que possuem alteração auditiva desde o nascimento (LEWIS et al., 2010). A acuidade auditiva é fundamental para discriminar, reconhecer e compreender informações sonoras. Uma criança que faz uso pleno das suas habilidades auditivas consegue perceber as diferenças de todos os fonemas que compõe a nossa língua, e reconhece os traços distintivos e movimentos articulatorios dos fonemas. O desenvolvimento desta percepção de forma efetiva dá suporte à aprendizagem da relação grafema/fonema; esta relação, como dito antes, é fundamental para a aquisição da leitura e escrita (BURANELLI et al., 2009).

A audição e a linguagem são processos determinantes para o desenvolvimento global e são correlacionados e interdependentes. Por isso, a investigação da alteração do funcionamento das estruturas auditivas periféricas e centrais, principalmente em sujeitos que apresentam atraso do desenvolvimento da linguagem oral ou escrita, podem informar as bases dos processos de comunicação envolvidos nos transtornos de aprendizagem. A integridade destas estruturas permite que as habilidades perceptuais sejam adquiridas e desenvolvidas sem atrasos ou intercorrências no desenvolvimento da linguagem (MELO et al., 2016; TOCHETTO, T. & GATTO, 2007). Estudos apontam o déficit auditivo como o motivador direto do déficit fonológico e como consequência ocorre a dificuldade de leitura e escrita. Para escrever é necessário codificar e decodificar os grafemas que representam os fonemas. Já para a leitura é preciso associar o componente auditivo fonêmico ao componente auditivo visual. A fala é um sinal acústico, um indivíduo com falha no processamento temporal auditivo apresentará dificuldade em discriminar elementos curtos, como as consoantes, que possuem rápidas transições de seus formantes. Essas falhas levam a importantes dificuldades de percepção dos sons da fala, impedindo que se construa representações mentais dos estímulos de fala, principalmente daqueles fonemas que tem como maior diferenciador as pistas auditivas (PRESTES; FEITOSA, 2016).

A audição é a via sensorial para a aquisição das representações fonológicas que são o alicerce para a habilidade de decodificação grafêmica. Para o aprendizado da leitura e escrita

acontecer o indivíduo precisa reconhecer os menores elementos sonoros da língua (fonemas), ter capacidade de refletir sobre esses elementos e saber quais são os grafemas que os representam. Alterações auditivas como o transtorno de processamento auditivo central e privação auditiva temporária em decorrência de otites de repetição são os fatores que exercem maior influência negativa sob esses níveis de conhecimento fonológico. Não esquecendo da surdez profunda congênita, que na maioria dos casos, impede a aquisição da leitura e escrita (MORAIS, 2009).

Alterações na comunicação oral, dificuldade em aplicar regras gramaticais, inversões de grafemas, erros para identificar lateralidade, agitação ou apatia, baixa memória auditiva e de compreensão de mensagem acústica em ambientes ruidosos são características comumente encontradas em indivíduos com diagnóstico de transtorno de processamento auditivo central. Essas alterações também são frequentemente observadas em crianças com dislexia do desenvolvimento. Dificuldades tão parecidas e que em muitos casos se sobrepõe, fazem com que estes diagnósticos sejam complementares e muitas vezes ocorram de forma associada (ENGELMANN; FERREIRA, 2009). A alteração isolada de processamento auditivo central é muito rara, normalmente está associada a outra alteração, cognitiva ou de linguagem, pois esses mecanismos aparecem de forma interlaçada e simultânea (FEY et al., 2011).

Crianças com transtorno de aprendizagem geralmente apresentam desempenho inferior em testes de processamento auditivo central e nos potenciais evocados auditivos de longa latência, em função do atraso na maturação das habilidades auditivas (SIMON; ROSSI, 2006). Um estudo norte americano, relata que a prevalência de transtorno do processamento auditivo central em escolares com transtornos de aprendizagem foi estimada em 30 a 50% da população pesquisada (ILIADOU et al., 2009). Ao verificar a incidência de transtorno do processamento auditivo central (habilidades temporais) em crianças com dislexia, estudos transversais encontraram resultados que variaram de 30 a 100%. Acredita-se que essa discrepância ocorreu por diferentes testes terem sido utilizados nas avaliações auditivas centrais e a diferença de faixa etária entre os grupos estudados, tendo em vista que devido a neuromaturação auditiva o desempenho nos testes de avaliação do processamento auditivo central tendem a melhorar com o avançar da idade (OLIVEIRA; MURPHY; SCHOCHAT, 2013; PRESTES; FEITOSA, 2016; RAMUS et al., 2003).

Há evidências indicando uma relação entre os transtornos de aprendizagem, como a dislexia, e o fraco desempenho em vários testes auditivos centrais. As crianças com dislexia apresentam dificuldade de percepção dos sons e de sensibilidade aos padrões de frequência e duração das palavras (diferenciar os sons graves e agudos, identificar sequências, perceber

diferentes durações e intervalos de tempo) (ENGELMANN; FERREIRA, 2009; FORTUNATO-TAVARES et al., 2009). No estudo de Oliveira, Cardoso e Capellini (2010), é proposto como justificativa da grande ocorrência do baixo desempenho de disléxicos nas avaliações do processamento auditivo central o fato dos processamentos cognitivo, linguístico e visual também já estarem comprometidos e como consequência dessas alterações, os mecanismos cognitivos acionados para analisar, sintetizar, manipular, estocar e evocar as informações linguísticas também estarão prejudicados. Os resultados desta pesquisa mostram que as dificuldades ocorreram por déficit na percepção dos fonemas da fala, integração auditiva e memória de curto prazo (OLIVEIRA; CARDOSO; CAPELLINI, 2010).

Muitos estudos evidenciam que o déficit de discriminação fonêmica é muito frequente em disléxicos. Essa falha em perceber e discriminar fonemas seria resultado da dificuldade na construção de representações mentais de associações de fonemas e grafemas. Acredita-se que essas representações não acontecem por uma alteração perceptual auditiva. Porém, ao realizar avaliações do processamento auditivo central, nem todos os disléxicos apresentam alterações das habilidades auditivas. Estudos apontam duas justificativas para essa irregularidade comportamental: suspeita-se que existem diferentes tipos de dislexia e nem todas são de origem auditiva ou as avaliações foram realizadas após intervenções que superaram as dificuldades auditivas (FROST, 1998; PRESTES; FEITOSA, 2016).

A maioria das pesquisas encontradas na literatura apontam para os mesmos fatores que caracterizam um disléxico como, inteligência preservada, instrução educacional e oportunidade sócio-cultural. A divergência fica por conta dos fatores que causam a dislexia. Essa é uma questão de muito debate entre os pesquisadores, pois neste sentido, existem várias linhas de estudo. Uma dessas linhas afirma que para alguns disléxicos, o transtorno ocorre por dificuldade no processamento das informações ouvidas, por uma baixa capacidade de discriminar os sons (FERREIRA; BUENO; SLEIFER, 2017; GIRAUD; RAMUS, 2013; HALLIDAY et al., 2014; KHAN et al., 2011).

Uma característica muito comum entre os disléxicos é a disfunção dos processos fonológicos, que é a dificuldade de representar, armazenar e automatizar os sons da fala. Déficits nesse processo acarretam prejuízos nas representações fonológicas (conversão fonema-grafema), que irão refletir prejuízos na leitura. Alguns autores acreditam que a origem desta disfunção está associada a problemas básicos de percepção auditiva. Existem estudos que mostraram que ao comparar a capacidade de discriminar frequência sonora (agudo/grave) entre disléxicos e leitores fluentes, os disléxicos possuem maior dificuldade em perceber essas diferenças de padrões acústicos. Deve-se destacar que essa ainda é uma hipótese, ainda não se

conhece todo o mecanismo envolvido neste tipo de habilidade (KHAN et al., 2011; LEPPÄNEN et al., 2010).

Alterações na comunicação oral, dificuldade em aplicar regras gramaticais, inversões de grafemas, erros para identificar lateralidade, agitação ou apatia, baixa memória auditiva e de compreensão de mensagem acústica em ambientes ruidosos são características comumente encontradas em indivíduos com diagnóstico de transtorno de processamento auditivo central. Essas alterações também são frequentemente observadas em crianças com dislexia do desenvolvimento. Dificuldades tão parecidas e que em muitos casos se sobrepõe, fazem com que estes diagnósticos sejam complementares e muitas vezes ocorram de forma associada (ENGELMANN; FERREIRA, 2009).

Crianças com transtorno de aprendizagem geralmente apresentam desempenho inferior em testes de processamento auditivo central e nos potenciais evocados auditivos de longa latência, em função do atraso na maturação das habilidades auditivas (SIMON; ROSSI, 2006). Um estudo norte americano, relata que a prevalência de transtorno do processamento auditivo central em escolares com transtornos de aprendizagem foi estimada em 30 a 50% da população pesquisada (ILIADOU et al., 2009).

Crianças com transtorno de processamento auditivo central (TPAC) frequentemente apresentam e relatam dificuldade em compreender a fala em locais com muito ruído competitivo, precisam pedir para repetir, apresentam dificuldade em manter o foco atencional, dificuldade de aprendizagem. Porém o relato dessas queixas não é exclusivo a crianças com TPAC, eles também são comuns em crianças com diagnóstico de déficit de atenção e hiperatividade, transtornos de linguagem e Síndrome de Asperger. É de extrema importância considerar que o TPAC ocorre mais frequentemente associado a outras alterações cognitivas. Mas isso não quer dizer que ele sempre está presente quando essas outras comorbidades se manifestam (CARVALHO; NOVELLI; COLELLA-SANTOS, 2015).

A alteração do processamento auditivo central acomete a linguagem receptiva interferindo em cada um desses domínios e por consequência prejudica também a linguagem expressiva. Por exemplo, uma alteração no domínio fonológico gera uma dificuldade em identificar e distinguir os fonemas escutados, o que influenciará na capacidade de associar fonema/grafema. A queixa mais comum de escolares com alterações de processamento auditivo central é a dificuldade de compreensão da fala em situação de ruído. Crianças com essa queixa podem ter dificuldades na ortografia e leitura que se tornam mais evidentes em situações de competição sonora na sala de aula, podendo gerar um impacto negativo no seu

desempenho escolar (ENGELMANN; FERREIRA, 2009; YALÇINKAYA; MULUK; ŞAHİN, 2009).

Podemos concluir então que processamento da linguagem é a habilidade de dar significado a informação auditiva através das operações mentais, pelas quais temos a capacidade de perceber, reconhecer, entender e lembrar dos sons, das palavras e das sentenças.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Investigar as latências e amplitudes das ondas geradas pelos potenciais evocados auditivos de longa latência em um grupo de crianças com diagnóstico de dislexia do desenvolvimento.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar atraso nas latências das ondas P1, N1, P2, N2, P3 e MMN.

Investigar amplitudes das ondas P1, N1, P2, N2, P3 e MMN.

Comparar os valores das latências e amplitudes entre os gêneros.

Investigar diferenças entre as medidas de latência e amplitude entre as orelhas direita e esquerda.

Investigar diferenças entre as medidas da latência e amplitude entre o grupo com dislexia e déficit de atenção e o grupo com dislexia apenas.

4. HIPÓTESE

Crianças com dislexia apresentam potenciais evocados auditivos de longa latência alterados devido ao atraso nas latências e diminuição das amplitudes das ondas analisadas.

5. METODOLOGIA

5.1 DELINEAMENTO

Estudo transversal e contemporâneo.

5.2 PARTICIPANTES

A população deste estudo foi composta por sujeitos com diagnóstico de dislexia do desenvolvimento, provenientes Projeto ACERTA.

Os participantes incluídos nesta amostra tiveram como resultados das avaliações auditivas realizadas: curvas timpanométricas tipo A na imitanciometria, limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade na Audiometria Tonal, responderam até a intensidade mínima de 15dB na audiometria vocal e normalidade na avaliação do Potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE), na intensidade de 80dBNA.

Detalhamos a caracterização da amostra deste estudo, através da tabela a seguir:

Tabela 2 - Descrição da amostra de crianças participantes do projeto ACERTA (N=28)

Características	N (%)
Sexo	
Feminino	8 (28,6%)
Masculino	20 (71,4%)
Idade em meses (média±DP)	134,6±11,80
Ano escolar	
3	4 (14,3%)
4	6 (21,4%)
5	11 (39,3%)
6	5 (17,9%)
7	2 (7,1%)
Repetências	
Nenhuma	14 (50,0%)
1	12 (42,9%)
2	2 (7,1%)
Escola	
Particular	9 (32,1%)

Pública		19 (67,9%)
Classificação socioeconômica (Abipeme, 2010)		
Classes	B	10 (35,7%)
	C	17 (60,7%)
	D	1 (3,57%)

5.3 LOCAL DE REALIZAÇÃO

Serviço de Otorrinolaringologia do Hospital São Lucas da PUCRS.

5.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram convidadas todas as crianças com dislexia do Projeto ACERTA, do InsCer:

- Aqueles que concordaram em realizar a avaliação e assinaram o Termo de consentimento livre e esclarecido para pais ou responsáveis e o Termo de assentimento;
- Apresentaram curvas timpanométricas tipo A na imitanciometria, e limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade na Audiometria Tonal e responderam até a intensidade mínima de 15dB na audiometria vocal;
- Normalidade na avaliação do Potencial evocado auditivo de tronco encefálico, na intensidade de 80dBNA.

5.5 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Foram excluídos do estudo crianças com dislexia do Projeto ACERTA com:

- História prévia ou atual de alterações auditivas;
- Canhotos, a fim da dominância hemisférica não ser um fator confundidor durante a análise dos resultados (ALMEIDA, 2017).

5.6 COLETA DE DADOS

Inicialmente foi consultado o banco de dados do Projeto ACERTA para coletar nomes e telefones dos responsáveis das crianças com dislexia do grupo. Após foi realizado contato telefônico, para convite e agendamento da avaliação.

Em todas as crianças que concordaram e assinaram, juntamente com seus responsáveis, o Termo de consentimento livre e esclarecido para pais ou responsáveis e o Termo de assentimento, foi realizada avaliação auditiva através de Audiometria tonal e vocal e Imitanciometria. Após apresentarem respostas normais a estas avaliações, foi realizado o PEALL.

As crianças que apresentaram alguma alteração auditiva, foram orientadas a procurar avaliação otorrinolaringológica. Aquelas que realizaram tratamento otológico e na reavaliação audiométrica apresentaram limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade, foram incluídas na pesquisa. Os participantes receberam no momento da avaliação, cópia impressa dos resultados das avaliações. O fluxograma a seguir demonstra as etapas iniciais do acesso a amostra:

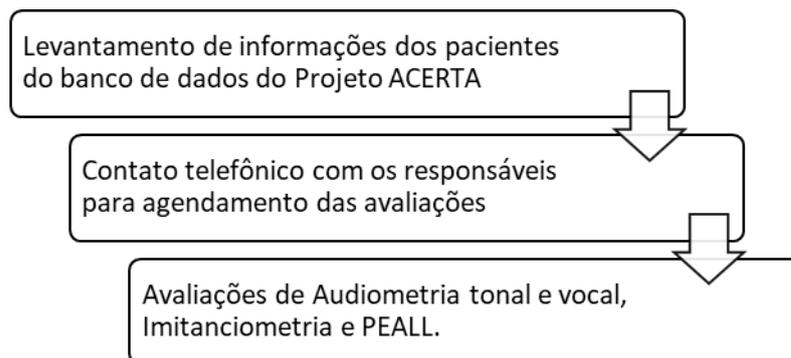


Figura 7 - Fluxograma

Ao final da coleta de dados, foram excluídas apenas duas crianças que apresentaram alterações auditivas, foram encaminhadas para avaliação otorrinolaringológica, mas não compareceram a reavaliação.

5.7 AVALIAÇÕES

Foram realizados os seguintes procedimentos: consulta ao banco de dados do projeto ACERTA, avaliação audiológica básica, e avaliação eletrofisiológica. Tais procedimentos são descritos a seguir.

A consulta ao banco de dados do Projeto ACERTA foi realizada pela pesquisadora, a fim de coletar informações essenciais sobre os pacientes: dados pessoais, tais como idade, escolaridade, preferência manual, dados relativos à Dislexia, histórico otológico, desenvolvimento global.

Avaliação auditiva periférica

As medidas de imitância acústica foram realizadas com o equipamento *Impedance Audiometer* AT235 da marca *Interacoustics*. Foram pesquisadas as curvas timpanométricas, caracterizadas de acordo com a classificação de Jerger (1970), e os reflexos acústicos contralaterais nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz, os reflexos ipsilaterais não puderam ser testados pois o equipamento utilizado não possui este módulo. Em cabina acústica, a audiometria tonal limiar foi realizada por via aérea, nas frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000Hz, e por via óssea, nas frequências de 500, 1000, 2000, 3000 e 4000Hz. A logaudiometria foi composta pelo limiar de reconhecimento de fala (LRF) e o índice percentual de reconhecimento de fala (IPRF). O audiômetro *AC40* da marca *Interacoustics*, com o fone TDH 39, foi utilizado para a realização dos exames.

Após estas avaliações, foram excluídos os participantes que apresentaram alterações, formando-se então a amostra composta por 28 sujeitos, sendo 20 (71,4%) do gênero masculino e 8 (28,6%) do gênero feminino, com idades entre 9 e 12 anos, com média de idade de 134,6 meses ($\pm 11,80$). Destes 19 (67,9%) são frequentadores de escolas públicas e 9 (32,1%) de escolas particulares. A maior parte (39,3%) estava cursando o quinto ano do Ensino fundamental e 50% deles já haviam repetido pelo menos um ano. Todos os participantes realizaram teste de QI, o grupo possui escore médio de 98,5 ($\pm 11,1$).

Devido à relação da avaliação proposta por este estudo e os fatores atencionais, também coletamos dados sobre queixas atencionais e diagnóstico de déficit de atenção. 82,1% dos participantes e seus responsáveis relatam perceber alterações atencionais e 32,1% já possuem diagnóstico de déficit de atenção. Também buscamos histórico relacionado a alterações auditivas e 21,4% relataram otites de repetição na infância.

Tabela 3 - Descrição dos principais achados do histórico médico e avaliações complementares da amostra de crianças participantes do projeto ACERTA (N=28)

	N (%)
Classificação QI	
Muito superior	1 (3,6%)
Médio superior	2 (7,1%)
Médio	18 (64,3%)
Médio inferior	7 (25%)
Diagnóstico de Hiperatividade	
Sim	7 (25%)
Não	21 (75%)

Diagnóstico de Déficit de atenção	
Sim	9 (32,1%)
Não	19 (67,9%)
Queixa de dificuldade atencional	
Sim	23 (82,1%)
Não	5 (17,9%)
Ocorrência de otites	
Sim	6 (21,4%)
Não	22 (78,6%)

Avaliação eletrofisiológica

Na etapa seguinte, foi realizada avaliação eletrofisiológica, através da pesquisa dos Potenciais evocados auditivos de longa latência, com rastreamento dos componentes P1, N1, P2, N2, P300 e MMN. A criança ou o adolescente foram acomodados em uma poltrona confortável. Foi realizada a limpeza da pele com pasta abrasiva e foram fixados os eletrodos na pele do paciente, com pasta eletrolítica e fita microporosa, nas seguintes posições: próximo ao couro cabeludo, o eletrodo ativo (Fpz); na frente, o eletrodo terra; e nas mastóides esquerda (M1) e direita (M2). Foram utilizados os fones de inserção eartone 3A.

O equipamento utilizado foi o Masbe ATC Plus da marca Contronic. Antes de se iniciar o exame, foi verificada a impedância dos eletrodos – a avaliação só foi realizada quando se atingiu impedância menor ou igual a 5Ω (ohms) e diferença de impedância entre os três eletrodos, menor de 2Ω . Após foi verificado o traçado do eletroencefalograma (EEG) a fim de captar a atividade elétrica cerebral espontânea e também para investigar possíveis artefatos que pudessem alterar o traçado das ondas do exame.

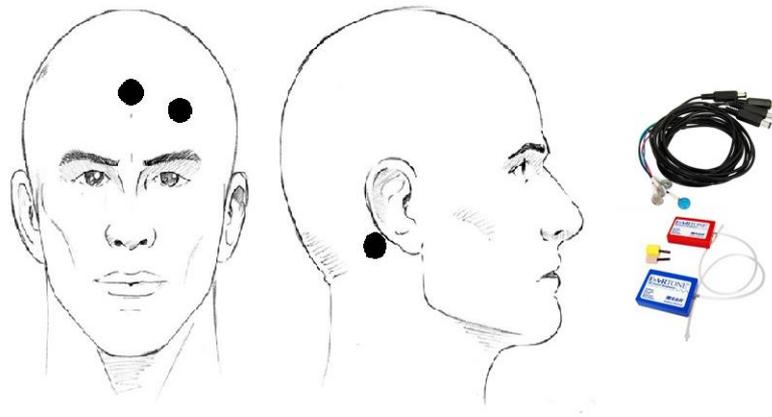


Figura 8 - Ilustração do posicionamento dos eletrodos

Fonte: Elaborado pela autora

Primeiramente, foi realizada pesquisa da integridade da via auditiva, por meio do PEATE (Potencial evocado auditivo de tronco encefálico), com apresentação à 80dBNA, de forma monoaural. Logo após, iniciou-se a avaliação dos potenciais evocados auditivos de longa latência. O primeiro componente pesquisado foi o MMN, pois diferente do P300, o princípio básico do teste é não voltar a atenção do avaliado para o estímulo. O registro foi realizado de modo binaural, com frequência de 1000Hz para o estímulo frequente e 2000Hz para o estímulo raro (50 ciclos cada), numa intensidade de 80dBNA para ambos, com velocidade de 1,8 estímulos por segundo. Foram promediados 250 estímulos, sendo utilizado o paradigma de 80/20 e a polaridade alternada. Na aquisição, o fundo de escala utilizado foi de 200 μ V, filtro passa-alta de 1Hz, filtro passa-baixa de 20Hz, *Notch* – SIM, limite de ruído 95%, janela temporal 500ms, amplitude do traçado 7,5 μ V. Para a pesquisa do MMN, foi apresentado um vídeo sem som e legendas, com a intenção de desviar a atenção sobre os estímulos auditivos que foram apresentados.

Na sequência, realizou-se a pesquisa dos componentes P1, N1, P2, N2 e P300. Os estímulos foram apresentados na forma de paradigma de *oddball*, sendo 80% de estímulos frequentes (1000Hz) e 20% de estímulos raros (2000Hz). O exame foi realizado de modo binaural, com platô de 20 ms, *rise-fall* de 5 ms, polaridade alternada, intervalo interestímulo de 1 ms, filtro de 0,5 a 20 Hz, janela de 750 ms a uma intensidade 80dBNA.

Antes de iniciar o exame, cada sujeito avaliado foi orientado e treinado para a realização da tarefa de contar mentalmente os estímulos diferentes. Antes de realizar o P300, foi realizado um treinamento, para verificar a compreensão adequada das instruções e corrigir possíveis erros. Ao final do exame, foi perguntado quantos estímulos raros eles haviam

contado e esta resposta foi comparada com o número registrado pelo equipamento, a fim de garantir a confiabilidade da execução da tarefa proposta.

Salienta-se que, para garantir a maior confiabilidade das análises, os registros eletrofisiológicos foram analisados por duas avaliadoras, em momentos distintos e foram realizadas duas coletas para cada componente analisado para garantir a reprodutibilidade entre as ondas.

6. CONCLUSÃO

Não foi encontrada diferença estatística ao comparar a orelha direita e esquerda em todos os componentes auditivos avaliados, este fator impulsiona a possibilidade de realizar este tipo de avaliação de forma binaural, o que a torna mais rápida e objetiva.

Também não foram encontradas diferenças significativas ao comparar os grupos de dislexia unicamente e dislexia associado ao déficit de atenção, o que indica que falhas atencionais não são um viés para esse tipo de estudo.

Quando analisamos todos os aspectos que caracterizam a dislexia e não somente as questões auditivas, percebemos que a dislexia provavelmente ocorra em consequência de déficits linguísticos e de funções auditivas centrais que quando associados, interagem e se sobrepõe, prejudicando a habilidade de reflexão metalinguística e consequentemente ocasionando a dislexia do desenvolvimento. No entanto, as relações causais da dislexia variam para cada indivíduo avaliado. Por isso, apoiamos que a bateria de investigação da dislexia abranja o maior número de aspectos possíveis de serem avaliados, sendo composta por avaliações de leitura, escrita, visão, audição, anamnese detalhada, teste de quociente de inteligência, exames laboratoriais e de imagem.

Pensando em futuras aplicações clínicas e pesquisas utilizando os potenciais evocados auditivos de longa latência, esta é uma área de pesquisa emergente e promissora, porém precisa ainda ser investigada e estudada, a fim de determinar até que ponto este tipo de avaliação objetiva pode corroborar como ferramenta auxiliar no diagnóstico de transtornos de linguagem e monitorar a evolução terapêutica desta população. Acreditamos que esta avaliação, por ser rápida e objetiva, possa se tornar uma espécie de triagem com o objetivo de identificar e prevenir precocemente os riscos de dificuldade de aprendizagem, permitindo a realização de programas de prevenção e estimulação em pré-escolares.

REFERÊNCIAS

- ABDO, A. G. R.; MURPHY, C. F. B.; SCHOCHAT, E. Habilidades auditivas em crianças com dislexia e transtorno do déficit de atenção e hiperatividade. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v. 22, n. 1, p. 25–30, mar. 2010.
- AFFONSO, M. J. C. O. et al. Avaliação de escrita na dislexia do desenvolvimento: tipos de erros ortográficos em prova de nomeação de figuras por escrita. **Revista CEFAC**, v. 13, n. 4, p. 628–635, ago. 2011.
- ALHO, K. et al. Event-related brain potential of human newborns to pitch change of an acoustic stimulus. **Electroencephalography and clinical neurophysiology**, v. 77, n. 2, p. 151–5, 1990.
- ALMEIDA, J. P. DE. **Avaliação de linguagem por ressonância magnética funcional em indivíduos com epilepsia do lobo temporal secundária a esclerose mesial temporal**. São Paulo: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 12 jun. 2017.
- ALVAREZ, A. M. M. A.; SANCHEZ, M. L.; CARVALHO, I. A. M. **Audição e processamento auditivo**. São Paulo: Artmed. APA. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Edition: DSM-5**. 5. ed.
- ASHA, A. S.-L.-H. A. Central auditory processing: current status of research and implications for clinical practice. **American Journal of Audiology**, v. 5, n. 2, p. 41–54, 1996.
- BELLIS, T. J. **Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting : from science to practice**. 3. ed. San Diego: Plural Publishing, 2011. 532 p.
- BONALDI, L.V. Estrutura e função do sistema auditivo periférico. In: BOÉCHAT E.M. et al. (Org.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 3–8.
- BRUCKMANN, M. et al. Aplicabilidade do mismatch negativity em crianças e adolescentes: uma revisão descritiva. **Revista CEFAC**, v. 18, n. 4, p. 952–959, 2016.
- BUCHWEITZ, A. Desenvolvimento da linguagem e da leitura no cérebro atualmente: neuromarcadores e o caso de predição. **Jornal de Pediatria**, v. 92, n. 3, supl. 1, p. 8-13, 2016.
- BUCHWEITZ, A.; MOTA, M.; NAME, C. Linguagem: das primeiras palavras à leitura. In: LENT, R.; BUCHWEITZ, A.; MOTA, M. (Eds.). **Ciência para educação: uma ponte entre dois mundos**. São Paulo: Atheneu, 2018. p. 119–132.
- BURANELLI, G. et al. Verificação das respostas do mismatch negativity (MMN) em sujeitos idosos. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 75, n. 6, p. 793–802, 2009.
- CAPELLINI, S. A. et al. Eficácia terapêutica do programa de remediação fonológica em escolares com dislexia do desenvolvimento. **Revista CEFAC**, v. 12, n. 1, p. 27–39, 2010.

CARAVOLAS, M. et al. Common Patterns of Prediction of Literacy Development in Different Alphabetic Orthographies. **Psychological Science**, v. 23, n. 6, p. 678–686, 2012.

CARVALHO, N. G.; NOVELLI, C. V. L.; COLELLA-SANTOS, M. F. Fatores na infância e adolescência que podem influenciar o processamento auditivo: revisão sistemática. **Revista CEFAC**, v. 17, n. 5, p. 1590–1603, 2015.

CASELLA, E. B.; AMARO, E.; DA COSTA, J. C. As bases neurobiológicas da aprendizagem da leitura. In: ARAÚJO, A. (Ed.). **Aprendizagem infantil: uma abordagem da neurociência, economia e psicologia cognitiva**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2011. p. 37–78.

CENTANNI, T. M. et al. Development of sensitivity versus specificity for print in the visual word form area. **Brain and language**, v. 170, p. 62–70, 2017.

COSTA, A. C. et al. Ambulatório de Aprendizagem do Projeto ACERTA (Avaliação de Crianças Em Risco de Transtorno de Aprendizagem): métodos e resultados em dois anos. In: SALLES, J. F.; HAASE, V. G.; MALLOY-DINIZ, L. (Eds.). **Neuropsicologia do Desenvolvimento: infância e adolescência**. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 151–158.

COSTA, K. V. T. DA; LEAL, M. DE C.; MENEZES, P. DE L. Microcefalia, desordens auditivas e potenciais evocados auditivos. In: **Tratado de eletrofisiologia para a audiologia**. 1. ed., Ribeirão Preto: Book Toy, 2018, p. 167–180.

CRIPPA, B. L.; AITA, A. D. C.; FERREIRA, M. I. D. C. Padronização das respostas eletrofisiológicas para o P300 em adultos normouvintes. **Distúrbios da Comunicação**, p. 325–333, 2011.

DEHAENE, S. **Os neurônios da leitura: como a ciência explica a nossa capacidade de ler**. Porto Alegre: Penso, 2012, 374 p..

DEHAENE, S.; COHEN, L. The unique role of the visual word form area in reading. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 15, n. 6, p. 254-262, 2011.

DELECRODE, C.R. et al. Testes tonais de padrão de frequência e duração no Brasil: revisão de literatura. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 1, p. 283–293, 2014.

DURANTE, A.S.; DHAR, S. Mecanismos fisiológicos subjacentes à geração das emissões otoacústicas. In: BOÉCHAT, E. M. et al. (Ed.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 9–14.

ENGELMANN, L.; FERREIRA, M. Avaliação do processamento auditivo em crianças com dificuldades de aprendizagem. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 14, n. 1, p. 69–74, 2009.

F80-F89 Transtornos do desenvolvimento psicológico. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br/cid10/V2008/WebHelp/f80_f89.htm>. Acesso em: 31 jan. 2019.

FARIAS, L. S. .; TONIOLO, I. F. .; CÓSER, P. L. P300: avaliação eletrofisiológica da audição em crianças sem e com repetência escolar. **Revista Brasileira de**

Otorrinolaringologia, v. 70, n. 2, p. 194–199, 2004.

FERNANDES, J. C.; NOZAWA, M. R. Estudo da efetividade de um programa de triagem auditiva neonatal universal. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n. 2, p. 353–361, 2010.

FERREIRA, D. A.; BUENO, C. D.; SLEIFER, P. Aplicabilidade do Mismatch Negativity na população infantil : revisão sistemática de literatura. **Audiology Communication Research**, v. 22, e1831, 2017.

FEY, M. E. et al. Auditory Processing Disorder and Auditory/Language Interventions: An Evidence-Based Systematic Review. **Language Speech and Hearing Services in Schools**, v. 42, n. 3, p. 246, 2011.

FORTUNATO-TAVARES, T. et al. Processamento linguístico e processamento auditivo temporal em crianças com distúrbio específico de linguagem. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v. 21, n. 4, p. 279–284, 2009.

FRITH, U. Beneath the surface of developmental dyslexia. In: PATTERSON, K.; MARSHALL, J.; COLTHEART, M. (Eds.). **Surface dyslexia**. London: Erlbaum, 1985. v. 120–121, p. 301–330.

FRIZZO, A. C. F.; ADVÍNCULA, K. P. Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência: conceitos e aplicações clínicas. In: MENEZES, P. L. et al. (Eds.). **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 139–150.

FRIZZO, A. C. F.; REIS, A. C. M. B. Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência: parâmetros técnicos. In: MENEZES, P. L. et al. (Eds.). **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 129–137.

FRIZZO, A. C. M. B.; REIS, A. C. F. Potencial evocado auditivo de longa latência. In: BOÉCHAT, E. M. et al. (Ed.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 231-260.

FROST, R. Toward a strong phonological theory of visual word recognition: True issues and false trails. **Psychological Bulletin**, v. 123, n. 1, p. 71–99, 1998.

GALABURDA, A. M. et al. From genes to behavior in developmental dyslexia. **Nature Neuroscience**, v. 9, n. 10, p. 1213–1217, 2006.

GALLAGHER, A.; FRITH, U.; SNOWLING, M. J. Precursors of Literacy Delay among Children at Genetic Risk of Dyslexia. **Journal of child psychology and psychiatry and allied disciplines.**, p. 203–213, 2000.

GIRAUD, A. L.; RAMUS, F. Neurogenetics and auditory processing in developmental dyslexia. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 23, n. 1, p. 37–42, 2013.

GRIZ, S. M. S.; PACÍFICO, F. A. Anatomia e fisiologia da orelha interna, nervo auditivo e do tronco encefálico auditivo. In: MENEZES, P. L. et al. (Eds.). **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 53-64.

HALLIDAY, L. F. et al. Late, not early mismatch responses to changes in frequency are reduced or deviant in children with dyslexia: An event-related potential study. **Journal of Neurodevelopmental Disorders**, v. 6, n. 1, p. 1–15, 2014.

HOEFT, F. et al. Prediction of children's reading skills using behavioral, functional, and structural neuroimaging measures. **Behavioral neuroscience**, v. 121, n. 3, p. 602–13, 2007.

HOFF, E. The Specificity of Environmental Influence: Socioeconomic Status Affects Early Vocabulary Development Via Maternal Speech. **Child Development**, v. 74, n. 5, p. 1368–1378, 2003.

HOFF, E.; TIAN, C. Socioeconomic status and cultural influences on language. **Journal of communication disorders**, v. 38, n. 4, p. 271–8, jan. 2005.

HULME, C.; SNOWLING, M. J. Reading disorders and dyslexia. **Current opinion in pediatrics**, v. 28, n. 6, p. 731–735, 2016.

HYPPOLITO, M. A. Avaliação dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência. In: MENEZES, P. L. et al. (Eds.). **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 127-137.

IBGE. **Abandono Escolar por Série**. 2010. Disponível em: <<https://seriestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

ILIADOU, V. et al. Auditory Processing Disorders in children suspected of Learning Disabilities? A need for screening? **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, v. 73, n. 7, p. 1029–1034, 2009.

JERGER, J. Clinical experience with impedance audiometry. **Archives of Otolaryngology - Head and Neck Surgery**, v. 92, n. 4, p. 311–324, 1970.

KAMALA, R. Multisensory approach to reading skills of dyslexic students. **IOSR Journal of Humanities and Social Science**, v. 19, n. 5, p. 32–34, 2014.

KEARNS, D. M. et al. The Neurobiology of Dyslexia. **TEACHING Exceptional Children**, v. 51, n. 3, p. 175–188, 2019.

KHAN, A. et al. Neuroscience Letters Auditory event-related potentials show altered hemispheric responses in dyslexia. **Neuroscience Letters**, v. 498, n. 2, p. 127–132, 2011.

LEPPÄNEN, P. H. T. et al. Newborn brain event-related potentials revealing atypical processing of sound frequency and the subsequent association with later literacy skills in children with familial dyslexia. **Cortex**, v. 46, n. 10, p. 1362–1376, 2010.

LONIGAN, C. J.; BURGESS, S. R.; ANTHONY, J. L. Development of emergent literacy and early reading skills in preschool children: Evidence from a latent-variable longitudinal study. **Developmental Psychology**, v. 36, n. 5, p. 596–613, set. 2000.

MATAS, C.G.; MAGLIARO, F.C.L. Potencial evocado auditivo de tronco encefálico. In: BOÉCHAT, E.M. et al. (Org.). **Tratado de Audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 118–125.

MCPHERSON, D.L.; BALLACHANDA, B.; KAF, W. Middle and long latency auditory evoked potentials. In: ROESER, R.J.; VALENTE, M.; DUNN, H. (Org.). **Audiology Diagnosis**. 2. ed. New York: Thieme, 2007. p. 443–477.

MELO, Â. DE et al. Potenciais evocados auditivos corticais em neonatos nascidos a termo e pré-termo. **CoDAS**, v. 28, n. 5, p. 491–496, 2016.

MENEZES, P. DE L. Dispositivos para a avaliação dos potenciais evocados auditivos e vestibulares. In: MENEZES, P. L. et al. (Eds.). **Tratado de Eletrofisiologia para a Audiologia**. Ribeirão Preto: Book Toy, 2018. p. 21-30.

MICHAEL, E. B. et al. fMRI investigation of sentence comprehension by eye and by ear: modality fingerprints on cognitive processes. **Human brain mapping**, v. 13, n. 4, p. 239–52, 2001.

MOLL, K. et al. Cognitive mechanisms underlying reading and spelling development in five European orthographies. **Learning and Instruction**, v. 29, p. 65–77, 2014.

MORAIS, J. Representações fonológicas na aprendizagem da leitura e na leitura competente. XXIV Encontro Nacional da Associação Portuguesa de Linguística. p. 7–21, 2009.

MORAIS, J. **Criar leitores - para professores e educadores**. Barueri: Minha Editora, 182 p, 2013.

MOUSINHO, R. et al. Aquisição e desenvolvimento da linguagem : dificuldades que podem surgir neste percurso. **Revista de Psicopedagogia**, v. 25, n. 78, p. 297–306, 2008.

MUSIEK, F. E.; WEIHING, J. A.; OXHOLM, V. B. Anatomy and physiology of the central auditory nervous system: a clinical perspective. In: **Audiology Diagnosis**. 2. ed. New York: Thieme, 2007. p. 37–64.

NÄÄTÄNEN, R. et al. The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: a review. **Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology**, v. 118, n. 12, p. 2544–90, 2007.

NATIONAL READING PANEL. Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction. **NIH Publication No. 00-4769**, v. 7, p. 35, 2000.

NEVES, I. F.; SCHOCHAT, E. Maturação do processamento auditivo em crianças com e sem dificuldades escolares. **Pró Fono Revista de Atualização Científica**, v. 17, p. 311–320, 2005.

NJCLD. Learning Disabilities: Issues on Definition. **ASHA**, p. v. 38, n. 5, p. 18–20, 1991.

NOBLE, K. G. et al. Family income, parental education and brain structure in children and adolescents. **Nature neuroscience**, v. 18, n. 5, p. 773–8, 2015.

NÓBREGA, M. et al. Comitê multiprofissional em saúde auditiva: COMUSA. **Brazilian**

Journal of Otorhinolaryngology, v. 76, n. 1, p. 121–128, 2010.

OLIVEIRA, A. M.; CARDOSO, A. C. V.; CAPELLINI, S. A. Desempenho de escolares com distúrbio de aprendizagem e dislexia em testes de processamento auditivo. **Revista CEFAC**, v. 13, n. 3, p. 513–521, 2010.

OLIVEIRA, E.; BICCA, R. **Ciências e Tecnologia**. Disponível em: <<http://www.oarquivo.com.br/sobre.html>>. Acesso em: 6 mar. 2019.

OLIVEIRA, J. C.; MURPHY, C. F. B.; SCHOCHAT, E. Processamento auditivo (central) em crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica. **CoDAS**, v. 25, n. 1, p. 39–44, 2013.

PONTES, V. L.; DINIZ, N. L. F.; MARTINS-REIS, V. DE O. Parâmetros e estratégias de leitura e escrita utilizados por crianças de escolas pública e privada. **Revista CEFAC**, v. 15, n. 4, p. 827–836, 2013.

PRESTES, M. R. D.; FEITOSA, M. A. G. Teorias da Dislexia: Sustentação com Base nas Alterações Perceptuais Auditivas. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 32, n. spe, 2016.

PRESTON, J. L. et al. Early and late talkers: school-age language, literacy and neurolinguistic differences. **Brain**, v. 133, n. 8, p. 2185–2195, 2011.

PUJOL, R. **Ear | Cochlea**. Disponível em: <<http://www.cochlea.eu/en/ear>>. Acesso em: 6 mar. 2019.

PUPO, A. C. et al. Estudo retrospectivo de crianças e jovens com deficiência auditiva: caracterização das etiologias e quadro audiológico. **Revista CEFAC**, p. 84–91, 2008.

RAMUS, F. et al. Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults. **Brain**, v. 126, n. 4, p. 841–865, 2003.

REGAÇONE, S. F. et al. Potenciais evocados auditivos de longa latência em escolares com transtornos específicos de aprendizagem Long latency auditory evoked potentials in students with specific learning disorders. v. 19, n. 1, p. 13–18, 2014.

ROGGIA, S. M.; COLARES, N. T. O Mismatch Negativity em pacientes com distúrbios do processamento auditivo (central). **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 74, n. 5, p. 705–711, 2008.

ROMERO, A. C. L. et al. Potenciais relacionados a eventos em pesquisa clínica: diretrizes para eliciar, gravar, e quantificar o MMN, P300 e N400. **Audiology - Communication Research**, v. 20, n. 2, p. VII–VIII, 2015.

RUECKL, J. G. et al. Universal brain signature of proficient reading: Evidence from four contrasting languages. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 112, n. 50, p. 15510–15515, 2015.

SCHATSCHNEIDER, C. et al. Kindergarten Prediction of Reading Skills: A longitudinal Comparative analysis. **Journal of Educational Psychology**, p. 265–282, 2004.

- SCHOCHAT, E. Potenciais Evocados Auditivos. In: CARVALHO, R. (Ed.). . **Fonoaudiologia: informação para a formação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 57–70.
- SCHOCHAT, E.; RABELO, C. M.; SANFINS, M. D. Processamento auditivo central: testes tonais de padrão de frequência e de duração em indivíduos normais de 7 a 16 anos de idade. **Pró Fono Revista de atualização científica**. v. 12, n. 2, p. 1-7, 2000.
- SHAYWITZ, S. **Overcoming Dyslexia: A New and Complete Science-Based Program for Reading Problems at Any Level**. Vintage, 2008a. 414 p.
- SHAYWITZ, S. E. **Vencer a dislexia**. Porto: Porto Editora, 2008b.
- SHAYWITZ, S. E.; SHAYWITZ, B. A. Dyslexia (specific reading disability). **Biological psychiatry**, v. 57, n. 11, p. 1301–1309, 2005.
- SHONKOFF, J. P. et al. **From Neurons to Neighborhoods: The Science of Early Childhood Development**. Washington: National Academies Press, 2000.
- SILVA, L. A. F. et al. Auditory pathways' maturation after cochlear implant via cortical auditory evoked potentials. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 80, n. 2, p. 131–137, 2014.
- SIMON, L. F.; ROSSI, A. G. Triagem do processamento auditivo em escolares de 8 a 10 anos. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 10, n. 2, p. 293–304, 2006.
- SIQUEIRA, C. M.; GURGEL-GIANNETTI, J. Mau desempenho escolar: uma visão atual. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 57, n. 1, p. 78–87, 2011.
- SLEIFER, P. **Estudo da maturação das vias auditivas por meio dos potenciais evocados auditivos de tronco encefálico em crianças nascidas pré-termo**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas: Pediatria. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- TEIXEIRA, C.; GRIZ, S.; ADVÍNCULA, K. Sistema auditivo central. In: **Tratado de audiologia**. 2. ed. São Paulo: Santos, 2015. p. 9–14.
- TOCHETTO, T. & GATTO, C. Deficiência auditiva infantil: Implicações e soluções. **Revista CEFAC**, v. 9, n. 1, p. 110–115, 2007.
- TOPCZWESKI, A. et al. **A relevância do diagnóstico da dislexia e da intervenção de qualidade**. 2011. Disponível em: < <http://www.dislexia.org.br/> > Acesso em: 18 Abr. 2018.
- TORPPA, M. et al. Predicting delayed letter knowledge development and its relation to Grade 1 reading achievement among children with and without familial risk for dyslexia. **Developmental Psychology**, v. 42, n. 6, p. 1128–1142, 2006.
- TUNMER, W.; GREANEY, K. Defining Dyslexia. **Journal of Learning Disabilities**, v. 43, n. 3, p. 229–243, 2010.

WIEMES, G.R.M. et al. Cognitive evoked potentials and central auditory processing in children with reading and writing disorders. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 78, n. 3, p. 91–97, 2012.

YALÇINKAYA, F.; MULUK, N. B.; ŞAHİN, S. Effects of listening ability on speaking, writing and reading skills of children who were suspected of auditory processing difficulty. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, v. 73, n. 8, p. 1137–1142, 2009.