MAYRA MONTEIRO PIRES

**A eficácia de um programa de treinamento auditivo temporal em
crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-
sonora**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título
de Doutor em Ciências

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

SÃO PAULO
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Pires, Mayra Monteiro

A eficácia de um programa de treinamento
auditivo temporal em crianças que apresentam erros
ortográficos de caracterização surda-sonora / Mayra
Monteiro Pires. -- São Paulo, 2017.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.

Programa de Ciências da Reabilitação.
Orientadora: Eliane Schochat.

Descritores: 1.Criança 2.Percepção auditiva
3.Estimulação acústica 4.Potencial evocado MMN;
5.Audição 6.Transtornos de linguagem escrita

USP/FM/DBD-491/17

AGRADECIMENTOS

À querida professora Dra. Eliane Schochat por ter me aceitado como membro do seu laboratório, por toda a paciência e dedicação para me orientar e me ensinar, pela confiança para realizar a pesquisa proposta e por me respeitar como aluna e como pessoa. Não tenho palavras para agradecer, Eliane. Ter sido orientada por você para mim foi um presente muito especial.

À FAPESP pelo financiamento e apoio para o desenvolvimento da minha pesquisa, assim como auxílios financeiros em cursos e congressos que permitiram aperfeiçoar o meu conhecimento.

À minha amiga Dra. Raquel Gomes Chaves por toda calma, palavras de tranquilidade e otimismo e todo o cuidado e esforço de virar madrugadas para me ajudar na formatação e revisão ortográfica da tese.

A toda a equipe do Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Processamento Auditivo da USP por todo o aprendizado, tardes de risadas, estudos e principalmente por todo o apoio que recebi para a realização da minha pesquisa. Um obrigada muito especial para a Dra. Renata Filipinni por toda a paciência e disponibilidade para me ensinar a parte prática da eletrofisiologia e sempre responder as minhas dúvidas teóricas de uma forma que sempre me acrescentou muito conteúdo, à Dra. Cristina Borges Murphy por me ensinar a mexer no programa *Sound Forge* e por todo conhecimento compartilhado, à Dra. Taise Sena Argolo que ficou incansavelmente me ajudando a montar o protocolo do MMN no equipamento Neuroscan e me ensinou todos os procedimentos para coletar os dados, à Ma. Karenina Calarga por todo o auxílio para o aperfeiçoamento dos jogos desenvolvidos para a minha pesquisa, formatações e apoio computacional (psicológicos também!), à Dra. Caroline Rocha-Muniz pela ajuda emergencial na análise estatística e por todos os conselhos de pesquisa, à mestranda Ana Flávia Nalom por ter embarcado comigo em uma viagem maluca para a Europa para apresentar as pesquisas frutos do nosso esforço, à Ma. Líbia Camargo Leite por todos os cafés e bolos que compartilhamos, à Dra. Camila Maia Rabelo por sempre responder as minhas “perguntas difíceis” e a Dra. Ivone Ferreira Neves por estar sempre à disposição para me ajudar. Muito obrigada a todos por ter me ensinado a importância de um trabalho em equipe.

À Casa Cuca que me disponibilizou acesso para visualizar as atividades do *Fast ForWord*.

Ao programador André Carvalho por toda a disposição em me ajudar na criação e ajustes necessários nos jogos e por todos os sábados que ficamos realizando modificações e testando em seu filho.

À banca de qualificação que foi composta pela Dra. Liliane Desgualdo, Dra. Débora Befi-Lopes e Dra. Caroline Rocha-Muniz por toda a valiosa contribuição para o andamento e conclusão da minha pesquisa.

À Dra. Liliane Desgualdo que me recebeu em seu laboratório por um ano com sua aluna, a Dra. Márcia Vieira. Obrigada por todo o aprendizado quando cheguei em São Paulo.

À Escola de Aplicação da USP por conceder a realização da pesquisa em seu espaço físico, às coordenadoras Fátima Morissawa e Jussara Rosa por toda a ajuda com os participantes da pesquisa e ao técnico de informática Ronaldo Souza por todo auxílio com os computadores e reservas de sala.

A todas as crianças que participaram da pesquisa e seus familiares que contribuíram muito nas organizações de horários e sessões.

À Dra. Renata Moreira por todo o auxílio no uso da sala, equipamentos e agendamentos de pacientes no HU.

Ao Dr. Risto Näätänen por sempre responder as minhas dúvidas sobre o protocolo do MMN e disponibilizar o engenheiro do seu laboratório para me ajudar por email.

Ao meu amigo Diego Reatengui por toda a boa vontade em fornecer a sua voz para a gravação dos estímulos linguísticos dos jogos.

A minha terapeuta Rosangela Coltroni Valente por sempre me incentivar a realizar os meus objetivos e manter a minha sanidade em relação à conclusão do doutorado.

À minha querida amiga Livia Segadilha por sempre me socorrer nos *abstracts*.

A minha família, meus pais Rosane e Raymundo, meus irmãos Luana, Léo e Alícia, minha amada avó Izete e minha tias Vera, Léa, Ruth e Taninha, meu cunhado Felipe e minha sobrinha Nicolly por todo o carinho e alegria a cada passo que eu conquistei.

A minha eterna professora Francisca Candindé Araújo por todos os incentivos e ser um exemplo de profissional.

Aos meus amigos que sempre fizeram parte do que sou: Diego, Livia, Fabianne, Maricota, Carol Dittrich, Jana Anita, Tainá, Caroxa, Marina, Sarah, Natália, Nhanda, Cleide e Sônia. Obrigada por nunca terem deixado a minha peteca cair!

Ao meu segundo pai, Alexandre Soldarini e a nossa Soberana que me acolheram e me ajudaram a evoluir.

Nem a força dos ventos pode derrubar um ideal.
Paulo Fonteles

Esta tese está de acordo com as seguintes normas:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS.....	22
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3	REVISÃO DA LITERATURA	23
3.1	ERROS ORTOGRÁFICOS DE CARACTERIZAÇÃO SURDA-SONORA	23
3.2	PROCESSAMENTO AUDITIVO TEMPORAL E LINGUAGEM	28
3.3	MISMATCH NEGATIVITY (MMN)	35
3.4	TREINAMENTO AUDITIVO	42
3.4.1	Plasticidade neuronal	42
3.4.2	Estudos sobre TA em crianças	45
4	MÉTODOS.....	54
4.1	DESENVOLVIMENTO DOS JOGOS.....	54
4.1.1	Desenvolvimento das atividades computacionais	54
4.1.2	Jogo da Escuta Diferente	60
4.2	CASUÍSTICA	66
4.2.1	Critérios de Inclusão.....	67
4.2.2	Critérios de Exclusão.....	67
4.3	LOCAL DA PESQUISA	67
4.4	MATERIAL DE PESQUISA	68
4.4.1	Material de seleção dos participantes	68
4.4.2	Material pré e pós intervenção	69
4.4.3	Material para intervenção	70
4.5	PROCEDIMENTOS	72
4.5.1	Seleção das crianças participantes.....	72
4.5.2	Processos de intervenção	80
4.5.3	TP	82
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	82
5	RESULTADOS.....	84
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	84
5.3	EFEITO DO PTAT E TP PARA MEDIDAS ELETROFISIOLÓGICAS DO MMN	89
5.3	EFEITO DO PTAT E TP PARA OS RESULTADOS EM RELAÇÃO À ESCRITA.....	98
6	DISCUSSÃO.....	103
6.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	103

6.2 EFEITO DO PTAT E TP PARA MEDIDAS COMPORTAMENTAIS DO PROCESSAMENTO AUDITIVO	104
6.3 EFEITO DO PTAT E TP PARA MEDIDAS ELETROFISIOLÓGICAS DO MMN	112
6.4 EFEITO DO PTAT E TP PARA OS RESULTADOS EM RELAÇÃO À ESCRITA.....	120
7 CONCLUSÕES	128
8 ANEXOS	129
9 REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAA	<i>American Academy of Audiology</i>
ABFW	Teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática
ANOVA	Análise de variância
ASHA	<i>American Speech-Language-Hearing Association</i>
BSA	<i>British Society of Audiology</i>
dB	Decibel
dBnNa	Decibel Nível de Audição Normal
dBNa	Decibel Nível de Audição
dBNPS	Decibel Nível de Pressão Sonora
DEL	Distúrbio Específico de Linguagem
et al.	e outros
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FFW	<i>Fast ForWord</i>
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
FOF	Frequência de Ocorrência em Fricativas
FOP	Frequência de ocorrência em plosivas
GE	Grupo experimental
GIN	<i>Gaps-in-Noise</i>
GP	Grupo Placebo
Hz	Hertz
IPRF	Índice Percentual de Reconhecimento de Fala
kHz	Quilohertz
LRF	Limiar de Reconhecimento de Fala
LTP	<i>Long Term Potentiation</i>
μV	Microvolt
MMN	<i>Mismatch Negativity</i>
ms	Milissegundo
N	Número
PEA	Potencial Evocado Auditivo

PB	Português Brasileiro
PEALL	Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência
PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
PTAT	Programa de Treinamento Auditivo Temporal
PSI	<i>Pediatric Speech Intelligibility</i>
QI	Quociente de Inteligência
RGDT	<i>Random Gap Detection Test</i>
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SSW	Staggered Spondaic <i>Word</i>
TA	Treinamento Auditivo
TAM	Treinamento Auditivo Temporal
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDAH	Transtorno Déficit de Atenção e Hiperatividade
TF	Transtorno Fonológico
TP	Treinamento Placebo
TPA	Transtorno do Processamento Auditivo
TPF	Teste Padrão de Frequência
TTP	Teste Temporal Progressivo
USP	Universidade de São Paulo
VOT	<i>Voice Onset Time</i>
WISC	<i>Wechsler Intelligence Scale for Children</i>
%	Porcentagem
=	Igual a
≠	Diferente de
↑	Estímulo Ascendente
↓	Estímulo Descendente
#	Tendência à significância

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquivo de áudio da palavra /faca/ sem expansão e amplificação	56
Figura 2 – Arquivo de áudio da palavra faca com o fonema /f/ expandido em 60% e amplificado em 7dB	56
Figura 3 – Tela inicial do jogo da memória	57
Figura 4 – Tela de finalização de fase	58
Figura 5 – Esquema de distribuição das cartas.....	59
Figura 6 – Tela com tempo de realização do Jogo da Memória.....	60
Figura 7 – Tela de apresentação do Jogo da Escuta Diferente	63
Figura 8 – Tela do Jogo da Escuta Diferente	64
Figura 9 – Tela informando a mudança do par mínimo	64
Figura 10 – Exemplo da segunda fase do Jogo da Escuta Diferente.....	65
Figura 11 – Tela de recompensa e finalização de uma fase	66
Figura 12 – Fluxograma de fases da coleta de dados da pesquisa.....	71
Figura 13 – Representação dos intervalos inter-estímulos do TTP.....	77
Figura 14 – Representação da mudança de frequência no espectograma para as sílabas /da/ e /ga/	78
Figura 15 – Colocação dos eletrodos na “ <i>Quick-Cap 64 Channel</i> ” de acordo com o sistema internacional 10-20.....	79
Figura 16 – Comparação de respostas entre os eletrodos para a amplitude	95
Figura 17 – Representação gráfica da somatória das respostas resultantes do MMN nos 12 eletrodos utilizados na avaliação pré-treino do GP e GE	96
Figura 18 – Representação gráfica da soma das respostas resultantes do MMN nos 12 eletrodos utilizados na avaliação pós-treino do GP.....	96
Figura 19 – Representação gráfica da somatória das respostas resultantes do MMN nos 12 eletrodos utilizados na avaliação pós-treino do GP	97
Figura 20 – Representação gráfica da compração da somatória das respostas resultantes do MMN no eletrodo Fz nas avaliações dos grupos.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores para a idade dos indivíduos no GE e GP	84
Tabela 2 – Distribuição dos sexos dos sujeitos da pesquisa nos dois grupos.....	85
Tabela 3 – Valores para a porcentagem de acertos no Teste Padrão de frequência nos dois grupos e nas duas avaliações.....	86
Tabela 4 – Valores para o limiar do GIN, por orelha nos dois grupos, nas duas avaliações.....	87
Tabela 5 – Valores da porcentagem de acertos no TTP nos intervalos de 250 ms, 200 ms, 150 ms, 100 ms, 50 ms nos dois grupos, nas duas avaliações.	88
Tabela 6 – Valores de latência do MMN nos dois grupos, nas duas avaliações	89
Tabela 7 – Valores da amplitude (em μV) do MMN em ambos os grupos, nas duas avaliações.....	91
Tabela 8 – Valores da quantidade de erros referente aos grafemas plosivos e fricativos, nos dois grupos, nas duas avaliações.....	99
Tabela 9 – Valores das frequências de ocorrência de plosivos e frequências de ocorrência de fricativos nos dois grupos, nas duas avaliações.	100
Tabela 10 – Valores das quantidades de dessonorização e sonorização nos dois grupos, nas duas avaliações	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Lista de palavras e pseudo-palavras utilizadas no Jogo da Memória.....	55
Quadro 2 – Lista de palavras utilizadas no Jogo da Escuta Diferente	61
Quadro 3 – Características do Protocolo PEATE	74
Quadro 4 – Normalidade dos valores de latências absolutas e intervalos interpicos do PEATE.....	75
Quadro 5 – Características do Protocolo MMN.....	79
Quadro 6 – Gráfico da porcentagem de indivíduos do sexo masculino e feminino no estudo.....	85
Quadro 7 – Comparação entre as respostas dos eletrodos para amplitude.....	93
Quadro 8 – Lista de palavras de com consoantes plosivas	136
Quadro 9 – Lista de palavras com as consoantes fricativas	136
Quadro 10 – Teste Padrão de Frequência (Musiek, 1994).....	137
Quadro 11 – GIN.....	138

RESUMO

Pires MM. A eficácia de um programa de treinamento auditivo temporal em crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surdo-sonora [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2017.

Introdução: Estudos sobre a produção da escrita infantil do português brasileiro (PB) demonstraram que um dos erros ortográficos mais frequentes na linguagem escrita são os erros de caracterização surda-sonora. Acredita-se que essas crianças podem apresentar alteração no processamento auditivo temporal que poderia desencadear dificuldades para a percepção de fonemas de característica semelhantes, ocasionando uma representação fonológica inadequada que não permite a associação fonema-grafema de forma correta. Sendo assim, um programa de treinamento auditivo temporal (PTAT) com base em atividades adaptadas do *software Fast ForWord* (FFW) foi proposto para a reabilitação de dificuldades relacionadas ao processamento auditivo temporal e associação fonema-grafema. **Objetivo:** Verificar a eficácia de um PTAT com atividades adaptadas do FFW na reabilitação das habilidades auditivas temporais e na redução de processos de erros ortográficos de caracterização surda-sonora em crianças que apresentam esse tipo de erro. **Métodos:** No presente estudo participaram 16 crianças na faixa etária de 10 a 12 anos. As crianças apresentaram erros ortográficos de caracterização surda-sonora e alteração em um dos testes de processamento auditivo temporal que foram utilizados na avaliação. Essas crianças foram divididas em dois grupos: um grupo experimental (GE) que realizou as atividades do PTAT e um grupo placebo (GP) que realizou um treinamento placebo (TP) com atividades visuais. Após a finalização do TP, as crianças do GP foram reavaliadas e inseridas no GE. As crianças de ambos os grupos foram submetidas a avaliações pré e pós-treino utilizando medidas comportamentais do processamento auditivo, a saber: Teste de Padrão de Frequência (TPF) para a habilidade auditiva de ordenação temporal, GIN (*Gaps in Noise*) para a habilidade auditiva de resolução temporal e Teste Temporal Progressivo (TTP) para verificar a percepção de diferentes intervalos inter-estímulos de forma rápida. Além disso, foi realizada a avaliação eletrofisiológica utilizando o *Mismatch Negativity* (MMN) com as sílabas /da/ e /ga/ e avaliação da escrita que foi realizada com um ditado em que foram avaliados os erros ortográficos de caracterização surda-sonora em relação à quantidade desses erros nos grafemas plosivos e fricativos, a frequência de ocorrência de erros nos mesmos grafemas e a quantidade de processos referentes à sonorização e dessonorização. **Resultados:** No presente estudo não foram encontradas diferenças estatisticamente significante para o GP entre a avaliação pré e pós-treino placebo em todas as medidas propostas de avaliação, enquanto para o GE foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre a avaliação pré e pós-treino em todos os testes comportamentais do processamento auditivo e na latência do MMN. Na avaliação da escrita foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para a redução da quantidade dos erros ortográficos de caracterização surda-sonora nos grafemas fricativos, para a frequência de ocorrência de erros nos grafemas plosivos e fricativos e na quantidade de processos referentes à sonorização e dessonorização. **Conclusões:** O presente estudo demonstrou que houve eficácia do PTAT na reabilitação

e aperfeiçoamento das habilidades auditivas de ordenação e resolução temporal e na percepção de menores intervalos inter-estímulos apresentados de forma rápida, assim como na latência das respostas do MMN e redução de processos de erros na escrita de crianças que apresentaram erros ortográficos de caracterização surda-sonora.

Descritores: Criança; Percepção auditiva; Estimulação acústica; Potencial evocado MMN; Audição; Transtornos de linguagem.

ABSTRACT

Pires MM. The efficacy of an auditory temporal training program in children who present orthographic errors of the voiced-voiceless type [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2017.

Introduction: Studies on children’s written production of the Brazilian Portuguese (BP) have shown that one of the most frequent orthographic errors is the voiced-voiceless type. It is believed that children who perform this kind of error might present variations in the auditory temporal processing, which could impair the perception of phonemes with similar characteristics. This would then cause an inadequate phonological representation that does not allow the correct phoneme-grapheme association. Bearing this in mind, this work proposed an auditory temporal training program based on activities from the software Fast ForWord (FFW) to restore the skills related to auditory temporal processing and phoneme-grapheme association. **Objective:** Verify the effectiveness of an auditory temporal training program containing activities adapted from the FFW, which aims at restoring the temporal auditory abilities and reducing orthographic errors of the voiced-voiceless type in children who perform them. **Method:** Sixteen children aged between 10 and 12 years old participated on this study. They presented orthographic errors of the voiced-voiceless type and changes in one of the auditory temporal processing tests that was used in the evaluation. The children were divided in two groups: experimental group (EG), that performed the activities of the auditory temporal training; and the placebo group (PG), that performed a placebo training based on visual activities. After the end of the placebo training, children from this group were re-evaluated and put in the EG. Children from both groups underwent evaluations before and after the training through three auditory processing behavior measures, that were: Pitch Pattern Sequence Test (PPST), to measure the auditory temporal ordering skill; Gaps in Noise (GIN), to measure temporal resolution; and Progressive Temporal Test, to verify the perception of different quick inter-stimuli intervals. Besides that, an electrophysiological evaluation was conducted by using Mismatch Negativity (MMN) with the syllables /da/ and /ga/, as well as a written evaluation using a dictation. In this evaluation, the occurrences of the voiced-voiceless type error were analyzed in relation to: plosive and fricative graphemes; the frequency with which those type of errors occur in the same graphemes, and also the amount of processes that refer to voicing and devoicing. **Results:** The present study did not find statistically significant differences for the PG when comparing the evaluations conducted before and after the training in all the measures of evaluation. However, for the EG, statistically significant differences were found when comparing both evaluations – in all the behavior tests of the auditory processing and in the MMN latency as well. As for the written evaluation, statistically significant differences were also found, such as: the reduction of error in the amount of voiced-voiceless type errors in the fricative graphemes; reduction in the occurrence on plosive and fricative graphemes; and the reduction in the amount of processes related to voicing and devoicing. **Conclusions:** The present study showed that an auditory temporal training aiming at the rehabilitation and improvement of the auditory abilities of temporal

ordering and resolution is effective. It also showed the training efficacy concerning: the perception of short inter-stimuli intervals presented quickly; the latency of MMN responses; as well as the reduction of error processes in the writing of children who presented orthographic errors of the voiced-voiceless type.

Descriptors: Child; Auditory perception; acoustic stimulation; MMN evoked potential; Hearing; Language disorders.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a linguagem oral nos indivíduos que apresentam desenvolvimento típico é adquirida de forma natural a partir da exposição à língua nativa. Entretanto, a linguagem escrita necessita de uma aprendizagem formal, constante e consciente com base na relação fonema/grafema.

No período de aquisição ortográfica, ocorrem alguns processos até que a escrita alfabética formal, de acordo com as regras ortográficas, seja obtida. Durante esses processos, é comum a presença de erros ortográficos. No entanto, a persistência de tais erros é caracterizada como um transtorno de linguagem escrita, e uma das características desse transtorno é a dificuldade de aprendizagem na relação entre fonemas e grafemas (Schulte-Körne, 2010).

Galuschka e Schulte-Körne (2016) ressaltam que a prevalência de crianças que apresentam transtornos de linguagem escrita de forma isolada é de 7% da população. De acordo com estudos sobre a escrita infantil do PB, os tipos de erros ortográficos mais frequentes são os erros ortográficos de caracterização surda-sonora (Zuanetti et al., 2007; Cappelini et al., 2010; Arnaut et al., 2014). Esses erros estão relacionados à substituição de grafemas que se distinguem por seu par correspondente surdo ou sonoro como em /faca/ e /yaca/ ou em /bala/ e /pala/ (Moojen, 2009).

No PB, os fonemas que apresentam pares correspondentes de caracterização surda e sonora são os plosivos /p/-/b/, /t/-/d/, /k/-/g/ e os fricativos /f/-/v/, /s/-/z/, /ʃ/-/ʒ/ (Bearzoti Filho, 2002). De acordo com Lamprecht (1991), os processos de substituição desses pares podem ser classificados como: processo de sonorização (a troca de um fonema surdo pelo seu par sonoro) e de dessonorização (a troca de um fonema sonoro pelo seu par surdo). Ressalta-se que é importante verificar se a maior incidência dos erros ortográficos de caracterização surda-sonora está nos grafemas plosivos ou fricativos e a sua frequência de ocorrência na escrita infantil.

Acredita-se que os erros ortográficos de caracterização surda-sonora se distinguem dos demais erros encontrados nos transtornos de linguagem escrita por apresentarem possíveis alterações no sistema fonológico (Nobile e Barreira, 2009), que

podem estar associados a dificuldades na discriminação auditiva para diferenciar fonemas que perceptualmente se distinguem por uma única característica.

Kwong e Brachman (2014) ressaltam que indivíduos que não distinguem adequadamente os traços específicos dos fonemas podem apresentar dificuldades relacionadas à ortografia. Os autores questionam se essas dificuldades estariam relacionadas somente a um nível específico de linguagem ou se também teriam alguma relação a um nível mais básico de discriminação auditiva.

Os erros ortográficos de caracterização surda-sonora podem estar relacionados a dificuldades no processamento auditivo temporal, o qual pode ser definido como a percepção auditiva para mudanças no sinal acústico ao longo do tempo (Shinn, 2003). De acordo com Eggermont (2015), para a percepção auditiva de sílabas como, por exemplo, /pa/ e /ba/, a distinção é realizada com base na duração do intervalo entre a explosão da consoante e o início do vozeamento da vogal. Esse intervalo é conhecido como *Voice Onset Time* (VOT). Na língua inglesa, a diferença na percepção auditiva do VOT de /pa/ e /ba/ está por volta de 30 milissegundos (ms). Quando o VOT é menor do que 30 ms, geralmente o fonema é percebido como /b/; quando o VOT é maior que 30 ms, o fonema é percebido como /p/ (Kuhl e Miller, 1978). Para a percepção de fonemas que se distinguem auditivamente por um pequeno intervalo de tempo, é necessário um processamento auditivo temporal íntegro e preciso, o qual é capaz de codificar as propriedades específicas de cada fonema da língua (Tierney e Kraus, 2013).

Tallal (1980) propôs a Teoria do Processamento Temporal Rápido com base em resultados de estudos em crianças com dislexia. Essa teoria pressupõe que alterações no processamento auditivo temporal estão associadas a dificuldades de integração da informação sensorial que converge em rápidas sucessões no sistema nervoso central. Sendo assim, existe uma limitação auditiva para processar estímulos acústicos rápidos, como as consoantes que têm, como característica acústica, a rápida transição de formantes.

Atualmente, existem testes auditivos comportamentais para avaliar as habilidades auditivas que envolvem o processamento auditivo temporal. Tais testes podem ser divididos em duas categorias: TPF e Teste de Padrão de Duração. Ambos os testes avaliam a habilidade auditiva de ordenação temporal e transferência inter-hemisférica e os testes GIN e *Random Gap Detection Test* (RGDT) avaliam a habilidade auditiva de resolução temporal.

O TTP, o qual consiste em uma adaptação do *Auditory Repetition Test*, foi associado à habilidade de percepção de diferentes intervalos inter-estímulos de forma rápida. O teste apresenta diferentes distribuições em relação aos intervalos inter-estímulos, sendo esses: 250, 200, 150, 100, 50 ms, em dois tons de frequências e na sua forma mais difícil a duração dos estímulos de frequências é de 100 ms (Borges e Schochat, 2005).

Por outro lado, medidas eletrofisiológicas, como os Potenciais Evocados Auditivos (PEA), podem contribuir para verificar a integridade do sistema nervoso auditivo central (SNAC). A discriminação auditiva também pode ser investigada de forma objetiva por meio do MMN, pois esse Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (PEALL), aparentemente, é sensível para verificar a capacidade do SNAC em discriminar um som diferente de outros apresentados anteriormente sem necessitar da atenção do indivíduo (Näätänen et al., 1997; Picton et al., 2000).

Para remediar as dificuldades encontradas em crianças com transtorno de linguagem e alteração no processamento auditivo temporal, o *software* FFW foi proposto como uma forma de reabilitação pela empresa *Scientific Learning* para essas crianças. O FFW apresenta como principal premissa estimular os mecanismos que induzem a plasticidade neural com atividades auditivas direcionadas aos aspectos temporais e linguísticos (Merzenich et al., 1996; Tallal et al., 1996).

As atividades propostas do FFW utilizam discriminação e ordenação de frequências conforme as características acústicas da língua inglesa. Os estímulos linguísticos do FFW foram modificados acusticamente e apresentam velocidade de transição de formantes de forma mais lenta. Essas atividades foram utilizadas para reduzir dificuldades relacionadas à discriminação auditiva (Tallal et al., 1996).

No Brasil, foi realizada uma pesquisa que adaptou atividades do FFW no módulo *Language*. As autoras testaram um PTAT com atividades que englobaram discriminação e ordenação de frequências (Jogo do Macaco) e estímulos linguísticos modificados acusticamente por meio da fala expandida (Jogo do Papagaio) que foram propostos por Murphy (2009) em um grupo de crianças com dislexia. Nesse estudo, foi possível observar melhora significativa nas habilidades auditivas temporais e em testes de linguagem, como a consciência fonológica e a leitura, nessas crianças (Murphy e Schochat, 2010).

A adaptação brasileira das atividades auditivas do FFW que foi realizada por Murphy (2009) apresentou eficácia em seus resultados quando foram testadas em crianças com dislexia. Entretanto, outros módulos do FFW ainda não foram adaptados e testados cientificamente. Assim sendo, a presente pesquisa se propôs a adaptar uma parte do FFW módulo *Literacy* com atividades que utilizam estímulos de fala expandida com associação auditiva e visual e testar sua eficácia em um PTAT concomitantemente com os Jogos do Macaco e Papagaio, ambos propostos por Murphy (2009), para auxiliar na discriminação fonológica de crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora e com dificuldades relacionadas ao processamento temporal.

Os estudos de Tallal et al. (1996), Giliam et al. (2008), Murphy e Schochat (2011) e Murphy et al. (2015) demonstraram que o treinamento auditivo temporal pode contribuir com a melhora de habilidades linguísticas em indivíduos com transtornos de linguagem. No entanto, esses estudos são mais focados nas habilidades de leitura e de consciência fonológica. Os estudos de Shaffer et al. (2004) e Rogowsky et al. (2013) demonstraram que houve melhora nas habilidades de escrita e no desempenho escolar de crianças após a aplicação do treinamento auditivo temporal. Porém, é necessário testar a eficácia desse tipo de intervenção em erros ortográficos específicos que podem apresentar causas específicas para a sua manifestação na escrita.

Com base nos pressupostos teóricos apresentados anteriormente, o presente estudo considera a hipótese de que crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora podem apresentar alterações no processamento auditivo temporal. Essas alterações poderiam ocasionar dificuldades na discriminação de fonemas que se distinguem por uma característica acústica temporal. Sendo assim, o presente estudo propôs verificar se um treinamento auditivo (TA) com atividades que envolvem os aspectos auditivos temporais podem trazer benefícios para essa população.

Destaca-se que estudos com testes comportamentais de processamento auditivo temporal, medidas eletrofisiológicas e treinamento auditivo temporal em crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora são escassos na literatura. Desse modo, o presente estudo pode contribuir como processo de reabilitação da população em estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Verificar a eficácia de um PTAT com atividades adaptadas do FFW na reabilitação das habilidades auditivas temporais e na redução de processos dos erros ortográficos de caracterização surda-sonora em crianças que apresentam esse tipo de erro ortográfico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- (i) Verificar se houve mudança no desempenho dos testes comportamentais TPF, GIN e TTP após o PTAT na população do presente estudo;
- (ii) Analisar e comparar a latência e amplitude do MMN antes e após o PTAT na população do presente estudo;
- (iii) Verificar se houve redução na quantidade de erros ortográficos de caracterização surda-sonora, frequência de ocorrência de erros nos grafemas plosivos e fricativos e nos processos de sonorização e dessonorização na escrita após o PTAT na população do presente estudo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

O objetivo do presente capítulo é o de descrever conceitos e estudos relacionados aos erros ortográficos de caracterização surda-sonora, processamento auditivo temporal e sua relação com a linguagem, o MMN e o TA. Os conceitos serão abordados de acordo com o encadeamento de ideias, e os estudos serão descritos em ordem cronológica.

Ressalta-se que não foram encontrados estudos específicos sobre erros ortográficos de caracterização surda-sonora com o processamento auditivo temporal, MMN e TA. Sendo assim, serão abordados temas relacionados com transtornos de linguagem e de aprendizagem. É importante ressaltar que na língua inglesa é utilizado o termo *language impairment*, *language learning disability* ou *language-learning impariment* para definir dificuldades de aprendizagem relacionadas à linguagem. Para o presente estudo adotou-se o termo “transtornos de linguagem” quando foram utilizados os termos descritos em estudos que serão apresentados nessa seção.

Para organização do capítulo, as seções serão apresentadas separadamente, a saber:

- ✓ Erros ortográficos de caracterização surda-sonora;
- ✓ Processamento auditivo temporal e linguagem;
- ✓ MMN;
- ✓ TA.

3.1 ERROS ORTOGRÁFICOS DE CARACTERIZAÇÃO SURDA-SONORA

Essa seção será focada no sistema ortográfico do PB devido as suas características específicas que se diferem dos sistemas ortográficos de outras línguas (Russo e Behlau, 1993).

De acordo com a *American Psychiatric Association* (2000), a dificuldade de aprendizagem está presente quando habilidades nos domínios da leitura, escrita e aritmética estão abaixo do que é esperado para a faixa etária, a inteligência e a aquisição acadêmica. Nos quadros de dificuldade de aprendizagem, geralmente o transtorno de linguagem escrita está presente. Esse transtorno é associado a uma alteração no

planejamento da linguagem escrita que interfere na ortografia, na gramática e na redação apesar da capacidade intelectual e do nível de escolaridade do indivíduo. Quando as dificuldades de leitura não estão presentes em determinados casos de transtorno de linguagem escrita, geralmente esse transtorno não está associado a alterações de acuidade visual ou limitações pedagógicas de ensino.

As características mais presentes nos transtornos de linguagem escrita são dificuldades de aprendizagem na relação entre os sons e as letras e soletração da ortografia correta dos componentes das palavras (Schulte-Körne, 2010).

Crianças com transtorno de linguagem escrita apresentam erros ortográficos como substituições e omissões de grafemas, assim como segmentações de palavras, persistência de apoio na oralidade e dificuldades na produção de textos que são constantes e não desaparecem com progressão da série escolar (Galaburda e Cestnick, 2003).

O processo de aprendizagem da escrita é dependente do processamento da informação fonológica que permite a associação de fonemas a grafemas. A informação fonológica é de extrema importância para aprendizagem do sistema alfabético da língua e domínio da ortografia (Bousquet et al., 1999).

A ortografia não é simplesmente o resultado de uma relação fonema-grafema de forma simplificada. Quando a criança inicia o processo de alfabetização, existe um longo caminho até a realização da escrita de forma correta, pois o PB, regido pelo sistema alfabético, não é um sistema simples em que cada letra corresponde a um único som e vice-versa. Na visão ortográfica, o PB apresenta aspectos regulares e irregulares (Souza, 2006). As raízes que sustentam o sistema alfabético do PB baseiam-se no princípio das características de transparência e opacidade ortográfica. A transparência ortográfica refere-se à regularidade da língua, em que cada fonema corresponde a um grafema e a opacidade ortográfica está relacionada com a irregularidade da língua, em que alguns grafemas correspondem a mais de um fonema. Sendo assim, a aquisição ortográfica estende-se como um processo evolutivo, em que o aprendiz elabora hipóteses sobre a escrita na tentativa de acerto e erro sobre a forma ortográfica correta da palavra de acordo com as regras da língua (Meireles e Correia, 2006).

No decorrer da aprendizagem do sistema ortográfico, é comum a presença de erros ortográficos que podem ser superados ao longo do processo de alfabetização

escolar e outros que serão superados somente com reabilitação clínica (Fernández et al., 2010).

Alguns autores brasileiros tentaram classificar os erros ortográficos de acordo com os processos encontrados na escrita de crianças do PB (Moojen, 1986; Cagliari, 1989; Zorzi, 1998; Morais, 1998; Tessari, 2002). Moojen (2009) caracterizou os erros ortográficos de acordo com a conversão fonema-grafema em que se encaixam os seguintes erros ortográficos: caracterização surda-sonora, substituição aleatória, inversão, transposição, omissão de letras ou sílabas e adição de letras. Para o presente estudo definiu-se como critério utilizar os erros ortográficos de caracterização surda-sonora, tal qual conceituados por Moojen (1995), como processos de substituições ortográficas entre os grafemas plosivos e fricativos por seus pares correspondentes surdos e sonoros, sendo esses /b/ vs. /p/, /t/ vs. /d/, /k/ vs. /g/, /f/ vs. /v/, /s/ vs. /z/, /ʃ/ vs. /ʒ/. Esses segmentos, em relação à sua produção como sons da fala, diferenciam-se entre si pela vibração espontânea das pregas vocais na sua produção que está associada aos fonemas sonoros, enquanto os fonemas surdos não apresentam, em sua produção, vibração de pregas vocais (Tosi, 1979).

Os erros ortográficos de caracterização surda-sonora podem ocorrer como forma de sonorização, em que um grafema surdo é substituído pelo seu par correspondente sonoro e de dessonorização, em que um grafema sonoro é substituído pelo seu par correspondente surdo, como nos transtornos fonológicos (TF) presentes em crianças (Lamprecht, 1991).

Nobile e Barreira (2009) consideram os erros ortográficos de caracterização surda-sonora como um déficit de origem fonológica. Os autores sugerem que as representações fonológicas das crianças que apresentam esse tipo de erro não estariam completas e, dessa forma, a conversão fonema-grafema não ocorria de forma adequada na escrita.

A escrita é um processo que está intimamente relacionado aos sons da fala devido ao fato desse processo estar baseado na estrutura fonológica da fala para transformá-lo em código escrito. O TF pode proporcionar prejuízos na aquisição e no desenvolvimento da escrita, o que pode ocasionar dificuldades na conversão fonema-grafema que são exigidos na escrita do PB. Dessa forma, pode existir uma continuidade do TF na escrita (Mezzono et al., 2010).

Supondo que os erros ortográficos de caracterização surda-sonora possam estar relacionados a dificuldades nos aspectos fonológicos, crianças com TF podem apresentar risco para desenvolver transtornos de linguagem escrita, pois habilidades referentes à escrita estão mais estreitamente relacionadas ao processamento fonológico do que à leitura (Richgels, 1995). O risco que essas crianças apresentam para desenvolver o transtorno de linguagem escrita pode ser explicado devido a dificuldades na consciência fonológica e a fraqueza no código fonológico na memória verbal (Lewis et al., 2002). Alguns estudos apontam que crianças com TF, nos primeiros anos de vida, apresentam dificuldades nas representações fonológicas, mesmo que o TF tenha sido superado com a idade (Snowling, 1985; Bird et al., 1995; Fowler, 1991). O estudo de Bird et al. (1995) sugere que crianças que apresentam alterações fonológicas podem apresentar dificuldades na classificação e na análise dos sons da fala, visto que essas crianças geralmente apresentam baixo desempenho em atividades auditivas não verbais.

O VOT, caracterizado como o intervalo de silêncio entre a explosão da plosiva e o início de vozeamento da vogal, é considerado uma medida acústica que fornece informações temporais de duração em várias línguas (Lisker e Abramson, 1964). Alguns estudos que envolveram medidas acústicas revelaram que, percentualmente, as crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora aparentemente não apresentam o mesmo comprometimento na fala. Entretanto, quando a fala dessas crianças foi comparada acusticamente com crianças sem a mesma alteração, foram constatadas durações diferentes dos valores de VOT, fato que sugere que crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora apresentam inconsistências na produção de fonemas plosivos surdos e sonoros e que as características acústicas desses fonemas não estariam totalmente formadas na representação fonológica dessas crianças (Sanches, 2003; Cristofolini e Seara, 2007; Cristofolini, 2008). Sanches (2003) ressalta, em sua pesquisa, que a auto-discriminação de fonemas surdos e sonoros seria de extrema importância para o processo de escolha do grafema na escrita. Cristofolini e Seara (2007) descreveram que as crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora podem apresentar alterações mínimas na produção da fala referentes à duração de segmentos e precisão articulatória que são imperceptíveis auditivamente, mas que podem prejudicar a representação fonológica que essas crianças têm da própria fala e, como consequência, alterar a escolha do grafema no ato da escrita, resultando em erros ortográficos.

Moojen (2009) ressaltou a importância de analisar a frequência de ocorrência de erros ortográficos na escrita das crianças, sendo essa a quantidade de vezes que os erros ocorrem durante a escrita infantil.

Zuanetti et al. (2007) realizaram um estudo para comparar o desempenho da escrita de crianças que apresentaram baixo rendimento escolar com crianças da mesma série que apresentaram rendimento escolar satisfatório. As autoras verificaram que os erros ortográficos de caracterização surda-sonora estavam entre os erros mais frequentes nas crianças com baixo rendimento escolar. O estudo ressalta que, com o avanço das séries seguintes, o desempenho ortográfico das crianças de baixo rendimento escolar apresentou melhora e menos incidência de erros ortográficos.

Capellini et al. (2011) estudaram o desempenho de escolares do segundo ao quinto ano de uma escola pública e verificaram que o desempenho das crianças, em relação a erros ortográficos, apresentou melhora em cada série subsequente. Contudo, o estudo ainda encontrou a presença de erros ortográficos de caracterização surda-sonora, assim como outros processos na escrita de crianças em séries mais avançadas. Os autores descreveram que a associação fonema-grafema é aprendida com a exposição à ortografia e enfatizaram que uma instrução mais estruturada sobre a associação fonema-grafema poderia evitar que erros ortográficos de caracterização surda-sonora permanecessem em séries superiores.

Arnaut et al. (2014) realizaram um estudo com o objetivo de investigar a correlação entre erros ortográficos e o sistema de ensino. Segundo os achados do estudo, os erros ortográficos de caracterização surda-sonora apresentaram forte correlação com outros tipos de erros ortográficos de origem fonológica no sistema de ensino público. Os autores atribuíram esses resultados a dificuldades não superadas no nível fonológico em crianças com menor índice de renda familiar.

De acordo com Eggermont (2015), para a percepção auditiva de sílabas como /pa/ e /ba/, a distinção é realizada com base no tamanho do VOT, sendo essa uma medida acústica de duração que diferencia dois fonemas por uma única característica.

Segundo Treiman et al. (1998), em casos de pronúncia semelhante de dois fonemas que se distinguem apenas por uma característica, as crianças frequentemente apresentam dificuldades para distinguir tais fonemas. Os autores ressaltaram que essa dificuldade pode se estender para a escrita por uma capacidade ineficiente de discriminação auditiva. Kwong e Brachaman (2014) descreveram que dificuldades

relacionadas à escrita podem estar associadas a níveis sensoriais de processamento do som e não somente relacionados aos domínios linguísticos, pois a capacidade de distinguir dois tons diferentes pode estar associada à habilidade de perceber e produzir fonemas e, se existem dificuldades para discriminar tons, provavelmente essas dificuldades podem influenciar na aquisição e no desenvolvimento da linguagem oral e da linguagem escrita.

3.2 PROCESSAMENTO AUDITIVO TEMPORAL E LINGUAGEM

Segundo a *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA), o processamento auditivo pode ser definido como a eficiência e eficácia com que o SNAC interpreta a informação auditiva. A *American Audiology Academy* (AAA, 2000) o define como o processamento perceptual da informação auditiva no SNAC por meio de mecanismos neurobiológicos que subjazem o processamento da informação auditiva.

Alterações na funcionalidade do SNAC conduzem ao transtorno do processamento auditivo (TPA), caracterizado pela ineficiência da capacidade de percepção dos sons linguísticos e não linguísticos. O TPA se origina, provavelmente, devido a prejuízos na função neural, que podem estar relacionados tanto às vias aferentes e eferentes do SNAC, assim como a outros sistemas de processamentos neurais que fornecem uma modulação *top-down* no SNAC (*British Society of Audiology* – BSA, 2017).

Em relação ao processamento auditivo, destacam-se dois mecanismos importantes: o processamento *bottom-up* que se refere à extração das características físicas do sinal acústico, como a percepção do *pitch*, variações de frequência e intensidade do estímulo auditivo, e o processamento *top-down*, que se refere à compreensão e reconhecimento dos estímulos de acordo com a experiência e o conhecimento linguístico, o qual está relacionado aos aspectos cognitivos de memória, atenção e funções executivas (Hugdahl et al., 2008; Shuai e Gong, 2014).

Dentre os mecanismos fisiológicos do processamento auditivo, destaca-se o processamento auditivo temporal que é de extrema importância para o processamento do sinal acústico ao longo do tempo. As habilidades auditivas de processamento temporal são divididas em quatro categorias: ordenação temporal, resolução temporal, integração e mascaramento temporal (ASHA, 2005). Entretanto, essa seção abordará

tópicos relacionados a conceitos e a estudos apenas sobre as habilidades auditivas de ordenação e resolução temporal.

O processamento auditivo temporal constitui a base do processamento auditivo, especificamente no que diz respeito à percepção de fala, pois muitas características da informação auditiva sofrem influência do tempo (Shinn, 2003; Samelli e Schochat, 2008). Em relação à percepção de fala, ressalta-se a discriminação de pistas sutis como a sonorização de fonemas e a ordenação de sílabas (Rawool, 2006).

A ordenação temporal é uma habilidade auditiva que está relacionada ao processamento de múltiplos estímulos de acordo com a sua ordem de ocorrência no tempo. Essa habilidade permite que um indivíduo discrimine e ordene a forma correta de ocorrência dos sons (Shinn, 2003). A habilidade de reconhecer, identificar e sequenciar padrões auditivos envolve a capacidade perceptual e os processos cognitivos (Pinheiro e Musiek, 1985). Os mecanismos fisiológicos que subjazem a ordenação temporal foram definidos com base em estudos de pacientes que foram submetidos à cirurgia de corpo caloso e de pacientes com lesão cerebral. Segundo esses estudos, a informação auditiva que necessita de reconhecimentos prosódicos é processada no hemisfério direito, enquanto reconhecimentos linguísticos são transferidos pelo corpo caloso para o hemisfério esquerdo (Musiek et al., 1980; Musiek e Pinheiro, 1987; Musiek et al., 1990).

Os testes comportamentais do processamento auditivo tentam mensurar aspectos *bottom-up* do processamento do som no SNAC. Estudos enfatizam que esses testes apresentam participação dos mecanismos *top-down* e não são testes que avaliam somente as habilidades auditivas (Moore et al., 2008; Murphy et al., 2013). Estudos demonstram que o TPF, teste que avalia a habilidade auditiva de ordenação temporal, apresenta 10% de contribuição de memória e 10% de contribuição de atenção (Sharma et al., 2009; Tomlin et al., 2015). Também foi encontrada forte correlação entre o TPF e a memória de trabalho fonológica (Murphy et al., 2013).

Na hipótese da contribuição *top-down* nos testes comportamentais do processamento auditivo, o GIN, que avalia a habilidade auditiva de resolução temporal, é um teste via *bottom-up* que apresenta menos contribuição cognitiva (Tomlin et al., 2015; Chermak et al., 2017). A resolução temporal refere-se a uma habilidade auditiva para detectar mudanças nos estímulos em decorrência do tempo, como a percepção de *gaps* (intervalos de silêncio) no meio de um ruído ou entre dois estímulos (Eggermont,

2000). Essa habilidade auditiva é de extrema importância para a discriminação de fonemas, pois está relacionada com a percepção do VOT. Indivíduos com TPA necessitam de maiores *gaps* ou intervalos de tempo para detectar estímulos. Esses indivíduos podem apresentar dificuldades em processar os elementos da fala que são apresentados de forma rápida, pois a fala, quando é apresentada rapidamente, apresenta menores *gaps*. Sendo assim, a habilidade de resolução temporal ineficiente pode dificultar a detecção de menores *gaps*, o que pode inibir a percepção do momento do início e do final de alguns sons (Bamiou et al., 2006).

O processo de codificação sensorial das informações temporais como: intervalos entre estímulos, duração e ordem de distintos padrões sonoros fornecem informações importantes para o SNAC. Tais informações são importantes para os mecanismos de percepção da fala, já que a estrutura da fala apresenta mudanças rápidas no sinal acústico (Buonomano e Karmakar, 2002). Os intervalos inter-estímulos são caracterizados como o tempo entre o final de um estímulo e o início do estímulo subsequente, e são características importantes do processamento auditivo temporal (Fitzgerald e Picton, 1981).

De acordo com a fisiologia do sistema auditivo, os neurônios responsáveis pelos aspectos temporais do som englobam estruturas precisas como as células *onsets* e *offsets* (Eggermont, 2015). Em um estudo no córtex auditivo primário de gatos, Abeles e Goldstein Jr. (1972) verificaram a existência de respostas neurais de rápida duração para as células *onsets*. Essas células foram associadas ao início do estímulo auditivo, enquanto, no final desse estímulo, células diferentes foram ativadas, sendo essas as células *offset*. Os autores também observaram células que foram ativadas ao longo de todo estímulo e células *onset-offset* que dispararam tanto para início, quanto para o final do estímulo. Os autores sugeriram que os disparos rápidos e curtos dessas células codificam a informação temporal do estímulo auditivo e que o córtex auditivo tem fortes contribuições nesses processos.

Os mecanismos fisiológicos que envolvem a resolução temporal estão relacionados ao disparo das células *onset* e *offset* assim como a percepção de *gaps* está associada ao tempo de percepção de fonemas plosivos surdos e sonoros na fala que é realizada por meio da distinção do tamanho do VOT (Eggermont, 2015).

Algumas crianças com prejuízos no processamento auditivo temporal apresentam dificuldades em processar o estímulo ao longo do tempo. Essas dificuldades

aparentam estar relacionadas à discriminação auditiva e à limitações em processar mudanças rápidas nas pistas acústicas da fala encadeada que repercutem, posteriormente, na leitura e na escrita (Tallal, 1980; Tallal et al., 1996; Bowen e Zaecker, 2000; Mengler et al., 2005; Rawool, 2013).

Estudos ressaltam que crianças que apresentam transtornos de linguagem podem ter dificuldades referentes ao processamento de características temporais auditivas de inúmeros estímulos. Essas dificuldades podem ser explicadas devido a uma limitação para processar estímulos acústicos rápidos, como as consoantes que apresentam rápida transição de formantes. Crianças com transtornos de linguagem podem apresentar dificuldades de discriminação e de percepção das consoantes dentro do espectro de fala e, como reflexo dessas dificuldades, não formam adequadamente a representação fonológica que permite associar as letras aos seus respectivos sons (Tallal, 1980; Habib, 2002; Ingelghem et al., 2001).

Os indícios de que crianças com transtornos de linguagem poderiam apresentar dificuldades referentes aos aspectos temporais auditivos surgiram com o estudo de Lowe e Campbell (1965). Os autores verificaram que crianças com desenvolvimento típico e crianças com transtorno de linguagem apresentaram desempenhos distintos para tarefas que envolviam discriminação e ordenação de tons de frequências com diferentes intervalos inter-estímulos.

Tallal e Piercy (1973) investigaram se crianças com distúrbio específico de linguagem (DEL) poderiam apresentar resultados semelhantes aos de crianças com desenvolvimento típico em tarefas com ordenação temporal e variação de intervalos inter-estímulos por meio de um teste intitulado *Auditory Repetition Test* com estímulos não linguísticos. As crianças com DEL apresentaram desempenho igual aos das crianças do grupo controle quando os intervalos inter-estímulos foram apresentados acima de 300 ms. No entanto, o desempenho dessas crianças foi pior à medida que os intervalos inter-estímulos foram diminuídos, enquanto as crianças do grupo controle apresentaram bom desempenho para intervalos inter-estímulos de até 8 ms. Os autores concluíram que as crianças com DEL poderiam apresentar dificuldades referentes ao processamento auditivo temporal.

Tallal (1980) propôs a Teoria do Processamento Temporal Rápido com base em estudos de crianças com dislexia. Essa teoria assume que prejuízos no processamento temporal primário conduzem a dificuldades para integrar informações

sensoriais que convergem em rápida sucessão no sistema nervoso central. O déficit temporal primário desencadeia uma cascata de efeitos que pode alterar o desenvolvimento normal do sistema fonológico e, assim, repercutir na leitura.

Com base na Teoria do Processamento Temporal Rápido, estudos tentaram evidenciar que o déficit estivesse presente no domínio auditivo (Farmer e Klein, 1995; Groth et al., 2011) ou que estivesse presente tanto no domínio auditivo quanto no domínio visual em indivíduos com dislexia (Laasonen et al., 2001; Van Ingelghem et al., 2001).

Na literatura, não existe um consenso sobre a teoria proposta por Tallal (1980). Existem estudos que não apresentaram evidências a favor dessa teoria, como o de Caccace et al. (2000) e Chung et al. (2008). Os estudos citados demonstraram que dificuldades de origem visual e ou de origem auditiva, em indivíduos com dislexia, não podem ser associados à rapidez com que os estímulos foram apresentados. Landerl e Willburger (2010) descreveram que dificuldades no processamento temporal rápido não conduziriam necessariamente a dificuldades na alfabetização.

Uma das suposições para os resultados contraditórios encontrados em estudos descritos na literatura, além das diferentes metodologias empregadas, seria que o déficit no processamento temporal rápido em indivíduos com dislexia poderia ser superado com a idade. Hautus et al. (2003) investigaram a detecção de *gaps* em crianças e adultos com dislexia e encontraram respostas relacionadas a dificuldades no processamento temporal rápido em crianças de seis a nove anos. Porém, em crianças maiores e em adultos, foram encontradas respostas dentro dos critérios de normalidade. Os autores concluíram que existe a possibilidade de um amadurecimento no desenvolvimento da detecção de *gaps* que podem ser superados com a idade, enquanto as dificuldades de leitura continuam existindo.

Por outro lado, Booth et al. (2000) aplicaram testes de processamento temporal rápido de modalidade auditiva e visual, testes ortográficos e fonológicos em crianças e adultos com dificuldades de leitura para evidenciar supostas correlações. Crianças com dificuldades no processamento temporal rápido na modalidade auditiva apresentaram mais dificuldades em testes fonológicos, enquanto as crianças com dificuldades no processamento temporal rápido na modalidade visual apresentaram mais dificuldades nos testes ortográficos. Em contraste aos resultados das crianças, os adultos demonstraram forte correlação entre os testes de processamento temporal rápido na

modalidade auditiva e os testes fonológicos e ortográficos. Esses resultados sugerem que dificuldades referentes ao processamento auditivo temporal apresentam um impacto negativo no processamento linguístico e ortográfico, enquanto na modalidade visual não foram encontradas correlações fortes.

Heiervang et al. (2002) utilizaram estímulos com variação de 75 e 250 ms em testes de discriminação e de ordenação de frequências em crianças com desenvolvimento típico e em crianças com dislexia. Os resultados do estudo demonstraram que todas as crianças apresentaram baixo desempenho quando o estímulo foi apresentado a 75 ms, porém o desempenho das crianças com dislexia foi pior para esse tamanho de estímulo.

Murphy e Schochat (2009) realizaram um estudo em crianças com e sem dislexia com o objetivo de verificar os efeitos do processamento temporal rápido na modalidade auditiva, com relação à variável intervalo inter-estímulo que foi distribuída de 250 a 50 ms e variação de tamanho dos estímulos em testes de discriminação, ordenação de frequência (100 e 200 Hz) e duração (300/600 ms e 200/400 ms) em dois tons. Os resultados demonstraram que crianças com dislexia apresentaram piores resultados do que as crianças sem dislexia na discriminação e ordenação de frequência e duração em todos os intervalos inter-estímulos. Contudo, os resultados foram piores à medida que o tamanho do estímulo (tom) foi diminuído. As autoras concluíram que crianças com dislexia apresentam dificuldades no processamento auditivo temporal.

Steinbrink et al. (2013) realizam um estudo longitudinal com crianças para verificar a suposta relação entre o processamento temporal rápido na etapa de ordenação para a modalidade visual e auditiva com testes de leitura, escrita e cognição. Os resultados das crianças mais novas apresentaram correlação forte entre os testes auditivos e visuais com os testes de leitura e escrita. As crianças maiores apresentaram forte correlação com a escrita, porém os testes auditivos de processamento rápido apresentaram correlações mais fortes com a leitura, escrita e cognição do que os testes visuais. Os autores ressaltaram que, nas primeiras séries, existe mais dependência do processamento temporal rápido nas duas modalidades em aspectos da leitura e da escrita e que esse processamento sofre amadurecimento com o decorrer dos anos. No entanto, a eficácia no processamento temporal auditivo rápido interferiu nos resultados dos testes de escrita e aparentaram ser de extrema importância para o desenvolvimento da alfabetização.

A capacidade de processar estímulos rápidos auditivamente também foi descrita de outras formas na literatura. As habilidades auditivas de ordenação e resolução temporal também podem apresentar piores desempenhos em crianças com transtornos de linguagem e aprendizagem.

Abdo et al. (2010) realizam um estudo com crianças em três grupos distintos. Um grupo com desenvolvimento típico, um grupo composto por crianças com dislexia e outro grupo com crianças com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). Quando foram comparados os resultados do TPF, as crianças do grupo com TDAH e do de dislexia apresentaram piores resultados do que as do grupo controle. Quando foram comparados esses dois grupos, as crianças com TDAH apresentaram piores resultados do que as crianças com dislexia. As autoras atribuíram os resultados do grupo de crianças com dislexia aos déficits temporais que podem prejudicar as representações fonológicas e, conseqüentemente, a associação fonema-grafema. Para o grupo de crianças com TDAH, as autoras inferiram que a habilidade de ordenação temporal pode ter correlação com a atenção e com a hiperatividade concomitantemente com possíveis alterações de linguagem que podem ser encontradas nesse transtorno.

Simões e Schochat (2010) investigaram, por meio de uma bateria de testes comportamentais do processamento auditivo quais habilidades auditivas poderiam estar mais prejudicadas em crianças com dislexia. O estudo foi composto por crianças com e sem dislexia que realizaram testes que avaliaram a habilidade auditiva de fechamento auditivo, figura-fundo para sons linguísticos e ordenação temporal de frequências. As crianças do grupo com dislexia apresentaram piores resultados para todas as habilidades auditivas testadas, porém com pior desempenho na habilidade auditiva de ordenação temporal. As autoras concluíram que esse pior resultado estava de acordo com os estudos que descrevem que o processamento temporal pode estar alterado em indivíduos com dislexia.

Machado et al. (2012) realizaram um estudo para verificar quais seriam as habilidades auditivas que poderiam estar alteradas em um grupo de crianças com dificuldades de aprendizagem. Participaram do estudo crianças que se encaixavam no perfil da pesquisa que foram submetidas aos seguintes testes de processamento auditivo: *Pediatric Speech Intelligibility* (PSI) com sentenças, *Staggered Spondaic Word* (SSW), fala com ruído, fala filtrada, GIN, TPF e teste de padrão de duração com estímulos melódicos. O estudo constatou que todas as crianças que participaram da pesquisa

apresentaram alteração em ao menos um teste de processamento auditivo. Entretanto, os resultados demonstraram que o teste GIN foi um dos testes menos alterados na população do estudo.

Ramone (2014) estudou o processamento auditivo temporal em crianças que apresentaram TF com trocas de fonemas surdos e sonoros em relação aos seus pares correspondentes quando comparadas a um grupo de crianças com desenvolvimento típico. Os resultados do estudo constataram que o TPF apresentou piores resultados quando comparados ao grupo controle. Por outro lado, não foram encontradas diferenças entre os grupos em relação à habilidade auditiva de resolução temporal. Para a autora, os resultados do estudo sugerem que as trocas na fala relacionadas a fonemas vozeados e não vozeados podem apresentar uma forte relação com a habilidade auditiva de ordenação temporal de frequências.

Rocha-Muniz et al. (2014) investigaram os resultados de testes comportamentais do processamento auditivo em crianças com desenvolvimento típico, com TPA e DEL. As crianças com DEL apresentaram piores resultados do que as crianças com TPA para a habilidade auditiva de ordenação temporal, entre outros testes. As autoras descrevem que esse pior desempenho para a habilidade auditiva de ordenação temporal pode ser explicado devido ao fato das crianças com DEL apresentarem dificuldades na discriminação de frequências e em processar estímulos rápidos e breves, quadro que pode ser encontrado em crianças com transtorno de linguagem.

3.3 MISMATCH NEGATIVITY (MMN)

Davis (1939) descreveu, pela primeira vez, o uso dos PEA com estímulos auditivos em seres humanos. Um potencial evocado refere-se a mudanças elétricas provenientes do sistema nervoso relacionado às vias sensoriais periféricas ou centrais. Os PEA são considerados respostas ativas que ocorrem no sistema nervoso e são evocados por estímulos auditivos, que podem ser *clicks*, tons ou estímulos de fala (Hall, 1992).

Os PEA podem ser classificados como de curta, média e longa latência (potencias tardios), sendo esse último o enfoque desta seção por estar relacionado ao processamento da informação como a codificação do estímulo, seleção, memória e tomada de decisão (Kraus e McGee, 1994). Os PEALL mais conhecidos são: o

complexo N1-P2-N2, que são influenciados pelas características físicas do estímulo (potenciais exógenos), e o P300 e MMN, que estão mais relacionados às atividades cognitivas, como atenção à mudança do estímulo (potenciais endógenos) de acordo com Sutton et al. (1967).

Em relação aos PEA, esses podem refletir as respostas padrões dos neurônios na codificação das complexidades acústicas da fala, expressas em sincronia neural (VeUILlet et al., 2007). Duas medidas são de extrema importância nos PEA de longa latência para a visualização da resposta: a latência, que é o tempo exato do intervalo entre o estímulo de apresentação e o aparecimento da resposta e que representa a sincronicidade dos neurônios diante do estímulo auditivo em uma escala de tempo, mensurada em ms, e a amplitude, que representa a participação das redes neuronais em resposta ao estímulo acústico que é mensurada em microvolts (μV). A maior participação de neurônios diante do estímulo auditivo produz maiores amplitudes (Hall, 1992).

O MMN foi descrito, primeiramente, por Näätänen et al. (1978), e caracteriza-se como um potencial de origem cortical que é eliciado quando existe a ocorrência de um estímulo novo (estímulo raro) diante da regularidade de estímulos acústicos apresentados de forma constante e contínua (estímulos frequentes). Sendo assim, o MMN reflete a capacidade do SNAC para discriminar um estímulo auditivo diferente dos outros que estariam armazenados em uma memória sensorial, independente da atenção do indivíduo (Näätänen et al., 1997; Picton et al., 2000). Na captação da resposta do MMN, a capacidade do indivíduo em detectar estímulos diferentes indica uma suposta relação entre processos automáticos e funções cognitivas de ordem superior no córtex auditivo. Essas funções cognitivas estariam associadas à armazenagem de curto prazo em resposta a um estímulo padrão por um grupo de neurônios, ou seja, uma memória sensorial (Näätänen, 2001).

O nome *Mismatch* foi utilizado por representar o resultado de um processo de detecção de mudanças do estímulo entre um *input* sensorial e um estímulo apresentado de forma padrão que foi armazenado na memória sensorial auditiva. O termo *Negativity* foi associado à polaridade do estímulo que, na maioria das vezes, é negativa (Paavilainen et al., 2001). Portanto, o MMN caracteriza-se por uma deflexão negativa de origem fronto-central que ocorre geralmente após o potencial P2 e aproximadamente por volta de 150 a 250 ms após a apresentação do estímulo auditivo (Näätänen et al.,

2007). Esse potencial se origina no córtex auditivo e no córtex frontal, sendo interpretado como uma resposta automática e pré-atencional ao mecanismo de mudanças do estímulo (Näätänen, 1992; Näätänen et al. 2007).

Em adultos, o MMN apresenta respostas mais robustas em áreas fronto-centrais (Alho, 1995). Um estudo com a utilização de 64 eletrodos comparou as respostas do MMN de crianças às de adultos e constatou que as crianças apresentam respostas mais distribuídas na região central do que os sujeitos com mais idade (Kraus et al., 1999). Essas respostas podem ser explicadas devido à espessura do crânio e condução do estímulo que se difere em adultos e crianças. As áreas frontais demoram mais para sofrer o processo de mielinização, e os componentes frontais amadurecem de forma mais tardia em crianças (Alho, 1995).

O MMN é considerado uma ferramenta sensível para verificar o processamento auditivo da informação e fornece medidas objetivas em relação à discriminação auditiva na avaliação de pacientes que não podem ser avaliados de forma tradicional e na população infantil (Musiek e Lee, 2001).

Näätänen (1992) ressalta que são necessários dois estágios para uma acurácia eficaz na discriminação auditiva: a capacidade de automaticidade do córtex auditivo para detectar estímulos diferentes e uma boa capacidade cognitiva, como atenção para detectar sons distintos. Shafer et al. (2004) acharam resultados significantes para um teste comportamental de discriminação auditiva em participantes hindus e ingleses. No entanto, não foram encontradas diferenças nas respostas do MMN. Esse achado sugere que a discriminação auditiva pode ter envolvimento com aspectos cognitivos, como a atenção.

O MMN é um PEALL importante para acessar a resolução temporal de forma fisiológica e se distingue do P300, que necessita do envolvimento do indivíduo para distinguir estímulos diferentes dos que foram apresentados anteriormente. Além disso, reflete aspectos do processamento da informação que vão além da discriminação auditiva e memória sensorial, com envolvimento dos mecanismos *top-down*. Por esse motivo, o P300 é mais utilizado para acessar níveis superiores como cognição e memória do que o processamento temporal (Tremblay e Burkard, 2007).

De acordo com Alho et al. (1994), a resposta do MMN é calculada pela subtração do estímulo raro pelo estímulo frequente. O protocolo clássico para a aquisição do MMN é o paradigma *oddball*. Esse paradigma consiste na apresentação de

estímulos frequentes com a inserção de alguns estímulos raros. A subtração das respostas elimina a contaminação de componentes como o N1 e N2 nas respostas do MMN.

Näätänen (1990) sugere que o MMN pode ser explicado a partir de dois processos fisiológicos. O primeiro está relacionado ao modelo baseado na memória sensorial auditiva. Com base nesse modelo, o MMN reflete as operações envolvidas na memória, em que as representações dos sons sofrem uma comparação neural para detectar mudanças auditivas, ou seja, o SNAC entra em conflito quando mudanças sutis ocorrem em um traço de memória sensorial que mantém armazenados os estímulos que são apresentados de forma padrão e contínua. A presença de traços de uma memória de curto prazo é formada no córtex auditivo, representando os aspectos repetidos do estímulo antes do aparecimento do estímulo distinto, o estímulo raro (Cowan et al., 1993).

O segundo processo para explicar o aparecimento do MMN seria o modelo de habituação que estaria associado ao período de refração dos neurônios. Segundo esse modelo, a diferença de resposta para o estímulo raro e frequente está associada ao mecanismo de habituação de uma população de neurônios devido à repetição de estímulos frequentes. A partir da entrada de um estímulo raro, a população de neurônios que estaria menos suprimida responde de forma mais robusta para esse estímulo, que desencadeia as respostas do MMN (Näätänen, 1990).

Os estímulos auditivos que são utilizados na captação do MMN podem variar conforme suas características físicas. Geralmente, são utilizados estímulos que apresentam pouca distinção entre si, justamente para que o SNAC capte a diferença entre os dois estímulos sem a atenção do indivíduo que, durante a realização do exame, exerce outra atividade, como uma atividade visual, por exemplo. Os estímulos podem se diferenciar por características de frequência, duração, intensidade, intervalos inter-estímulos e diferenças fonêmicas (Näätänen et al., 2007).

Martin et al. (2008) descrevem que o processamento de estímulos de fala necessita de um processamento neural de maior complexidade, pois engloba a análise de pistas acústicas distintas em relação à frequência, amplitude e características temporais que estão envolvidas no sinal acústico.

O MMN tem sido associado a diferenças individuais de acurácia e automaticidade para discriminação auditiva. Maiores amplitudes de respostas são

associadas a uma melhor capacidade de discriminação auditiva (Näätänen et al. 2007). A latência também é um indicador para verificar a capacidade de mudanças na discriminação auditiva, menores latências representam mais rapidez para processar sons diferentes (Tiitinen et al., 1994). Mudanças na latência nos PEA são sugestivas de aumento na condução da velocidade neural ocasionada pela mielinização, especialmente no nervo auditivo e no tronco encefálico, e aumento na densidade sináptica no córtex auditivo (Eggermont, 1998).

As respostas do MMN podem refletir as dificuldades de discriminação auditiva em um nível pré-atencional, pois menores amplitudes de respostas e latências mais atrasadas sugerem mais dificuldades em relação à discriminação auditiva (Datta et al., 2010). A redução da amplitude do MMN é, geralmente, associada como reflexo de uma representação ruim das categorias fonéticas do falante nativo de uma língua, que pode ser resultado de uma resolução temporal alterada ou pouca capacidade para a aprendizagem das pistas fonéticas relevantes (Shafer et al. 2005).

Tierney e Kraus (2013) ressaltam que crianças com transtornos de linguagem não apresentam precisão na codificação temporal no SNAC. Crianças que apresentam déficit no processamento auditivo temporal, mais especificamente na resolução temporal também apresentam dificuldades nas habilidades de linguagem. A partir dessa constatação, Tierney e Kraus (2013) descrevem a Hipótese da Sincronia Neural. Essa hipótese foi levantada com base na diferença das respostas eletrofisiológicas de crianças com transtornos de linguagem quando comparadas a crianças com desenvolvimento típico. Essas diferenças são indicativas de que existe uma redução na sincronia neural das crianças com transtorno de linguagem em um nível de percepção auditiva que atinge as vias auditivas sub-corticais e corticais.

O estudo de Kraus et al. (1996) descreve que crianças que apresentam dificuldades relacionadas à aprendizagem escolar podem não discriminar mudanças acústicas rápidas que acontecem durante a fala. Com base nesse pressuposto, o estudo comparou a resposta do MMN de um grupo de crianças com dificuldade de aprendizagem e um grupo de crianças com desenvolvimento típico. O estudo verificou que no grupo de crianças com dificuldades de aprendizagem, quando foram utilizadas as sílabas /da/ e /ga/, que são estímulos que se distinguem por uma transição simples de formantes, houve diferenças de respostas entre os grupos. As crianças com dificuldades de aprendizagem apresentaram respostas menos robustas na amplitude do MMN quando

comparadas às outras crianças. Os resultados do estudo sugerem que as dificuldades referentes à aprendizagem podem ter origem nas vias auditivas sensoriais antes da percepção consciente do som. Os autores enfatizam que é necessário verificar se as dificuldades de discriminação auditiva estão presentes em crianças com dificuldades de aprendizagem para assim diferenciar o diagnóstico e as estratégias de reabilitação nessas crianças.

A pesquisa de Banai et al. (2005) comparou o MMN em crianças com dificuldades de aprendizagem e crianças com desenvolvimento típico, sendo esse o grupo controle. O grupo de crianças com dificuldades de aprendizagem foi dividido em dois: um grupo que apresentou o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) com estímulo de fala alterado, e outro grupo que apresentou o PEATE com estímulo de fala normal. Foi verificado que as crianças que apresentaram o PEATE com estímulo de fala alterado também apresentaram respostas do MMN com maiores latências se comparadas às outras crianças do grupo controle. O estudo sugere que alteração em níveis sub-corticais podem conduzir respostas corticais alteradas em crianças com dificuldades de aprendizagem.

O estudo de Bitz et al. (2007) verificou se existiram diferenças na amplitude do MMN em crianças com risco para o desenvolvimento da dislexia e crianças com desenvolvimento típico como grupo controle. Apesar de o estudo não ter levado em consideração o mapa genético das crianças com risco, foram aplicados testes fonológicos para verificar o desempenho dessas crianças. O MMN foi realizado com estímulos de fala com as sílabas /ga/ e /ka/, com o uso de eletrodos distribuídos nas regiões frontais, centrais, temporais e posteriores. Nesse estudo, as respostas foram diferentes para os eletrodos. As crianças que faziam parte do grupo controle apresentaram respostas mais robustas para o MMN nos eletrodos frontais e centrais, tanto para o estímulo raro quanto para o estímulo frequente, enquanto as crianças do grupo com risco para desenvolvimento da dislexia apresentaram respostas mais definidas apenas nos eletrodos centrais para os estímulos raros e frequentes, respostas que foram atribuídas aos processos de maturação mais lentos dessas crianças. Em relação à comparação das respostas entre os grupos, foram encontradas diferenças em relação ao estímulo raro, sendo que o grupo controle apresentou respostas com maiores amplitudes, as quais foram relacionadas a uma melhor capacidade neurofisiológica de

discriminação auditiva do que as crianças que apresentavam risco para o desenvolvimento da dislexia.

Davids et al. (2011) realizaram um estudo com crianças com DEL e crianças com desenvolvimento típico, o grupo controle. O MMN foi realizado com tons de frequência (estímulos não linguísticos) e estímulos linguísticos. Nas crianças do grupo controle, o MMN apresentou respostas robustas e sem diferenças estatísticas entre as respostas com estímulos linguísticos e não linguísticos. No grupo com DEL, as crianças não apresentaram respostas para os estímulos linguísticos e não linguísticos. Os autores inferiram que as crianças com DEL apresentam prejuízos no nível neural para discriminação auditiva tanto para estímulos linguísticos quanto para estímulos não linguísticos quando comparadas às do grupo controle.

Um estudo realizado por Soares et al. (2011) verificou que o MMN em crianças que apresentavam dificuldades relacionadas à leitura e escrita foi o PEA mais sensível para verificar as dificuldades auditivas quando comparado ao P300 na população em estudo. Foram encontradas maiores correlações entre a habilidade auditiva de ordenação temporal alterada e o MMN nas crianças do estudo. No entanto, a amostra reduzida de crianças não permitiu realizar maiores inferências a respeito do MMN.

Noordenbos et al. (2012) propuseram um estudo em crianças antes no período de alfabetização formal. O estudo foi composto por dois grupos: um grupo controle, composto de crianças com desenvolvimento típico, e um grupo composto de crianças com risco para o desenvolvimento de dislexia. Nesse estudo, foi utilizado um estímulo frequente (sílabas /be/) e dois estímulos raros (a sílaba /be/ modificada acusticamente e a sílaba /de/). Nas sílabas /be/ e /de/, as crianças com risco para o desenvolvimento de dislexia apresentaram redução na amplitude da resposta do MMN nos eletrodos frontais e maiores latências quando comparadas às crianças do grupo controle. As crianças com risco para o desenvolvimento de dislexia apresentaram maiores amplitudes de resposta do MMN para a sílaba /be/ modificada acusticamente. Os autores inferiram que a sílaba modificada foi apenas uma forma diferente de apresentação do mesmo estímulo e que essa diferença de contraste não é importante para a discriminação dos sons da fala, diferente de sílabas que se distinguem como /be/ e /de/.

O estudo de Rocha-Muniz et al. (2014) investigou as respostas do MMN com estímulos linguísticos em crianças com desenvolvimento típico, com TPA e com DEL.

Os resultados do estudo demonstraram que as crianças com TPA e DEL apresentaram respostas menos robustas para a amplitude e latências mais longas quando comparadas às crianças com desenvolvimento típico. As autoras sugerem que as crianças com TPA e DEL aparentemente apresentam um déficit nos processos fisiológicos responsáveis pela precisão da discriminação auditiva em um nível pré-atencional e pré-consciente, o que contribui para uma percepção auditiva ineficiente.

Männel et al. (2016) realizaram um estudo para verificar se existiam diferenças relacionadas aos aspectos segmentais (fonológicos) e suprasegmentais (prosódicos) em crianças que apresentavam dificuldades na escrita e crianças sem dificuldades. Para captar as respostas referentes aos aspectos segmentais, foram utilizados estímulos de vogais de tamanhos distintos no MMN e um exame que captava as respostas de traços prosódicos de forma automática. Os resultados demonstraram que o grupo de crianças com dificuldades na escrita apresentaram menores respostas para a amplitude do MMN quando comparado ao grupo controle, porém esse resultado não foi encontrado para os aspectos suprasegmentais. Os autores inferiram que os aspectos fonológicos estão mais prejudicados nas crianças com dificuldades na escrita e reforçaram a importância de um processo de reabilitação que enfatize a consciência fonêmica.

Koravand et al. (2017) investigaram as respostas do MMN em crianças com TPA e em crianças com desenvolvimento típico, um grupo controle. Para a realização do MMN, foram utilizados estímulos linguísticos /da/ e /ga/ e estímulos não linguísticos com a utilização de dois eletrodos centrais (Fpz e Cz). Não foram encontradas diferenças de latência e amplitude para nenhum dos estímulos nos dois grupos de crianças. Os autores sugerem que o MMN não deve ser utilizado como uma única ferramenta na avaliação eletrofisiológica e que, a partir da subtração de resultados, algumas respostas podem ser perdidas devido a limitações do cálculo de transformação de onda. Os autores ressaltaram ainda que a variabilidade individual das crianças pode também ter influenciado nas respostas encontradas.

3.4 TREINAMENTO AUDITIVO

3.4.1 Plasticidade neuronal

O TA é considerado um conjunto de atividades realizadas para ativar e fortalecer o SNAC e sistemas relacionados, de forma que os substratos neurais e o comportamento auditivo sejam modificados de forma benéfica para o indivíduo

(Musiek et al., 2007). O uso do TA tem sido frequentemente utilizado como um processo de reabilitação para indivíduos com TPA, que pode proporcionar melhoras nas funções auditivas de ordem superior devido à capacidade de mudança e reorganização do SNAC (Musiek et al., 2002).

Para o TA, é importante englobar estratégias que estimulem as vias *bottom-up* e *top-down*. As estratégias *bottom-up* referem-se à estimulação em um nível sensorial que é direcionado à melhora da qualidade do sinal acústico, da percepção e da discriminação auditiva. Por outro lado, as estratégias *top-down* são direcionadas para a melhora das capacidades linguísticas e cognitivas e para o aperfeiçoamento da compreensão da mensagem auditiva (ASHA, 2005).

A plasticidade foi descrita por Lund (1978) como uma forma de conexões neurais que utilizam um determinado padrão, frequentemente associado a uma especificidade neural. As mudanças que ocorrem no SNAC estão relacionadas ao fenômeno da plasticidade neural, ou seja, uma capacidade de reorganização cortical devido atividades que produzem experiência (Aoki e Siekevitz, 1988).

Embora a plasticidade neural seja mais frequente durante os períodos de desenvolvimento, estudos sugerem que o cérebro apresenta essa capacidade por toda a vida e que a reorganização neural pode ocorrer diante de lesões ou aprendizagem no sistema nervoso (Moore, 1993; Kolb, 1995; Singer, 1995). A plasticidade neural é induzida pela experiência e estimulação que conduzem a reorganização cortical, aumento da eficácia sináptica e densidade neuronal e está associada a mudanças cognitivas e comportamentais (Musiek e Berge, 1998).

De acordo com Kass (1996), existem duas formas de explicar a reorganização neural. Embora ambas ocorram após mudanças neuronais, são mecanismos distintos. A reorganização neuronal pode ocorrer com o recrutamento de neurônios e conexões neurais que anteriormente estavam em estado de repouso. Esses neurônios podem substituir conexões que não foram recrutadas anteriormente diante de um dano ou estimulação cerebral. A outra explicação está relacionada com a formação de novas conexões sinápticas e mudanças estruturais. Essas mudanças resultam de modificações no nível de conexões sinápticas que se tornam mais eficientes e que resultam em uma maior eficácia no prolongamento de árvores de dendritos e axônios. Se novos dendritos são recrutados ou desenvolvidos, suas conexões estão apropriadas para assegurar novas funções de forma eficiente (Kass, 1996).

Um dos fenômenos importantes que diz respeito à plasticidade neural é a potenciação de longo prazo ou *Long Term Potentiation* (LTP). Esse fenômeno está relacionado ao aumento, velocidade e força da transmissão sináptica induzida pela intensidade e repetição de atividades sinápticas. A LTP permeia os procedimentos de plasticidade do sistema nervoso e está envolvida nos processos de memória e aprendizagem (Keenan, 1988; Schuman e Madison, 1994).

Existem alguns mecanismos que subjazem a plasticidade neural no sistema auditivo, sendo esses: a plasticidade de desenvolvimento, como a mielinização de neurônios do SNAC, a plasticidade que resulta de acometimentos como lesões, que correram em alguma parte do sistema auditivo, e a plasticidade relacionada à aprendizagem, como a estimulação do SNAC (Scheich, 1991).

Na plasticidade neural que resulta de treinamento e aprendizagem perceptual, ocorrem modificações nas conexões neurais e na atividade de múltiplos níveis da via auditiva (Moore, 1993). A intensa estimulação auditiva durante o TA modifica as funções do SNAC que conduzem a mudanças comportamentais de forma positiva (Musiek et al., 2012; Fritz et al., 2007; Song et al., 2011). De acordo com Kraus (1995), quando indivíduos são treinados para discriminar os sons da fala, são observadas mudanças nas respostas auditivas neurofisiológicas em um nível pré-atencional que são associadas a mudanças perceptuais.

Estudos que evidenciaram a plasticidade no SNAC de animais foram descritos na literatura para ressaltar que os benefícios do TA podem se estender para seres humanos. Um estudo com macacos adultos demonstrou melhora para uma tarefa de discriminação de frequências após um TA. Os macacos que receberam o TA apresentaram mudanças cerebrais fisiológicas e anatômicas, especialmente nas áreas equivalentes às frequências que foram estimuladas com TA, quando foram comparados a macacos que não foram treinados (Recanzone et al., 1993).

Moore et al. (2009) definem a aprendizagem auditiva como qualquer melhora de desempenho que pode ser mensurada após uma atividade auditiva que foi realizada por um determinado período de estimulação. Para os autores, essa melhora pode ser transferida para domínios auditivos e outros domínios como o da cognição e da linguagem.

Para Hornickel et al. (2013), a aprendizagem auditiva é dependente de uma rede inter-relacionada das vias aferentes e eferentes. O sistema auditivo é um sistema

não modular que reflete interações do processamento sensorial e do processamento cognitivo. Para compreender o estímulo auditivo, não é necessária somente a transmissão neural ascendente do estímulo, mas a integração de sistemas cognitivos de nível superior como atenção, memória e participação do sistema límbico para que, assim, ocorra a plasticidade neural após o indivíduo passar por experiências.

Segundo a AAA (2010), a literatura referente aos benefícios do TA em seres humanos é solidificada cientificamente. Há estudos que apontam os benefícios do TA no TPA (Musiek e Schochat, 1998; Schochat et al., 2002; Alonso; Schochat, 2009), idosos usuários de auxiliares auditivos (Henning et al., 2012; Lessa et al., 2013; Lavie et al., 2013) e transtornos de linguagem e de aprendizagem (Merzenich et al, 1996, Tallal et al., 1996, Cohen et al. 2005) que será o foco dessa seção sobre TA.

3.4.2 Estudos sobre TA em crianças

Um dos primeiros *softwares* de TA descritos na literatura foi o FFW criado pela empresa *Scientific Learning Corporation*. Esse *software* foi criado com base nos estudos de Tallal e colaboradores que conduziram uma série de experimentos com crianças que apresentavam transtornos de linguagem. Os estudos foram realizados com base na discriminação e ordenação de frequências apresentadas em diferentes intervalos inter-estímulos. (Tallal e Piercy, 1973, 1975). Os estímulos não verbais que compõem o FFW foram baseados nesses estudos, ou seja, estímulos que apresentam escalas de frequências e variação de intervalos inter-estímulos como forma de reabilitação do processamento auditivo temporal (Medwetsky, 2013).

As pesquisas de Tallal e seus colaboradores (1975) verificaram que as crianças com DEL necessitavam de maiores intervalos de tempo para discriminar sequências e ordenar estímulos que eram apresentados de forma rápida. Ao pensar nas dificuldades auditivas temporais que as crianças com DEL apresentaram, Merzenich et al., (1996) e Tallal et al. (1996) utilizaram estímulos de fala acusticamente modificada como nas atividades do FFW. Segundo os autores, se as características acústicas principais que estão presentes na fala encadeada podem ser modificadas por meio de amplificação e extensão no tempo, então a capacidade de discriminação de fonemas e habilidades de compreensão de linguagem em crianças com transtorno linguístico podem apresentar melhoras por meio do fenômeno da plasticidade neural.

Para tanto, Tallal (1996) propôs o estímulo de fala acusticamente modificado no FFW – fala expandida – com mudanças na duração e na intensidade da transição de formantes. Nesse estudo, à medida que ocorria o progresso da criança, as mudanças acústicas dos estímulos diminuía gradualmente até alcançar a fala natural. O estímulo de fala expandida envolveu duas modificações: a duração do sinal de fala, que foi prolongada em 50%, e a intensidade da transição dos elementos de fala, que foi aumentada em 20 dB. Os estímulos foram amplificados para salientar as suas características e para reduzir o mascaramento temporal nos estímulos de fala vizinhos.

Tallal et al. (1996) aplicaram o TA com o FFW envolvendo estímulos de fala expandida e discriminação de frequências durante seis semanas em crianças com transtornos de linguagem que foram divididas em dois grupos: um grupo que realizou o TA com estímulos de fala expandida, e outro que realizou o TA com os mesmos estímulos sem fala expandida. No período de reavaliação, as crianças de ambos os grupos apresentaram melhora de desempenho nos testes utilizados. Entretanto, as crianças que realizaram o TA com o FFW apresentaram melhores respostas nos testes que envolveram o processamento acústico rápido, assim como em testes que envolveram linguagem.

Merzenich et al. (1996) realizaram um estudo para verificar a eficácia do TA com FFW em crianças com DEL utilizando o *Auditory Repetition Test*, teste com variação dos intervalos inter-estímulos. No momento de reavaliação, foi verificado que as crianças apresentaram melhores resultados em relação à percepção do intervalo inter-estímulo. Os autores estabeleceram um limiar de percepção de intervalo inter-estímulo nas crianças antes de elas serem submetidas ao TA. No momento de reavaliação após o TA, esse limiar diminuiu, e as crianças perceberam menores intervalos inter-estímulos.

Thibodeau et al. (2001) realizaram o TA com o FFW para comparar o desempenho de crianças com transtorno de linguagem que foram submetidas ao TA e à terapia fonoaudiológica. Foram utilizados testes que avaliaram as habilidades auditivas de ordenação e mascaramento temporal para testar a eficácia dos processos de intervenção. O estudo constatou melhora em relação às habilidades auditivas de ordenação e de mascaramento temporal em todas as crianças que participaram do estudo, porém apresentaram melhor desempenho as crianças que foram submetidas ao TA com FFW.

Kujala et al. (2001) realizaram um estudo de TA com estímulos não linguísticos auditivos e visuais em crianças com dislexia para verificar o desempenho dessas crianças em medidas eletrofisiológicas e em testes de leitura. No estudo, foi utilizado o MMN com tons de frequência de 500 e 750 Hz nos eletrodos F3, Fz e F4. As crianças foram divididas em dois grupos: um grupo que realizou 14 sessões de TA e um grupo controle que não realizou o TA. Após o TA, foi possível verificar que as crianças treinadas apresentaram melhores resultados para o teste de leitura e para a amplitude do MMN quando comparadas ao grupo controle. O estudo constatou que a habilidade de leitura nas crianças que realizaram o TA obteve melhora que foi associada a mudanças nos níveis neurais primários e automáticos de discriminação do som, o que refletiu nas respostas do MMN.

O estudo de Troya e Whitney (2003) teve como objetivo verificar a eficácia do FFW em um grupo de crianças com baixo rendimento escolar. Participaram do estudo crianças com baixo desempenho na escola que foram submetidas ao TA com o FFW e crianças com as mesmas dificuldades acadêmicas que não foram submetidas a nenhum processo de intervenção. O estudo teve-se a realizar avaliação pré e pós-treino em testes que avaliaram a competência linguística oral, habilidades de processamento fonológico e de leitura. Na avaliação pós-treino, notou-se melhora significativa na competência linguística oral e no processamento fonológico no grupo submetido ao TA. Não foram observadas melhoras nas crianças que não foram submetidas ao TA.

O estudo eletrofisiológico de Hayes et al. (2003) teve o objetivo de verificar a plasticidade do SNAC e as mudanças no processamento auditivo em crianças com dificuldades de aprendizagem após o TA. Nesse estudo, participaram crianças com desenvolvimento típico, o grupo controle, e crianças com dificuldades de aprendizagem que foram submetidas ao TA. Todas as crianças foram submetidas à avaliação do PEATE com estímulo de fala e PEALL, a saber, complexo N1-P2-N2 com e sem ruído. As crianças que foram submetidas ao TA apresentaram diminuição na latência de respostas para o N2 sem ruído. Os autores sugeriram que as crianças que foram submetidas ao TA aceleraram os processos de amadurecimento das vias auditivas corticais.

Schaffler et al. (2004) verificaram a eficácia do TA nas habilidades auditivas e a generalização de seus benefícios para domínios linguísticos. Participaram do estudo crianças com dislexia que foram divididas em três grupos: um grupo que recebeu o TA,

um grupo placebo que realizou atividades visuais e um grupo controle que não realizou o TA. Foram realizados testes de discriminação de frequência e intensidade, detecção de *gaps* e testes fonológicos, de leitura e de escrita. As crianças que foram submetidas ao TA apresentaram melhor desempenho para os testes de discriminação de frequência, intensidade e detecção de *gaps*, enquanto no grupo placebo e no grupo controle não houve melhora. As crianças que realizaram o TA também apresentaram melhora nos domínios linguísticos como habilidades fonológica e ortográfica, enquanto no grupo placebo e controle não houve melhora de desempenho nesses domínios. Os autores concluíram que déficits em níveis mais básicos do processamento auditivo em crianças com dislexia podem ser melhorados com a prática de um TA.

Cohen et al. (2005) estudaram o efeito do FFW em um grupo de crianças que apresentavam dificuldades severas de linguagem oral e linguagem escrita. As crianças que participaram do estudo foram divididas em três grupos que receberam diferentes processos de intervenção: o primeiro grupo realizou a intervenção com o FFW, o segundo realizou o processo de intervenção com um *software* que apresentou jogos de linguagem e de leitura e outro grupo não recebeu nenhum tipo de intervenção. Todas as crianças receberam estimulação fonoaudiológica dentro da escola durante o período da pesquisa. Os resultados do estudo demonstraram que as crianças participantes da pesquisa apresentaram melhoras em relação às habilidades de linguagem, porém não foram encontradas diferenças entre os grupos. Os autores concluíram que a intervenção com o FFW não promoveu nenhum benefício adicional em crianças que apresentavam dificuldades severas de linguagem. Segundo os resultados encontrados, os autores questionaram o uso de estímulos modificados acusticamente e seus benefícios em casos mais severos de dificuldades com a linguagem.

O estudo de Veillet et al. (2007) verificou a leitura, sensibilidade para percepção do VOT e emissões otoacústicas com supressão (que podem estar relacionadas a dificuldades perceptuais) após um TA baseado na associação fonema-grafema em crianças com dislexia. Participaram do estudo crianças com dislexia e histórico de dificuldades de alfabetização. As crianças foram divididas em dois grupos: um grupo que recebeu o TA e um grupo placebo que realizou outra atividade. As crianças que foram submetidas ao TA apresentaram melhores respostas nos testes de percepção do VOT, assim como apresentaram melhores resultados das emissões otoacústicas por supressão na orelha direita e nos testes de leitura quando comparadas

às crianças do grupo controle. Os autores enfatizaram que o TA auditivo-visual com base na associação fonema-grafema proporciona uma melhor representação perceptual da sonorização de fonemas nas vias auditivas.

A pesquisa de Gillam et al. (2008) comparou quatro processos diferentes de intervenção em crianças que apresentavam transtornos de linguagem em um estudo longitudinal. Os processos de intervenção incluíram o TA com o FFW, terapia de linguagem e dois *softwares* que estimulam a linguagem. Os resultados da pesquisa demonstraram que as crianças que passaram pelos quatro processos de intervenção apresentaram melhoras significativas nas habilidades de linguagem e no processamento auditivo sem diferença estatística entre os grupos. Após seis meses dos quatro processos de intervenção, as crianças que foram submetidas ao TA com o FFW apresentaram melhores resultados nas habilidades fonológicas do que as outras crianças que realizaram outros processos de intervenção.

McArthur et al. (2008) propuseram uma pesquisa para evidenciar o tipo de benefício do TA em um grupo de crianças com DEL, um grupo de crianças com dificuldades de leitura e um grupo controle (que não recebeu o TA) nos testes de discriminação de frequências, vogais e consoante-vogal, testes fonológicos, leitura e escrita e atenção sustentada. As crianças com DEL e dificuldades de leitura que receberam o TA apresentaram resultados próximos da normalidade para os testes de discriminação de frequência, vogais e consoante-vogal após três meses, porém não houve progresso nos testes fonológicos, nos de leitura e de escrita. Os autores ressaltaram que o TA pode proporcionar a reabilitação do processamento auditivo, porém não influenciou na melhora das habilidades de linguagem.

Alonso e Schochat (2009) verificaram a eficácia do TA sob o ponto de vista eletrofisiológico. As autoras utilizaram o P300 com tons de frequência em um grupo de crianças com TPA. Os resultados do estudo demonstraram melhora na latência do P300, porém não foram encontradas melhores respostas para a amplitude. As autoras atribuíram a os bons resultados da latência a uma melhor sincronização de neurônios para respostas auditivas após o TA.

Törmänen e Takala (2009) realizaram um estudo com TA com estímulos auditivos e visuais não verbais em um grupo de crianças com dislexia para verificar se o TA proporciona benefícios para leitura. As crianças foram divididas em um grupo que recebeu o TA e um grupo controle que não o recebeu. As crianças que foram

submetidas ao TA apresentaram melhora nos testes de leitura quando comparadas às do grupo controle, especificamente na leitura de pseudo-palavras e na velocidade de leitura. As autoras ressaltaram que as melhoras nesses aspectos da leitura estão relacionadas a um aprimoramento no processamento fonológico. As pesquisadoras também enfatizam que é de extrema importância um TA com estímulos auditivos e visuais, pois o estudo foi realizado em uma língua que não traz uma correspondência transparente entre fonemas e grafemas e, mesmo assim, as crianças que foram submetidas ao TA apresentaram melhora na leitura de palavras.

O estudo de Murphy e Schochat (2010) desenvolveu jogos computadorizados com base nas atividades do FFW para discriminação e ordenação de frequências e discriminação de sílabas com estímulos de fala expandida para testar a sua eficácia em crianças com dislexia em relação à consciência fonológica, testes de leitura e na habilidade auditiva de ordenação temporal. As autoras realizaram dois estudos. No primeiro, foi comparado o desempenho de todas as variáveis do grupo treinado e do grupo controle que não recebeu o TA. No segundo estudo, foi analisado o desempenho das variáveis no grupo treinado dois meses antes no início do TA, no início e no final do TA. Nos resultados do primeiro estudo, foram encontradas melhores respostas para um sub-teste de consciência fonológica (tarefas silábicas) e na habilidade auditiva de ordenação temporal para o grupo treinado. No segundo estudo, por sua vez, houve melhora do grupo treinado nos testes de leitura, consciência fonológica (tarefas fonêmicas) e na habilidade auditiva de ordenação temporal.

Murphy e Schochat (2011) investigaram os efeitos do TA com estímulos não linguísticos em testes de linguagem em um grupo de crianças com dislexia. As autoras utilizaram um grupo controle, crianças que não foram submetidas a nenhum tipo de TA e um grupo de crianças que foram treinadas. Foram observadas melhores respostas em relação aos testes fonológicos no grupo que realizou o TA, enquanto não houve melhora no grupo controle. As autoras também compararam os resultados das crianças que realizaram o TA com crianças que realizaram outro processo de intervenção com estímulos linguísticos. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em relação aos testes fonológicos.

Filippini et al. (2012) realizaram um estudo comparativo entre crianças com desenvolvimento típico (grupo 1), TPA (grupo 2), e DEL (grupo 3) após o TA para as habilidades do processamento auditivo. Em relação à habilidade auditiva de ordenação

temporal, as crianças do grupo 2 e 3 apresentaram melhor desempenho após o TA com resultados semelhantes. Porém, o grupo 1, composto por crianças com desenvolvimento típico, apresentou melhores resultados para a habilidade auditiva de ordenação temporal. As autoras sugeriram que os resultados dos grupos 2 e 3 são semelhantes devido às dificuldades das crianças com TPA e DEL para processar sons rápidos e aos atrasos nos processos de amadurecimento das vias auditivas.

Sharma et al. (2012) averiguaram os benefícios do TA com atividades *bottom-up* e *top-down* nas habilidades auditivas, de linguagem e de leitura em crianças com diagnóstico de TPA associadas a dificuldades de leitura e linguagem, quando comparadas a um grupo controle que não recebeu o TA. Os resultados do estudo demonstraram que as crianças do grupo controle não apresentaram mudanças nas habilidades auditivas, de linguagem e de leitura, enquanto as crianças que foram submetidas ao TA apresentaram melhora na habilidade auditiva de ordenação temporal, mensurada pelo TPF, na recepção da linguagem e na leitura, assim como no reconhecimento de pseudo-palavras.

Lovio et al. (2012) realizaram um estudo em crianças com dislexia para verificar a eficácia de um treinamento fonológico com associação fonema-grafema nas dificuldades de leitura e no MMN que foi realizado com estímulo de fala. As crianças foram divididas em dois grupos, um grupo que realizou o treinamento fonológico e um grupo placebo que realizou atividades matemáticas. As crianças de ambos os grupos foram avaliadas três semanas depois no teste de leitura e no MMN. Os resultados do estudo demonstraram que as crianças que realizaram o treinamento fonológico apresentaram melhores resultados para o teste de leitura e aumento na amplitude do MMN. Os autores enfatizaram que um processo de intervenção de curto prazo pode proporcionar benefícios que foram mensurados em medidas eletrofisiológicas e comportamentais de discriminação fonêmica.

Rogowsky et al. (2013) realizaram uma pesquisa com o objetivo de verificar os benefícios do TA com o FFW em crianças que apresentavam dificuldades relacionadas à escrita. Participaram do estudo crianças com histórico de dificuldades de alfabetização que foram divididas em dois grupos: crianças submetidas ao TA e crianças que foram inseridas no grupo controle sem intervenção. Os resultados do estudo demonstraram que as crianças que foram submetidas ao TA apresentaram melhoras significantes nas habilidades de leitura e escrita, enquanto não houve melhora no grupo controle. As

crianças que foram submetidas ao TA apresentaram melhoras consideráveis no desempenho escolar.

Vatanabe et al. (2014) verificaram se o TA com atividades temporais do Jogo do Macaco e Papagaio (Murphy, 2009) poderia trazer benefícios para crianças com TPA e transtornos de leitura em relação às habilidades auditivas de ordenação e de resolução temporal, de leitura e de consciência fonológica. O estudo teve dois grupos: um grupo controle de crianças com desenvolvimento típico que não foram submetidas ao TA e um grupo de crianças com TPA e transtornos de leitura que foram submetidas ao TA. O estudo constatou que as crianças do grupo controle apresentaram melhor desempenho na habilidade auditiva de ordenação temporal de frequência e de duração, que foi atribuída ao efeito teste-reteste, assim como em atividades no nível silábico da consciência fonológica. As crianças que realizaram o TA apresentaram melhoras em relação à habilidade de resolução temporal, mensurada pelo GIN, nas habilidades de velocidade de leitura e consciência fonológica no nível silábico e fonológico.

Tawfik et al. (2015) propuseram um estudo longitudinal para verificar a eficácia da adaptação de um *software* de TA com atividades *bottom-up* (modificações acústicas e variação de intervalos inter-estímulos) e *top-down* (memória, atenção e linguagem) que foi direcionado para reabilitar crianças com TPA e dificuldades de linguagem em relação às habilidades auditivas de ordenação temporal por meio do TPF e de resolução temporal por meio do GIN. Foram encontradas diferenças entre as avaliações pré e pós-treino nas habilidades auditivas de ordenação e resolução temporal que se mantiveram dois meses após o TA. Os autores enfatizaram que o TPF e o GIN são ferramentas importantes para avaliar a evolução dos benefícios do TA.

Murphy et al. (2015) investigaram a eficácia do TA para habilidades auditivas e cognitivas como atenção e memória e domínios linguísticos. O estudo foi realizado em crianças com desenvolvimento típico e com TF que foram divididas em quatro grupos: crianças com desenvolvimento típico que foram submetidas ao TA, crianças de um grupo controle com desenvolvimento típico que não foram submetidas ao TA, crianças com TF submetidas ao TA e grupo controle constituídos de crianças com TF não submetidos ao TA. Os resultados do estudo demonstraram que as crianças com desenvolvimento típico que foram treinadas obtiveram melhores respostas para a habilidade auditiva de resolução temporal avaliada pelo GIN no pós-treino, enquanto o grupo de crianças com TF submetidas ao TA também apresentou melhora no GIN e

para a atenção sustentada no pós-treino. Para as outras medidas, todos os grupos apresentaram melhoras e desempenhos semelhantes, o que sugere o efeito do teste-reteste.

Ahamed et al. (2017) realizaram um estudo para verificar a eficácia do TA em crianças com TPA e dificuldade de aprendizagem. As crianças foram reavaliadas um mês após receberem o TA e apresentaram melhora em relação à habilidade auditiva de ordenação temporal para frequências que foram mensuradas pelo TPF. Os autores atribuíram a melhora nos resultados do TPF após o TA às atividades temporais que foram treinadas como: discriminação e sequência de tons, detecção de *gaps* e atividades de consciência fonológica. Nesse estudo, também foram realizados testes de consciência fonológica e de avaliação eletrofisiológica do componente N1 para verificar o desempenho pré e pós-treino. Após o TA, todas as crianças apresentaram resultados superiores para os testes de consciência fonológica e diminuição na latência do N1. Os autores ressaltaram que os benefícios do TA podem ser verificados por meio de testes comportamentais e eletrofisiológicos.

4 MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) da diretoria clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), em 26 de agosto de 2015 sob o Protocolo de Pesquisa nº 315/15 (Anexo A) e recebeu auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

O capítulo “Métodos” foi dividido em duas seções. Na primeira seção (4.1), o desenvolvimento dos jogos computacionais construídos para a presente pesquisa são descritos. Na segunda seção (4.2), os procedimentos realizados para a execução da presente pesquisa são apresentados.

4.1 DESENVOLVIMENTO DOS JOGOS

Os jogos descritos a seguir foram baseados no *software* americano FFW proposto para a reabilitação de aspectos da linguagem, cognição e treinamento auditivo temporal. O FFW apresenta alguns módulos de acordo com o nível de desenvolvimento do usuário. No presente estudo, as atividades que serão descritas a partir do item 1.2.1 foram baseadas no módulo *Literacy*. Esse módulo foi desenvolvido para auxiliar nos processos de reabilitação de crianças com dificuldades no período da alfabetização (Burns, 2013).

4.1.1 Desenvolvimento das atividades computacionais

Foram desenvolvidos dois jogos computacionais com o objetivo de estimular a discriminação auditiva entre fonemas plosivos e fricativos e seus pares correspondentes surdos e sonoros de forma auditiva e visual, que serão descritos com mais detalhes nas próximas seções. O PTAT foi composto por esses dois jogos desenvolvidos e com o Jogo do Macaco e Jogo do Papagaio propostos por Murphy (2009).

4.1.1.1 Gravação dos sons

Para a construção do jogo proposto, foi realizado primeiramente a gravação dos arquivos de áudio baseados em uma lista de palavras que apresentam pares mínimos do

PB e uma lista de pseudo-palavras que se diferenciam pelo fonema inicial com seus pares surdos e sonoros.

No Jogo da Memória, os pares mínimos que compõe essa atividade foram selecionados de acordo com a plataforma de efeito de frequência de palavras do PB proposta por Pinheiro (1994) e a lista de pseudo-palavras foi formulada por um ferramenta automática de geração de pseudo-verbos baseados na estrutura fonológica do PB proposta por Mota e Rezende, porém foi utilizada somente a raiz do verbo como forma de palavra. A seguir, no Quadro 1, encontra-se a lista de palavras e pseudo-palavras, com seus pares, utilizadas no desenvolvimento do Jogo da Memória.

Quadro 1 – Lista de palavras e pseudo-palavras utilizadas no Jogo da Memória

plosivas	fricativas
bingo/pingo	vaca/faca
quadro/quatro	selo/zelo
gola/cola	jato/chato
bafa/pafa	faja/vaja
dafa/tafa	saja/zaja
gafa/cafa	jaja/chaja

Os arquivos de áudios foram gravados no programa *Pro Tool* 10 com microfone da marca *Vokal* no modelo “KL5” por um falante nativo masculino do PB que tem experiência em canto e oratória.

Para a realização das expansões e amplificações necessárias nos arquivos de áudio, foi utilizado o programa *Sound Forge* versão 10.0. As expansões das palavras e pseudo-palavras foram realizadas somente nas consoantes que se diferenciaram, enquanto o resto do arquivo de áudio permaneceu sem modificação acústica.

No *software* FFW original, as sílabas das palavras apresentadas foram expandidas em 50% e amplificadas em 20 dB (Tallal et al., 1996). Nos critérios adotados por Murphy (2009), o máximo de expansão utilizada foi de 100% com 10 dB de amplificação. Nos jogos desenvolvidos na presente pesquisa, as modificações acústicas das consoantes foram aplicadas com os seguintes critérios de expansão e amplificação para as palavras e pseudo-palavras devido ao nível de distorção do programa utilizado:

- 1 Nível - 60% de expansão/7dB de amplificação;
- 2 Nível - 30% de expansão/5dB de amplificação;
- 3 Nível - 0% de expansão/0dB de amplificação.

Encontram-se dispostos, a seguir, um exemplo de um arquivo de áudio sem expansão e amplificação (Figura 1) e um exemplo do mesmo arquivo expandido em 60% e amplificado em 7dB (Figura 2).

FONTE: A autora, com base no exemplo da tese de Murphy (2009).

Figura 1 – Arquivo de áudio da palavra /faca/ sem expansão e amplificação

FONTE: A autora, com base no exemplo da tese de Murphy (2009).

Figura 2 – Arquivo de áudio da palavra faca com o fonema /f/ expandido em 60% e amplificado em 7dB

4.1.1.2 Criação do Programa

Para a criação dos jogos desenvolvidos na presente pesquisa, foi contratado um profissional da área de técnica de informática que realizou a construção dos jogos no sistema operacional *Microsoft Windows*, escrito na linguagem de programação *Delphi* com recursos multimídia. O Jogo da Memória apresenta duas etapas distintas: a primeira etapa consiste na apresentação de palavras, enquanto a segunda etapa consiste na apresentação de pseudo-palavras. O termo “etapa” foi utilizado para distinguir os estímulos e complexidade do jogo, enquanto o termo “fase” foi empregado para diferenciar os procedimentos do jogo em cada etapa até a sua finalização.

Foram selecionados desenhos de cartas de baralho no site *Google* por meio de figuras livres para criação das imagens presentes nas etapas do jogo com o auxílio de um *web-designer*. A primeira tela apresenta um cadastro do paciente e a possibilidade de realizar o jogo com as palavras que foram compostas por fonemas plosivos e fricativos como podem ser observados na Figura 3. O Jogo da Memória foi dividido na categoria de fonemas plosivos e fricativos nas duas etapas.

Figura 3 – Tela inicial do jogo da memória

Na primeira fase do Jogo da Memória, ao selecionar a opção entre as palavras com fonemas fricativos e plosivos, a distribuição de cartas seguiu a mesma ordem para as duas categorias de palavras. A primeira ordem foi formada pela apresentação de quatro cartas com dois pares de palavras com pares mínimos contendo 60% de expansão e 7 dB de amplificação no fonema distinto. Ao clicar na carta solicitada, o usuário escutou o arquivo de áudio e visualizou a palavra escrita. Quando encontrava o par

correspondente de cada carta, as cartas ficaram inutilizadas. Caso o par correspondente de cartas não fosse encontrado, as cartas fechavam-se novamente.

Após encontrar todos os pares de cartas correspondentes da primeira fase, uma tela com uma figura de moedas aparecia como forma de recompensa (Figura 4). Em seguida, passava-se à fase seguinte.

Figura 4 – Tela de finalização de fase

Ao passar para a segunda fase, foram apresentadas mais quatro cartas com palavras novas contendo 60% de expansão e 7 dB de amplificação (nível 1), enquanto as mesmas palavras da fase anterior surgiram com 30% de expansão e 5dB de amplificação (nível 2). À medida que se finalizavam o encontro dos pares apresentados, surgia novamente a tela com a figura de moedas de recompensa (Figura 4).

Na fase seguinte, as palavras da primeira fase, antes apresentadas com 30% de expansão e 5 dB de amplificação, surgiram com 0% de expansão e 0% dB de amplificação (nível 3). Já as palavras que apareceram anteriormente com 60% de expansão e 7 dB (nível 1) de amplificação apareceram novamente com 30% de expansão e 5dB de amplificação (nível 2). Além disso, surgiram mais quatro palavras novas com 60% de expansão e 7 dB de amplificação (nível 1), como pode ser visualizado em forma de representação na Figura 5.

No total, foram desenvolvidas cinco fases para que a expansão e amplificação de todas as palavras presentes no Jogo da Memória chegassem a 0%. A ordem de entrada de palavras e pseudo-palavras novas do jogo seguiu a tendência de ordem da aquisição fonológica de acordo com Lamprecht (2004).

Para as palavras com fonemas plosivos que se distinguiram por ser surda ou sonora, a ordem de apresentação foi: /p/ vs. /b/; /t/ vs. /d/; /k/ vs. /g/, enquanto para as palavras com os fonemas fricativos a ordem de apresentação foi: /v/ vs. /f/; /z/ vs. /s/; /ʒ/ vs. /ʃ/. A distribuição de apresentação das cartas na tela do jogo foi aleatória. Vale mencionar que foi dada à criança a opção de desistir do jogo ao clicar no botão “sair” (Figura 4).

FONTE: A autora.

Figura 5 – Esquema de distribuição das cartas

O grau de dificuldade do Jogo da Memória foi a diminuição da expansão e da amplificação das palavras até que todas cheguem a 0%, com o total final de 12 cartas distribuídas. Não houve tempo estimado para a duração do jogo.

À medida que os pares de palavras foram encontrados, respeitando-se o tempo de cada criança, as fases foram avançando até a finalização do jogo, o qual disponibilizou automaticamente para a pesquisadora o tempo estimado que cada criança utilizou para a realização de cada fase como pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Tela com tempo de realização do Jogo da Memória

4.1.2 Jogo da Escuta Diferente

4.1.2.1 Gravação dos sons

A gravação dos arquivos de áudio do Jogo da Escuta Diferente, assim como descrito no Jogo da Memória, foi realizada com base em uma lista de palavras e pseudo-palavras que apresentam pares mínimos distintos surdos e sonoros. Para a criação de pseudo-palavras, também foi utilizada a ferramenta de pseudo-verbos proposta por Mota e Rezende (2013) para formular pseudo-palavras como descrito no Jogo da Memória. Seguem, no Quadro 2, as palavras e pseudo-palavras utilizadas no jogo proposto.

Os arquivos de áudios foram gravados no programa *Pro Tool 10* com microfone da marca *Vokal* no modelo “KL5” pelo mesmo falante nativo masculino do PB descrito na seção 4.1.1.1.

Quadro 2 – Lista de palavras utilizadas no Jogo da Escuta Diferente

Plosivas	fricativas
bata/pata	vaca/faca
tia/dia	selo/zelo
gola/cola	queijo/queixo
bada/pada	faba/vaba
paja/taja	saca/zaca
gava/cava	chada/jada

Os arquivos de áudio também foram modificados acusticamente por meio do programa *Sound Forge* 10.0 com a expansão e amplificação nas consoantes que se distinguiram por ser surdo ou sonoro. Os critérios de expansão/amplificação foram adotados com base nos de Tallal (1996) e Murphy (2009), devido ao nível de distorção do programa utilizado.

As expansões e amplificações realizadas nos arquivos de áudio presentes no Jogo da Escuta Diferente seguem esta ordem de apresentação: 60dB/7dB; 40dB/5dB; 20dB/3dB; 0dB/0dB. Tais ordens foram apresentadas em velocidades visuais diferentes às quais serão descritas, com mais detalhes, na seção 4.1.1.2.

4.1.2.2 Criação do Programa

O Jogo da Escuta Diferente também foi construído no sistema operacional *Microsoft Windows*, escrito na linguagem de programação *Delphi* com recursos multimídia e, como o Jogo da Memória, também apresenta duas etapas distintas. A primeira etapa foi constituída de palavras e apresenta, como temática de jogo, o espaço sideral. A segunda etapa foi constituída de pseudo-palavras e apresenta, como temática de jogo, o fundo do mar. As imagens utilizadas, nas duas etapas do jogo, foram selecionadas no site *Google* com figuras livres e com o auxílio de um *Web Designer* para acabamento.

A primeira etapa do Jogo da Escuta Diferente apresenta uma tela de cadastro dos usuários e divide as categorias do jogo nos fonemas com seus pares surdos e

sonoros /p/ vs. /b/, /t/ vs. /d/, /k/ vs. /g/, /f/ vs. /v/, /s/ vs. /z/, /ʒ/ vs. /j/, como pode ser observado na Figura 7.

O Jogo da Escuta Diferente apresenta níveis de dificuldades baseado em duas premissas: a diminuição da expansão/amplificação e o aumento da velocidade de apresentação visual da palavra ou pseudo-palavra na tela do computador.

O aparecimento do estímulo visual na tela do jogo foi fundamentado em um estudo piloto com cinco crianças em desenvolvimento típico o qual objetivava verificar se a velocidade de apresentação visual de estímulos estava adequada ou se estava rápida demais, haja vista que não foi encontrada na literatura uma velocidade padrão de apresentação para um estímulo visual. Na primeira etapa, os estímulos visuais percorreram o início e final na tela (Exemplo 1), enquanto na segunda etapa os estímulos visuais apresentaram abertura e fechamento de visualização em um determinado tempo até percorrer o final da tela (Exemplo 2). Logo a seguir encontram-se os níveis descritos nas duas etapas do Jogo da Escuta Diferente.

Exemplo 1

1ª Fase – 60% de expansão/7dB de amplificação (apresentação auditiva) – Velocidade de apresentação visual: 4,5 segundos.

2ª Fase – 40% de expansão/5dB de amplificação (apresentação auditiva) – Velocidade de apresentação visual: 3,5 segundos.

3ª Fase – 20% de expansão/3dB de amplificação (apresentação auditiva) – Velocidade de apresentação visual: 2,5 segundos.

4ª Fase – 0% de expansão /0dB de amplificação (apresentação auditiva) – Velocidade de apresentação visual: 1,5 segundos.

Na segunda etapa do Jogo da Escuta Diferente, composta de pseudo-palavra, os estímulos visuais foram apresentados de forma mais rápida.

Exemplo 2

1ª Fase – 60% de expansão/7dB amplificação (apresentação auditiva) – Velocidade de apresentação visual: 1000 ms

2ª Fase – 40% de expansão/5dB amplificação (apresentação auditiva) – Velocidade de apresentação visual: 900 ms

3^a Fase – 20% de expansão/3dB amplificação (apresentação auditiva) –
Velocidade de apresentação visual: 800 ms

4^a Fase - 0% de expansão /0dB amplificação (apresentação auditiva) (auditivo)
- Velocidade de apresentação visual: 700 ms

Figura 7 – Tela de apresentação do Jogo da Escuta Diferente

No jogo da Escuta Diferente, o usuário teve a opção de poder clicar em qualquer uma das categorias de fonemas para realizar os procedimentos do jogo. Ao clicar, por exemplo, na categoria /k/-/g/ o usuário visualizou a palavra “cola” /k^ola/ com a letra C destacada e escutou a palavra com amplificação e expansão de acordo com a fase do jogo.

À medida que a palavra apareceu no início da tela, houve um tempo de percurso, o qual foi mensurado de acordo com o nível de dificuldade da atividade, até que a palavra desaparece ao final da tela como consta no Exemplo 1.

Figura 8 – Tela do Jogo da Escuta Diferente

Na fase 1, ao visualizar e escutar o par mínimo correspondente, o usuário apertou a tecla “espaço” e então, a partir do acerto, passou para a próxima fase (fase 2) e assim sucessivamente até a finalização da etapa do jogo. A Figura 8 demonstra os procedimentos do Jogo da Escuta Diferente em que o usuário visualiza e escuta a palavra “cola” e deve apertar a tecla “espaço” quando visualiza e escuta o par correspondente, no caso a palavra “gola” (Figura 9).

Caso o usuário não acertasse a resposta correta, a mesma fase foi repetida e uma tela apareceu informando que o usuário não conseguiu passar para a próxima fase.

Figura 9 – Tela informando a mudança do par mínimo

Na segunda etapa do Jogo da Escuta Diferente, a estrutura de apresentação do jogo foi a mesma da primeira etapa com níveis de dificuldades referentes à

expansão/amplificação e à velocidade de apresentação do estímulo visual como consta no Exemplo 2.

Nessa etapa, os estímulos foram constituídos de pseudo-palavras que se diferenciavam pelo fonema ser surdo ou sonoro como mencionado anteriormente. A diferença da segunda etapa para a etapa anterior é que os estímulos auditivos e visuais que se diferenciavam dos estímulos apresentados constantemente foram apresentados duas vezes, enquanto, na primeira etapa do Jogo da Escuta Diferente, o usuário tinha que detectar o estímulo diferente apenas uma única vez. Sendo assim, o usuário deveria estar atento à mudança visual e auditiva de forma mais precisa nessa etapa. Na Figura 10 é possível observar o exemplo da segunda etapa do Jogo da Escuta Diferente.

Figura 10 – Exemplo da segunda fase do Jogo da Escuta Diferente

O usuário teve que apertar a tecla “espaço” duas vezes de acordo com o aparecimento do estímulo diferente que esteve em posições randomizadas na tela do computador. Assim como na primeira etapa do jogo, o nível de dificuldade aumentou da fase 1 à fase 4, como consta no Exemplo 2, até a finalização do jogo. As recompensas de acerto foram mantidas nas etapas 1 e 2 quando o usuário conseguia passar de fase (Figura 11).

Figura 11 – Tela de recompensa e finalização de uma fase

A próxima seção descreverá a casuística, critérios de inclusão e exclusão dos sujeitos, material e procedimentos empregados no presente estudo.

4.2 CASUÍSTICA

Participaram do presente estudo crianças com idade entre 10 e 12 anos estudantes da quinta e sexta série da Escola de Aplicação situada na Universidade de São Paulo (USP). As crianças foram autorizadas a participar da pesquisa após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos pais ou responsáveis pela criança (Anexo B) e assinatura do Termo de Assentimento pela própria criança (Anexo C).

A amostra inicial foi constituída de 25 crianças. Na avaliação inicial, antes dos processos de intervenção 18 crianças participaram, porém, até o final da pesquisa, 16 crianças se mantiveram, sendo 10 meninos e seis meninas. Essas crianças foram divididas em dois grupos:

- ✓ GE: 16 crianças submetidas ao PTAT
- ✓ GP: nove crianças submetidas ao treinamento placebo (TP).

Para que todos os sujeitos participassem do PTAT por questões éticas, as crianças do GP, após reavaliação, foram submetidas ao PTAT e passaram a integrar o GE como mostra a Figura 12 que será apresentado ao final da seção 4.4.3.

É importante salientar que as crianças foram selecionadas para participar dos grupos por período escolar (manhã e tarde), devido aos horários estabelecidos pela escola para aplicação do PTAT.

4.2.1 Critérios de Inclusão

Para inclusão das crianças na presente pesquisa os seguintes critérios foram seguidos:

- ✓ Presença de erros ortográficos de caracterização surda-sonora de forma sistemática;
- ✓ Resultados abaixo da normalidade nos testes de processamento auditivo: Padrão de Frequência (Musiek, 1994) e ou GIN (Musiek et al., 2004);
- ✓ Apenas o quociente de inteligência (QI) médio de acordo o teste Escala de Inteligência de *Wechsler* para Crianças (WISC-III);
- ✓ Avaliação audiológica normal nas frequências de 500 Hz a 4.000 Hz, conforme os critérios de Santos e Russo (1986) e medidas timpanométricas normais com reflexos acústicos ipsilaterais presentes, conforme os critérios de Jerger (1970);
- ✓ Ausência de comprometimentos cognitivos, psiquiátricos e neurológicos aparentes.

4.2.2 Critérios de Exclusão

- ✓ Alteração oftalmológica sem correção;
- ✓ Alterações na fala de acordo com o teste ABFW;
- ✓ Presença de outros erros ortográficos e outras dificuldades referentes à escrita;
- ✓ Prática de instrumentos musicais fora da escola;
- ✓ Dificuldades de leitura;
- ✓ Realização de terapia fonoaudiológica.

4.3 LOCAL DA PESQUISA

A coleta de dados foi realizada na Escola de Aplicação da Universidade de São Paulo (USP). Somente as avaliações audiológicas básicas, avaliação do processamento auditivo e MMN no momento pré e pós-treino com o PTAT e TP foram realizadas no

Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Neuroaudiologia do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. A coleta foi realizada no período compreendido entre janeiro de 2016 a junho de 2017.

4.4 MATERIAL DE PESQUISA

Nesta seção, primeiramente serão apresentados os instrumentos utilizados no presente estudo para selecionar os participantes. Em seguida, os instrumentos utilizados como avaliação pré e pós-treino e instrumentos para o PTAT e TP serão exibidos.

4.4.1 Material de seleção dos participantes

- I. Para triagem da linguagem escrita, foi utilizado o texto proposto por Cristofolini (2008) empregado em sua pesquisa com 234 crianças no Departamento de Fonologia do Programa de Pós-Graduação em Linguística da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) como instrumento para identificação inicial de crianças que apresentaram erros ortográficos de caracterização surda-sonora (Anexo E);
- II. Teste ABFW (Andrade et.al., 2000);
- III. Teste WISC-III, que foi realizado por uma neuropsicóloga;
- IV. Teste fonológico-grafêmico (Scliar-Cabral, 2003) para verificar possíveis dificuldades referentes à leitura;
- V. Para avaliação audiológica básica, foi utilizado:
 - a. Otoscópio da marca *Heine*;
 - b. Cabine acústica do fabricante *Redusom* calibrada conforme a norma ANSI S3.1-1991 (Russo, 1999);
 - c. Audiômetro da marca *Grason-Stadler* modelo GSI-61 com calibração de acordo com os padrões ANSI S3, 6-1989, ANSI S3, 43-1992, IEC 645-1 (1992); IEC 645-2 (1993); ISO 389; UL544 (Russo, 1999) com fone modelo TDH-50. A faixa de frequência do audiômetro é entre 125 e 12000 Hz por via área, com variação de tom puro entre 10 a 110 dBNA para as frequências de 125 e 12000 Hz, de -10 a 120 dBNA, para as frequências de 500, 750, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000Hz;

- d. Lista de palavras trissílabos para a realização do teste de Limiar de Reconhecimento de Fala (LRF) proposta por Santos e Russo (1986);
 - e. Analisador de orelha média da marca *Otometrics* modelo *Zodiac* 901 para o exame de timpanometria e pesquisa dos reflexos acústicos.
- VI. O potencial evocado de tronco encefálico (PEATE) com estímulo clique foi utilizado no equipamento eletroneuromiógrafo *modelo Navigator Pro*, marca *Bio-Logic System Corporation (Bio-logic Systems Cop., Natus Medican Inc., Mundelin, III., USA)*, equipado com o *BioMARK (Biological Marker of the Auditory Processing)*.

4.4.2 Material pré e pós intervenção

- I. Lista de ditado proposta por Cristofolini (2008) para avaliação da linguagem escrita (Anexo F).
Para a realização dos testes comportamentais do processamento auditivo foram utilizados os seguintes materiais:
- I. O mesmo audiômetro descrito na seção 4.4.1 (item V-b);
- II. *Compact Disc Player* da marca *Sony* com saída para o audiômetro;
- III. TPF (Musiek, 1994). Nesse teste, constam três tons de frequência, sendo dois tons iguais e um tom que se difere dos outros em relação à frequência. Os três tons devem ser ordenados de acordo com a sua hierarquia de apresentação. Esse teste apresenta estímulos de frequências agudas de 1122 Hz e frequências graves de 880 Hz com duração de 150 ms. Os intervalos inter-estímulos são de 200 milissegundos;
- IV. Teste GIN (Musiek et al., 2004). Nesse teste, constam *gaps* inseridos em um estímulo constante de *white noise* com duração de seis segundos que podem ser de 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 e 20 ms. Os *gaps* estão distribuídos em diferentes posições conforme a faixa apresentada. As faixas podem apresentar um, dois, três ou nenhum *gap* inserido no *white noise*;
- V. TTP (Borges e Schochat, 2005). Esse teste apresenta variação de intervalos inter-estímulos de 250, 200, 150, 100 e 50 ms em dois tons que se distinguem por características de frequências (1000 e 1400Hz) com duração de 100 ms;
- VI. Folha de marcação para o TPF (Anexo G), GIN (Anexo H) e TTP (Anexo I);

- I. Equipamento *Neuroscan electroencephalographic system*® modelo *STIM2* com touca Quick-Cap 64 Channel para avaliação eletrofisiológica do MMN;

Para a colocação de eletrodos na touca, foi utilizado o *Quick-cel* (esponja condutora específica para a coleta de EEG):

- II. Solução salina;
- III. Pasta abrasiva;
- IV. *iPad* da marca *Apple* para visualização de um vídeo durante a realização do MMN;

4.4.3 Material para intervenção

- I. Computadores disponíveis na escola da marca *Intel*.
- II. Fones de ouvido Supra Auriculares da marca *Philips*;
- III. Jogos computadorizados do Papagaio, proposto por (Murphy, 2009), composto por pares de sílabas que foram expandidos em 100/ 80/ 60/ 40/ 20/ 15/ 10/ 0%, amplificados em 10/ 8/ 6/ 4/ 2/0 dB e com intervalos inter-estímulos de 500/ 400/ 300/ 200/ 170/ 140/ 110/ 90/ 60/ 30/ 10 ms, e Jogo do Macaco (Murphy, 2009) com estímulos não linguísticos que apresentam variação para duração de estímulos entre 60 e 20 ms, intervalos inter-estímulos com variação de 500 a 20 ms e frequência com variação de 16 oitavas por segundo, com as frequências iniciais ou finais variando de 0,5 kHz, 1kHz, 2 kHz ou 4 kHz, com sons ascendentes (frequências baixas para frequências altas) e sons descendentes (frequências altas para frequências baixas);
- IV. Jogos computadorizados da Memória e Jogo da Escuta Diferente criados no presente estudo e já descrito anteriormente;
- V. Para o TP, foi utilizado o DVD da série “Mundo de Beackman”.

Antes de descrever os procedimentos realizados no presente estudo, a Figura 12 mostra as fases da coleta de dados e o tempo de execução das atividades de pesquisa para facilitar a compreensão do desenho do estudo.

Figura 12 – Fluxograma de fases da coleta de dados da pesquisa

4.5 PROCEDIMENTOS

Para o início dos procedimentos da presente pesquisa, a pesquisadora entrou em contato com algumas escolas e obteve parecer favorável da Escola de Aplicação da USP.

Os responsáveis e as crianças receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B), Termo de Assentimento (Anexo C) e um questionário sobre desenvolvimento geral da criança a ser respondido pelos pais/responsáveis (Anexo D). Após os devidos consentimentos, as crianças foram convidadas a participar do presente estudo. No que tange aos critérios de inclusão, foram realizados os seguintes procedimentos:

4.5.1 Seleção das crianças participantes

- a) Primeiramente, foi realizada a triagem da avaliação da escrita com o texto proposto por Cristofolini (2008) – Anexo E. O texto foi lido pela pesquisadora em sala de aula de forma coletiva. Após a leitura, foi solicitado que as crianças escrevessem conforme as sentenças do texto foram ditadas. A triagem da avaliação da escrita durou em torno de uma hora.

No final, a escrita das crianças foi entregue para a pesquisadora, a qual verificou a ocorrência dos erros ortográficos de caracterização surda-sonora e observou se as crianças estavam de acordo com a fase silábica, segundo Ferreira (1986). As crianças que apresentaram os erros ortográficos descritos foram convocadas a participar da segunda fase da pesquisa de forma individual.

- b) A segunda fase consistiu em verificar a ausência de alterações de fala com a utilização do teste ABFW (Andrade et. al., 2000). O teste foi realizado na etapa do vocabulário com o objetivo de selecionar as crianças sem nenhum tipo de comprometimento de fala. A segunda fase durou, em média, cerca de 15 minutos para cada criança.

Após a verificação de ausências de comprometimentos de fala nas crianças, foi realizada a avaliação da escrita utilizando a lista de palavras de Cristofolini (2008) por meio de um ditado.

- c) Na terceira fase da pesquisa, as crianças foram solicitadas a escrever, de forma coletiva, as palavras que foram ditadas pela pesquisadora, em sala de aula. Foi considerado como critério para participação da pesquisa a presença de no mínimo 25% de ocorrência de erros ortográficos de caracterização surda-sonora, conforme a lista de palavras ditadas, e com o mesmo tipo de erro presente na triagem da escrita, pois, dessa forma, o erro ortográfico foi considerado sistemático. As análises foram realizadas de acordo com a porcentagem de erros referente aos grafemas plosivos e fricativos, frequência de ocorrência de erros nesses grafemas e a quantidade de erros nos processos de sonorização e dessonorização na escrita das crianças na avaliação pré-treino e pós-treino do GE e GP. Os cálculos foram realizados de acordo com a categoria de fonemas conforme a lista de Cristofolini (2008). A terceira fase durou, em média, uma hora até a sua finalização.

As crianças que não apresentaram alteração na fala e apresentaram os erros ortográficos de caracterização surda-sonora participaram da quarta fase da pesquisa, ou seja, a avaliação de QI.

- d) Na quarta fase foi contratada para aplicação do teste WISC III , uma neuropsicóloga com experiência em avaliação cognitiva foi contratada. Nesse teste, o critério para participação da pesquisa foi o de as crianças apresentarem QI médio (entre 90 e 109 pontos), conforme descrito por Wechsler (2002). A avaliação neuropsicológica foi importante para descartar presenças de comprometimentos cognitivos que podem influenciar na avaliação do processamento auditivo e nos transtornos de linguagem. A quarta fase durou entre 20 minutos e uma hora para cada criança.
- e) Na quinta fase da presente pesquisa, foi realizada uma avaliação de leitura simples para verificar possíveis dificuldades. O material de avaliação de leitura utilizado foram fichas com pseudo-palavras do teste qualitativo fonológico-

grafêmico de Scliar-Cabral (2003b) que tem como objetivo verificar se o indivíduo consegue internalizar as regras de conversão dos fonemas em grafemas de forma adequada na leitura. As crianças que não apresentaram dificuldades de leitura foram convidadas a participar da avaliação audiológica. A quinta fase durou, em média, 15 minutos para cada criança.

A seguir, na sexta fase da pesquisa, que durou em torno de uma hora para cada, as crianças selecionadas realizaram a avaliação audiológica que consistiu em:

- I. Meatoscopia para verificar a presença de cerúmen;
- II. Imitanciometria, que foi composta pela timpanometria e pesquisa dos reflexos acústicos. Para a presente pesquisa, o critério de inclusão foi ter apresentado curva do tipo A (Jerger, 1970), o que sugere ausência de alterações na orelha média e reflexos acústicos ipsilaterais presentes nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz. Esse critério foi adotado, pois indivíduos que apresentam o TPA podem apresentar ausência de reflexos acústicos, principalmente nas frequências mais altas (Carvalho, 1996);
- III. Audiometria tonal por via aérea bilateralmente nas frequências 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz (Santos e Russo, 1986) com limiar de normalidade para tom puro de até 20 dBNA nas frequências testadas e audiometria vocal utilizando o LRF (Limiar de reconhecimento de fala) para confirmar os limiares de 500, 1000 e 2000Hz, com os valores determinados por Magabeira-Abernaz et al. (1981);
- IV. Com a finalidade de verificar a integridade da via auditiva, foi realizada a avaliação eletrofisiológica com o exame Potencias Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) com estímulo clique. No protocolo do PEATE, foram utilizados parâmetros apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Características do Protocolo PEATE

Estímulo:	Clique
Quantidade de Estímulos:	2.000
Intensidade:	80 dBnNa
Janela:	10, 66ms
Filtros:	Passa Alto: 100 Hz Passa Baixo: 1500 Hz
Taxa de apresentação:	19,10 estímulos

Polaridade:

Rarefeita

No PEATE, com estímulo clique, foram utilizados os eletrodos na posição Fpz (referência), M1 (mastóide esquerda – terra) e M2 (mastóide direita – ativo), conforme o sistema de colocação de eletrodos 10-20 *Internacional Electrode System* (IES) (Jasper, 1958). Para a avaliação da orelha esquerda e da direita, as posições dos eletrodos das mastóides direita e esquerda foram invertidos para que se pudesse realizar a avaliação das duas orelhas.

A resposta foi constatada por meio de dois traçados nas duas orelhas, obtidos para garantir a reprodutibilidade de resposta. Foram analisadas as latências absolutas das ondas I, III e V e os intervalos interpicos I-III, III-V e I-V. Os valores de normalidade para as latências absolutas e intervalos interpicos do PEATE com estímulo clique foram considerados conforme os valores do manual do equipamento *Navigator Pro-Biologic* utilizado em indivíduos acima de três anos. Esses valores encontram-se dispostos no Quadro 4.

Quadro 4 – Normalidade dos valores de latências absolutas e intervalos interpicos do PEATE

	Onda I	Onda III	Onda V	Interpico I-III	Interpico III-V	Interpico I-V
Média (ms)	1,54	3,67	5,52	2,13	1,85	3,98
Desvio Padrão (ms)	0,11	0,12	0,22	0,14	0,17	0,19

*com estímulo clique para indivíduos acima de dois anos do equipamento “*Bio-logic Systems Corp Auditory Evoked Potencial System – User’s and service manual*”.

Fonte: Rocha-Muniz (2011, p.69)

Após a finalização das fases para a seleção de candidatos, as crianças realizaram os testes de processamento auditivo temporal e avaliação eletrofisiológica (MMN) e foram reavaliadas pelos mesmos testes comportamentais e avaliação eletrofisiológica após intervenção do PTAT e TP. A avaliação do ditado por meio da lista de palavras de Cristofolini (2008), descrita anteriormente, também foi reavaliada nos grupos após os processos de intervenção. É importante salientar que as crianças do GE e GP foram reavaliadas um mês após a finalização de cada processo de intervenção.

Para avaliação do processamento auditivo temporal foram empregados três testes comportamentais, sendo eles:

- a) TPF (Musiek, 1994);

- b) Teste GIN (Musiek et al., 2004)
- c) TTP (Borges e Schochat, 2005)

O TPF (Musiek, 1994); foi aplicado na intensidade de 50 dBNS de forma binaural de acordo com a média dos limiares auditivos em 500, 1000 e 2000 Hz. O teste foi empregado para avaliar a habilidade auditiva de ordenação temporal e transferência inter-hemisférica.

Como procedimento, as crianças foram orientadas a ouvir três estímulos com atenção e a responder oralmente a sequência que os estímulos foram apresentados. Quando o estímulo escutado foi agudo, as crianças foram orientadas a responder “fino” e, quando o estímulo escutado foi grave, as crianças foram orientadas a responder “grosso”. O teste foi composto das seguintes sequências: “fino, fino, grosso”, “fino, grosso, grosso”, “grosso, grosso, fino”, “grosso, fino, fino”, “grosso, fino, grosso”, “fino, grosso, fino”. Ao final do teste, foram somados os números de acertos e cada item correspondeu a 3,3 pontos por se tratar de 30 itens, que foram registrados na folha de resposta (Anexo G). Os valores do TPF referentes à normalidade foi 70% (Schochat, Rabelo e Sanfins, 2000). O tempo de execução do teste foi em média 15 minutos para cada criança.

O Teste GIN (Musiek et al., 2004) foi aplicado na intensidade de 50 dBNS de acordo com a média dos limiares auditivos em 500,1000 e 2000Hz. O teste foi empregado para avaliar a habilidade auditiva de resolução temporal de forma monoaural nas orelhas direta e esquerda.

As crianças foram orientadas a segurar o sinalizador do audiômetro com atenção e, quando escutassem um intervalo de silêncio no meio do ruído que é apresentado constantemente, deveriam apertar o botão do sinalizador. Foi considerado o limiar de detecção de *gap* a melhor resposta encontrada (menor intervalo de silêncio) quatro vezes registrada na folha de resposta (Anexo H). Os valores de normalidade empregado para esse teste foi de 5 ms de acordo com os critérios de Samelli e Schochat (2008). O tempo de execução do teste foi de, em média, 20 minutos para cada criança.

O TTP (Borges, Schochat, 2005) foi realizado de forma binaural na intensidade de 50 dBNS de acordo com a média dos limiares auditivos em 500,1000 e 2000Hz. O teste foi empregado para avaliar a habilidade de percepção de diferentes intervalos inter-estímulos de apresentados de forma rápida.

As crianças foram instruídas a responderem “fino” para o estímulo agudo e “grosso” para o estímulo grave para os dois tons de frequência apresentados nas variações de intervalos inter-estímulos de 250, 200, 150, 100 e 50 ms que foram apresentados seis vezes, cada um com duração fixa do estímulo em 100 ms. Para cada intervalo inter-estímulo, foi considerado de zero a seis acertos, os quais foram calculados em porcentagem. Para esse teste, não existe normalidade por se tratar de um teste experimental. O tempo de execução foi, em média, de 10 minutos para cada criança.

A representação da diferença entre os intervalos inter-estímulos do TTP está representado na Figura 13.

FONTE: A autora.

Figura 13 – Representação dos intervalos inter-estímulos do TTP

4.5.1.1 Avaliação eletrofisiológica

O MMN foi realizado com estímulos de fala. Esses estímulos foram compostos de duas sílabas com consoantes plosivas /da/ e /ga/ que se diferenciam pela transição de formantes. As sílabas são sintetizadas com 48 kHz, 16-bits e comprimento de 100 ms e foram compostas de cinco formantes que caracterizam suas diferenças nas frequências *Onset* na transição do segundo para o terceiro formante (Kraus et al., 1996).

Kraus et al. (1996) descrevem que fisiologicamente as sílabas /da/ e /ga/ são aparentemente mais sensíveis para identificar dificuldades de discriminação auditiva, por serem estímulos que se diferem espectralmente no *onset*. Uma boa percepção das sílabas /da/ e /ga/ no MMN estão associadas a respostas corticais robustas diante da

modificação do estímulo. A Figura 14 mostra a representação das sílabas /da/ e /ga/ em relação à mudança de frequência no espectograma.

FONTE: Borges (2005, p. 24)

Figura 14 – Representação da mudança de frequência no espectograma para as sílabas /da/ e /ga/

No presente estudo, o MMN com estímulo de fala foi captado com a colocação de uma touca e foram utilizados 12 eletrodos: Fz, Fpz, Cz, F3, F4, C3, C4, Pz, P3, P4, Cp5, Cp6 como eletrodos ativos, M2, como referência, *groud* como eletrodo terra e dois eletrodos para controle orbicular segundo o Sistema Internacional 10-20 (Jasper, 1958), conforme mostra a Figura 15, mantendo impedância por volta de 5 Ω .

Foram utilizados os eletrodos mínimos para a obtenção de mapas topográficos de imagem que o equipamento pode fornecer com o uso da touca, como descrito na Figura 15. Na figura, estão circulados em vermelho os eletrodos selecionados no escalpo para a obtenção do MMN. As marcações em verde, por sua vez, representam os eletrodos dipolos selecionados para monitorar o movimento ocular, e as marcações em azul indicam os eletrodos referência.

Em relação aos blocos utilizados no protocolo do MMN, cada bloco apresentou aproximadamente 25 estímulos raros e 140 estímulos frequentes. A ordem de apresentação dos estímulos foi aleatória, entretanto se mantiveram fixos os 20 primeiros estímulos frequentes até a primeira aparição do primeiro estímulo raro e os três últimos estímulos frequentes de cada bloco. Esse parâmetro de organização de estímulos dentro dos blocos foi utilizado por Kraus et al. (1993) para desencadear melhores respostas do MMN. Cada bloco apresentou um intervalo de silêncio entre o fim e aparição do próximo bloco de quatro segundos. O tempo estimado de intervalo entre os blocos foi proposto no estudo de Rocha-Muniz, Belfi-Lopes e Schochat (2014), devido o estudo de Kraus et al. (1993) não ter apresentado essa informação.

Para a obtenção do MMN, as crianças permaneceram sentadas em uma cadeira confortável enquanto assistiram a um filme legendado de sua preferência entre as opções de vídeos apresentadas no *iPad*. As crianças foram orientadas a prestar atenção somente no vídeo enquanto realizaram o exame. A intensidade do vídeo foi equivalente em média a 40dB NPS (Decibel Nível de Pressão Sonora) na escala A (Kraus et al., 1993).

Para analisar as respostas do MMN, foi realizada a subtração das respostas dos estímulos raros /da/ e estímulos frequentes /ga/ dos eletrodos descritos anteriormente. O tempo do exame, desde a colocação da touca e dos eletrodos até a finalização do exame, demorou cerca de 45 minutos para cada participante.

O MMN foi identificado como a onda com maior amplitude negativa na latência entre 150-250 ms após a apresentação do estímulo (Näätänen et al., 2007). Entretanto, foram consideradas respostas até 350 ms, visto que alguns estudos descrevem que, em crianças, as respostas do MMN podem ocorrer até de 350 ms para estímulos de fala (Korpilahti et al., 2000; Sussman et al., 2001; Kujala et al., 2004).

4.5.2 Processos de intervenção

As crianças do presente estudo, conforme a escala de participação dos grupos, receberam um tipo específico de intervenção. As crianças do GE foram submetidas ao PTAT, enquanto as crianças do GP foram submetidas a um TP de forma visual. As duas formas de intervenção serão descritas, a seguir com maior detalhamento.

4.5.2.1 PTAT

O PTAT foi composto de oito sessões com duração de 30 minutos, cada uma, e realizado duas vezes por semana em computadores individuais com uso de fones de ouvido na escola onde a pesquisa foi realizada. Em caso de faltas, as sessões foram realizadas em outro dia da semana.

O PTAT foi composto pelos o Jogo do Macaco, proposto por Murphy (2009), com o objetivo de estimular as habilidades auditivas de discriminação e ordenação temporal com estímulos não linguísticos. Na primeira etapa do jogo, a criança escutou estímulos iguais e estímulos diferentes relacionados à frequência. Conforme a resposta, a criança deveria clicar no símbolo = ou $\neq$. Essa fase referiu-se à discriminação auditiva.

Após a fase de discriminação, as crianças seguiram para a etapa de ordenação temporal. Nessa fase, as crianças escolheram o símbolo $\uparrow$ para o estímulo ascendente e o símbolo $\downarrow$ para o estímulo descendente, conforme a sequência de estímulos apresentados.

Na primeira fase, a criança deveria ordenar dois estímulos e, alcançando os pontos para passar para a próxima fase, a criança realizou a ordenação de três estímulos. Ao final da ordenação dos três estímulos, as crianças voltaram para a etapa de discriminação e passaram, em seguida, para a etapa de ordenação ao longo das oito sessões do PTAT. É importante salientar que a variação de frequências do Jogo do Macaco foi realizada com base nas características acústicas das frequências do PB conforme o estudo de Murphy et al. (2009).

Também foi utilizado o Jogo do Papagaio (Murphy, 2009) que contempla a discriminação e a ordenação de sons linguísticos com estímulos de fala expandida. Nesse jogo, a criança escutou um par de sílabas e o associou à figura correspondente na ordem de apresentação das sílabas. Os dois jogos propostos por Murphy (2009) apresentam escalas de dificuldades conforme apresentado na seção 4.3.3 com diferenças de intervalos inter-estímulos e outras variáveis.

Como mencionado anteriormente, o PTAT foi completado com os jogos computacionais construídos para a presente pesquisa. No total, foram utilizados quatro jogos, sendo esses o Jogo do Macaco e Papagaio (Murphy, 2009), o Jogo da Memória e Jogo da Escuta Diferente, sendo esses três últimos com estímulos de fala expandida e amplificada, e o primeiro com discriminação e ordenação temporal de estímulos não linguísticos.

Nos primeiros minutos das sessões, as crianças realizaram o Jogo do Macaco (10 minutos) e Papagaio (10 minutos) de forma aleatória e, nos últimos dez minutos, realizaram o Jogo da Memória ou Jogo da Escuta Diferente de forma aleatória, porém passaram sempre pela primeira etapa dos jogos que são compostas de palavras para, em seguida, realizarem a etapa de pseudo-palavras nos jogos propostos.

4.5.3 TP

Para o presente estudo, as crianças do GP foram submetidas a um TP de forma visual. Foi entregue a elas um DVD contendo oito episódios da série “O Mundo de Beackman” com aproximadamente 30 minutos. As crianças assistiram os episódios duas vezes por semana e fizeram uma breve resenha de cada episódio. Esse tipo de TP foi adotado por Moraes et al. (2015) e tornou-se uma opção viável devido ao fato de não ser necessário retirar a criança da sala de aula em dois períodos diferentes, pois, posteriormente, essas mesmas crianças foram submetidas ao PTAT, como mostra a Figura 12.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar a eficácia do PTAT, foi realizada a análise estatística nos resultados do GE e GP no momento da avaliação antes do processo de intervenção e após o processo de intervenção em relação à avaliação comportamental do processamento auditivo, avaliação eletrofisiológica com o MMN e avaliação da escrita.

Foi realizada a análise estatística descritiva por meio de construção de tabelas em relação às avaliações e aos momentos descritos com os valores de média, desvio padrão, número de sujeitos por grupo e valores mínimos e máximos dos resultados (Bussab e Morettin, 2002) no GE e GP, assim como na caracterização da amostra. Para comparar os valores de média entre os grupos na caracterização da amostra, foi realizada a análise estatística segundo o teste não-paramétrico de Mann-Whitney.

Devido à diferença no número de sujeitos dos grupos que participaram da presente pesquisa, além dos desvios na distribuição da amostra, para comparar as médias das avaliações nos momentos inicial e final (análise intra-grupo) do GE e GP, foi aplicada a técnica não-paramétrica teste dos postos sinalizados de Wilcoxon.

Já para verificar se houve diferença estatisticamente significativa entre os eletrodos utilizados, a técnica não paramétrica da ANOVA de Friedman foi aplicada. O

nível de significância (p) adotado para verificar a diferença nos momentos de avaliação intra-grupo que foram descritas foi de 0,05 (5%).

5 RESULTADOS

O objetivo deste capítulo é o de apresentar os resultados encontrados no presente estudo em relação à avaliação comportamental do processamento auditivo, avaliação eletrofisiológica do MMN e avaliação da escrita no momento pré-treino e pós-treino do PTAT e do TP para verificar se houve eficácia do PTAT nas variáveis descritas.

Para a análise estatística dos dados, adotou-se o nível de significância de 0,05 (5%). Os valores que foram considerados estatisticamente significantes apresentam um asterisco (*) quando igual ou menor a 0,05; dois asteriscos (**) quando igual ou menor que 0,01 e três asteriscos (***) quando igual ou menor que 0,001. O símbolo # foi utilizado para indicar quando existe tendência à significância.

O presente capítulo será distribuído em quatro sessões para facilitar a organização de apresentação dos dados do presente estudo, sendo esses:

- ✓ 5.1. Caracterização da amostra;
- ✓ 5.2. Efeito do PTAT e TP para medidas comportamentais do processamento auditivo;
- ✓ 5.3. Efeito do PTAT e TP para medidas eletrofisiológicas do MMN;
- ✓ 5.4. Efeito do PTAT e TP para os resultados em referentes à avaliação da escrita.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A Tabela 1 refere-se à idade das crianças que participaram do presente estudo com os valores de média, desvio padrão, mínimo e máximo e p-valor para comparação entre os grupos.

Tabela 1 – Valores para a idade dos indivíduos no GE e GP

Grupo	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	P-valor
GP	9	11,13	0,72	10	12	0,09
GE	16	10,56	0,73	10	12	

Legenda: GP: grupo placebo; GE: grupo experimental; N: número de sujeitos.

Na Tabela 1, é possível observar os valores da estatística descritiva para a média de idade no GE (10,56) e no GP (11,13). De acordo com o teste não-paramétrico de Mann-Whitney, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre as médias das idades ($p=0,09$) para os grupos. Para a amostra total ($n=16$), em relação ao sexo, houve 10 sujeitos do sexo masculino e seis do sexo feminino.

A Tabela 2 refere-se à distribuição de sujeitos do sexo masculino e feminino que participaram do presente estudo no GE e GP.

Tabela 2 – Distribuição dos sexos dos sujeitos da pesquisa nos dois grupos

Sexo	GP		GE	
	N	%	N	%
Feminino	3	33,34	6	37,5
Masculino	6	66,66	10	62,5
Total	9		16	

Legenda: N: Número de sujeitos; GP: grupo placebo; GE: grupo experimental, % = porcentagem.

Os sujeitos foram divididos em dois grupos. Participaram do GE seis sujeitos do sexo feminino e 10 sujeitos do sexo masculino, com o total de 16 crianças. No GP, participaram três sujeitos do sexo feminino e seis sujeitos do sexo masculino com o total de nove crianças. No Quadro 6, a distribuição de sujeitos na amostra em relação ao sexo pode ser observada.

Quadro 6 – Gráfico da porcentagem de indivíduos do sexo masculino e feminino no estudo.

No Quadro 6, é possível visualizar a distribuição de sujeitos do sexo masculino e do sexo feminino que participaram do presente estudo. A amostra foi composta de 55,6% de sujeitos do sexo masculino e 44,4% de sujeitos do sexo feminino.

5.2 Efeito do PTAT e TP para medidas comportamentais do processamento auditivo

A Tabela 3 descreve os valores de média em porcentagem de acertos, desvio padrão, mínimo, máximo e p-valor (Wilcoxon) em relação ao TPF para o GE e GP, nas duas avaliações.

Tabela 3 – Valores para a porcentagem de acertos no Teste Padrão de frequência nos dois grupos e nas duas avaliações

Grupo	Avaliação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	p-valor
GP	Pré-treino	9	60,00	10,31	45,00	80,00	0,23
	Pós-treino	9	56,11	11,40	30,00	65,00	
GE	Pré-treino	16	56,44	11,42	30,00	75,00	0,001***
	Pós-treino	16	77,81	13,29	55,00	100,00	

Legenda: GP: grupo placebo; GE: grupo experimental; N: número de sujeitos.

Na Tabela 3, é possível observar a diferença na média de acertos para o TPF na avaliação pré-treino (56,44%) e pós-treino (77,81%) do GE. De acordo com esses resultados, houve maior porcentagem de acerto para esse grupo após o PTAT. Segundo o teste de Wilcoxon, os resultados são estatisticamente significantes ($p=0,001$) entre as duas avaliações para a habilidade auditiva de ordenação temporal para frequências e transferência inter-hemisférica no GE.

Para o GP, a Tabela 3 mostra que a média de acertos para o TPF foi pior na avaliação pós-treino (56,11%) do que na avaliação pré-treino (60,00%). De acordo com o teste de Wilcoxon, as diferenças entre as duas avaliações não foram estatisticamente significantes ($p=0,23$) no GP.

A Tabela 4 descreve os valores de média (em milissegundos), desvio padrão, mínimo, máximo e p-valor (Wilcoxon) em relação ao GIN para o GE e GP nas duas avaliações.

Tabela 4 – Valores para o limiar do GIN, por orelha nos dois grupos, nas duas avaliações.

Orelha	Grupo	Avaliação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Máximo
Direita	GP	Pré-treino	9	5,11	0,78	4,00	6,00	0,32
		Pós-treino	9	5,00	0,71	4,00	6,00	
	GE	Pré-treino	16	5,06	0,68	4,00	6,00	0,006**
		Pós-treino	16	4,19	0,66	3,00	5,00	
Esquerda	GP	Pré-treino	9	5,11	0,78	4,00	6,00	0,32
		Pós-treino	9	5,00	0,71	4,00	6,00	
	GE	Pré-treino	16	5,06	0,68	4,00	6,00	0,006**
		Pós-treino	16	4,19	0,66	3,00	5,00	

Legenda: GP: Grupo Placebo; GE: Grupo experimental; N: Número de sujeitos; ms: Milissegundos.

Na Tabela 4, é possível observar que a média de limiar para o GIN na avaliação pré-treino para orelha direita e esquerda (5,06 ms) e pós-treino para orelha direita e esquerda (4,19 ms) do GE apresentaram resultados distintos em relação aos resultados do teste e que houve redução de limiar na avaliação pós-treino. Conforme o teste de Wilcoxon, os resultados foram estatisticamente significantes ($p=0,006$) entre as duas avaliações, nas duas orelhas, para a habilidade auditiva de resolução temporal.

Para o GP, a Tabela 4 mostra que a média de limiar para o GIN na avaliação pré-treino para orelha direita e esquerda (5,11 ms) e avaliação pós-treino para orelha direita e esquerda (5,00 ms) são resultados semelhantes. Segundo com o teste não-paramétrico de Wilcoxon, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as duas avaliações, nas duas orelhas ($p=0,32$). Ressalta-se que a média do limiar do GIN foi igual para as duas orelhas na avaliação pré-treino e avaliação pós-treino tanto no GE quanto no GP.

A Tabela 5 descreve os valores de média, desvio padrão, mínimo, máximo e p-valor (Wilcoxon) em relação à porcentagem de acertos do TTP no GE e GP nas duas avaliações.

Tabela 5 – Valores da porcentagem de acertos no TTP nos intervalos de 250 ms, 200 ms, 150 ms, 100 ms, 50 ms nos dois grupos, nas duas avaliações.

Variável	Grupo	Avaliação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	p-valor
TTP 250	GP	Pré-treino	9	84,89	12,45	64,00	100,00	0,71
		Pós-treino	9	85,33	15,23	64,00	100,00	
	GE	Pré-treino	16	79,50	20,80	32,00	100,00	0,007**
		Pós-treino	16	92,50	10,00	80,00	100,00	
TTP 200	GP	Pré-treino	9	82,67	11,14	64,00	100,00	0,79
		Pós-treino	9	80,89	12,77	64,00	100,00	
	GE	Pré-treino	16	77,00	19,24	32,00	100,00	0,003**
		Pós-treino	16	92,50	10,00	80,00	100,00	
TTP 150	GP	Pré-treino	9	68,00	20,00	32,00	100,00	0,71
		Pós-treino	9	67,56	15,55	32,00	80,00	
	GE	Pré-treino	16	61,25	21,70	16,00	100,00	0,001***
		Pós-treino	16	85,50	12,72	64,00	100,00	
TTP 100	GP	Pré-treino	9	65,78	16,87	32,00	80,00	0,26
		Pós-treino	9	60,44	13,33	32,00	80,00	
	GE	Pré-treino	16	51,00	17,74	16,00	80,00	0,001***
		Pós-treino	16	81,00	13,19	64,00	100,00	
TTP 50	GP	Pré-treino	9	60,44	15,55	32,00	80,00	0,18
		Pós-treino	9	55,11	16,22	32,00	80,00	
	GE	Pré-treino	16	46,00	19,27	16,00	80,00	0,001***
		Pós-treino	16	79,75	12,17	64,00	100,00	

Legenda: GP: Grupo Placebo; GE: Grupo experimental; N: Número de sujeitos; ms: Milissegundos.

Na Tabela 5, é possível observar a diferença na média de porcentagem de acertos para o TTP entre a avaliação pré-treino para 250 ms (79,80%), 200 ms (77%), 150 ms (61,25%), 100 ms, (51%) e 50 ms (46%) e a avaliação pós-treino para 250 ms (92,50%), 200 ms (92,50%), 150 ms (85,50%), 100 ms, (81,00%) e 50 ms (79,75%) no GE. Esses resultados mostram que houve maior porcentagem de acerto para esse grupo após o PTAT em relação a todos os inter-estímulos. Segundo o teste de Wilcoxon, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em todos os intervalos inter-estímulos entre as duas avaliações do GE.

Em relação ao GP, a Tabela 5 mostra a média de porcentagem de acertos para o TTP na avaliação pré-treino para 250 ms (84,89%), 200 ms (82,67%), 150 ms (68%), 100 ms, (65,78%) e 50 ms (60,44%) e avaliação pós-treino para 250 ms (85,33%), 200 ms (80,84%), 150 ms (67,56%), 100 ms, (60,44%) e 50 ms (55,11%). De acordo com o teste de Wilcoxon, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em nenhum dos intervalos inter-estímulos entre as duas avaliações para a habilidade de percepção de diferentes intervalos inter-estímulos apresentados de forma rápida.

5.3 EFEITO DO PTAT E TP PARA MEDIDAS ELETROFISIOLÓGICAS DO MMN

A Tabela 6 descreve os valores de média, desvio padrão, mínimo, máximo e p-valor (Wilcoxon) em relação à latência das respostas do MMN para o grupo GE e GP, nos eletrodos Fpz, Fz, Cz, Pz, F3, F4, C3, C4, Cp5, Cp6, P3 e P4 em relação à latência das respostas que foi medida em ms, nas duas avaliações.

Tabela 6 – Valores de latência do MMN nos dois grupos, nas duas avaliações

Eletrodo	Grupo	Avaliação	Média	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	p-valor
Fpz	GP	Pré-treino	9	220,16	41,75	142,87	279,35	0,48
		Pós-treino	9	212,72	38,21	170,75	294,71	
	GE	Pré-treino	16	234,15	45,24	179,56	311,64	0,04*
		Pós-treino	16	203,50	40,37	136,27	295,48	
F3	GP	Pré-treino	9	221,22	41,80	143,61	279,35	0,07
		Pós-treino	9	212,47	41,52	170,75	294,78	
	GE	Pré-treino	16	232,62	46,54	179,56	312,37	0,01**
		Pós-treino	16	203,49	40,37	134,81	294,76	
Fz	GP	Pré-treino	9	223,61	42,46	141,41	279,35	0,09
		Pós-treino	9	212,97	39,86	170,75	296,47	
	GE	Pré-treino	16	234,15	45,24	179,56	311,64	0,008**
		Pós-treino	16	203,50	40,37	136,27	295,48	
F4	GP	Pré-treino	9	223,79	44,36	142,87	279,35	0,31
		Pós-treino	9	211,40	48,24	142,42	295,47	
	GE	Pré-treino	16	235,42	46,60	177,36	312,37	0,01**
		Pós-treino	16	203,70	40,35	134,07	295,49	
C3	GP	Pré-treino	9	223,43	39,51	142,14	279,35	0,86
		Pós-treino	9	217,12	34,87	183,23	294,07	
	GE	Pré-treino	16	232,11	45,10	178,09	312,37	0,02*

	Pós-treino	16	204,08	37,88	135,53	294,03
--	------------	----	--------	-------	--------	--------

Tabela 6 – Valores de latência do MMN nos dois grupos, nas duas avaliações (continuação)

Eletrodo	Grupo	Avaliação	Média	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	p-valor
Cz	GP	Pré-treino	9	226,97	39,14	142,14	275,35	0,16
		Pós-treino	9	216,15	34,53	186,91	295,78	
	GE	Pré-treino	16	233,42	43,97	179,56	311,64	0,06[#]
		Pós-treino	16	207,58	42,57	136,27	294,76	
C4	GP	Pré-treino	9	226,87	39,79	142,14	278,62	0,17
		Pós-treino	9	216,72	34,32	187,63	297,58	
	GE	Pré-treino	16	234,33	44,61	179,56	313,10	0,05*
		Pós-treino	16	202,14	38,48	134,81	296,23	
Cp5	GP	Pré-treino	9	225,13	39,37	144,34	278,62	0,26
		Pós-treino	9	215,13	39,43	168,55	295,87	
	GE	Pré-treino	16	233,64	46,94	168,55	311,64	0,02*
		Pós-treino	16	203,78	38,35	134,81	295,49	
Cp6	GP	Pré-treino	9	224,65	39,74	147,27	278,62	0,67
		Pós-treino	9	219,12	33,96	189,83	295,54	
	GE	Pré-treino	16	233,08	44,73	178,83	313,10	0,026*
		Pós-treino	16	205,29	38,58	134,80	296,23	
P3	GP	Pré-treino	9	226,23	39,57	143,61	278,62	0,95
		Pós-treino	9	216,91	34,12	183,23	296,57	
	GE	Pré-treino	16	235,31	48,30	178,83	340,99	0,026*
		Pós-treino	16	207,17	40,07	137,01	296,23	
Pz	GP	Pré-treino	9	224,65	39,43	145,07	278,62	0,95
		Pós-treino	9	218,15	35,14	184,70	296,23	
	GE	Pré-treino	16	234,66	48,96	178,83	341,72	0,05*
		Pós-treino	16	207,24	39,98	134,81	294,76	
P4	GP	Pré-treino	9	224,28	39,10	144,34	278,62	0,68
		Pós-treino	9	217,05	33,89	187,63	294,76	
	GE	Pré-treino	16	235,12	47,92	179,56	338,78	0,05*
		Pós-treino	16	207,31	39,93	135,53	296,23	

Legenda: GP: Grupo Placebo; GE: Grupo experimental; N: Número de sujeitos.

Na Tabela 6, é possível observar a diferença na média de respostas para a latência do MMN em todos os eletrodos utilizados entre a avaliação pré-treino e pós-treino no GE. Segundo o teste de Wilcoxon, houve diferenças estatisticamente significantes para todos os eletrodos entre a avaliação pré-treino e pós-treino do GE, exceto no eletrodo Cz que apresentou tendência à significância ($p=0,06$). A resposta que apresentou maior diferença estatística entre as duas avaliações do GE foi a do eletrodo Fz ($p=0,008$) quando comparada aos outros eletrodos utilizados.

Para o GP, a Tabela 6 mostra que a média de respostas para a latência do MMN foi diferente entre a avaliação pré-treino e pós-treino, porém, segundo o teste de Wilcoxon, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para a resposta de latência entre as avaliações desse grupo.

A Tabela 7 descreve os valores de média, desvio padrão, mínimo, máximo e p-valor (Wilcoxon) em relação à amplitude das respostas para o grupo GE e GP nas duas avaliações. Foram analisados os eletrodos Fpz, Fz, Cz, Pz, F3, F4, C3, C4, Cp5, Cp6, P3 e P4 em relação à amplitude das respostas que foi medida em μV .

Tabela 7 – Valores da amplitude (em μV) do MMN em ambos os grupos, nas duas avaliações

Eletrodo	Grupo	Avaliação	Média	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	P-valor
Fpz	GP	Pré-treino	9	2,60	1,98	0,53	7,35	0,68
		Pós-treino	9	2,36	2,26	0,04	7,24	
	GE	Pré-treino	16	2,60	2,03	0,04	6,48	1,00
		Pós-treino	16	2,81	2,21	0,66	8,39	
F3	GP	Pré-treino	9	2,72	1,91	0,75	7,12	0,26
		Pós-treino	9	2,15	2,34	0,03	7,04	
	GE	Pré-treino	16	2,42	2,12	0,03	6,43	0,30
		Pós-treino	16	2,65	1,87	0,65	7,11	
Fz	GP	Pré-treino	9	2,57	1,92	0,70	7,18	0,86
		Pós-treino	9	2,40	2,31	0,03	7,38	
	GE	Pré-treino	16	2,50	1,98	0,03	6,43	0,82
		Pós-treino	16	2,46	1,55	0,66	6,27	
F4	GP	Pré-treino	9	2,49	1,74	0,55	6,55	0,31
		Pós-treino	9	2,65	2,15	0,22	6,97	
	GE	Pré-treino	16	2,53	1,84	0,22	6,42	0,88
		Pós-treino	16	2,47	1,69	0,39	7,00	

Tabela 7 – Valores da amplitude (em μV) do MMN em ambos os grupos, nas duas avaliações (continuação)

Eletrodo	Grupo	Avaliação	Média	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	P-valor
C3	GP	Pré-treino	9	2,82	2,30	0,41	8,23	0,95
		Pós-treino	9	2,53	2,57	0,06	8,30	
	GE	Pré-treino	16	2,30	1,94	0,06	6,59	0,50
		Pós-treino	16	2,48	1,62	0,58	6,77	
Cz	GP	Pré-treino	9	2,53	1,96	0,43	7,09	0,52
		Pós-treino	9	2,56	2,29	0,08	7,06	
	GE	Pré-treino	16	2,47	2,05	0,08	6,29	0,88
		Pós-treino	16	2,40	1,62	0,66	6,01	
C4	GP	Pré-treino	9	2,75	2,34	0,33	8,28	0,37
		Pós-treino	9	2,50	2,67	0,05	8,12	
	GE	Pré-treino	16	2,18	2,06	0,05	6,30	0,15
		Pós-treino	16	2,61	1,79	0,79	6,74	
Cp5	GP	Pré-treino	9	2,53	1,83	0,13	6,33	0,86
		Pós-treino	9	2,48	2,46	0,33	6,59	
	GE	Pré-treino	16	2,30	2,20	0,25	6,43	0,68
		Pós-treino	16	2,08	1,58	0,54	6,69	
Cp6	GP	Pré-treino	9	2,59	1,80	0,51	6,33	0,95
		Pós-treino	9	2,55	2,17	0,39	6,19	
	GE	Pré-treino	16	2,11	1,98	0,17	6,24	0,68
		Pós-treino	16	2,15	1,47	0,80	6,70	
P3	GP	Pré-treino	9	2,40	1,58	0,50	5,77	0,95
		Pós-treino	9	2,34	1,98	0,13	5,76	
	GE	Pré-treino	16	2,21	1,96	0,13	6,33	0,72
		Pós-treino	16	2,14	1,43	0,56	6,15	
Pz	GP	Pré-treino	9	2,40	1,47	0,50	5,32	0,95
		Pós-treino	9	2,28	2,05	0,18	5,66	
	GE	Pré-treino	16	2,22	2,08	0,08	6,22	0,61
		Pós-treino	16	2,21	1,53	0,71	6,69	
P4	GP	Pré-treino	9	2,52	1,60	0,55	5,70	0,77
		Pós-treino	9	2,29	2,00	0,33	5,63	
	GE	Pré-treino	16	2,12	1,98	0,14	5,90	0,26
		Pós-treino	16	2,53	1,56	0,86	6,77	

Na Tabela 7, é possível visualizar que o padrão de respostas para a amplitude do MMN em todos os eletrodos do GE modificou-se sutilmente entre a avaliação pré-treino e pós-treino. O GP apresentou o mesmo padrão de respostas que o GE para amplitude do MMN em todos os entre a avaliação pré-treino e pós-treino. Segundo o teste de Wilcoxon, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre a avaliação pré-treino e pós-treino do GE e GP em relação à amplitude de respostas do MMN para nenhum dos eletrodos utilizados.

O Quadro 7 apresenta os resultados da comparação entre os eletrodos em relação à amplitude do MMN na avaliação pré-treino dos grupos.

Quadro 7 – Comparação entre as respostas dos eletrodos para amplitude

Comparação de eletrodos	P-valor
P3 - Fpz	0,68 #
Cp6 - Fpz	1,39
Pz - Fpz	1,25
P3 - Fpz	2,55
C4-Fpz	3,41
Cp5 - Fpz	4,84
Cp6 – F3	4,84
P3- Fz	5,56
P4-Fpz	5,96
Pz-F3	7,76
Cz-Fpz	8,29
C4-F3	8,44
C3-Fz	1,00
CP6- Fz	1,00
CP5- F4	1,00
Pz- Fz	1,00
C4-Fz	1,00
P4-F3	1,00
Cp5-Fz	1,00
Cz-F3	1,00

Quadro 7 – Comparação entre as respostas dos eletrodos para amplitude (continuação)

C4-Fz	1,00
P3-F4	1,00
C3-Fz	1,00
P3-CzA	1,00
F4-Fpz	1,00
Cp6-C3	1,00
Pz-F4	1,00
Pz-C3	1,00
C4-F4	1,00
C4-C3	1,00
C3-F3	1,00
Cp5-F4	1,00
F3-F4	1,00
Cp5-C3	1,00
P4-F4	1,00
F4-Fz	1,00
Cz-F4	1,00
Cz-C3	1,00
Cp5-Cp6	1,00

Para verificar se houve diferença nas respostas de latência e amplitude entre os eletrodos na avaliação pré-treino dos grupos, foi aplicado o teste não-paramétrico de Friedman. Foi possível observar que não houve diferença estatisticamente significativa entre os eletrodos para latência ($\chi^2(11)=19,40$, $p=0,054^{\#}$). Entretanto, para a amplitude foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre os eletrodos utilizados no presente estudo ($\chi^2(11)=29,51$, $p=0,002^{**}$).

A análise foi realizada com o pacote estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) e o teste Dunn-Boferroni foi utilizado como post-hoc para realizar as múltiplas comparações das variáveis, sendo essas os resultados dos eletrodos utilizados em relação à amplitude e latência de respostas do MMN. De acordo com as comparações realizadas, foi encontrada apenas uma diferença marginalmente

significante entre os eletrodos P3 e Fpz ($p=0,068$) em relação à amplitude. A comparação de respostas entre os eletrodos realizada pelo SPSS pode ser visualizada na Figura 11.

Figura 16 – Comparação de respostas entre os eletrodos para a amplitude

A Figura 16 mostra a comparação entre os eletrodos de forma visual que foi realizada com o SPSS para demonstrar as diferenças entre as respostas de amplitude dos eletrodos Fpz, Fz, Cz, Pz, F3, F4, C3, C4, Cp5, Cp6, P3 e P4 por meio do teste Dunn-Boferroni. Cada ponto que está na Figura 16 representa um eletrodo, e as comparações entre eles são representadas pelas linhas que ligam os pontos.

A Figura 17 demonstra a representação da somatória das respostas resultantes do MMN na avaliação pré-treino das crianças do GP e GE (18 crianças) em todos os eletrodos utilizados e um mapa topográfico de respostas que apresenta distribuição da negatividade e positividade em escalas. A negatividade é representada pela cor azul, enquanto a positividade é representada pela cor vermelha. Na Figura 17, é possível verificar que existe negatividade distribuída em todos os eletrodos do escalpo com maior concentração de energia na região frontal.

Legenda: μV = microvolts, ms = milissegundos.

FONTE: Figura realizada pela autora no equipamento *Neuroscan Stim2*

Figura 17 – Representação gráfica da somatória das respostas resultantes do MMN nos 12 eletrodos utilizados na avaliação pré-treino do GP e GE

A Figura 18 demonstra a representação da somatória das respostas resultantes do MMN na avaliação pós-treino do GP (nove crianças) nos 12 eletrodos utilizados e um mapa topográfico que apresenta negatividade distribuída no escalpo com maiores concentrações de energia na região central com prolongamentos para a região occipital esquerda.

Legenda: μV = microvolts, ms = milissegundos.

FONTE: Figura realizada pela autora no equipamento *Neuroscan Stim2*

Figura 18 – Representação gráfica da soma das respostas resultantes do MMN nos 12 eletrodos utilizados na avaliação pós-treino do GP

A Figura 19 demonstra a representação da somatória das respostas resultantes do MMN na avaliação pós-treino do GE (16 crianças) em todos os eletrodos utilizados e um mapa topográfico que apresenta negatividade distribuída no escalpo com maiores concentrações de energia na região frontal, central e o aparecimento de positividade na região temporal esquerda.

Legenda: μV = microvolts, ms = milissegundos.

FONTE: Figura realizada pela autora no equipamento *Neuroscan Stim2*

Figura 19 – Representação gráfica da somatória das respostas resultantes do MMN nos 12 eletrodos utilizados na avaliação pós-treino do GP

A Figura 20 mostra a comparação da representação da somatória das respostas resultantes no eletrodo Fz dos sujeitos na avaliação pré-treino dos grupos (18 crianças), avaliação pós-treino do GP (nove crianças) e GE (16 crianças). Como não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em relação a latência de respostas do MMN na comparação dos eletrodos entre si que foram utilizados no presente estudo, o eletrodo Fz foi escolhido para demonstrar a comparação de respostas entre as avaliações dos grupos por apresentar maior diferença estatística entre a avaliação pré e pós-treino no GE ($p=0,008$) nas respostas de latência, enquanto não foram encontradas diferenças estatísticas entre as respostas de latência na avaliação pré e pós-treino do GP para nenhum dos eletrodos utilizados.

Legenda: μV = microvolts, ms = milissegundos.

FONTE: Figura realizada pela autora no equipamento *Neuroscan Stim2*

Figura 20 – Representação gráfica da compração da somatória das respostas resultantes do MMN no eletrodo Fz nas avaliações dos grupos

As figuras apresentadas anteriormente foram realizadas pela autora no equipamento *Neuroscan Stim2* como forma de representar as respostas somadas em cada grupo e o momento de avaliação. O equipamento *Neuroscan Stim2* permite analisar as respostas eletrofisiológicas de forma mais precisa em relação às medidas de latência e amplitude na plataforma *wavebord*. Essas respostas foram analisadas individualmente em cada sujeito, em cada momento de avaliação e em cada eletrodo utilizado. O equipamento permite a representação e comparação de respostas em uma escala de tempo e amplitude de respostas, assim como a representação de mapas topográficos que também são gerados pelo equipamento.

5.3 EFEITO DO PTAT E TP PARA OS RESULTADOS EM RELAÇÃO À ESCRITA

A Tabela 8 descreve os valores de média, desvio padrão, mínimo, máximo e p-valor (Wilcoxon) em relação à quantidade de erros referente aos grafemas plosivos e fricativos no grupo GE e GP expressos em porcentagem, nas duas avaliações. A quantidade de erros está relacionada ao número de erros que foram encontrados nos grafemas plosivos e fricativos na escrita das crianças do GE e GP na avaliação pré-treino e pós-treino.

Tabela 8 – Valores da quantidade de erros referente aos grafemas plosivos e fricativos, nos dois grupos, nas duas avaliações.

Variável	G	Avaliação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	p-valor
Plosivos	GP	Pré-treino	9	0,67	0,71	0,00	2,00	0,66
		Pós-treino	9	0,56	1,01	0,00	3,00	
	GE	Pré-treino	16	0,56	0,81	0,00	3,00	0,53
		Pós-treino	16	0,44	0,63	0,00	2,00	
Fricativas	GP	Pré-treino	9	0,89	0,60	0,00	2,00	0,32
		Pós-treino	9	0,78	0,67	0,00	2,00	
	GE	Pré-treino	16	1,00	0,89	0,00	3,00	0,005**
		Pós-treino	16	0,25	0,45	0,00	1,00	

Legenda: G: grupo, GP: Grupo Placebo; GE: Grupo experimental; N: Número de sujeitos.

Em relação a erros ortográficos de caracterização surda-sonora nos grafemas plosivos, foram encontrados erros na amostra como: **bolícia**, **tesculpa**, **andena esgova**, **caveta** e **cepola** na avaliação pré-treino dos dois grupos.

Na Tabela 8, é possível visualizar que, em relação à quantidade de erros ortográficos de caracterização surda-sonora referente aos grafemas plosivos, houve redução desses processos ao comparar a avaliação pré-treino (0,56%) e avaliação pós-treino (0,44%) no GE. No entanto, segundo o teste de Wilcoxon não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,53$) entre as duas avaliações. Os mesmos resultados ocorreram para o GP, pois, na comparação entre a média da quantidade de erros ortográficos de caracterização surda-sonora referente aos grafemas plosivos na avaliação pré-treino (0,67%) e pós-treino (0,56%), de acordo com teste de Wilcoxon, não houve diferenças estatisticamente significantes ($p=0,66$) entre as duas avaliações.

Nos erros ortográficos de caracterização surda-sonora nos grafemas fricativos foram encontrados erros na amostra como: **sagueiro**, **fassoura**, **enveite**, **pejeiro**, **pêzego** e **caramucho** na avaliação pré-treino dos dois grupos.

Em relação à quantidade de quantidade de erros ortográficos de caracterização surda-sonora referente aos grafemas fricativos do GE, na Tabela 8, é possível observar que houve redução desses processos ao comparar a média desses erros na avaliação pré-treino (0,56%) e na avaliação pós-treino (0,44%) do GE. De acordo com o teste de Wilcoxon, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,005$) entre as duas avaliações desse grupo. No GP houve redução da quantidade de erros

ortográficos de caracterização surda-sonora referente aos grafemas fricativos na comparação entre a média desses erros na avaliação pré-treino (0,89%) e pós-treino (0,78%), porém, de acordo com o teste de Wilcoxon, as diferenças não foram estatisticamente significantes ($p=0,32$) entre as duas avaliações do GP.

A Tabela 9 descreve os valores de média, desvio padrão, mínimo, máximo e p-valor (Wilcoxon) em relação à frequência de ocorrência de erros ortográficos de caracterização surda-sonora referente aos grafemas plosivos (FOP) e fricativos (FOF) no grupo GE e GP expressos em porcentagem e descritos nas duas avaliações. A frequência de ocorrência está relacionada à quantidade de vezes que ocorrem erros nos grafemas plosivos e fricativos na escrita das crianças do GE e GP na avaliação pré-treino e pós-treino.

Tabela 9 – Valores das frequências de ocorrência de plosivos e frequências de ocorrência de fricativos nos dois grupos, nas duas avaliações.

Variável	Grupo	Avaliação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	p-valor
FOP	GP	Pré-treino	9	22,00%	21,30	0,00	44,00	0,34
		Pós-treino	9	14,67%	22,68	0,00	55,00	
	GE	Pré-treino	16	17,19%	20,86	0,00	55,00	0,04*
		Pós-treino	16	6,88%	9,74	0,00	22,00	
FOF	GP	Pré-treino	9	31,78%	19,40	0,00	55,00	0,20
		Pós-treino	9	24,44%	18,88	0,00	44,00	
	GE	Pré-treino	16	33,00%	18,41	0,00	55,00	0,001***
		Pós-treino	16	4,13%	7,91	0,00	22,00	

Legenda: GP: Grupo Placebo; GE: Grupo experimental; N: Número de sujeitos; FOP: frequência de ocorrência de plosivas; FOF: frequência de ocorrência de fricativas.

Para a frequência de ocorrência de erros ortográficos de caracterização surda-sonora nos grafemas plosivos, na Tabela 9, é possível observar que houve redução desses processos ao comparar a média de frequência de ocorrência na avaliação pré-treino (17,19%) e na avaliação pós-treino (6,88%) no GE. De acordo com o teste de Wilcoxon, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,04$) entre as duas avaliações desse grupo. No GP, houve redução da frequência de ocorrência nesse mesmo tipo de erro ao comparar a média de frequência de ocorrência de erros nos grafemas plosivos de caracterização surda-sonora na avaliação pré-treino (22,00%) e na avaliação pós-treino (14,67%). Entretanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,34$) entre as duas avaliações do GP.

Em relação à frequência de ocorrência de erros ortográficos nos grafemas fricativos de caracterização surda-sonora no GE, é possível observar, na Tabela 9, que houve redução desses processos ao comparar a média de frequência de ocorrência desses erros na avaliação pré-treino (33,00%) e pós-treino (4,13%). De acordo com o teste de Wilcoxon, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,001$) entre as duas avaliações para esse grupo. No GP, houve redução da frequência de ocorrência nesse mesmo tipo de erro ao comparar a média da avaliação pré-treino (31,78%) e pós-treino (24,44%), porém essas diferenças não foram estatisticamente significantes ($p=0,20$) entre as duas avaliações nesse grupo.

A Tabela 10 descreve os valores de média, desvio padrão, mínimo, máximo e p-valor (Wilcoxon) em relação à quantidade de processos de dessonorização e sonorização de erros ortográficos de caracterização surda-sonora no grupo GE e GP, nas duas avaliações.

Tabela 10 – Valores das quantidades de dessonorização e sonorização nos dois grupos, nas duas avaliações

Variável	Grupo	Avaliação	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	P-valor
Dessonorização	G	Pré-treino	9	1,22	0,83	0,00	3,00	0,16
		Pós-treino	9	1,00	0,87	0,00	3,00	
	E	Pré-treino	16	0,94	0,85	0,00	3,00	0,02*
		Pós-treino	16	0,38	0,62	0,00	2,00	
Sonorização	P	Pré-treino	9	0,22	0,44	0,00	1,00	0,66
		Pós-treino	9	0,33	0,71	0,00	2,00	
	E	Pré-treino	16	0,63	0,72	0,00	2,00	0,03*
		Pós-treino	16	0,25	0,45	0,00	1,00	

Legenda: GP: Grupo Placebo; GE: Grupo experimental; N: Número de sujeitos.

Em relação à dessonorização de erros ortográficos de caracterização surda-sonora, foram encontrados erros na amostra, na avaliação pré-treino dos dois grupos, como: cabacete, machato, cácató, lafoura e quinsse.

Na Tabela 10, é possível visualizar que em relação ao processo de dessonorização houve redução desse tipo de processo ao comparar a média da quantidade existente na avaliação pré-treino (0,94) e pós-treino (0,38) no GE. Ao comparar as duas avaliações do GE, utilizando o teste de Wilcoxon, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,02$) na redução do processo de dessonorização dos erros ortográficos de caracterização surda-sonora entre as duas

avaliações do GE. Em relação ao GP, é possível observar que houve redução do processo de dessonorização na avaliação pré-treino (1,22) e pós-treino (1,00), porém, de acordo com o teste de Wilcoxon, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,16$) entre as duas avaliações do GP.

Em relação à sonorização de erros ortográficos de caracterização surda-sonora foram encontrados erros na amostra como: **pife**, **tapede**, **garrava**, **capazete**, **casago** na avaliação pré-treino dos dois grupos.

A Tabela 10 mostra que, para o processo de sonorização dos erros ortográficos de caracterização surda-sonora no GE, houve redução desse tipo de processo ao comparar a média da quantidade existente na avaliação pré-treino (0,63) e pós-treino (0,25). Ao comparar as duas avaliações no GE de acordo com o teste de Wilcoxon, foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,03$) na redução do processo de sonorização dos erros ortográficos de caracterização surda-sonora no GE. Em relação ao GP, é possível observar que houve maior incidência do processo de sonorização na avaliação pós-treino (0,33) do que na avaliação pré-treino (0,22). De acordo com o teste de Wilcoxon, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as duas avaliações do GP ($p=0,66$) como pode ser visualizado na Tabela 10.

6 DISCUSSÃO

O objetivo deste capítulo é realizar uma análise crítica dos resultados encontrados no presente estudo comparando-os aos achados da literatura em relação ao processamento auditivo temporal, ao MMN, ao TA e aos transtornos de linguagem e de aprendizagem.

O capítulo de “Discussão” foi organizado conforme os critérios utilizados nos resultados, sendo esses: caracterização da amostra e resultados da avaliação pré e pós-treino do GE e GP em relação à avaliação comportamental do processamento auditivo, MMN e escrita.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Conforme descrito no capítulo “Métodos”, na seção 4.2, no período de seleção para avaliação pré-treino, fase inicial do estudo, participaram 25 crianças, período anterior, portanto, à divisão dos grupos. Esse número não se manteve devido às desistências em todas as fases que foram propostas até a conclusão da coleta de dados. As crianças de ambos os grupos foram submetidas a uma avaliação pré e pós-treino. Dezoito crianças participaram da avaliação pré-treino, e foram divididas em dois grupos. No entanto, houve duas desistências após a avaliação pós-treino do GP, o qual foi composto por nove crianças, restando, desse modo, sete crianças. Participaram do GE 16 crianças no total: nove crianças que foram submetidas ao PTAT já no início da pesquisa e sete crianças que pertenceram ao GP e, após a avaliação pós-treino placebo, ingressaram no GE.

A faixa etária das crianças que participaram do estudo não apresentou muita variação (10 a 12 anos), e os grupos foram compostos de acordo com o horário de estudo (manhã ou tarde) devido ao fato de que o PTAT foi aplicado na escola onde foi realizado o estudo. Como pode ser visto na Tabela 1, não foram encontradas diferenças estatísticas em relação à média de idade das crianças que participaram do GE e GP, ou seja, a média de faixa etária das crianças nos dois grupos não difere, o que sugere que os resultados encontrados no estudo em relação à avaliação comportamental do

processamento auditivo, MMN e avaliação da escrita não podem ser atribuídos à idade das crianças. As medidas de respostas eletrofisiológicas corticais e comportamentais em relação à função auditiva são mais estáveis aos 10 anos, pois, antes dessa idade, os resultados alterados podem estar associados à imaturidade do SNAC (Ponton et al., 2000; Hartley et al. 2000).

Em relação à distribuição de crianças por sexo no GE e GP, na Tabela 2 é possível observar que participaram mais sujeitos do sexo masculino na amostra do que do sexo feminino. Esse achado pode ser explicado devido à incidência de crianças com transtornos de linguagem ser maior em indivíduos do sexo masculino (Bishop e Edmunson, 1987). Por mais que a amostra tenha sido constituída, em sua maioria, por crianças do sexo masculino, o número de sujeitos que participaram do estudo foi equilibrado conforme pode ser observado no Quadro 6 que representa distribuição da amostra, composta por 55,6% de indivíduos do sexo masculino e 44,4% de indivíduos do sexo feminino. Portanto, os resultados encontrados no presente estudo, no GE e GP, aparentemente não são atribuídos ao sexo dos indivíduos nem à idade, mas ao tipo de processos de intervenções realizados em cada grupo.

É importante salientar que as crianças que participaram deste estudo estudavam na Escola de Aplicação da USP, considerada um modelo de escola de ensino público e dirigida pela Faculdade de Educação da USP. Essas crianças foram avaliadas cognitivamente pela escala WISC-III (Wechsler, 2002), e estavam dentro da escala média (de 90 a 109 pontos) que é considerada uma faixa de QI médio e compatível com indivíduos que não apresentam transtornos de neurodesenvolvimento de acordo com a média da população (Wechsler, 2002). Sendo assim, sugere-se que os resultados encontrados na amostra estejam relacionados a um déficit de natureza auditiva e à eficácia do PTAT que foi observada nas medidas utilizadas no presente estudo.

6.2 EFEITO DO PTAT E TP PARA MEDIDAS COMPORTAMENTAIS DO PROCESSAMENTO AUDITIVO

Foi utilizado um TP como um controle para monitorar se os resultados encontrados, após o PTAT, foram resultado da intervenção proposta, foram associados ao efeito teste-reteste ou resultaram do processo de amadurecimento dessas crianças. O efeito teste-reteste está relacionado a um melhor desempenho em testes comportamentais por ser aplicado pela segunda vez e sugere aprendizagem do teste

(McArthur, 2007). Já o processo de amadurecimento está relacionado com a exposição da criança a estímulos externos que podem melhorar a capacidade cognitiva e auditiva (Murphy et al. 2015).

De acordo com os resultados descritos nas Tabelas 3, 4 e 5, as quais se referem à avaliação comportamental do processamento auditivo, é possível verificar que o GP não apresentou diferenças estatisticamente significantes em relação ao TPF, GIN e TTP quando foram comparadas às avaliações pré e pós-treino desse grupo, que não recebeu nenhum tipo de intervenção auditiva. Esses resultados sugerem que não houve efeito teste-reteste ou melhores respostas devido a questões de amadurecimento no GP em relação às habilidades auditivas. Na literatura, há descrição de estudos que utilizaram um TP para verificar a eficácia do TA em medidas comportamentais do processamento auditivo e, geralmente, os resultados de sujeitos que realizaram o TP são equivalentes a nenhum tipo de intervenção, pois, segundo alguns estudos, não houve melhora de desempenho para essas medidas quando os sujeitos foram reavaliados (Schaffler et al., 2004; Sharma et al., 2012; Morais et al., 2015).

Entretanto, cabe ressaltar a importância de um GP nos estudos com TA para monitorar se os resultados encontrados são diretamente influenciados pela reabilitação auditiva ou por outros efeitos. Como não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em relação a todos os testes comportamentais do processamento auditivo na análise intra-grupo do GP, os resultados que serão descritos, a seguir, foram atribuídos à eficácia do PTAT no GE.

Na Tabela 3, é possível observar que a média de acertos das crianças do GE apresenta resultado abaixo dos critérios de normalidade para o TPF (70%), segundo os critérios de normalidade de Schochat et al., (2000) na avaliação pré-treino (M=56,44%). Na avaliação pós-treino, a média de acertos das crianças para o TPF demonstrou melhora (M=77,81%), com diferença estatística significativa para esse teste ($p=0,001$). Na avaliação pós-treino, os resultados do GE encontraram-se dentro dos padrões de normalidade. Com base nesses resultados, sugere-se que o PTAT foi eficaz para melhorar o desempenho das crianças do GE na habilidade auditiva de ordenação temporal e transferência inter-hemisférica.

No PTAT, foi utilizado o Jogo do Macaco (Murphy, 2009) que apresenta escalas de dificuldades em relação à discriminação e ordenação de frequências. Com base nos resultados da Tabela 3 para o GE, acredita-se que, além da melhora perceptual

da habilidade auditiva de ordenação temporal, houve também a transferência de aprendizagem auditiva das atividades do Jogo do Macaco para o TPF que apresenta até três tons de frequências que precisam ser ordenados em um determinado período de tempo. A melhora de desempenho na habilidade auditiva de ordenação temporal, após o PTAT, vai ao encontro dos estudos de Thibodeau et al. (2001), Murphy e Schochat (2010) Sharma et al. (2012), Filippini et al. (2012), Tawfik et al. (2015) e Ahamed et al. (2017) que demonstram que, após um TA, houve melhora de desempenho nessa habilidade auditiva em crianças com transtornos de linguagem e, conseqüentemente, uma melhora no mecanismo sensorial (*bottom-up*) para discriminação e ordenação de frequências devido à plasticidade neural no SNAC pelo processo de aprendizagem (Musiek et al., 2012; Fritz et al., 2007; Song et al. 2011).

Outra hipótese para justificar os resultados encontrados para o melhor desempenho do TPF no GE, a partir de uma visão *top-down*, é que as atividades do PTAT envolveram associação simbólica entre estímulos visuais e auditivos. No presente estudo, o TPF foi aplicado na etapa verbal (transferência inter-hemisférica), ou seja, as crianças deveriam falar se o estímulo que ouviram era “grosso” ou “fino”. Sendo assim, infere-se que, devido às atividades do PTAT empregarem uma associação simbólica entre sons e símbolos linguísticos e não linguísticos, as crianças do GE podem ter atribuído um significado mais preciso aos sons graves e agudos, o que pode ter contribuído para um melhor desempenho na etapa verbal no TPF e ter facilitado a transferência inter-hemisférica. Crianças com transtornos de linguagem podem apresentar dificuldades na representação fonológica que permite associar as letras (símbolos) aos seus respectivos sons (Tallal, 1980; Habib, 2002; Ingelghem et al., 2001) e, com a estimulação das atividades PTAT, essas dificuldades de associação simbólica podem ter sido superadas, influenciando nos resultados do TPF na avaliação pós-treino.

Algumas pesquisas apontam que o TPF é um teste que não mensura apenas a habilidade auditiva de ordenação temporal, pois esse teste apresenta contribuição *top-down*, já que o indivíduo deve ordenar em sequência os tons que foram apresentados em um intervalo de tempo e, portanto, precisa da habilidade de memória, além de outras funções executivas superiores, a fim de que possa responder adequadamente ao teste (Sharma et al., 2009; Murphy et al., 2013; Tomlin et al., 2015). As atividades do PTAT não envolveram apenas os aspectos *bottom-up*, mas também os aspectos *top-down* nos estímulos e tipo de atividade realizada. Como exemplo, tem-se o Jogo do Macaco, com

estímulos não linguísticos e o do Papagaio, com estímulos linguísticos (Murphy, 2009), nos quais as crianças tinham que determinar a ordem que os estímulos foram apresentados com níveis diferentes de intervalos inter-estímulos. Desse modo, infere-se que atenção e memória foram estimuladas de forma indireta, visto que alguns estudos apontam a generalização da aprendizagem auditiva do TA para domínios cognitivos, como atenção e memória (Halliday et al., 2011; Murphy e Schochat, 2009; Halliday et al., 2012; Ferguson e Henshaw, 2015; Murphy et al., 2015) e, dessa forma, a melhoras nesses domínios pode ter influenciado na contribuição *top-down* do TPF, proporcionando melhores resultados na avaliação pós-treino do GE.

Para concluir os achados em relação à habilidade auditiva de ordenação temporal, infere-se que as crianças que apresentaram erros ortográficos de caracterização surda-sonora podem apresentar dificuldades para processar estímulos rápidos, característica descrita na Teoria do Processamento Temporal Rápido, proposta por Tallal (1980). Uma das hipóteses para explicar esse tipo de erro ortográfico seria um atraso no desenvolvimento do sistema fonológico que não permite a associação do fonema ao grafema correto (Nobile e Barreira, 2009). As crianças do GE e GP, na avaliação pré-treino, apresentaram desempenho abaixo da normalidade para o TPF (Tabela 3). Esse achado vai na mesma direção dos resultados descritos na literatura sobre a habilidade auditiva de ordenação temporal, que geralmente está alterada em crianças que apresentam transtornos de linguagem oral e escrita. Isso porque, nessas crianças, segundo alguns estudos, é comum que testes que mensurem essa habilidade auditiva apresentem resultados inferiores em comparação a crianças com desenvolvimento típico (Tallal e Piercy, 1973; Banai e Assissau, 2006; Abdo et al., 2009; Murphy e Schochat, 2010; Simões e Schochat, 2010 e Ramone, 2014) devido a dificuldades no processamento temporal rápido, fundamental para percepção auditiva e discriminação dos traços distintivos da fala, assim como ordenação de sons que deve ser processada em um determinado período de tempo (Tallal e Piercy, 1973; Tallal, 1980).

Na Tabela 4, é possível visualizar os resultados da média de desempenho para o GIN. Ressalta-se que a média das crianças do GE nas orelhas direita e esquerda ($M=5,06$) foram iguais na avaliação pré-treino e que essas médias estavam próximas dos critérios de normalidade (5 ms) de acordo com Samelli e Schochat (2008), assim como as crianças do GP que também apresentaram resultados próximos à normalidade ($M=5,11$) na avaliação pré-treino. Esses resultados sugerem que as crianças que

apresentaram erros ortográficos de caracterização surda-sonora podem não apresentar, como característica do quadro clínico, dificuldades em relação à habilidade auditiva de resolução temporal. No estudo de Machado et al. (2012), o qual verificou quais foram as habilidades auditivas mais alteradas em crianças com dificuldades de aprendizagem, o GIN foi o teste que teve menor incidência de resultados alterados. Ramone (2014) realizou avaliação comportamental do processamento auditivo temporal, em crianças que apresentavam TF em relação aos fonemas surdos e sonoros, e constatou que a habilidade de resolução temporal nessas crianças estava íntegra, enquanto a habilidade auditiva de ordenação temporal apresentou pior desempenho quando comparada a um grupo controle de crianças com desenvolvimento típico. De acordo com os resultados encontrados no presente estudo para a habilidade de resolução temporal (Tabela 4) e com os estudos de Machado et al. (2012) e Ramone (2014), acredita-se que essa habilidade auditiva esteja íntegra nas crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora ou que as dificuldades dessas crianças para a habilidade auditiva de resolução temporal tenham sido superadas com o desenvolvimento da idade, como foi observado no estudo de Hautus et al. (2003), os quais investigaram a detecção de *gaps* em crianças e adultos com dislexia em testes que avaliaram o processamento temporal rápido. Nesse estudo, foram encontradas respostas com piores desempenhos em crianças de seis a nove anos. Contudo, em crianças maiores e em adultos, foram encontradas respostas dentro dos critérios de normalidade. Os autores concluíram que pode existir um amadurecimento para a detecção de *gaps* e que dificuldades podem ser superadas com a idade em crianças com dislexia.

Na avaliação pós-treino, as crianças do GE apresentaram melhores resultados para o teste GIN ($M=4,19$) nas orelhas direita e esquerda como consta na Tabela 4. Acredita-se que a melhora do GE para o teste GIN está relacionada à eficácia das atividades do PTAT que estimularam a capacidade de percepção do VOT e, consequentemente, que as crianças perceberam menores pistas acústicas com a utilização de estímulos com fala expandida nos jogos que foram desenvolvidos para o presente estudo e no Jogo do Papagaio (Murphy, 2009). Em outros termos, os estímulos foram modificados acusticamente para facilitar a detecção de características acústicas dos fonemas e do VOT, parâmetro acústico que diferencia percentualmente fonemas plosivos surdos e sonoros de acordo com o seu par correspondente (Eggermont, 2015). Sugere-se também que a diminuição dos intervalos inter-estímulos que foram exigidos

pelo Jogo do Papagaio e Macaco (Murphy, 2009) também podem ter contribuído para a percepção de menores *gaps* no GE devido à estimulação da percepção de menores intervalos entre dois estímulos.

O GIN é um teste de percepção auditiva considerado mais sensorial (*bottom-up*), ou seja, a habilidade exigida no teste apresenta pouca contribuição de domínios cognitivos (Tomlin et al., 2015; Chermak et al., 2017), diferente do TPF, que apresenta contribuição da memória (Sharma et al., 2009; Murphy et al., 2013; Tomlin et al., 2015), como mencionado anteriormente. Sugere-se que a melhora encontrada no GIN, na avaliação pós-treino do GE (Tabela 4), esteja relacionada a uma melhora no mecanismo *bottom-up* para detecção de menores *gaps*. De um ponto de vista fisiológico, infere-se que as atividades do PTAT proporcionaram mudanças no SNAC pelo fenômeno da plasticidade neural. Acredita-se que as células *onset*, que respondem para o início do estímulo auditivo, e as células *offset*, que respondem para o final desse estímulo, apresentaram mais precisão de disparo no córtex auditivo. O disparo das células *offset* é associado à percepção do silêncio, demonstrando que houve ausência de energia sonora (Abeles e Goldstein, 1972) e, após o PTAT, esse mecanismo de disparo aparentemente se tornou mais eficaz e pôde ser observado em uma medida comportamental, como a redução na média de limiares do GIN na avaliação pós-treino do GE (Tabela 4).

Como citado previamente, as crianças que participaram do estudo não apresentaram alteração na habilidade auditiva de resolução temporal na avaliação pré-treino. Infere-se, portanto, que a precisão de disparos das células *onset* e *offset* tenham se tornado mais eficaz após o PTAT, proporcionando assim um aperfeiçoamento de disparo dessas células. Alguns estudos sobre TA descreveram melhora na habilidade auditiva de resolução temporal de crianças com transtorno de linguagem na avaliação pós-treino (Schaffler et al., 2004; Murphy et al., 2005; Vatanabe et al., 2014; Tawfik et al., 2015).

Outra questão importante a ser levantada sobre os dados da Tabela 4 é que, tanto na avaliação pré-treino quanto na avaliação pós-treino, as crianças do GE apresentaram a média de desempenho para o teste GIN de forma similar para a orelha direita e para a orelha esquerda. Tais resultados vão ao encontro do que é descrito na literatura sobre a simetria entre orelhas para a habilidade auditiva de resolução temporal. Em crianças, o desenvolvimento da resolução temporal ocorre de forma

equivalente para as duas orelhas até a idade adulta (Hautus et al., 2003; Schinn et al., 2009, Perez e Pereira, 2010). Acredita-se que essa simetria entre as duas orelhas para a habilidade auditiva de resolução temporal persista após o TA, haja vista que não há diferença nos resultados encontrados para ambas as orelhas.

Em relação aos resultados do TTP, descritos na Tabela 5, o GE apresentou melhor desempenho para todos os intervalos inter-estímulos na avaliação pós-treino, porém com maior diferença estatística ($p=0,001$) para os intervalos inter-estímulos de 150 ms, 100 ms e 50 ms, ou seja, os menores intervalos do teste. De acordo com esses resultados, sugere-se que a habilidade de percepção de diferentes intervalos inter-estímulos de forma rápida se tornou mais eficaz e que essas crianças obtiveram um aprimoramento na percepção e processamento das características temporais rápidas, pois, além da melhor percepção dos menores intervalos inter-estímulos, o TTP foi aplicado na sua forma mais difícil com a duração de 100 ms para os tons de frequência. Esse achado assemelha-se ao do estudo de Agnew et al. (2004) que indicou que, após um TA com o FFW, as crianças que participaram do estudo foram capazes de processar estímulos rápidos com mais precisão. Tallal et al. (1996) também encontraram melhores respostas em um teste de discriminação de frequências apresentado de forma rápida, após um TA com o FFW, como encontrado nos resultados do presente estudo.

Outra pesquisa que vai ao encontro dos resultados encontrados neste estudo, no que se refere à melhora da percepção de intervalos inter-estímulos, é o de Merzenich et al. (1996). Os autores realizaram o TA com o FFW em crianças com DEL e estabeleceram um limiar de percepção de intervalo inter-estímulo nas crianças na avaliação pré-treino. O estudo demonstrou que, na avaliação pós-treino dessas crianças, esse limiar diminuiu. Os autores descreveram que as crianças perceberam menores intervalos inter-estímulos após o TA, fato que proporcionou mais rapidez para percepção dos estímulos do teste avaliado.

Foram realizados estudos sobre a diferença de percepção de intervalos inter-estímulos de crianças com transtornos de linguagem quando comparadas a crianças com desenvolvimento típico para comprovar a Teoria do Processamento Temporal Rápido (Tallal, 1980), o qual assume que crianças com transtornos de linguagem apresentam dificuldades para processar sons rápidos (Booth et al., 2000; Heiervang et al., 2002; Banai e Ahissar, 2006; Murphy e Schochat, 2009). Apesar do interesse de pesquisadores

sobre essa teoria, pouco foi estudado sobre os benefícios do TA nos intervalos inter-estímulos.

Acredita-se que essa escassez de estudos em relação aos intervalos inter-estímulos, após o TA, seja observada devido ao interesse dos pesquisadores que desenvolveram o FFW e outros pesquisadores em aplicar esse *software* em crianças com transtornos de linguagem para verificar a sua eficácia nos domínios linguísticos, e não com relação a estímulos não linguísticos, segundo pesquisas que verificaram a eficácia do FFW em habilidades de linguagem (Tallal, 1996; Friel-Patti et al., 2001; Troya e Whitney, 2003; Agnew et al., 2004; Cohen et al., 2005).

Como as crianças do GE perceberam menores *gaps* na avaliação pós-treino com o GIN (Tabela 4), infere-se que diferenças estatisticamente significantes para a percepção dos menores intervalos inter-estímulos (150, 100 e 50 ms) na avaliação pós-treino estão relacionadas a uma melhora na habilidade auditiva de resolução temporal dessas crianças. Sugere-se que essa melhora esteja associada a mudanças no SNAC proporcionada pela plasticidade neural e aperfeiçoamento na precisão de disparo das células *onset* e *offset* (Abeles e Goldstein, 1972) após o PTAT. Sendo assim, as crianças perceberam de forma mais rápida e eficaz quando os intervalos de silêncio eram menores entre os dois estímulos que foram proporcionados pelas atividades do PTAT, como o Jogo do Macaco e Papagaio (Murphy, 2009), que apresentaram níveis de dificuldades em relação à percepção de menores intervalos inter-estímulos para estímulos não linguísticos e linguísticos.

Assim como descrito em relação à melhora nos resultados do TPF na avaliação pós-treino (Tabela 3), acredita-se que outra justificativa para a melhora encontrada nos resultados do TTP após o PTAT (Tabela 5) pode estar relacionada à associação entre som e símbolo que foi estimulada e aprimorada pelas atividades do PTAT, o que pode ter influenciado em uma melhor associação simbólica e capacidade de transferência inter-hemisférica quando as crianças tinham, como tarefa, indicar se o tom escutado foi “fino” ou “grosso”. Também se infere que houve transferência de aprendizagem auditiva das atividades do PTAT que envolveram ordenação de estímulos em um determinado espaço de tempo, como o Jogo do Macaco e Papagaio (Murphy, 2009) e assim as crianças do GE apresentaram melhores respostas para processar e armazenar estímulos rápidos após o PTAT.

Para concluir a seção sobre os resultados do GE para avaliação comportamental do processamento auditivo, sugere-se que a melhora nas habilidades auditivas de ordenação temporal (Tabela 3), resolução temporal (Tabela 4) e no desempenho do TTP, que avalia a habilidade de percepção de diferentes intervalos inter-estímulos de forma rápida (Tabela 5) na avaliação pós-treino, tenham sido proporcionadas pelo fenômeno da plasticidade neural no SNAC, aprendizagem auditiva e melhora indireta de domínios cognitivos como atenção e memória, haja vista que estudos ressaltam que habilidades cognitivas podem melhorar mesmo após o TA sensorial (Halliday et al., 2011; Murphy e Schochat, 2009; Halliday et al., 2012; Ferguson e Henshaw, 2015; Murphy et al., 2015) como mencionado anteriormente.

Hornickel et al. (2013) ressaltaram que a aprendizagem auditiva é dependente de uma rede inter-relacionada das vias aferentes e eferentes. O sistema auditivo é um sistema não modular que apresenta interações do processamento sensorial e processamento cognitivo. Para compreender a mensagem auditiva, não é necessária somente a transmissão neural ascendente do estímulo, mas a integração de sistemas cognitivos de nível superior como atenção, memória e participação do sistema límbico para que assim ocorra a plasticidade neural após o indivíduo passar por determinadas experiências. O PTAT englobou atividades com aspectos *bottom-up* e *top-down* e, dessa forma, acredita-se que ambos os mecanismos foram estimulados e aperfeiçoados no GE proporcionando melhoras no desempenho dos testes comportamentais do processamento auditivo temporal.

6.3 EFEITO DO PTAT E TP PARA MEDIDAS ELETROFISIOLÓGICAS DO MMN

Para verificar se o PTAT foi eficaz nas crianças que foram submetidas a esse tipo de intervenção, na avaliação do MMN, foi utilizado um TP no GP, como um controle para constatar se os resultados encontrados, após o PTAT, ocorreram em decorrência da intervenção proposta ou se os resultados encontrados ocorreram devido a outros efeitos, como amadurecimento e experimentação auditiva ocasionada pelo ambiente que podem proporcionar melhores respostas eletrofisiológicas (Beitel et al., 2003).

Conforme pode ver visualizado nas Tabelas 6 e 7, não foram encontradas diferenças estatísticas para as medidas de latência e amplitude entre a avaliação pré e

pós-treino no GP. Esses resultados vão ao encontro de outros estudos que demonstram não haver melhoras nas medidas eletrofisiológicas após um TP e que indicaram que esse tipo de intervenção é utilizado como um controle para verificar se o TA proporciona mudanças nas respostas eletrofisiológicas devido à plasticidade neural (Edeslsen et al., 1999; Chobert et al., 2012; Moraes et al., 2015). A partir desse achado, infere-se que os resultados que serão descritos a seguir, são referentes à eficácia do PTAT sobre as respostas eletrofisiológicas do MMN no GE.

A literatura descreve que o MMN apresenta respostas com menores valores de amplitude e maiores latências em crianças com transtornos de linguagem e aprendizagem quando comparadas a um grupo controle de crianças com desenvolvimento típico (Kraus et al., 1996; Banai et al., 2005; Bitz et al., 2007; Davids et al., 2011; Noordenbos et al., 2012; Rocha-Muniz et al., 2014).

A partir de estudos com PEA em crianças com transtorno de linguagem e aprendizagem, Tierney e Kraus (2013) propuseram a Hipótese da Sincronia Neural. Essa hipótese assume que existe uma redução na sincronia neural e falta de precisão na codificação temporal no SNAC dessas crianças. Apesar do presente estudo não ter empregado um grupo controle de crianças com desenvolvimento típico para comparar as respostas do MMN, acredita-se que as crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora se encaixem na hipótese proposta por Tierney e Kraus (2013) pelo fato de elas apresentarem atraso no desenvolvimento do sistema fonológico (Nobile e Barreira, 2009) que pode estar associado a dificuldades de percepção auditiva. A dificuldade na sincronia neural pode ter influenciado nas respostas do MMN das crianças que participaram do presente estudo devido ao fato desse PEALL ter sido realizado com os estímulos de fala /da/ e /ga/ que são mais sensíveis para identificar dificuldades relacionadas à discriminação auditiva devido à pouca diferença perceptual entre essas sílabas (Kraus et al., 1996). Esse fato, aparentemente, exigiu maior complexidade na resposta do SNAC dessas crianças.

Na Tabela 6, é possível observar que foram encontradas diferenças estatisticamente significantes em quase todos os eletrodos utilizados em relação à latência das respostas do GE entre a avaliação pré e pós-treino, com tendência à significância no eletrodo Cz ($p=0,06$) e com maior diferença de resposta no eletrodo Fz ($p=0,008$). Esses resultados indicam que, devido à plasticidade neural proporcionada pelo PTAT, houve mudanças em relação à latência do MMN que foi observada nos 12

eletrodos distribuídos no escalpo. Acredita-se que a tendência à significância no eletrodo Cz, na avaliação pós-treino, tenha ocorrido em virtude de a amostra ser pequena, pois estudos que mostraram significância nesse eletrodo, após o TA, analisaram um número maior de sujeitos (Kujala et al., 2001; Putkinen et al., 2014; Vasuki et al., 2017).

Apesar das respostas mais robustas do MMN serem observadas nos eletrodos Fpz, Fz, F3, F4, Cz, C4 e C3, por serem eletrodos fronto-centrais, que captam as respostas mais próximas dos sítios geradores desse PEALL (Näätänen et al., 2007), notou-se que não houve diferença nas respostas entre os eletrodos em relação à latência do MMN das crianças antes dos processos de intervenção, como pode ser visualizado no Quadro 7, e que as respostas dos eletrodos fronto-centrais não se diferem das respostas dos eletrodos temporais e posteriores. Ressalta-se que a literatura descreve que as respostas mais robustas do MMN, nos eletrodos frontais e centrais, estão relacionadas à amplitude (Kraus et al., 1996; Kujala et al., 2001; Lovio et al., 2012; Putkinen et al., 2014), visto que maiores amplitudes de respostas são associadas a uma melhor capacidade de discriminação auditiva (Näätänen et al., 2007), sendo a latência pouco estudada mesmo que represente o tempo necessário para diferenciar o estímulo novo (raro) do estímulo que é apresentado frequentemente (Picton et al., 2000).

No GE, após o PTAT, o eletrodo Fz apresentou a maior diferença nas respostas dessas crianças entre a avaliação pré e pós-treino. Esse achado justifica-se devido a esse eletrodo apresentar um ponto de localização que reflete a contribuição de respostas fronto-centrais do MMN e, em função disso, proporcionar melhores respostas (Kurtzberg et al., 1995; Näätänen et al., 2007).

De acordo com os achados da Tabela 6, a média dos resultados para as respostas de latência do MMN apresenta diferença estatística entre a avaliação pré e pós-treino no GE, com redução da latência na avaliação pós-treino. A diminuição de valores de respostas das latências no MMN está associada a maior rapidez para processar sons que se diferenciam por características mínimas (Tiitinen, et al., 1994). Essas crianças apresentaram respostas mais sincrônicas para estímulos de fala, o que pode contribuir para uma melhor percepção de estímulos linguísticos que se diferenciam por características temporais (Merzenich et al., 1999; Picton et al., 2000). O aumento da velocidade da sincronia neural está associado à aprendizagem perceptual (Merzenich et al., 1999). Com base nos resultados apresentados na Tabela 6, sugere-se que o tempo de

disparo dos neurônios do córtex auditivo ficou mais preciso e que a velocidade da sincronia neural, após o PTAT, ficou mais rápida para processar estímulos linguísticos que se diferem. Consequentemente, a informação foi processada com melhor codificação das características temporais dos estímulos, mesmo sem a atenção das crianças (Gilbert et al., 2001).

Existem evidências que sugerem que o TA modifica a codificação sensorial de traços específicos que foram treinados e que essas mudanças fisiológicas podem contribuir para a melhora da percepção auditiva (Tallal, 2004; Irvine e Wright, 2005; Fritz et al., 2007). Como o PTAT englobou atividades que estimularam características do processamento temporal, infere-se que os resultados referentes à diminuição das latências do MMN no GE, na avaliação pós-treino (Tabela 6), foi modificada devido à eficácia do TA proposto no presente estudo. Tremblay et al. (2009) ressaltaram que os benefícios proporcionados pelo TA, em relação à percepção auditiva em crianças com transtornos de linguagem e aprendizagem, são atribuídos à melhora na sincronia neural devido aos traços específicos que foram enfatizados durante as atividades do TA.

Como descrito nos resultados do GIN das crianças do GE após o PTAT (Tabela 4), infere-se que as células *onset* e as células *offset* tenham apresentado maior precisão de disparo, refletindo no aumento da sincronia neural dos neurônios do córtex auditivo e no aperfeiçoamento da resolução temporal. Isso porque se sabe que o MMN é um PEALL que reflete, de forma fisiológica e precisa, a resolução temporal no SNAC, por não necessitar da atenção do indivíduo durante a realização do exame, ou seja, uma resposta auditiva sensorial sem a contribuição de mecanismos *top-down* (Tremblay e Burkard, 2007).

A maior parte dos estudos sobre TA e MMN em crianças com transtornos de linguagem e aprendizagem se concentraram na amplitude das respostas, que aparenta ser a característica mais estável desse PEALL por estar relacionada à capacidade de discriminação auditiva de forma pré-atencional (Musiek e Lee, 2001; Shafer et al., 2005; Näätänen et al., 2007; Datta et al., 2010). Contudo, outros PEALL são estudados em relação à latência de respostas. A literatura descreve melhores respostas em relação à latência, após o TA, em crianças para o complexo N1-P2-N2 (Hayes et al. 2003; Zalcman, 2007; Ahamed et al. 2017) e P300 (Jirsa, 1993; Alonso e Schochat, 2009; Zygouris et al., 2017), o que sugere melhora na sincronia neural de respostas corticais para estímulos auditivos.

Ao comparar as respostas entre os eletrodos utilizados no presente estudo em relação à amplitude do MMN no momento anterior a qualquer tipo de intervenção, o Quadro 7 mostra que houve diferença estatística marginalmente significativa entre o eletrodo Fpz e P3 ($p=0,068$). Justifica-se a diferença de resposta entre o eletrodo Fpz e P3 pelo fato do eletrodo P3 ser um eletrodo que sai da linha central e encontra-se na região posterior esquerda de acordo com o Sistema 10-20 de colocação de eletrodo (Jasper, 1958), pois, pelo distanciamento do sítio gerador do MMN que está nas regiões fronto-centrais (Alho, 1995) e aparentemente mais próximas do eletrodo Fpz, possíveis diferenças de respostas ocorrem entre os eletrodos Fpz e P3. Kimura (1963) propôs que a orelha direita apresenta vantagem para processar estímulos linguísticos devido a maior quantidade de fibras cruzadas para o hemisfério esquerdo que é dominante para o processamento de estímulos linguísticos. Sendo assim, acredita-se que a diferença entre as respostas dos eletrodos foi somente para o eletrodo P3 devido ao MMN ter sido captado apenas na orelha direita com estímulos linguísticos.

A Tabela 7 mostra a média de resultados para a resposta de amplitude do MMN das avaliações pré e pós-treino do GE. Ao comparar as duas médias em todos os eletrodos utilizados, é possível verificar que houve mudança de resposta entre as duas avaliações, porém não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para nenhum dos eletrodos. Sugere-se que esse resultado pode estar relacionado ao tempo de reavaliação dessas crianças que foi de um mês depois da realização do PTAT. Hall (1992) afirma que maiores amplitudes nas respostas eletrofisiológicas estão associadas a uma maior participação de neurônios diante de um estímulo auditivo. Por se tratar de estímulos de fala, que são considerados estímulos complexos, talvez o tempo de um mês após o PTAT não tenha sido suficiente para recrutar mais neurônios para discriminar estímulos complexos no córtex auditivo. Martin et al. (2008) descrevem que estímulos de fala necessitam de um processamento neural de maior complexidade, visto que englobam a análise de pistas acústicas distintas em relação à frequência, amplitude e características temporais que estão envolvidas no sinal acústico.

O estudo de Kujala et al. (2001), por exemplo, utilizou tons de frequência de 500 e 750 Hz para desencadear as respostas do MMN em crianças com dislexia. Nas crianças submetidas ao TA, foram observadas maiores amplitudes de respostas quando comparadas àquelas das crianças que não receberam o TA. Esse estudo utilizou estímulos não linguísticos que podem ter contribuído para mudanças em relação à

amplitude em um curto espaço de tempo. Lovio et al. (2012) realizaram um estudo em crianças com dislexia na faixa etária de seis anos para verificar a eficácia de um treinamento fonológico com associação fonema-grafema de forma eletrofisiológica com o uso do MMN, que foi realizado com distinção de vogais. Após três semanas da finalização do treinamento fonológico, as crianças apresentaram melhores respostas em relação à amplitude.

Acredita-se que a melhora da amplitude de respostas do MMN, observadas no estudo de Kujala et al. (2001) e Lovio et al. (2012) após um processo de intervenção, estejam relacionadas ao tipo de estímulos utilizados no estudo, o qual pode ter desencadeado respostas mais robustas para crianças com dislexia em um curto intervalo de tempo. Esse fato seria justificado pois sabe-se que crianças com dislexia apresentam dificuldades no processamento fonológico (Snowling, 2000; Goswami e Leong, 2013).

No presente estudo, foram utilizados estímulos de fala complexos com consoante-vogal (/da/ e /ga/) para obtenção do MMN. Infere-se que o tempo de reavaliação foi um fator importante para os resultados do presente estudo não estarem de acordo com os achados dos estudos de Kujala et al. (2001) e Lovio et al. (2012) em relação à amplitude de resposta após o TA. Por outro lado, estudos longitudinais apontam para mudanças na amplitude do MMN após um maior período de tempo.

Chobert et al. (2012) realizaram um estudo longitudinal em crianças sem instrução musical para verificar os resultados após um treinamento auditivo musical (TAM) nas medidas eletrofisiológicas do MMN, que foi realizado com vogais modificadas acusticamente com diferenciação nas características de frequência, duração e VOT. A amplitude do MMN só apresentou respostas mais robustas 12 meses após o TAM e não houve melhora de respostas para o GP do referido estudo.

O estudo de Putkinen et al. (2014) empregou o MMN, a partir de estímulos melódicos, com mudanças em relação à melodia, ritmo e timbre em crianças sem instrução musical na idade de nove, 11 e 13 anos que foram divididas em dois grupos: um grupo que realizou o TAM, e um grupo que não realizou o TAM. As respostas do MMN foram reavaliadas após a finalização do TAM, e a amplitude das respostas aumentou apenas nas crianças de 13 anos que realizaram o TAM. Os autores inferiram que essas respostas estavam associadas ao amadurecimento cortical para processar diferenças em sons complexos. Em outras palavras, para diferenciar estímulos complexos de forma pré-atencional, exige-se respostas neuronais que possivelmente não

estão maduras em crianças mais novas. Com base nos resultados encontrados por Putkinen et al. (2014), infere-se que, diante das dificuldades encontradas em crianças que apresentam a ortografia com erros de caracterização surda-sonora, essas crianças provavelmente levarão mais tempo para apresentar respostas mais robustas em relação à amplitude do MMN devido ao processo de amadurecimento das vias corticais e ao recrutamento de neurônios para diferenciar sons complexos com distinções mínimas no córtex auditivo. Acredita-se, portanto, que esse processo pode se prolongar mais nessas crianças devido ao quadro de atraso fonológico que pode estar sendo superado após a intervenção auditiva com o PTAT.

De acordo com Musiek e Lee (2001), o MMN é eliciado sem a atenção do indivíduo que está sendo avaliado e tornou-se um exame objetivo na avaliação da discriminação auditiva. A amplitude do MMN representa a discriminação auditiva pré-atencional, ou seja, um nível pré-consciente. As crianças do GE, na avaliação pós-treino, apresentaram mais velocidade na sincronia neural para perceber estímulos linguísticos que se diferem. Contudo, sugere-se que seja necessário um nível de discriminação consciente com atenção à percepção do estímulo auditivo após a reorganização neural proporcionada pelo PTAT para que assim os estímulos possam ser percebidos em um nível pré-atencional. As crianças do GE, na avaliação pós-treino, estavam provavelmente realizando esse processo quando foram reavaliadas com o MMN, o que pode ter influenciado os achados do presente estudo em relação ao fato de não terem sido encontradas diferenças estatisticamente significantes para amplitude de respostas entre a avaliação pré-treino e pós-treino desse grupo.

Näätänen (1992) ressalta que são necessários dois estágios para uma acurácia eficaz na discriminação auditiva: a capacidade de automaticidade do córtex auditivo para detectar estímulos diferentes e uma boa capacidade cognitiva, como atenção, para detectar sons distintos. Em contrapartida, existem estudos que relatam não ter encontrado respostas significantes entre a amplitude do MMN e respostas comportamentais de discriminação auditiva (Uwer, et al., 2002; Shafer, Schwartz e Kurtzberg, 2004; Sharma et al., 2006), o que justifica que as crianças do GE podem ter melhorado em relação a discriminar estímulos, porém essas respostas não puderam ainda ser captadas em um nível neural.

Outra suposição para justificar o fato de as respostas de amplitude do MMN não se mostrarem significantes no GE entre as avaliações é que as atividades do PTAT,

apesar de estimularem a discriminação auditiva e associação fonema-grafema, foram mais relevantes para estimular os aspectos auditivos temporais, que poderiam ser a maior necessidade dessas crianças, principalmente pela hipótese levantada por Tierney e Kraus (2013) sobre possíveis alterações na sincronia e codificação neural que crianças com transtornos de linguagem podem apresentar. Sendo assim, infere-se que o PTAT não foi eficaz para recrutar novos neurônios em um curto período de tempo e proporcionar maiores respostas de amplitude, que estão associadas a uma melhor capacidade de discriminação auditiva (Näätänen et al. 2007). Por outro lado, foi eficaz na redução das respostas de latência, o que sugere respostas sincrônicas mais rápidas e precisas para discriminar estímulos linguísticos com pouca distinção entre si.

Um achado qualitativo relevante deste estudo sobre as respostas do MMN foi o aparecimento do P300 nas crianças do GE na avaliação pós-treino. A Figura 17 mostra a representação dos resultados da somatória das respostas do MMN no período pré-treino placebo e com o PTAT. Nota-se uma deflexão negativa por volta de 280 ms, associada ao MMN e sem aparecimento de um pico positivo posteriormente.

A Figura 18 refere-se à representação da somatória das respostas na avaliação pós-treino no GP. Nessa representação, é possível visualizar uma deflexão negativa por volta de 250 ms associada ao MMN e, aparentemente, uma formação de uma onda positiva por volta de 300 ms. Entretanto, na Figura 19, a qual se refere à somatória das respostas da avaliação pós-treino do GE, observa-se que, após a deflexão negativa por volta de 190 ms que foi associada ao MMN, é possível visualizar uma resposta positiva robusta por volta de 280 ms que foi associada ao P300.

A literatura descreve que o P300 pode se dividir em dois subcomponentes: o P300a, que se relaciona a uma resposta mais anterior por volta de 250 a 300 ms, e o P300b, que se refere a uma resposta mais posterior por volta de 300 a 350 ms. O P300a estaria relacionado aos mecanismos *bottom-up* de percepção do estímulo auditivo (Courchesne et al., 1975; Squires et al., 1975), mesmo sem a atenção do indivíduo, haja vista que esse subcomponente já foi visualizado em indivíduos que estavam dormindo ou em estado de coma (Müller et al., 2002; Muller-Gass et al., 2007). O P300b, por sua vez, estaria relacionado aos mecanismos *top-down* como atenção ao estímulo auditivo de forma consciente e memória de trabalho (Kok, 2001; Polich e Criado, 2006).

O P300a é considerado como um processo de atenção involuntária para percepção de mudanças no som devido a contribuições do MMN para a geração da

resposta. Nesse sentido, o P300a pode ser visto como um processo de aperfeiçoamento da atenção involuntária que foi captada por processos associados ao MMN (Schröger, 1996; Escera et al., 2000; Ranganath e Rainer, 2003; Kujala e Näätänen, 2010). De acordo com as respostas eletrofisiológicas que podem ser visualizados na Figura 19, infere-se que a onda positiva por volta de 280 ms esteja associada ao P300a. Esse resultado indica que, mesmo que as crianças não estivessem prestando atenção ao estímulo, houve um aprimoramento para percepção auditiva de estímulos linguísticos diferentes de forma involuntária após o PTAT que pode proporcionar melhores resultados em relação à amplitude do MMN futuramente nas crianças do GE.

A hipótese de que a onda positiva que aparece por volta de 280 ms esteja associada ao P300 é embasada pela ativação da positividade de resposta que ocorre somente na região temporal esquerda das crianças do GE conforme o mapa topográfico na Figura 19. As áreas corticais auditivas em humanos situam-se na região temporal do cérebro (Grasby et al., 1993; Purves et al., 2001), e estímulos linguísticos são processados no hemisfério esquerdo devido a sua dominância para a linguagem (Kimura, 1968). Como a captação do MMN foi realizada somente na orelha direita com estímulos linguísticos, acredita-se que a informação cruzou para hemisfério esquerdo, o que justifica a presença da positividade na região esquerda no mapa topográfico associada ao P300 (Figura 19). Sendo assim infere-se que as crianças do GE perceberam o estímulo linguístico durante a realização do MMN de forma mais precisa, mesmo sem a atenção consciente, achado que não foi encontrado nos mapas topográficos da avaliação pós-treino placebo e avaliação pré-treino dos dois grupos.

Outra hipótese para justificar o aparecimento do P300a nas ondas do GE (Figura 19) seria pela repetição dos procedimentos para captação das respostas do MMN, pois, nesse caso, as crianças, por realizarem novamente o exame, perceberam que havia dois estímulos diferentes durante a obtenção do MMN. Estudos ressaltam que, para desencadear o MMN e o P300 na mesma população, deve-se primeiramente realizar o MMN para que os indivíduos não percebam a distinção entre os estímulos (Dalebout e Stack, 1999; Tampas et al., 2005; Calcus et al., 2015).

6.4 EFEITO DO PTAT E TP PARA OS RESULTADOS EM RELAÇÃO À ESCRITA

Como mencionado nas seções prévias, foi utilizado um TP no GP, neste estudo, como um controle para constatar se os resultados encontrados, após o PTAT, no

GE estão relacionados à efetividade do PTAT na avaliação da escrita ou se os resultados encontrados decorrem de outros efeitos, como amadurecimento e desenvolvimento linguístico.

De acordo com os resultados constantes nas Tabelas 8, 9 e 10, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as avaliações pré e pós-treino do GP para a avaliação da escrita nos erros ortográficos de caracterização surda-sonora em todas as variáveis do presente estudo. A literatura descreve pesquisas que vão ao encontro dos resultados encontrados no presente estudo que demonstram não terem encontrado diferenças significantes em avaliações de linguagem após um TP (Moore et al., 2005; Veuillet et al., 2007; Moreno et al., 2009; Rogowsky et al., 2013). Sendo assim, os resultados descritos a seguir estão associados à eficácia do PTAT sobre a avaliação da escrita das crianças do GE.

De acordo com o que pode ser visto na Tabela 8, é possível verificar que, para o GE, houve redução da média da porcentagem de erros ortográficos de caracterização surda-sonora para grafemas plosivos na avaliação pós-treino, porém não foram encontradas diferenças estatísticas na redução desses erros entre as avaliações pré e pós-treino. Foram encontradas, no entanto, diferenças estatisticamente significantes para a redução da média da porcentagem de grafemas fricativos entre a avaliação pré e pós-treino do GE. Esses resultados sugerem que o PTAT foi eficaz para que as crianças desse grupo reduzissem a realização de erros ortográficos referentes aos grafemas fricativos na escrita.

Nas atividades do PTAT, todos os estímulos linguísticos apresentaram expansão e amplificação para facilitar a percepção das características específicas dos fonemas e, assim, estimular as diferenças acústicas entre os fonemas semelhantes por meio da discriminação auditiva. Crianças que desenvolvem a capacidade de escutar os sons ressaltados de forma individual dentro de uma palavra são capazes de associar esses fonemas com a representação de letras na escrita (Lyytinen et al., 2005).

Os resultados referentes a não significância dos erros ortográficos relacionados aos grafemas plosivos (Tabela 8) pode ser associada à limitação da expansão para fonemas plosivos. Os fonemas plosivos são produzidos por uma obstrução constante do fluxo de ar em algum ponto da região do trato vocal, seguido de uma explosão e liberação do fluxo de ar de forma rápida (Chbanr, 1994; Stevens, 1997). Acredita-se que, devido às características fonoarticulatórias dos fonemas plosivos que

apresentam obstrução seguida de uma rápida explosão, a expansão dos estímulos não facilitou a percepção das diferenças entre os seus pares surdos e sonoros, o que não permitiu que as crianças do GE percebessem a distinção entre os dois fonemas e, assim, a sua associação ao grafema não foi eficaz no momento da avaliação pós-treino. Em relação às medidas temporais, Murphy et al. (2009) verificaram a duração dos fonemas plosivos e fricativos em medidas acústicas nos falantes nativos do PB. As autoras constaram que os fonemas plosivos apresentaram menores valores de duração (31 a 63,75 ms), enquanto os fonemas fricativos apresentaram valores de duração mais longos (96,25 a 149,85 ms) quando comparados aos plosivos. Acredita-se que a expansão dos estímulos facilitou a percepção das diferenças entre os fonemas fricativos para os seus pares surdos e sonoros, devido duração ser mais longa, e, assim, as crianças perceberam o contraste de fonema vozeado e não vozeado das fricativas mais facilmente. Outra explicação para a melhora das crianças do GE, na redução de erros ortográficos de grafemas fricativos, seria devido a sua característica fonoarticulatória, já que os fonemas fricativos não envolvem obstrução total do fluxo da passagem de ar, isto é, são contínuos (Chbanr, 1994; Stevens, 1997). Dessa forma, a expansão desses fonemas nas atividades do PTAT pode ter tornando as diferenças acústicas entre sons vozeados e não vozeados mais perceptíveis, o que pode ter facilitado a associação fonema-grafema correta para os grafemas fricativos.

Ainda que não tenham sido encontradas diferenças estatisticamente significantes em relação à redução da porcentagem de erros ortográficos de caracterização surda-sonora para os grafemas plosivos no GE na avaliação pós-treino, a Tabela 9 mostra que houve redução na porcentagem de ocorrência de erros relacionados a esses grafemas com diferenças estatisticamente significantes entre a avaliação pré-treino e pós-treino ($p=0,04$). Com base nesses resultados, verifica-se que, no momento da avaliação pós-treino, os erros ortográficos relacionados aos grafemas plosivos ainda foram encontrados na escrita das crianças, porém a quantidade de ocorrência desses erros foi menor do que na avaliação pré-treino. A partir desses achados, sugere-se que as crianças do GE estariam no processo de aprendizagem da forma correta de associação fonema-grafema em relação aos grafemas plosivos e que esses erros ortográficos podem estar assistemáticos, ou seja, o processo de representação fonológica que permite a associação entre fonemas e grafemas plosivos de forma correta ainda não está completo (Grunwell, 1990).

A Tabela 9 também mostra que houve redução na porcentagem de ocorrência de erros ortográficos relacionados aos grafemas fricativos entre a avaliação pré e pós-treino ($p=0,001$), com mais diferença estatística do que a frequência de ocorrência de erros nos grafemas plosivos. Esses resultados indicam que, na escrita das crianças do GE, houve diminuição na quantidade de vezes em erros relacionados aos grafemas fricativos foram identificados. Os fonemas fricativos, aparentemente, foram mais influenciados pela expansão dos estímulos linguísticos. Essa hipótese foi baseada no estudo de Tallal et al. (1996) que verificou que os estímulos de fala expandida no TA com o FFW em crianças com transtornos de linguagem foram mais eficazes para proporcionar benefícios em testes que envolveram linguagem do que o TA com estímulos linguísticos sem expansão. Os resultados do estudo demonstraram que todas as crianças melhoraram. No entanto, as crianças que foram submetidas ao TA com fala expandida apresentaram melhora mais relevante para os testes linguísticos do que as crianças que realizaram o TA com estímulos linguísticos sem expansão.

Gillam et al. (2008), em um estudo longitudinal para comparar se o FFW poderia proporcionar mais benefícios no desempenho dos testes de linguagem do que outros processos de intervenção em crianças com transtornos de linguagem, verificaram que as crianças que receberam o TA com FFW apresentaram melhoras no desempenho de testes linguísticos em avaliações a longo prazo. Foi observado também que não houve mudanças de desempenho a longo prazo para as crianças que realizaram outros processos de intervenção. Com base nos achados do presente estudo, sugere-se que estímulos de fala expandida proporcionaram percepções acústicas que não foram percebidas anteriormente e que, dessa forma, ocorreram mudanças no SNAC, por meio da plasticidade neural, as quais permitiram modificar as representações fonológicas, o que pode ter facilitado a associação fonema-grafema, como ocorreu na avaliação pós-treino das crianças do GE em relação à redução da porcentagem de erros ortográficos de caracterização surda-sonora para grafemas fricativos (Tabela 8) e redução da frequência de ocorrência desses erros ortográficos em grafemas plosivos e fricativos (Tabela 9). Acredita-se que a facilitação das características acústicas de fonemas que se diferem apenas por uma única distinção pode proporcionar mais benefícios para a percepção do estímulo e contribuir para melhoras no desempenho linguístico de forma consistente, assim como demonstrado no estudo de Tallal et al. (1996) e no estudo longitudinal de Gillam et al. (2008).

Outra hipótese para justificar a melhora do GE em relação à redução da porcentagem de erros ortográficos de caracterização surda-sonora para grafemas fricativos (Tabela 8) e redução da frequência de ocorrência desses erros ortográficos em grafemas plosivos e fricativos (Tabela 9) baseia-se também na percepção das características temporais dos estímulos não linguísticos que foram utilizados no Jogo do Papagaio (Murphy, 2009). Para a criação desse jogo, Murphy et al. (2009) realizaram um estudo para verificar os parâmetros acústicos das consoantes plosivas e fricativas do PB em relação à duração, frequência e variação de oitavas por segundo. A partir dos resultados desses parâmetros, Murphy (2009) construiu estímulos não linguísticos semelhantes às características temporais do PB para utilizar no Jogo do Macaco.

Na Tabela 3, é possível observar que as crianças que participaram do estudo apresentaram resultados abaixo da normalidade para a habilidade auditiva de ordenação temporal na avaliação pré-treino. Partindo desses resultados, acredita-se que as crianças que participaram da pesquisa poderiam apresentar dificuldades para discriminar e ordenar a forma correta de ocorrência dos sons. A estimulação da discriminação e ordenação dos estímulos não linguísticos do Jogo do Papagaio (Murphy, 2009), que foram baseados nas características acústicas do PB, podem ter contribuído com o processo de discriminação de sons semelhantes aos fonemas do PB e assim ter influenciado na representação fonológica e proporcionado a associação fonema-grafema de forma adequada.

Musiek et al. (2002) ressaltam que a discriminação é uma das funções fundamentais do processamento auditivo. A discriminação de frequência, intensidade e duração de estímulos tonais pode ser de extrema importância para o processamento de estímulos acústicos complexos, como fonemas e segmentação dos sons da fala. Alguns estudos que utilizaram estímulos auditivos não linguísticos no TA demonstraram, em seus resultados, melhora de desempenho em habilidades linguísticas de leitura que foram relacionados à associação fonema-grafema de forma eficaz (Kujala et al., 2001; Veuillet et al., 2007; Törmänen e Takala, 2009). Esses estudos corroboram a hipótese de que as atividades do Jogo do Macaco (Murphy, 2009) podem também ter proporcionado melhores resultados na escrita das crianças do GE.

O presente estudo não comparou outros tipos de intervenção com o PTAT. Entretanto, foi possível observar que houve progresso na redução dos erros ortográficos de caracterização surda-sonora e que o PTAT foi eficaz para a melhora de desempenho

em relação à redução da porcentagem de erros ortográficos de caracterização surda-sonora para grafemas fricativos (Tabela 8) e à redução da frequência de ocorrências desses erros ortográficos em grafemas plosivos e fricativos (Tabela 9) nas crianças do GE. Além das hipóteses de que a estimulação das atividades do PTAT puderam proporcionar melhora na escrita das crianças do GE por meio da discriminação e ordenação de frequências que apresentam características acústicas do PB do o Jogo do Macaco (Murphy, 2009) e da facilitação da percepção de fonemas ocasionadas pelos estímulos de fala expandida presentes no Jogo do Papagaio (Murphy et al., 2009) e nos dois jogos desenvolvidos para o presente estudo, que também estimularam a associação fonema-grafema, acredita-se que, nas atividades do PTAT, como foram utilizados estímulos auditivos linguísticos e não linguísticos associados a estímulos visuais, o mecanismo de associação de um estímulo auditivo a um estímulo visual pode ter contribuído para a associação fonema-grafema de forma correta. Isso porque, segundo o estudo de Veuillet et al. (2007), o TA com estímulos auditivos e visuais, com base na associação fonema-grafema, proporciona uma melhor representação perceptual da sonorização e não sonorização de fonemas nas vias auditivas.

A Tabela 10 mostra que foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para a redução dos processos de sonorização e dessonorização nas crianças do GE entre a avaliação pré e pós-treino. A partir desses resultados, acredita-se que houve progresso na percepção das características temporais que diferenciam um fonema surdo de um fonema sonoro da mesma categoria.

Em relação aos fonemas plosivos, a distinção entre as contrapartes surdas e sonoras é realizada pelo tamanho do VOT, que é considerado um traço distintivo de duração (Eggermont, 2015). O VOT é aparentemente mais longo nos fonemas sonoros e mais curto nos fonemas surdos no PB, sendo essa diferença da ordem de milissegundos (Nobre-Oliveira, 2007). Sugere-se que, pelas atividades do PTAT envolverem tanto a associação fonema-grafema com estímulos que salientaram as características acústicas dos fonemas do PB e estímulos não linguísticos que apresentam as características temporais dos fonemas plosivos e fricativos do PB, houve um aprimoramento da resolução temporal que pode ser observada na avaliação pós-treino das crianças do GE no GIN (Tabela 4) e percepção de menores intervalos inter-estímulos (Tabela 5). Acredita-se que, com o aprimoramento da resolução temporal dessas crianças, houve mais precisão na percepção do VOT, o que permitiu diferenciar sons que se distinguem

auditivamente por uma característica temporal. Tierney e Kraus (2013) descreveram que a distinção temporal entre as sílabas /da/ e /ta/, levando-se em conta as medidas de VOT, é de 10 ms e que é necessária precisão do sistema auditivo para captar essas diferenças que são essenciais para a aquisição e o desenvolvimento da linguagem.

As crianças do GE perceberam auditivamente a diferença temporal entre fonemas surdos e sonoros com seus pares correspondentes, pois foram encontradas diferenças tanto para a redução de erros ortográficos referentes à sonorização, como para dessonorização entre a avaliação pré e pós-treino (Tabela 10). Sugere-se que as atividades do PTAT proporcionaram a reorganização dos mapas corticais das crianças do GE, o que, consequentemente, beneficiou e modificou a representação fonológica dessas crianças devido à plasticidade neural das vias auditivas. Schaffler et al. (2004) ressaltaram que déficits em níveis mais básicos do processamento auditivo em crianças com transtornos de linguagem podem ser melhorados com a prática de um TA e que os seus benefícios podem ser generalizados para aspectos fonológicos pelo aprimoramento das habilidades auditivas.

A literatura descreve que o melhor desempenho nas habilidades de linguagem, após um TA, pode estar relacionado à aprendizagem perceptual que, aparentemente, apresentou melhora da percepção das características físicas, específicas do estímulo que foram representadas, comparadas e armazenadas (Kujala et al., 2001; Hawkey et al., 2004) e à aprendizagem auditiva, em que se acredita que houve transferência da melhora da percepção auditiva, proporcionada pelas atividades do PTAT com estímulos linguísticos e não linguísticos, para os domínios da linguagem escrita nas crianças do GE (Moore et al., 2009, Murphy et al., 2015).

Para concluir, os resultados do presente estudo, os quais mostram melhores resultados nas variáveis da avaliação da escrita, vão ao encontro dos estudos da literatura que descrevem que o TA proporciona benefícios para habilidades de linguagem como leitura (Kujala et al., 2001; Moreno et al., 2009; Törmänen e Takala, 2009; Sharma et al., 2012; Lovio et al., 2012), consciência fonológica (Overy, 2003; Schaffler et al., 2004; Agnew et al., 2004; Moore et al., 2005; Degé e Schwarzer, 2011; Murphy e Schochat, 2011) e escrita (Schaffler et al., 2004; Rogowsky et al., 2013).

Em suma, estudos ressaltam que o TA pode proporcionar melhor desempenho nos aspectos cognitivos de memória e atenção (Halliday et al., 2011; Murphy e Schochat, 2009; Halliday et al., 2012; Ferguson e Henshaw, 2015; Murphy et al.,

2015), e as atividades do PTAT empregaram esses dois aspectos. Infere-se, portanto, que a melhora encontrada na avaliação pós-treino da escrita das crianças do GE pode ser proporcionada por uma melhora nos aspectos cognitivos de memória e atenção, concomitantemente com o aperfeiçoamento das habilidades auditivas temporais.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados no presente estudo, conclui-se que o PTAT foi eficaz para reabilitar e aperfeiçoar as habilidades auditivas que envolvem o processamento auditivo temporal que puderam ser verificadas pela melhora nos testes comportamentais TPF, GIN e TTP em crianças que apresentam erros ortográficos de caracterização surda-sonora.

Em relação às medidas eletrofisiológicas dessas crianças, houve redução da latência das respostas do MMN na avaliação pós-treino quando comparada à latência da avaliação pré-treino. Tais resultados sugerem que o PTAT foi eficaz para essa medida e que as crianças passaram a processar estímulos linguísticos com características temporais diferentes de forma mais rápida e sincrônica após o PTAT. No entanto, não foram encontradas evidências para melhora da amplitude de respostas do MMN.

No que diz respeito à avaliação da linguagem escrita das crianças que participaram do presente estudo, após o PTAT, foram encontradas reduções na quantidade de erros ortográficos de caracterização surda-sonora para grafemas fricativos e para a frequência de ocorrência de erros em grafemas plosivos e fricativos. Além disso, verificou-se, também, redução da quantidade de processos referentes à sonorização e dessonorização na escrita dessas crianças. Dessa forma, subte-se que o PTAT foi eficaz para reabilitar processos referentes a erros ortográficos de caracterização surda-sonora na população em estudo.

8 ANEXOS

ANEXO A – Folha de aprovação do comitê de ética em pesquisa

MEDICINA
USP
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 26/08/2015, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº 315/15 intitulado: “O TREINAMENTO AUDITIVO EM CRIANÇAS QUE APRESENTAM TROCAS ORTOGRÁFICAS PELO TRAÇO DE SONORIDADE.” apresentado pelo Departamento de FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Eliane Schochat
Pesquisador (a) Executante: Mayra Monteiro Pires

CEP-FMUSP, 26 de Agosto de 2015.

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

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina
e-mail: cep.fm@usp.br

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL**

1. NOME:
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO:/...../.....
 ENDEREÇO Nº APTO:
 BAIRRO: CIDADE
 CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)

2. RESPONSÁVEL**LEGAL**

.....
 NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)

 DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO.:/...../.....
 ENDEREÇO: Nº APTO:

 BAIRRO: CIDADE:

 CEP: TELEFONE: DDD (.....).....

DADOS SOBRE A PESQUISA

TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: O treinamento auditivo em trocas ortográficas pelo traço de sonoridade.

PESQUISADOR: Profa. Dra. Eliane Schochat CARGO/FUNÇÃO: Profa. Associado MS5
 INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº

UNIDADE DO HCFMUSP: Departamento de Fonoaudiologia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina

2. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO ☒ X RISCO MÉDIO ☐
 RISCO BAIXO ☐ RISCO MAIOR ☐

3. DURAÇÃO DA PESQUISA : 2 anos

O seu filho (a) está sendo convidado (a) a participar de um estudo sobre a aplicação de um programa de computador em crianças com dificuldades na escrita, como trocas de algumas letras. Essas dificuldades podem ser remediadas com uma intervenção fonoaudiológica. Se seu filho (a) tiver algum tipo de dificuldade para compreender os sons da fala, uma das formas de intervenção desse tipo de problema é o treinamento auditivo em programas de computador. O treinamento que será utilizado nesta pesquisa ainda não existe no Brasil. Portanto, o objetivo desta pesquisa é aplicar este treinamento em crianças em idade escolar, como seu filho, para confirmarmos se esse programa também pode ajudar as crianças brasileiras.

Para conhecermos as dificuldades de cada criança, serão aplicados testes de escrita e alguns exames auditivos em que seu filho terá que entrar em uma cabine acústica e responder a alguns estímulos, seu filho também fará alguns exames auditivos que não precisará da resposta dele, apenas que fique parado. Após estes procedimentos, seu filho será encaminhado para o treinamento auditivo, que será realizado com jogos de computador e fones de ouvido. Este jogos são simples; a criança ouvirá alguns sons e deverá relacionar a algum símbolo na tela do computador. Eles serão realizados na própria escola, durante o horário de aula ,uma vez por semana, durante nove semanas. Após o

treinamento auditivo, os testes serão refeitos, para verificar se o treinamento auditivo com base no software que estamos testando foi eficaz.

Os desconfortos esperados são mínimos: seu filho terá que prestar atenção na tela do computador enquanto escuta alguns estímulos, tendo que apertar o botão quando solicitado. Os outros testes auditivos e de escrita não são desconfortáveis e não apresentam risco para a criança.

Se a maioria das crianças, participantes da pesquisa, conseguir completar o jogo de computador, sem muitas dificuldades e melhorar o desempenho na avaliação inicial, o treinamento poderá ser considerado eficaz e poderá beneficiar outras crianças. O participante deste estudo, seu filho terá os benefícios do treinamento auditivo.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. A principal investigadora é a Dra. Eliane Schochat que pode ser encontrada no endereço: Rua Cipotânea, 51 - Cidade Universitária – Telefone: 3091-7453 e-mail: eschocha@usp.br. A pesquisadora executante é a fonoaudióloga Mayra Monteiro Pires que pode ser encontrada no endereço: Rua Cipotânea, 51 - Cidade Universitária – Telefone (11) 951228178 e-mail: may_pires@hotmail.com. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Av. Dr. Arnaldo, 251 - Cerqueira César – 21º andar – sala 36 tel: 3893-4401/3893-4407 – E-mail: cappesq@hcnet.usp.br

É garantida a liberdade de retirar o consentimento e de deixar de participar do estudo a qualquer momento; Os resultados das avaliações de seu filho serão analisados em conjunto com os outros participantes da pesquisa. Em nenhuma hipótese, o nome de seu filho e dos outros participantes serão divulgados a terceiros.

O participante também tem direito de ser mantido atualizado sobre os resultados das pesquisas ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores.

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

As pesquisadoras se comprometem a utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Eu discuti com a Dra. Eliane Schochat e com a pesquisadora Mayra Monteiro Pires sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “O treinamento auditivo em trocas ortográficas pelo traço de sonoridade.” Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que não terei nenhuma despesa para participar da pesquisa e que tenho garantia do acesso ao tratamento ambulatorial quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido.

----- Data ____/____/____

Assinatura do responsável

----- Data ____/____/____

Assinatura da testemunha

para casos de pacientes menores de 18 anos.

(Somente para o responsável do projeto)

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

Eliane Schochat
Responsável pelo estudo

Data 16/06 / 2015

ANEXO C – Termo de assentimento

TERMO DE ASSENTIMENTO

Assentimento informado para

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa: “*Treinamento auditivo em trocas ortográficas pelo traço de sonoridade*”. Neste estudo, traduzimos e adaptamos um jogo de computador que foi criado nos Estados Unidos. Gostaríamos de saber se o joguinho está funcionando como o planejado e saber como é o desempenho das crianças brasileiras.

Queremos estudar esse assunto porque muitas crianças têm dificuldades para perceber o som de algumas letras. Essas dificuldades fazem com que a criança escute, mas não entenda bem o que foi falado. Esse jogo de computador é um jeito divertido de treinar as crianças para fazer atividades relacionadas a quem tem esse tipo de dificuldade.

Para este estudo, passaremos pelas seguintes etapas: questionários para os responsáveis, avaliação inicial, treino (joguinho de computador na sala de informática) e avaliação final (repetição dos testes da avaliação inicial).

Para participar deste estudo, seu responsável deverá assinar uma autorização. Você não precisará pagar nada e também não ganhará nada para fazer esta pesquisa. Eu vou te informar e convidá-lo a participar desta pesquisa. Você poderá escolher se quer participar ou não. Discutimos esta pesquisa com seus responsáveis e eles sabem que também estamos pedindo seu acordo. Se você vai participar na pesquisa, seus responsáveis também terão que concordar e assinar uma autorização. Mas se você não quiser participar da pesquisa, não é obrigado, até mesmo se seus responsáveis concordarem. Ninguém vai saber que você participou desse estudo e seu nome não será escrito em nenhum lugar. Essa pesquisa tem risco mínimo (o mesmo risco de atividades como conversar, tomar banho, ler, etc).

Você pode discutir qualquer coisa deste formulário com seus pais, amigos ou qualquer um com quem você se sentir à vontade de conversar. Você pode decidir se quer participar ou não depois de ter conversado sobre a pesquisa e não é preciso decidir imediatamente. Pode haver algumas palavras que não entenda ou coisas que você quer que eu explique mais detalhadamente porque ficou mais interessado(a) ou preocupado(a). Por favor, peça que para parar em qualquer momento e eu explicarei.

Participarão desta pesquisa, crianças de 9 a 11 anos, alunos de duas turmas de 4º ano na Escola de Aplicação da USP. A primeira turma irá passar por todas as etapas do estudo. Já a segunda turma, realizará apenas as avaliações e não passará pelo treino. A escolha das turmas foi feita por sorteio. Caso haja interesse, os alunos da segunda turma poderão passar pelo treino depois que este estudo terminar.

Quando a pesquisa terminar, você e seus responsáveis saberão dos resultados, caso tenham interesse. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com a pesquisadora responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos.

Este termo tem duas cópias, sendo que uma será guardada pela pesquisadora responsável, e a outra será dada a você.

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade _____ (se já tiver documento), fui informado(a) dos objetivos deste estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei pedir novas informações, e o meu responsável poderá mudar a decisão de participar se quiser. Tendo a autorização do meu responsável já assinada, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo e tive a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

São Paulo, ____ de _____ de 2014.

Assinatura do(a) menor

Assinatura da pesquisadora

Em caso de dúvidas sobre os aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – FMUSP
Av. Dr. Arnaldo, 251 - Cerqueira César – 21º andar – sala 36
Telefone: 3893-4401/3893-4407
E-mail: cappesq@hcnet.usp.br

Mayra Monteiro Pires
Rua Cipotânea, 51 - Cidade Universitária
Telefone: 3091-7453
E-mail: may_pires@hotmail.com

ANEXO D – Questionário para os responsáveis

QUESTIONÁRIO PARA OS RESPONSÁVEIS

NOME Idade:.....

DN:.....Turma:..... Data:.....

Responsável:

Parto: Normal () Cesária () Fórceps (). Gestação () Termo () Prematuro () Ficou na incubadora? () sim () não. Caso sim, por quanto tempo?

Intercorrências

Neonatais:.....

Escuta bem em ambiente silencioso ? () sim () não

Escuta bem em ambiente ruidoso ? () sim () não Localiza o som? () sim () não

Agitado? () sim () não. Desatendo? () sim () não. Muito quieto? () sim () não

Compreende bem a conversação? () sim () não. Pede para repetir a fala? () sim () não

Apresenta alguma dificuldade na fala? () sim () não. Se sim, qual?.....

Tem dificuldade na escrita? () sim () não E na leitura? () sim () não. Demorou para aprender a falar? () sim () não. Iniciou a falar com?.....

Dificuldade para aprender a andar?..... Quando começou a andar?.....Demorou para aprender a ler? E para escrever? () sim () não

Com quantos anos começou a ler e escrever? Teve ou tem outras dificuldades escolares? () sim () não. Se sim, quais?.....Repetiu de ano? () sim () não, se sim, quantas vezes e quais séries? Tem boa memória ? () sim () não Está sendo medicado?

Se sim, qual medicamento?..... Apresenta algum quadro neurológico? () sim () não

Já teve episódios de otite nos primeiros anos de vida? () sim () não Se sim, descreva..... Já teve amigdalite? () sim () não. Doenças respiratórias() sim () não. Apneia do sono ? () sim () não Já teve convulsão ?() sim () não. Quando?.....

Outras doenças?..... Está sendo acompanhado por algum médico?.....

Faz acompanhamento psicológico?() sim () não. Fonoaudiológico?() sim () não. Já fez alguma vez e por que?..... Quanto tempo?..... Apresenta alguma dificuldade visual? Se sim, usa óculos?..... Já fez audiometria alguma vez? () sim () não. Se sim, qual o resultado?..... Faz aula de música? () sim () não. Se sim, qual instrumento?..... Tem dificuldade para interagir com outras crianças?.....

Considerações:.....

.....

.....

.....

ANEXO E – Texto da avaliação de escrita

“Na famosa feira livre, realizada no segundo sábado de agosto, podemos comprar diversas frutas e verduras, diretas da lavoura: repolho, batata, banana, cebola, abóbora, abacate, morango, alface, tomate, pêssego e laranjas. Também podemos comprar geleia, farofa salgada e sorvete. Algumas feiras também vendem produtos de artesanato, como tapetes, sapatos, cadeiras, cabides, casacos, toalhas, brinquedos, petecas, chupetas, vestidos, jaquetas, leques, telefones, vassouras e até xaropes e cerveja em garrafas. Na segunda-feira, a professora pediu uma tarefa: fazer um desenho de uma época da natureza. O Pedrinho fez um desenho com todo o capricho, nem precisou usar a borracha. O desenho tinha muitas árvores e nuvens; também tinha um cachorro, um cavalo, um cágado, alguns caramujos e muitas borboletas. Mas tinha também um tijolo, um machado, um fósforo, um foguete, um capacete, uma antena, um parafuso e um esqueleto. No final, ele foi pegar a tesoura e a fita na gaveta da professora, mas ela estava fechada. Então ele pediu a chave, abriu o cadeado e pendurou seu trabalho no vidro da janela, junto com uma mensagem. ”

ANEXO F – Ditado da avaliação da escrita

Quadro 8 – Lista de palavras de com consoantes plosivas

	/P/	/B/	/T/	/D/	/K/	/G/
Pré-tônico	Capacete	Batata	Tapete	Danado	Casaco	Gaveta
Pré-tônico	Peteca	Bebê	Tesoura	Cadeado	Esqueleto	Freguesia
Pré-tônico	Polícia	Borboleta	Tomate	Adoçante	Comida	Logotipo
Tônico	Sapato	Babado	Batata*	Soldado	Abacate	Jogada
Tônico	Chupeta	Cabeça	Antena	Cadeira	Brinquedo	Foguete
Tônico	Repolho	Cebola	Atômico	Mordomo	Escova	Agosto
Pós-tônico	Desculpa	Sábado	Borboleta	Fechada	Peteca	Cágado
Pós-tônico	Tacape	Bêbado	Foguete	Cabide	Leque	Merengue
Pós-tônico	Época	Abóbora	Sapato	Machado	Casaco	Morango

Quadro 9 – Lista de palavras com as consoantes fricativas

	/F/	/V/	/S/	/Z/	/ʃ/	/ʒ/
Pré-tônico	Fachada	Vassoura	Sapato	Zagueiro	Xarope	Janela
Pré-tônico	Professora	Vestido	Cebola	Zelador	Chegada	Geleia
Pré-tônico	Foguete	Volume	Sorvete	Gasolina	Colchonete	Jogada
Tônico	Alface	Cavalo	Calçada	Casaco	Fechada	Jaca
Tônico	Foguete	Gaveta	Capacete	Desenho	Peixeiro	Mensagem
Tônico	Telefone	Lavoura	Professora*	Tesoura	Cachorro	Tijolo
Pós-tônico	Garrafa	Escova	Cabeça	Famosa	Borracha	Laranja
Pós-tônico	Bife	Couve	Pêssego	Quinze	Boliche	Garagem
Pós-tônico	Fósforo	Árvore	Balanço	Parafuso	Capricho	Caramujo

*As palavras que contém asterisco são repetidas, mas estão em contextos diferentes de tonicidade.

ANEXO G – Folha de registo do Teste de Padrão de Frequência

Quadro 10 – Teste Padrão de Frequência (Musiek, 1994)

1	GGA ____	16	GAA ____	31	AAG ____
2	GAA ____	17	AGG ____	32	GGA ____
3	AGG ____	18	GGA ____	33	AGA ____
4	AAG ____	19	AAG ____	34	GAA ____
5	AGA ____	20	GGA ____	35	GAG ____
6	GAG ____	21	GAG ____	36	AGG ____
7	GAA ____	22	AGA ____	37	GGA ____
8	GGA ____	23	GAA ____	38	AGG ____
9	AAG ____	24	AGG ____	39	GAA ____
10	AGA ____	25	GGA ____	40	GAG ____
11	GAG ____	26	AGG ____	Acertos:	
12	AGG ____	27	GAG ____		
13	AAG ____	28	GAA ____		
14	GAG ____	29	AAG ____		
15	AGA ____	30	AGA ____		

ANEXO H – Folha de registro do GIN

Quadro 11 – GIN

Faixa 2 - Treino

Faixa 3 - Teste

	Duração do gap (ms)
1	15 . 5 . 20
2	8 . 8 . 5
3	5
4	15
5	5 . 10 . 10
6	20 . 8 . 8
7	10 . 10
8	-
9	20 . 15 . 15
10	20

	Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)		Duração do gap (ms)
1	15 . 2 . 5	11	6 . 12 . 12	21	5	31	4
2	15	12	6	22	8 . 20	32	4 . 10
3	6 . 10	13	15	23	12 . 10	33	15 . 8
4	6 . 20 . 6	14	5	24	8	34	8 . 8
5	4	15	3 . 6	25	20 . 2	35	12 . 12
6	12	16	2 . 3 . 20	26	3 . 2	2ms	/6 8ms /6
7	3 . 4	17	-	27	5 . 15	3ms	/6 10ms /6
8	10 . 10	18	5 . 4	28	2 . 20 . 8	4ms	/6 12ms /6
9	5	19	10	29	3 . 4	5ms	/6 15ms /6
10	-	20	2	30	3 . 15 . 20	6ms	/6 20ms /6

ANEXO I – Folha de registro do Teste Temporal Progressivo

Tarefa de Discriminação***Padrão de frequência***Faixa 8
Treino 3Faixa 9
Teste 5
200msFaixa 10
Teste 6
100ms***Padrão de duração***Faixa 11
Treino 4Faixa 12
Teste 7
300/600msFaixa 13
Teste 8
200/400 ms

1. FG	☐	1. GG (100)	☐	1. GG (100)	☐	1. CL	☐	1. CL (100)	☐	1. CL (100)	☐
2. GG	☐	2. FG (250)	☐	2. FG (250)	☐	2. CC	☐	2. CC (200)	☐	2. CC (200)	☐
3. FF	☐	3. FF (50)	☐	3. FF (50)	☐	3. LL	☐	3. LL (50)	☐	3. LL (50)	☐
4. GF	☐	4. GF (100)	☐	4. GF (100)	☐	4. LC	☐	4. LC (250)	☐	4. LC (250)	☐
5. GF	☐	5. GG (150)	☐	5. GG (150)	☐	5. LL	☐	5. LL (150)	☐	5. LL (150)	☐
6. FF	☐	6. GF (150)	☐	6. GF (150)	☐	6. LC	☐	6. LC (200)	☐	6. LC (200)	☐
7. FG	☐	7. FF (200)	☐	7. FF (200)	☐	7. LL	☐	7. CL (150)	☐	7. CL (150)	☐
8. GG	☐	8. GF (50)	☐	8. GF (50)	☐	8. LC	☐	8. CC (250)	☐	8. CC (250)	☐
9. GF	☐	9. FG (100)	☐	9. FG (100)	☐	9. CC	☐	9. LL (100)	☐	9. LL (100)	☐
10. FF	☐	10. FF (200)	☐	10. FF (200)	☐	10. CL	☐	10. CL (250)	☐	10. CL (250)	☐
11. GG	☐	11. GG (100)	☐	11. GG (100)	☐	11. CC	☐	11. CC (50)	☐	11. CC (50)	☐
12. FG	☐	12. FG (50)	☐	12. FG (50)	☐	12. CL	☐	12. LC (250)	☐	12. LC (250)	☐
		13. GF (50)	☐	13. GF (50)	☐			13. CL (150)	☐	13. CL (150)	☐
		14. FF (250)	☐	14. FF (250)	☐			14. CC (100)	☐	14. CC (100)	☐
		15. FF (150)	☐	15. FF (150)	☐			15. CL (50)	☐	15. CL (50)	☐
		16. FG (200)	☐	16. FG (200)	☐			16. LL (200)	☐	16. LL (200)	☐
		17. GG (200)	☐	17. GG (200)	☐			17. CL (100)	☐	17. CL (100)	☐
		18. GF (50)	☐	18. GF (50)	☐			18. LL (200)	☐	18. LL (200)	☐
		19. FG (250)	☐	19. FG (250)	☐			19. LC (50)	☐	19. LC (50)	☐
		20. FF (150)	☐	20. FF (250)	☐			20. CC (150)	☐	20. CC (150)	☐
		21. GG (100)	☐	21. GG (100)	☐			21. CC (150)	☐	21. CC (150)	☐
		22. GF (150)	☐	22. GF (150)	☐			22. LL (250)	☐	22. LC (250)	☐
		23. FG (250)	☐	23. FG (250)	☐			23. CL (100)	☐	23. CL (100)	☐
		24. FF (200)	☐	24. FF (200)	☐			24. LL (150)	☐	24. LL (150)	☐
		25. GF (250)	☐	25. GF (250)	☐			25. LC (50)	☐	25. LC (50)	☐
		26. GG (250)	☐	26. GG (200)	☐			26. LC (200)	☐	26. LL (200)	☐
		27. FG (150)	☐	27. FG (150)	☐			27. LL (250)	☐	27. LL (250)	☐
		28. GF (100)	☐	28. GF (100)	☐			28. LL (100)	☐	28. LL (1000)	☐
		29. GG (250)	☐	29. GG (250)	☐			29. CC (150)	☐	29. CC (150)	☐
		30. FG (200)	☐	30. FG (200)	☐			30. CL (50)	☐	30. CL (50)	☐
		31. FF (150)	☐	31. FF (150)	☐			31. LC (200)	☐	31. LC (200)	☐
		32. GG (250)	☐	32. GG (250)	☐			32. CC (250)	☐	32. CC (250)	☐
		33. FG (200)	☐	33. FG (200)	☐			33. CC (100)	☐	33. CC (100)	☐
		34. FF (150)	☐	34. FF (150)	☐			34. LC (200)	☐	34. LC (200)	☐
		35. GF (50)	☐	35. GF (50)	☐			35. LC (50)	☐	35. LC (50)	☐
		36. FG (250)	☐	36. FG (250)	☐			36. CL (250)	☐	36. CL (250)	☐
		37. GF (50)	☐	37. GF (50)	☐			37. LL (150)	☐	37. LL (150)	☐
		38. GG (100)	☐	38. GG (100)	☐			38. CC (100)	☐	38. CC (100)	☐
		39. FF (50)	☐	39. FF (50)	☐			39. LC (200)	☐	39. LC (200)	☐
		40. GG (100)	☐	40. GG (100)	☐			40. CL (50)	☐	40. CL (50)	☐

9 REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdo AGR, Murphy CFB, Schochat E. Habilidades auditivas em crianças com dislexia e transtorno do déficit de atenção e hiperatividade. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 2010; 22(1): 25-30.

Abeles M, Goldstein Jr MN. Responses of single units in the primary auditory cortex of the cat to tones and to tone pairs. *Brain Research*. 1972; 42(2):337-52.

Agnew J A, Dorn C , Edeng F. Effect of intensive training on auditory processing and reading skills. *Brain and Language*. 2004; 88: 21-25.

Ahmed SM, Tawfikb SM, Bakra MS, Abdelhaleema EK, Enass SM. Remediation of central auditory processing disorders in children with learning disability: a comparative study. *Journal of Current Medical Research and Practice*. 2017:86-91.

Alho K, Woods DL, Algazi A. Processing of auditory stimuli during auditory and visual attention as revealed by event-related potentials. *Psychophysiology*. 1994; 31(5):469–479.

Alho K. Cerebral generators of mismatch negativity (MMN) and its magnetic counterparts (MMNm) elicited by sound changes. *Ear and Hearing*. 1995; 16(1):38-51.

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

American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed, text revision). Washington, DC: Author

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

American Academy of Audiology Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis, Treatment and Management of Children and Adults with Central Auditory Processing Disorder; 2010.

Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes, FDM, Wertzner HF. ABFW: teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática, *Pró-Fono*, 2004.

Aoki C, Siekevitz P. Plasticity in brain development. *Scientific American*. 1988; 259(6):56-64.

Arnaut MA, Hackerott MMS, Bueno GJ, Nepomuceno PF, Ávila CRB. Erros de base fonológica na escrita: codificação de surdas e sonoras, segmentação e junção vocabular. *Audiol Commun Res*. 2014; 19(3):264-71.

Bamiou DE, Musiek FE, Stow I, Stevens J, Cipolotti L, Brown MM, Luxon LM. Auditory temporal processing deficits in patients with insular stroke. *Neurology*. 2006; 3(67): 614-619.

Banai K, Abrams D, Kraus N. Brainstem timing: Implications for cortical processing and literacy. *J Neuroscience*. 2005; 25:9850-7.

Bearzoti Filho, P. Formação linguística do Brasil: Nova Didática; 2002.

Beitel RE, Schreiner CE, Cheung SW. Reward-dependent plasticity in the primary auditory cortex of adult monkeys trained to discriminate temporally modulated signals. *Proc Natl Acad Sci*. 2003; 10:11070-11075.

Bishop DV, Edmundson A. Specific language impairment as a maturational lag: evidence from longitudinal data on language and motor development. *Dev Med Child Neurol*. 1987; 29(4):442-59.

Bird J, Bishop DVM, Freeman NH. Phonological awareness and literacy development in children with expressive phonological impairments. *Journal of Speech and Hearing Research*. 1995; 38:446-462.

Bitz U, Gust K, Spitzer M, Kiefer M. Phonological deficit in school children is reflected in the mismatch negativity. *NeuroReport*. 2007; 18 (9): 911-915.

Booth JR, Perfetti CA, MacWhinney B, Hunt SB. The association of rapid temporal perception with orthographic and phonological processing in children and adults with reading impairment. *Scientific studies of reading*. 2000; 4:101-32.

Bousquet S, Cogis D, Ducard D, Massonet J, Jaffré JP. Acquisition de l'orthographe et mondes cognitifs. *Rev Fr Pedagog*. 1999; 126:23-37.

Borges CF. Processamento temporal auditivo em crianças com transtorno de leitura. [dissertação]. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, 2005.

Burns, M. Application of Neuroscience to Remediation of Auditory Processing, Phonological, Language, and Reading Disorders. In: Geffner D, Ross-Swain. *Auditory Processing Disorders*, Plural Publishing, 2013.

Buonomano D., Karmakar U. How do we tell time? *The Neuroscientist*. 2002; 8: 42-51.

British Society of Audiology. Auditory Processing Disorder Steering Committee Interim Position Statement on APD. 2017. Available from www.thebsa.org.uk.

Caccace AT, McFarland DJ, Ouimet JR, Schrieber EJ, Marro P. Temporal processing deficits in remediation-resistant reading-impaired children. *Audiology and Neuro-Otology*. 2000; 5: 83–97.

Calcus A, Deltenre P, Hoonhorst I, Collet G, Markessis E, Colin C. MMN and P300 are both modulated by the featured/featureless nature of deviant stimuli. *Clin Neurophysiol*. 2015; 126(9):1727-34.

Cagliari, L. C. Alfabetização e linguística. São Paulo: Editora Scipione; 1989.

Capellini AS, Amaral A, Oliveira AB, Sampaio NA, Fusco N, Cervera-Mérida, Ygual-Fernández. Desempenho ortográfico de escolares do 2º ao 5º ano do ensino público. *J Soc Bras Fonoaudiol*. 2011; 23 (3): 227-36.

Castles A, Coltheart M. Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*. 2004; 91(77)111-78.

Carvalho RMM. O efeito do reflexo estapediano no controle da passagem da informação sonora. In: Schochat E: *Processamento auditivo*, Lovise; 1996.

Chbanr, DT. Desenvolvimento de sistema para conversão de textos em fonemas no idioma português. [Dissertação]. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. 1994.

Cheour M, Alho K, Ceponiene R, Sainio K, Pohjavuori M, Aaltonen O, Näätänen R. Maturation of mismatch negativity in infants. *Dev Neuropsychol*. 1998.

Chermack G, Bamiou DE, Iliadou VV, Musiek F. Practical guidelines to minimize language and cognitive confounds in the diagnosis of CAPD: a brief tutorial. *International Journal of Audiology*. 2017:1-8.

Chobert J, François C, Habib M, Besson M. Deficit in the preattentive processing of syllabic duration and VOT in children with dyslexia. *Neuropsychologia*. 2012; 50(8):2044-55.

Cristofolini C. Trocas ortográficas: uma interpretação a partir de análises acústicas. [dissertação]. Programa de Pós-Graduação em Linguística; 2008.

Cristofolini C, Seara IC. Um estudo do VOT em crianças de 9 e 10 anos de idade. *Pesquisa e Extensão da UFSC*. 2007.

Chobert J, François C, Velay JL, Besson M. Twelve months of active musical training in 8 to 10 year old children enhances the preattentive processing of syllabic duration and voice onset time. *Cerebral Cortex*. 2012; 24:956-967.

Chung KKH, McBride-Chang C, Wong SWL, Cheung H, Penney TB, Ho CSH. The role of visual and auditory temporal processing for Chinese children with developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*. 2008; 58: 15–35.

Cowan N, Winkler I, Teder W, Näätänen R. Memory prerequisites of the mismatch negativity in the auditory event-related potential (ERP). *J Exp Psychol: Human Percept Perform* 1993; 19:909–21.

Cohen W, Hodson A, O'hare A, Boyle J, Durranti D, Mccartneye, Mattery, Naftalinl, Watsonj. Effects of computer-based intervention through acoustically modified speech (Fast ForWord) in severe mixed receptive-expressive language impairment: outcomes from a randomized controlled trial. *Journal of Speech, Language, and Hearzng*.2005; 48: 715-729.

Cunningham J, Nicol T, Zecker S, Kraus N. Speech-evoked neurophysiologic responses in children with learning problems: development and behavioral correlates of perception. *Ear and Hearing*. 2000; 21:554-568.

Dalebout SD, Stack JW. Mismatch negativity to acoustic differences not differentiated behaviorally. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1999; 10: 388-399.

Datta H, Shafer V, Moor M, Kurtzberg D, Schwartz R. Electrophysiological Indices of Discrimination of Long-Duration, Phonetically Similar Vowels in Children With Typical and Atypical Language Development. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2010; 53:757-777.

Davis PA. The electrical response of the human brain to auditory stimulation during sleep. *J Neurophysiol*. 1939; 126:475-476.

Davids N, Segers E, Brink DVD, Mitterer H, Balkom HV, Hagoort P, Verhoeven L. The nature of auditory discrimination problems in children with specific language impairment: An MMN study. *Neuropsychologia*. 2011; 48: 19-28.

Degé F, Schwarzer G. The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers. *Frontiers in Psychology*. 2011;2: 1-7.

Eggermont JJ. On the rate of maturation of sensory evoked potentials. *Acta Otolaryngol*.1988; 70:293-305.

Eggermont JJ. Auditory temporal processing and its disorders. Oxford University press; 2015.

Eimas PD. Speech perception in infants. *Science*. 1971; 3968(171):303-306.

Eimas PD. The perception of speech in early infancy. *Scientific American*. 1985;1(252):46-52.

Escera C, Alho K, Schröger E, Winkler I. Involuntary attention and distractibility as evaluated with event-related brain potentials. *Audiol. Neurotol*. 2000; 5:151–166.

Ferguson M, Henshaw H. auditory training can improve working memory, attention, and communication in adverse conditions for adults with hearing loss. *Front Psychol.* 2015;6:556.

Forrest K, Rockman BK. Acoustic and perceptual analysis of word-initial stop consonants in phonologically disordered children. *J Speech Hear Res.* 1988 Set; 3: 449-59.

Ferreiro E. Reflexões sobre alfabetização. São Paulo: Ed. Cortez; 1986.

Filippini R, Befi-Lopes DM e Schochat E. Efficacy of auditory training using the auditory brainstem response to complex sounds: auditory processing disorders and specific language impairment. *Folia Phoniatria et Logopaedica.* 2012; 64(5):217-226.

Fitzgerald PG; Picton TW. Temporal and sequential probability in evoked potential studies. *Can. J. Psychol.* 1981; 35: 180-200.

Fowler AE. How early phonological development might set the stage for phoneme awareness. In: Brady SA, Shankweiler DP: *Phonological Processes in Literacy: A Tribute to Isabelle Y. Liberman.* Hillsdale. Lawrence Erlbaum Associates: Publishers; 1991. p. 97–117.

Friel-Patti S, DesBarres K, Thibodeau L. Case Studies of Children Using Fast ForWord. *American Journal of Speech-Language.* 2001; 10: 203-215.

Fritz JB, Elhilali M, David SV, Shamma SA. Does attention play a role in dynamic receptive field adaptation to changing acoustic salience in A1? *Hear. Res.* 2007; 229: 186–203.

Forrest K, Rockman BK. Acoustic and perceptual analysis of word-initial stop consonants in phonologically disordered children. *J Speech Hear Res.* 1988 Set; 3: 449-59.

Hugdahl K, Westerhausen R, Alho K, Medvedev S, Hämäläinen H. The effect of stimulus intensity on the right advantage in dichotic listening. *Neurosci. Lett.* 2008; 431:90-4.

Galuschka K, Schulte-Körne G. The Diagnosis and Treatment of Reading and/or Spelling Disorders in Children and Adolescents. *Dtsch Arztebl Int.* 2016; 113: 279–86.

Galaburda AM, Cestnick L. Dislexia de desarrollo. *Revista de Neurología.* 2003; 36:3-9.

Gilbert CD, Sigman M, Crist RE. The neural basis of perceptual learning. *Neuron.* 2001; 31:681-97.

Giliam RB, Loeb FD, Hoffman LM, Champlin TBC, Thibodeau L, Widen JJB, Friel-Patti S. The Efficacy of Fast ForWord Language Intervention in School-Age Children with language impairment: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research.* 2008; 109(251): 97-119.

Grasby PM, Frith CD, Fritson KJ, Bench C, Frackowiak RSJ, Dolan RJ. Functional mapping of brain areas implicated in auditory—verbal memory function. *Brain*. 1993;116:1-20.

Groth K, Lachmann T, Riecker A, Muthmann I, Steinbrink C. Developmental dyslexics show deficits in the processing of temporal auditory information in German vowel length discrimination. *Reading and Writing*. 2011; 24: 285–303.

Grunwell, P. Os desvios fonológicos evolutivos numa perspectiva linguística. In: Yavas: MS. Desvios fonológicos em crianças: teoria, pesquisa e tratamento. Porto Alegre: Mercado Aberto; 1990.

Habib M, Rey V, Daffaure V, Camps R, Espesser R, Joly-Pottuz B, Démonet JF. Phonological training in children with dyslexia using temporally modified speech: a three-step pilot investigation. *Int J Lang Commun Disord*. 2002; 37:289-308.

Hall JW. *Handbook of Auditory Evoked Responses*: Allyn and Bacon; 1992.

Hartley DEH, Wright BA, Hogan SC, Moore DR. Age related improvements in auditory backward and simultaneous masking in 6 to 10 year old children. *J. Speech Lang. Hear*. 2000; 43: 1402–1415.

Hautus MJ, Setchell GJ, Waldie KE, Kirk IJ. Age-related improvements in auditory temporal resolution in reading-impaired children. *Dyslexia*. 2003; 9, 37–45.

Hayes AE, Warrier CM, Nicol TG, Zecker SG, Kraus N. Neural plasticity following auditory training in children with learning problems. *Clinical Neurophysiology*. 2003; 114:673–684.

Heiervang E, Stevenson J, Hugdahl K. Auditory processing in children with dyslexia. *J Child Psychol Psychiatry* 2002; 43: 931-938.

Henning TR, Costa MJ, Rossi AG, De Moraes AB. Efeitos da reabilitação auditiva na habilidade de ordenação temporal em idosos usuários de prótese auditiva. *J Soc Bras Fonoaudiolog*. 2012; 24(1):23-33.

Hawkey DJC, Amiatay S e Moore DR. Early and rapid perceptual learning. *Nature Neuroscience*. 2004; 7 (10):1055-1056.

Halliday LF, Moore DV, Taylor JF, Amitay S. Dimension-specific attention directs learning and listening on auditory training tasks. *Atten Percept Psychophys*. 2011 Jul; 73(5): 1329-35.

Hornickel J, Kraus N. Unstable representation of sound: a biological marker of dyslexia. *J. Neurosci*. 2011; 33: 3500–3504. Ingelghem MV, Wieringen A, Wouters J, Vendenbussche E, Onghena P, Ghesquiere P. Psychophysical evidence for a general temporal processing deficit in children with dyslexia. *Cogn Neurosci Neuropsychol*. 2001; 12:3603-6.

Hornickel J, Skoe E, Kraus N. Subcortical laterality of Speech Encoding. *Audiol Neurotol*. 2009;14:198-207.

Irvine DRF, Wright BA. Plasticity in spectral processing. In: Malmierca M, Irvine DRF. *Auditory Spectral Processing*. Elsevier; San Diego: 2005. pp. 435–472.

Jasper HA. The ten-twenty system of the International Federation of Electroenceph. Clin Neurophysiol. 1958; 10:371-75.

Jirsa R. The clinical utility of the P3 AERP in children with auditory processing disorders. *J Speech Hear Res*. 1993; 35:903-912.

Kass J. Plasticity of sensory representations in the auditory and other systems of adult mammals. In Salvi RJ, Henderson FF, Colletti J. *Auditory system plasticity and regeneration*. Thieme Medical Publishers, New York, p.213. 1996.

Kimura D. A note on cerebral dominance in hearing. *Acta Otolaryngol*. 1963; 56: 617-618.

Klatt DH. Software for a cascade/parallel formant synthesizer. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1980; 67:971-995.

Koravand A, Jutras B, Lassonde M. Abnormalities in cortical auditory responses in children with central auditory processing disorder. *Neuroscience*. 2017; 346:135–148.

Kok A. On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*. 2001; 38: 557–577.

Kraus N, McGee T, Carrell T, Sharma A, Carrell T, Nicol T. Speech evoked cortical potentials in children. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1993; 4:238-48.

Kraus N, McGee T. Auditory Event Related Potentials. In: Katz J. *Handbook of clinical Audiology*: Baltimore. Williams e Wilkins; 1994.

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

Kraus N, McGee TJ, Carrell TD, Zecker SG, Nicol TG, Koch DB. Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in children with learning problems. *Science*. 1996; 273:971-973.

Kraus N, Koch DB, McGee TJ, Nicol TG, Cunningham J. Speech-sound discrimination in school-age children: psychophysical and neurophysiologic measures. *J Speech Language Res*. 1999.

Kraus N, McGee T. Speech Sound Representation in the Brain. *Audiol Neurotol*. 2000; 5:140-150.

Kraus N, Tierney A. Music Training for the Development of Reading Skills. *Progress in Brain Research*. 2013; 207: 209-242.

Koravand A, Jutras B, Lassonde M. Abnormalities in cortical auditory responses in children with central auditory processing disorder. *Neuroscience*. 2017; 346: 135-148.

Korpilahti P, Krause CM, Holopainen I, Lang AH. Early and late mismatch negativity elicited by words and speech-like stimuli in children. *Brain Lang*. 2001; 76(3):332-9.

Kuhl PK, Miller JD. Speech perception by the chinchilla: identification functions for synthetic VOT stimuli. *J Acoustic Soc Am*. 1978; 63:905-907.

Kuhl PK, Conboy BT, Coffey-Corina S, Padden D, Rivera-Gaxiola M, Nelson T. Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded. *Philos Trans R Soc Lond*. 2008; 363(1493):979–1000.

Kujala T, Karma K, Ceponiene R, Belitz S, Turkkila P, Tervaniemi M, and Näätänen R. Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children. 2001; 98(18): 10509–10514.

Kujala A, Alho K, Service E, Ilmoniemi RJ, Conolly JF. Activation in the anterior left cortex associated with phonological analysis of speech input: localization on the phonological mismatch negativity response with MEG. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2004; 21(1):106-13.

Kujala, T., Näätänen, R. The adaptive brain: a neurophysiological perspective. *Prog. Neurobiol*. 2010; 91:55–67.

Kolb B. Brain plasticity and behavior. Mahwah: Lawrence Erlbaum; 1995.

Kurkela JLO, Lipponen JA, Hämäläinen L, Näätänen R, Astikainen P. Passive exposure to speech sounds induces long-term memory representations in the auditory cortex of adult rats. *Scientific Reports*. 2016; 6 (10):1-8.

Korpilahti P, Krause CM, Holopainen I, Lag AH. Early and late mismatch negativity elicited by words and speech-like stimuli in children. *Brain Lang*. 2001;76 (3): 332-39.

Kwong T, Brachman KJ. Strategy Choice Mediates the Link between Auditory Processing and Spelling. *Plos One*. 2014 ; 9(9): 107-131.

Laasonen M, Service E, Virsu V. Temporal order and processing acuity of visual, auditory and tactile perception in developmentally dyslexic young adults. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*. 2001; 1:394–410.

Landerl K, Willburger E. Temporal processing, attention, and learning disorders. *Learning and Individual Differences*. 2010; 20: 393–401.

Lamprecht RR. Aquisição da fonologia na faixa etária de 2:9 a 5:5. *Letras de Hoje*. 1993; 28(2):107-17.

Lamprecht R. Aquisicao fonologica do português. Perfil de desenvolvimento e subsídios para terapia: Artmed; 2004.

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

Lessa AH, Hennig TR, Costa MJ, Rossi AG. Resultados da reabilitação auditiva em idosos usuários de próteses auditivas avaliados com teste dicótico. *Codas*. 2013; 25(2): 347-50.

Lewis BA, O'Donnell B, Freebairn LA, Taylor HG. Spoken language and written expression— Interplays of delays. *American Journal of Speech Language Pathology*. 2002; 7:66–73.

Lisker L, Abramson AS. A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements. *Word Journal of the International Linguistic Association*. 1964; 20:384-422.

Lovio R, Halttunen A, Lyytinen H, Näätänen R, Kujala T. Reading skill and neural processing accuracy improvement after a 3-hour intervention in preschoolers with difficulties in reading-related skills. *Brain research*. 2012; 1448:42-55.

Lowe AD, Campbell RA. Temporal discrimination in aphosoid and normal children. *J Speech Hearing Res*. 1965; 8:313-14.

Lund R. Development and plasticity of the brain: An introduction. New York: Oxford University Press; 1978.

Lyytinen H, Guttorm TK, Huttunen T, Hämäläinen, J, Leppänen PHT, Vesterinen M. Psychophysiology of developmental dyslexia: A review of findings including studies of children at risk for dyslexia. *Journal of Neurolinguistics*. 2005; 18, 167–195.

Männel C, Schaadt G, Ilnert FK, Meer E, Friederich AD. Phonological abilities in literacy-impaired children: Brain potentials reveal deficient phoneme discrimination, but intact prosodic processing. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2016; 23:14-25.

Mangabeira-Albernaz P, Mangabeira-Albernaz PL, Mangabeira-Albernaz LG, Mangabeira-Albernaz PF. *Otorrinolaringologia prática*: Sarvier; 1981.

Martin BA, Tremblay KL, Korczak P. Speech evoked potentials: from the laboratory to the clinic. *Ear Hear*. 2008; 29: 285–313.

Merzenich, M M, Jenkins W M. Cortical plasticity and learning: Some basic principles. In: B. Jules B, Kovacs I. *Maturational windows and adult cortical plasticity*: Addison-Wesley; 1995.

Merzenich M, Jenkins W, Jonhston P, Schreiner C, Miller S, Tallal P. Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training. *Science*. 1996; 271:77-80.

McArthur G. Test-retest effects in treatment studies of reading disability: the devil is in the detail. *Dyslexia*. 2007. 13(4): 240–252.

McArthur GM, Ellis D, Atkinson CM, Coltheart M. Auditory processing deficits in children with reading and language impairments: Can they (and should they) be treated? *Cognition*. 2008; 107:946–977.

Mc Arthur G, Atkinson C, Ellis E. Atypical brain responses to sounds in children with specific language and reading impairments. *Developmental Science*. 2009; 5(12): 768-783.

Meireles E, Correa J. A relação da tarefa de erro intencional com o desempenho ortográfico da criança considerados os aspectos morfosintáticos e contextuais da língua portuguesa. *Estudos de Psicologia*. 2006; 1(11): 35-43.

Medwetsky L. The utilization of computer software as a management tool for addressing CAPD. In: Geffner D, Ross-Swain. *Auditory Processing Disorders*: Plural Publishing; 2013.

Merzenich MM, Peterson B, Saunders G, Jenkins WM, Miller S, Tallal P. Pervasive developmental disorders: listening training and language abilities. In: Borman SH, Fletcher JM. *The changing nervous system*. New York, NY: Oxford University Press; 1999. p. 365–85.

Mezzomo CL, Bolli Mota H, Dias RF. Desvio fonológico: aspectos sobre produção, percepção e escrita. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2010; 15(4):554-60.

Moojen, S. Boletim da Associação Brasileira de Psicopedagogia. Nº 12, dezembro 1986, p.19-26.

Moojen, SM. A escrita ortográfica na escola e na clínica: teoria, avaliação e tratamento. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2009.

Moore DR. Plasticity of binaural hearing and some possible mechanisms following late-onset deprivation. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1993; 4(5):227-283.

Moore DR, Rosenberg JF, Coleman JS. Discrimination training of phonemic contrasts enhances phonological processing in mainstream school children. *Brain Lang*. 2005; 94:72–85.

Moore D, Fergunson MA, Halliday LF, Rilley A. Frequency discrimination in children: perception, learning and attention. *Hear Res*. 2008; 238:147-54.

Moore D, Halliday LF, Amitay S. Use of auditory learning to manage listening problems in children. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2009; 364: 409–420.

Morais AA, Rocha-Muniz CN, Schochat E. Efficacy of auditory training in elderly subjects. *Front. Aging Neurosci.* 2015; 7(78): 1-9.

Moreno S, Marques C, Santos A, Santos M, Castro SL e Besson M. Musical Training Influences Linguistic Abilities in 8-Year-Old Children: More Evidence for Brain Plasticity. *Cerebral Cortex.* 2009; 19:712-723.

Mota, MB, Resende, NCA. Metodologia da pesquisa em psicolinguística: desenvolvimento de uma ferramenta para a geração automática de pseudoverbos. *Letras de Hoje.* 2013; 48: 100-107.

Müller BW, Achenbach C, Oades, RD, Bender S, Schall U. Modulation of mismatch negativity by stimulus deviance and modality of attention. *Neuroreport.* 2002; 13: 1317–1320.

Muller-Gass A, Macdonald M, Schröger E, Sculthorpe L, Campbell K. Evidence for the auditory P3a reflecting an automatic process: elicitation during highly-focused continuous visual attention. *Brain Res.* 2007; 1170: 71–78.

Murphy CBF. Desenvolvimento de software para treinamento auditivo e aplicação em crianças com dislexia. [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2009.

Murphy CBF, Schochat E. How auditory temporal processing deficits relate to dyslexia. *Braz J Med Biol Res.* 2009; 42(7):647-653.

Murphy CBF, Pagan-Neves LO, Schochat E, Wertzner HF. Análise acústica de características temporais de consoantes no Português Brasileiro. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia.* 2009; 14(3):300-304.

Murphy CBF, Schochat E. Generalization of temporal order detection skill learning : two experimental studies of children with dyslexia. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research.* 2010; 43(4):359-366.

Murphy CBF, Schochat E. Effect of nonlinguistic auditory training on phonological and reading skills. *Folia Phoniatica et Logopaedica.* 2011; 63(3):147-153.

Murphy CBF, La Torre R, Schochat E. Associação entre habilidades top-down e testes de processamento auditivo. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology.* 2013;79(6):753-759.

Murphy CBF, Peres AK, Zachi E, Ventura D, Pagan-Neves L, Wertzner H, Schochat. Generalization of Sensory Auditory Learning to Top-Down Skills in a Randomized Controlled Trial. *J Am Acad Audiol.* 2015; 26:19–29.

Musiek FE, Pinheiro M, Wilson D. Auditory pattern perception in “split brain” patients. *Archives of Otolaryngology.* 1980; 106:610-612.

Musiek FE, Pinheiro M. Frequency patterns in cochlear, brainstem and cerebral lesions. *Audiology*. 1987; 26:78-88.

Musiek FE, Baran J, Pinheiro M. Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology*. 1990; 29:304-313.

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

Musiek FE, Berge, B. A neuroscience view of auditory training/stimulation and central auditory processing disorders. In: Masters M, Stecker N, Katz J. *Central Auditory processing disorders: Allyn and Bacon*; 1998.

Musiek, FE, Schochat E. Auditory training and central auditory processing disorders. A case study. *Seminars in Hearing*. 1998; 19(4): 357-366.

Musiek FE, Schinn J, Jirsa R, Bamiau D, Baran J, Zaiden E. The GIN (Gaps-in-Noise) Test performance in subjects with central auditory nervous system involvement. *Ear and Hearing*. 2005; 26(6): 608-18.

Musiek FE, Lee WW. Potencias auditivos de média e longa latência. In: Musiek F, Rintelmann WF. *Perspectivas atuais em avaliação auditiva: Manole*; 2001.

Musiek FE, Shinn JB, Hare CMA. Plasticity, auditory training and auditory processing disorders. *Seminars in Hearing*. 2002; 23(4):263-275.

Musiek FE, Zaidan EP, Baran JA, Shinn JB, Jirsa RE. Assessing Temporal Processes in adults with LD: the GIN test. In: *Convention of American Academy of Audiology*. Salt Lake City. *Annals.Salta lake City*. 2004:203

Musiek FE, Chermak GD, Weihing J. Auditory training. In: Musiek FE, Chermack GD. *Handbook of Central Auditory Processing Disorder: Plural Publishing*; 2007.

Näätänen R, Gaillard A, Mantysalo S. Early selective attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychol*. 1978; 42:313-29.

Näätänen R. The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function. *Behavioral and Brain Sciences*. 1990; 13:201–288.

Näätänen R. *Attention and brain function*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1992.

Näätänen R, Lehtokoski A, Lennes M, Cheour M, Huotilainen M, Livonen A, Vainio M, Alku P, Ilmoniemi RJ, Luuk A, Allik J, Sinkkonen J, Alho K. Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses, *Nature*. 1997; 385(6615):432-4.

Näätänen R. The perception of speech sounds by the human brain as reflect by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent MMNm. *Psychophysiology* 2001; 38:1-21.

Näätänen R, Tervaniemi M, Sussman E, Paavilainen P, Winkler I (2001) “Primitive intelligence” in the auditory cortex. *Trends Neurosci.* 2001; 24(5):283–288.

Näätänen R, Paavilainen P, Rinne T, Alho K. The Mismatch Negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: a review. *Clinical Neurophysiology* 2007; 118: 2544-2590.

Nobre-oliveira, D. The effect of perceptual training on the learning of English vowels by brazilian portuguese speakers. [Tese]. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Letras; 2007.

Nobile GG, Barrera SD. Análise de erros ortográficos em alunos do ensino público fundamental que apresentam dificuldades na escrita. *Psicol Rev.* 2009; 15(2):36-55.

Noordenbos MW, Segers E, Serniclaes W, Mitterer H, Verhoeven L. Neural evidence of allophonic perception in children at risk for dyslexia. *Neuropsychologia.* 2012; 50 (8):2010–2017.

Paavilainen P, Simola J, Jaramillo M, Naatanen R, Winkler I. Preattentive extraction of abstract feature conjunctions from auditory stimulation as reflect by the mismatch Negativity (MMN). *Psychophysiology.* 2001; 38 (2):359-65.

Perez AP, Pereira LD. O Teste *Gap in Noise* em crianças de 11 e 12 anos. *Pró-Fono R Atual Cient.* 2010; 22(1):7-12.

Picton TW, Alain C, Otten L, Ritter W, Achim A. Mismatch Negativity: different water in the same river. *Audiol Neurotol.* 2000; 5(4): 111-39.

Pinheiro, A. Vocabulário comum de alta, média e baixa frequência de ocorrência para crianças de 1ª a 4ª série do ensino fundamental (COHHS/DPH 168/03). Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1994.

Polich J, Criado JR. Neuropsychology and neuropharmacology of P3a and P3b. *Int. J. Psychophysiol.* 2006; 60: 172–185.

Ponton CW, Eggermont JJ, Kwong B, Don M. Maturation of human central auditory system activity: evidence from multi-channel evoked potentials. *Clin. Neurophysiol.* 2000; 111: 220–236.

Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D. *The Auditory Cortex.* Neuroscience. 2nd edition. Sunderland: Sinauer Associates; 2001.

Putkinen V, Tervaniemi M, Saarikivi K, de Vent N, Huottilainen M. Investigating the effects of musical training on functional brain development with a novel melodic MMN paradigm. *Neurobiol. Learn.* 2014; 110: 8–15.

Ramone L. Nativos entre nativos: Especializações acústicas de falantes com trocas referentes ao traço de sonoridade. [tese]. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Linguística; 2014.

Ranganath C, Rainer G. Neural mechanisms for detecting and remembering novel events. *Nat. Rev. Neurosci.* 2003; 4:193–202.

Rawool VWA. A Temporal Processing Primer. Temporal Processing in the Auditory System. In: Geffner D, Ross Swain D. Auditory Processing Disorders: Plural; 2006.

Rawool VWA. Temporal Processing in the Auditory System In: Geffner D, Ross-Swain. Auditory Processing Disorders: Plural Publishing; 2013.

Recanzone G, Schreiner C, Merzenich M. Plasticity in the frequency representation of primary cortex following discrimination training in adults owl monkeys. *J Neurosci.* 1993; 13:97-103.

Richgels DJ. Invented spelling ability and printed word learning in kindergarten. *Reading research quarterly.* 1995; 30:96-109.

Rocha-Muniz CN. Processamento de sinais acústicos de diferentes complexidades em crianças com alteração de percepção da audição ou da linguagem [tese]. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, 2011.

Rocha-Muniz CN, Zachi EC, Texeira RAA, Ventura DF, Befi-Lopes DM, Schochat E. Associação entre transtornos no desenvolvimento da linguagem e processamento auditivo. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology.* 2014; 80(3):231-236.

Rocha-Muniz CN, Befi-Lopes DM, Schochat E. Mismatch negativity in children with specific language impairment and auditory processing disorder. *Braz. j. otorhinolaryngol.* 2015; 4(81): 408-415.

Rogowsky BA, Papamichalis P, Villa L, Heim S, Tallal P. Neuroplasticity-based cognitive and linguistic skills training improves reading and writing skills in college students. *Frontiers in Psychology.* 2013; 4: 3-11

Rosen S. Temporal information in speech: acoustic, auditory and linguistic aspects. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1992; 336:367–373.

Russo I, Behlau M. Percepção da fala: Análise Acústica do Português Brasileiro: Lovise; 1993.

Russo ICP. Acústica e psicoacústica aplicadas à Fonoaudiologia, Lovise, 1999.

Samelli A, Schochat E. Processamento auditivo, resolução temporal e teste de detecção de gap: revisão da literatura. *Rev CEFAC.* 2008; 3(10): 369-377.

Samelli A, Schochat E. The gaps-in-noise-test: Gap detection in normal-hearing young adults. *International Journal of Audiology.* 2008; 47: 238-245.

Sanches, A. Analise Espectrográfica da fala de crianças com trocas grafêmicas nos plosivos surdos e sonoros. [Dissertação]. Universidade Estadual de Maringá; 2003.

Schaadt G, Mannel C, Der Meer EV, Pannekamp A, Oberecker R, Friederici A. Present and past: Can writing abilities in schoolchildren be associated with their auditory discrimination capacities in infancy. *Research in Developmental Disabilities*. 2015; 47: 318–333.

Schaffler T, Sonntag J, Hartnegg K, Fischer B. The Effect of Practice on Low-Level Auditory Discrimination, Phonological Skills, and Spelling in Dyslexia. *Dyslexia*. 2004; 10: 119–130.

Song, J. H., Skoe, E., Banai, K., and Kraus, N. Training to improve hearing speech in noise: biological mechanisms. *Cereb. Cortex*. 2011; 22: 1180–1190.

Schaadt G, Pannekamp A, Der Meer EV. Gaining Mismatch Negativity! Improving Auditory Phoneme Discrimination by Literacy Training – A Pre-Post Event-Related Potential Study. *International Journal of School and Cognitive Psychology*. 2014; 1(1): 2-8.

Schröger, E. A neural mechanism for involuntary attention shifts to changes in auditory stimulation. *J. Cogn. Neurosci*. 1996; 8: 527–539.

Shafer VL, Schwartz RG, Kurtzberg D. Language-specific memory traces of consonants in the brain. *Cognitive Brain Research*. 2004; 18: 242–254.

Shafer VL, Morr ML, Datta H, Kurtzberg D, Schwartz RG. Neurophysiological indexes of speech processing deficits in children with specific language impairment. *J Cogn Neurosci*. 2005; 17(7):1168–1180.

Sharma M, Purdy SC, Kelly AS. Comorbidity of Auditory Processing, Language, and Reading Disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2009; 52: 706–722.

Sharma M, Purdy SC, Newall P, Wheldall K, Bearman R, Rillon H. Electrophysiological and behavioral evidence of auditory processing deficits in children with reading disorder. *Clinical Neurophysiology*; 2006; 117:1130-1140.

Sharma M, Purdy SC, Kelly AS. A randomized control trial of interventions in school-aged children with auditory processing disorders. *International Journal of Audiology*. 2012; 51: 506–518.

Shinn JB. Temporal processing: the basics. *Hear J*. 2003; 56 (7): 52.

Shinn JB, Chermak GD, Musiek FE. GIN (Gaps-In-Noise) performance in the pediatric population. *J Am Acad Audiol*. 2009;20(4):229-38.

Shuai L, Gong T. Temporal relation between top-down and bottom-up processing in lexical tone perception. *Front Behav Neurosci*. 2014; 8:97-102.

Schulte-Körne G. The prevention, diagnosis, and treatment of dyslexia. *Dtsch Arztebl Int.* 2010; 107: 718.

Scliar-Cabral L. Guia prático de alfabetização, baseado em Princípios do Sistema Alfabético do Português do Brasil. São Paulo, Contexto, 2003b.

Schochat E, Carvalho LZD, Megale RL. Treinamento Auditivo: avaliação da manutenção das habilidades auditivas. *Pró-Fono.* 2002; 14 (1) 93-98.

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.* 2000; 2(12): 2000.

Simões MB, Schochat E. Transtorno do processamento auditivo (central) em indivíduos com e sem dislexia. *Pró-Fono R. Atual. Cient.* 2010; 22(4): 521-524

Singer W. Development and plasticity of cortical processing architectures. *Science.* 1995; 270:758-764.

Soares AJC, Sanches SGG, Neves-Lobo IF, Carvalho RMM, Matas CG, Cárnio MS. Potenciais evocados auditivos de longa latência e processamento auditivo central em crianças com alterações de leitura e escrita: Dados preliminares. *Arq. Int. Otorrinolaringol.* 2014; 4(15): 486-491.

Song JH, Skoe E, Banai K, Kraus N. Training to improve hearing speech in noise: biological mechanisms. *Cerebral Cortex.* 2011: 196.

Souza ACFC. Análise da escrita ortográfica de crianças em diferentes contextos de produção de texto. [dissertação]. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de psicologia; 2006.

Santos JLF, Parreira LMMV, Leite RCD. Habilidades de ordenação temporal em crianças com desvio fonológico. *Rev. CEFAC.* 2009;

Santos TMM, Russo ICP. A prática da audiologia clínica: Cortez; 1986.

Sena TA. Implicações da contribuição endógena e exógena para obtenção do P300 utilizando paradigma de omissão [tese]. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, 2016.

Steinbrink C, Dirichs TLM, Zimmer K, Kammer T. Development of Rapid Temporal Processing and Its Impact on Literacy Skills in Primary School Children. *Child Development.* 2013; 1-16.

Stevens, Kenneth N. Articulatory-Acoustic-Auditory Relationships. In: Hardcastle, WJ, Laver, J. *The Handbook of Phonetic Sciences.* Massachusetts: Blackwell; 1997. p 462 – 506.

Sussman E, Ceponiene E, Shetakova A, Näätänen R, Winkler I. Auditory stream segregation processes operate similar in school-aged children and adults. *Hear Res.* 2001; 153 (1-2): 108-104.

Sutton S, Braren M, Zubin J, John ER. Information delivery and the sensory evoked potentials. *Science.* 1967; 155:1436-1439.

Squires NK, Squires KC, Hillyard SA. Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1975; 38:387-401.

Tallal P, Piercy M. Developmental aphasia: impaired rate of non-verbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychologia.* 1973; 11:11:389-98.

Tallal, P, Piercy, M. Developmental aphasia: The perception of brief vowels and extended stop consonants. *Neuropsychologia.* 1975; 13, 69–74.

Tallal P. Auditory temporal perception, phonics and reading disabilities in children. *Brain Lang.* 1980; 9:182-98.

Tallal P, Miller SL, Bedi G, Wang X, Nagarajan SS, Schreiner C, Jenkins WM, Merzenich MM. Language Comprehension in Language-Learning Impaired Children Improved with Acoustically Modified Speech. *Science.* 1996; 271:81-84.

Tallal, P. Improving language and literacy is a matter of time. *Nat. Rev. Neurosci.* 2004; 5;721–728.

Tawkik S, Hassan DM, Mesallamy R. Evaluation of long term outcome of auditory training programs in children with auditory processing disorders. *International journal of pediatric otorhinolaryngology.* 2015; 79:2404-2410.

Tampas JW, Harkrider AW, Hedrick MS. Neurophysiological indices of speech and nonspeech stimulus processing. *Journal of Speech, Language and Hearing Research.* 2005; 48(5), 1147-1164.

Tessari, EB. Operações Fonológicas nas alterações Ortográficas. A presença da Fonologia na Ortografia. [Dissertação]. Universidade de Pelotas; 2002.

Tierney A, Kraus N. Music Training for the Development of Reading Skills. *Progress in Brain Research.* 2013; 27:209-241.

Thibodeau LM, Friel-Patti S, Britt L. Psychoacoustic Performance in Children Completing Fast ForWord Training. *American Journal of Speech-Language Pathology.* 2001; 10(10): 248-257.

Tiitinen H, May P, Reinikainen K, Näätänen R. *Nature.* 1994; 327:90–92.

Tomlin D, Dillon H, Sharma M, Rance G. The Impact of Auditory Processing and Cognitive Abilities in Children. *Ear & Hearing.* 2015; 36:527-542.

Törmänen, MRK, Takala M. Auditory processing in developmental dyslexia: An exploratory study of an auditory and visual matching training program with Swedish children with developmental dyslexia. *Scandinavian Journal of Psychology*. 2009; 50:277–285.

Treiman R, Broderick V, Tincoff R, Rodriguez K. Children's phonological awareness: Confusions between phonemes that differ only in voicing. *Journal of Experimental Child Psychology*. 1998; 68: 3–21.

Tremblay K, Kraus N, McGee T. The time course of auditory perceptual learning: neurophysiological changes during speech-sound training. *NeuroReport*. 1998; 9: 3357–3560.

Tremblay K, Burkard R. The Aging Auditory System. In: Burkard R, Don M, Eggermont JJ. *Auditory Evoked Potentials: basic principles and clinical application*. Lippincott: Williams & Williams; 2007.

Tosi, O. *Textbook of physics for audiologist and speech pathologist*. Lansing: Linko; 1979.

Troya GA, Whitney SD. A close look at the efficacy of Fast ForWord Language for children with academic weaknesses. *Contemporary Educational Psychology*. 2003; 28: 465–494.

Uwer R, Albrecht R, Von Suchodoletz W. Automatic processing of tones and speech stimuli in children with specific language impairment. *Developmental Medicine and child neurology*. 2002; 44.p 527-532.

Van Ingelghem M, Van Wieringen A, Wouters J, Vandenbussche E, Onghena P, Ghesquiere P. Psychophysical evidence for a general temporal processing deficit in children with dyslexia. *NeuroReport*. 2001; 12: 3603–3607.

Vatanabe TY, Navas ANGP, Mariano SPB, Murphy CB, Durante AS. Desempenho de crianças com distúrbio de leitura após o treino auditivo. *Audiol Commun Res*. 2014;19(1):7-12.

Vasuki MRP, Sharma M, Ibrahim R, Arciuli J. Statistical learning and auditory processing in children with music training: An ERP study. *Clinical Neurophysiology*. 2017; 128: 1270–1281.

VeUILlet E, Magnan A, Ecalle J, Thai-Van H, Collet L. Auditory processing disorder in children with reading disabilities: effect of audiovisual training. *Brain*. 2007; 130: 2915–2928.

Wechsler, D. *WISC-III: Escala de Inteligência Wechsler para Crianças: Manual*. 3ª ed.; São Paulo: Casa do Psicólogo; 2012.

Wright AB, Fitzgerald MB. Different patterns of human discrimination learning for two interaural cues to sound-source location. *PNAS*. 2001; 98(21):12307-12312.

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

Zorzi, JL. Aprender a escrever: a apropriação do sistema ortográfico. Porto Alegre: Artes Médicas; 1998.

Zuanetti PA, Corrêa-Schnek AP, Manfredi AKS. Comparação dos erros ortográficos de alunos com desempenho inferior. Rev Soc Bras Fonoaudiol. 2008; 13(3):240-5.

Zygouris NC, Avramidis E, Karapetsas AV, Stamoulis GI. Differences in dyslexic students before and after a remediation program: A clinical neuropsychological and event related potential study. Applied Neuropsychology: Child. 2017:1-10.