



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Ciências Médicas

THALITA UBIALI

ESTUDO DO EFEITO DE SUPRESSÃO DO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO
P300 EM CRIANÇAS COM DISTÚRBO DE APRENDIZAGEM

CAMPINAS
2015

THALITA UBIALI

ESTUDO DO EFEITO DE SUPRESSÃO DO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO
P300 EM CRIANÇAS COM DISTÚRBO DE APRENDIZAGEM

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestra em Ciências, na área de concentração Saúde da Criança e do Adolescente.

Orientadora: PROFA. DRA. MARIA FRANCISCA COLELLA DOS SANTOS

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA THALITA UBIALI E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. MARIA FRANCISCA COLELLA DOS SANTOS


Assinatura do(a) Orientador(a)

CAMPINAS

2015

Agência de fomento: FAPESP
Nº processo: 2013/14944-0

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Médicas
Maristella Soares dos Santos - CRB 8/8402

Ub5e Ubiali, Thalita, 1984-
Estudo do efeito de supressão do potencial evocado auditivo P300 em crianças com distúrbio de aprendizagem / Thalita Ubiali. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Maria Francisca Colella dos Santos.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

1. Audição. 2. Transtornos de aprendizagem. 3. Vias eferentes. 4. Eletrofisiologia. 5. Potencial evocado P300. I. Colella-Santos, Maria Francisca, 1963-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: P300 suppression effect in children with learning disorder.

Palavras-chave em inglês:

Hearing
Learning disorders
Efferent pathways
Electrophysiology
P300 event-related potentials

Área de concentração: Saúde da Criança e do Adolescente

Titulação: Mestra em Ciências

Banca examinadora:

Maria Francisca Colella dos Santos [Orientador]
Christiane Marques do Couto
Carla Gentile Matas

Data de defesa: 26-08-2015

Programa de Pós-Graduação: Saúde da Criança e do Adolescente

BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE MESTRADO

THALITA UBIALI

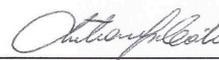
Orientador (a) PROF(A). DR(A). MARIA FRANCISCA COLELLA DOS SANTOS

MEMBROS:

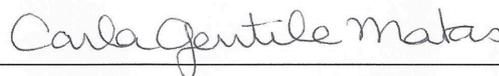
1. PROF(A). DR(A). MARIA FRANCISCA COLELLA DOS SANTOS



2. PROF(A). DR(A). CHRISTIANE MARQUES DO COUTO



3. PROF(A). DR(A). CARLA GENTILE MATAS



Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas

Data: 26 de agosto de 2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Gilberto e Rute e à minha avó Erci. Pelo apoio e amor incondicional, sem os quais jamais conseguiria finalizar esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua Graça todos os dias e pela realização desse sonho.

A minha orientadora, Profa. Dra. Maria Francisca Colella dos Santos, pela orientação, ensino, conhecimento compartilhado, conselhos, incentivo e amizade.

Obrigada por ter acreditado em mim desde o começo.

Aos meus pais pelo carinho, apoio e por não medirem esforços em me ajudar a chegar até aqui.

A minha avó Erci por cada oração e por sonhar junto comigo.

A minha família e amigos, pela paciência e compreensão em todos os momentos em que estive ausente para poder finalizar esse trabalho.

Ao Ricardo pela paciência, apoio, carinho, pela ajuda na formatação desse trabalho e por estar ao meu lado em todos os momentos.

Às queridas companheiras de pesquisa Letícia Reis Borges e Milaine Dominici Sanfins. Obrigada pela ajuda na convocação dos pacientes, coleta, análise e discussão dos dados, por cada trabalho que realizamos juntas e pela amizade.

Às professoras Dras. Carla Gentile Matas, Daniela Gil, Christiane Marques do Couto e Maria Cecília Marconi Pinheiro Lima por terem carinhosamente aceito o convite para compor a banca de defesa.

Às Profas. Dras. Carla Gentile Matas e Chistiane Marques do Couto pelas ricas contribuições no exame de qualificação.

À Dra Sylvia Maria Ciasca, coordenadora do DISAPRE, pela parceria, e à Dra. Cíntia Alves Salgado Azoni e Dra. Sônia das Dores Rodrigues, pois sem a valiosa ajuda de vocês essa pesquisa não teria sido possível.

Ao amigo Klaus que me ajudou e incentivou a procurar a Profa. Dra. Maria Francisca Colella dos Santos e a dar os primeiros passos em direção ao programa de mestrado.

À FAPESP pelo auxílio financeiro (processo nº 2013/14944-0).

Aos pais e crianças que aceitaram participar da pesquisa.

RESUMO

Tema: influência da apresentação de ruído branco contralateral nas respostas do P300 auditivo em um grupo de crianças com distúrbio aprendizagem (DA) em comparação com um grupo de crianças com dificuldades escolares de origem pedagógica ou ambiental e um grupo de crianças sem queixas acadêmicas. **Objetivo:** comparar as latências e amplitudes do P300 de crianças com distúrbio de aprendizagem e crianças com dificuldade escolar em duas condições de avaliação - sem e com ruído branco contralateral - a fim de verificar se ocorrerá o *efeito de supressão* no P300. **Desenho do estudo:** Estudo observacional descritivo-analítico de corte transversal desenvolvido no Centro de Estudos e Pesquisa em Reabilitação Prof. Dr. Gabriel O. S. Porto (CEPRE) da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP. **Material e Métodos:** foram avaliadas 37 crianças, de ambos os sexos, com idades entre 8 e 15 anos, divididas em três grupos: 10 crianças com diagnóstico interdisciplinar de distúrbio de aprendizagem segundo os critérios do DSM-V (GDA); 12 crianças com dificuldades escolares (de origem pedagógica ou ambiental) segundo avaliação interdisciplinar (GDE); e 15 crianças sem queixas auditivas e escolares (GC). Todas as crianças apresentaram audição periférica normal para inclusão na pesquisa. Foram excluídas da pesquisa as crianças que apresentaram alterações auditivas periféricas, diagnóstico interdisciplinar de TDAH ou de outras síndromes genéticas, neurológicas ou neuropsiquiátricas (realizado pelo DISAPRE/FCM/UNICAMP). Para a realização da avaliação do P300, todos os sujeitos foram submetidos à mesma tarefa de discriminação auditiva, identificando e contando todas as vezes que o estímulo infrequente aparecia. O exame foi realizado em duas condições de avaliação: sem e com a apresentação de ruído branco contralateral a 75 dBNA. Além da avaliação do P300, uma avaliação comportamental do processamento auditivo foi conduzida através dos testes: Teste Dicótico de Dígitos, Teste Padrão de Frequência e *Gaps In Noise Test* (GIN). **Resultados:** as crianças dos grupos GDE e GC apresentaram aumento de latência do P300 na presença de ruído contralateral. Não foi observada significância estatística entre as avaliações sem e com ruído no grupo GDA. Em relação à avaliação comportamental, houve diferença entre os grupos em todos os testes aplicados, com pior desempenho do GDA e GDE em relação ao GC. **Conclusão:** os resultados deste trabalho apontam para a necessidade de considerar as questões relacionadas ao processamento auditivo na avaliação e planejamento terapêutico de crianças com distúrbio de aprendizagem e dificuldade escolar.

Palavras-chave: Audição. Potenciais Evocados Auditivos. Potencial Evocado P300. Transtornos de Aprendizagem. Vias Eferentes. Eletrofisiologia. Estimulação Acústica.

ABSTRACT

Subject: White noise contralateral stimulation effects on Auditory P300 in children with Learning Disorder compared to children with Academic Difficulties (due to lack of stimulation, sociocultural or educational problems) and to children in typical development of the academic skills. **Aim:** To compare the latencies and amplitudes of P300 auditory event-related potentials in children with learning disabilities and children with academic difficulties in two assessment conditions: with and without white noise contralateral stimulation. **Study design:** observational cross-sectional survey carried out at the Centre of Research and Studies in Rehabilitation (CEPRE) - Faculty of Medical Sciences of the University of Campinas. **Material and method:** 37 children ranging from 8 to 15 years of age, both genders, who underwent auditory P300 assessment. Children were divided into 3 groups: LDG - 10 children with Learning Disorder as per interdisciplinary diagnosis, according to DSM-V criteria; ADG – 12 children with academic difficulties (due to stimulation, sociocultural or educational problems, as identified by a multidisciplinary team at DISAPRE/FCM/UNICAMP); and CG – 15 children in typical development without academic complaints. All subjects included in the study were normal hearing. Children with hearing impairments, attention deficit hyperactive disorder or any other genetic neural or psychological disease were excluded. To elicit P300 all subjects were submitted to the same auditory discrimination task: to identify and to count the target stimuli. P300 assessment was conducted in two recording conditions: with and without using contralateral white noise at 75 dB HL. **Results:** ADG and GC children demonstrated significant P300 latency delay in the condition with noise. No significant differences were observed between conditions with and without noise in the LDG group. LDG and ADG children performed significantly poorer on all applied auditory processing tests when compared to CG children. **Conclusion:** the present results points to the importance of considering the auditory processing aspects on the evaluation and intervention planning of children with Learning Disorder and Academic Difficulties.

Keywords: Hearing. Auditory Evoked Potentials. P300 Event-Related Potentials. Learning Disorders. Efferent Pathways. Electrophysiology. Acoustic Stimulation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Características demográficas dos sujeitos dos grupos GDA e GDE.....	47
Tabela 2.	Comparação entre as orelhas direita e esquerda nos testes TDD, TPF e GIN nos grupos GDA, GDE e GC.....	48
Tabela 3.	Comparação entre os sexos masculino e feminino nos testes TDD, TPF e GIN nos grupos GDA, GDE e GC.....	49
Tabela 4.	Desempenho dos grupos GDA, GDE e GC nos testes TDD, TPF e GIN (limiar de detecção de <i>gaps</i> e porcentagem de acertos).....	50
Tabela 5.	Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC nos testes TDD, TPF e GIN (limiar de detecção de <i>gaps</i> e porcentagem de acertos).....	50
Tabela 6.	Comparação dos valores de latência do P300 entre as orelhas direita e esquerda dos grupos GDA, GDE, e GC obtidos nas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral.....	52
Tabela 7.	Comparação entre os sexos masculino e feminino para a latência do P300 dos grupos GDA, GDE, e GC obtidos nas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral.....	52
Tabela 8.	Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de latência obtidos nas avaliações sem e com ruído contralateral.....	53
Tabela 9.	Comparação entre as avaliações sem ruído e com ruído para os valores de latência nos grupos GDA, GDE e GC.....	53

Tabela 10.	Comparação dos valores de amplitude do P300 entre as orelhas direita e esquerda dos grupos GDA, GDE, e GC obtidos nas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral.....	54
Tabela 11.	Comparação entre os sexos masculino e feminino para a amplitude do P300 dos grupos GDA, GDE, e GC obtidos nas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral.....	54
Tabela 12.	Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de amplitude obtidos nas avaliações sem e com ruído contralateral.....	55
Tabela 13.	Comparação entre as avaliações sem ruído e com ruído para os valores de amplitude nos grupos GDA, GDE e GC.....	55
Tabela 14.	Comparação da média de supressão da latência do P300 entre as orelhas direita e esquerda nos grupos GDA, GDE, e GC.....	57
Tabela 15.	Comparação entre os sexos masculino e feminino para a média de supressão da latência do P300 nos grupos GDA, GDE, e GC.....	57
Tabela 16.	Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de supressão da latência.....	57
Tabela 17.	Comparação entre os grupos GDA x GC, GDE x GC e GDA x GDE para os valores de supressão da latência.....	58
Tabela 18.	Comparação da média de supressão da amplitude do P300 entre as orelhas direita e esquerda nos grupos GDA, GDE, e GC.....	58
Tabela 19.	Comparação entre os sexos masculino e feminino para a média de supressão da amplitude do P300 nos grupos GDA, GDE, e GC.....	59
Tabela 20.	Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de média de supressão da amplitude.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS

ASHA	<i>American Speech-Language-Hearing Association</i>
CEPRE	Centro de Estudos e Pesquisas em Reabilitação Prof. Dr. Gabriel Porto
CCE	Células Ciliadas Externas
CCI	Células Ciliadas Internas
CGM	Corpo Geniculado Medial
CI	Colículo Inferior
CR	Com Ruído
DA	Distúrbio de Aprendizagem
dBNA	Decibel Nível de Audição
dBNPS	Decibel Nível de Pressão Sonora
dBNS	Decibel Nível de Sensação
DE	Dificuldades Escolares
DISAPRE	Laboratório de Distúrbios de Aprendizagem, Dificuldade de Aprendizagem e Transtornos da Atenção
DPA	Distúrbio do Processamento Auditivo
DSM-V	Manual Diagnóstico e Estatístico dos Transtornos Mentais
EOA	Emissões Otoacústicas
FCM	Faculdade de Ciências Médicas
FOCL	Feixe Olivococlear Lateral
FOCM	Feixe Olivococlear Medial
GC	Grupo Controle

GDA	Grupo Distúrbio de Aprendizagem
GDE	Grupo Dificuldades Escolar
GIN	<i>Gaps in Noise</i>
MMN	Mismatch negativity
OD	Orelha Direita
OE	Orelha Esquerda
OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Processamento Auditivo
PAC	Processamento Auditivo Central
PEA	Potenciais Evocados Auditivos
PEAML	Potenciais Evocados Auditivos de Média Latência
PEALL	Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência
PEATE	Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico
QI	Quociente de Inteligência
SNAC	Sistema Nervoso Auditivo Central
SNC	Sistema Nervoso Central
SR	Sem Ruído
SSW	<i>Staggered Spondaic Word Test</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade
TDD	Teste Dicótico de Dígitos
TPF	Teste Padrão de Frequência
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
VOD	Vantagem da orelha direita

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
5 RESULTADOS	42
6 DISCUSSÃO	55
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
8 CONCLUSÃO	69
9 REFERÊNCIAS	70
10 ANEXOS	83

1. INTRODUÇÃO

Problemas de aprendizagem no início da escolarização são comuns e podem refletir um processo natural de maturação [1]. Segundo Lagae, é esperado que crianças no início da alfabetização apresentem algumas dificuldades na aquisição da escrita, leitura e matemática devido à complexidade do processo de aprendizagem, pois algumas crianças precisam de mais tempo para adquirirem as habilidades básicas dos primeiros anos de alfabetização. Esse autor atribui os problemas de aprendizagem temporários à variabilidade maturacional, comum entre as crianças nos primeiros anos escolares. Dificuldades persistentes, no entanto, devem ser investigadas a fim de verificar a existência ou não de algum tipo de disfunção e de oferecer diagnósticos e tratamentos adequados e individualizados.

A integridade e o funcionamento adequado das estruturas periféricas e centrais do sistema auditivo são importantes para o bom desenvolvimento da linguagem falada e escrita, pois a correta percepção, discriminação e processamento dos estímulos sonoros estão relacionados com o desenvolvimento de habilidades que envolvem o processamento fonológico [2, 3].

Sabe-se que alterações na discriminação dos sons comprometem a capacidade de organizá-los e sequencializá-los adequadamente na formação das palavras [4]. Estas alterações têm sido relatadas como características de crianças com distúrbios de leitura e escrita e diversos autores acreditam que o déficit fonológico, comum nessas crianças, possa ser devido à disfunção sensorial mais generalizada [5, 6].

Alterações no processamento sensorial auditivo têm sido relatadas em crianças com queixas de aprendizagem [7]. Diversos pesquisadores encontraram baixo desempenho em testes comportamentais que avaliam o processamento auditivo nessa população (2, 3, 7, 8, 9, 10). Outros estudos têm demonstrado que indivíduos com distúrbios de aprendizagem apresentam codificação neural alterada para sons de fala desde regiões subcorticais tais como as regiões do tronco encefálico [11, 12, 13]. Além disso, pesquisadores relatam que as dificuldades de percepção de fala em crianças com problemas de aprendizagem se tornam mais graves na presença de ruído competitivo, aumentando as dificuldades desses indivíduos [14, 15].

A comunicação verbal muitas vezes acontece em ambientes ruidosos e de escuta difícil [16]. No entanto, a comunicação é possível graças à característica adaptativa do sistema auditivo que continuamente sofre modulações com base em suas demandas contextuais, ou seja, demandas impostas pelo ambiente [12]. Crianças com distúrbios de aprendizagem, no entanto, apresentam pior discriminação de fala na presença de ruído em comparação com seus pares de mesma idade cronológica e sem queixas de aprendizagem [14].

Apesar do conhecimento de que o ruído ambiental prejudica a percepção auditiva em muitas crianças com queixas de aprendizagem, pouco é conhecido sobre os processos neurobiológicos envolvidos em tais dificuldades. Um dos mecanismos neurofisiológicos relacionados à melhora de percepção de fala no ruído em indivíduos sem queixas de audição diz respeito à ação do sistema eferente auditivo através do reflexo olivococlear. Acredita-se que o ruído ativa o feixe olivococlear medial, que modula a atividade sensorial periférica, atenuando a percepção do ruído e salientando a percepção de pequenas mudanças acústicas rápidas características dos sons de fala [17]. Entretanto, alguns pesquisadores relataram falha no mecanismo de ação do feixe olivo-coclear medial em indivíduos com distúrbios do processamento auditivo e de aprendizagem [18, 19, 20, 21], sugerindo alterações no processamento neural não apenas na via auditiva ascendente do sistema nervoso auditivo central (SNAC), mas também na via descendente.

Sabe-se que a via auditiva eferente (descendente) possui um papel importante no desempenho da captação do sinal acústico na presença de ruído e na atenção seletiva, mas pouco foi estudado sobre sua relação com as alterações auditivas e de aprendizagem, principalmente em regiões mais altas do sistema, como as regiões geradoras do potencial cognitivo P300 [17, 18, 19, 20, 21, 22].

O P300 é um potencial evocado auditivo relacionado a evento que demanda discriminação, atenção e tomada de decisão [23] e que tem se mostrado muito útil no estudo das alterações do processamento auditivo e dos distúrbios de aprendizagem [24, 25, 26]. O estudo dos efeitos do ruído sobre as respostas do P300 pode fornecer evidências eletrofisiológicas sobre como situações de escuta difícil afetam o processamento de sinais acústicos (e o processamento cognitivo) em regiões corticais, especialmente em crianças com queixas de aprendizagem.

Estudar os processos auditivos e de atenção, assim como as possíveis atividades da via auditiva eferente, em crianças com problemas de aprendizagem, implica grande relevância clínica e científica, não apenas para enriquecer o entendimento sobre os mecanismos neurofisiológicos que envolvem a audição, o processamento fonológico e as alterações de leitura e escrita, mas também para auxiliar o correto diagnóstico dos distúrbios de aprendizagem e das dificuldades escolares e assim direcionar adequadamente os programas de intervenção e estimulação das habilidades auditivas, tão importantes no processo de aprendizagem.

Os distúrbios de aprendizagem apresentam grande incidência na população brasileira devido à dificuldade em separar problemas pedagógicos e socioculturais de problemas de causa orgânica [27]. O Distúrbio de Aprendizagem, ao contrário das dificuldades escolares, tem sido atribuído a causas neurobiológicas e muitos pesquisadores tem relacionado as falhas nas habilidades específicas do processamento auditivo ao déficit fonológico, importante característica encontrada em muitas crianças com distúrbios de aprendizagem.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar as respostas do P300 nas condições de avaliação sem e com ruído competitivo contralateral em crianças com distúrbio de aprendizagem e com dificuldade escolar. Além disso, analisar as respostas comportamentais dos testes de processamento auditivo aplicados.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo foram:

1. Analisar a latência e amplitude do P300 na avaliação **sem** estimulação contralateral nos grupos estudados.
2. Analisar a latência e amplitude do P300 na avaliação **com** estimulação contralateral nos grupos estudados.
3. Comparar a latência e amplitude do P300 entre as avaliações **sem** e **com** ruído contralateral, a fim de verificar se ocorrerá ou não o **efeito de supressão** nos grupos estudados.
4. Comparar os valores de supressão da latência e amplitude do P300 nos grupos estudados.
5. Analisar o desempenho nos testes comportamentais aplicados na avaliação do processamento auditivo nos grupos estudados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo foi realizado um levantamento da literatura sobre os temas abordados neste estudo. Para facilitar a leitura, a bibliografia citada foi apresentada de acordo com sua relevância para a compreensão do tema e não necessariamente em ordem cronológica. O conteúdo foi dividido da seguinte maneira:

- Distúrbios de Aprendizagem e Dificuldade Escolar
- Processamento auditivo (PA) e Distúrbio do Processamento Auditivo (DPA)
- Testes comportamentais do PA e Distúrbios de Aprendizagem
- Potenciais evocados auditivos e Distúrbios de Aprendizagem
- A via eferente do sistema auditivo

3.1 Distúrbios de Aprendizagem e Dificuldade Escolar

As classificações na literatura distinguem dois grandes grupos de dificuldades de aprendizagem: as dificuldades escolares e os distúrbios (ou transtornos) de aprendizagem.

As dificuldades escolares (DE) podem ser decorrentes de diferentes etiologias: origem pedagógica (alteração no processo de ensino-aprendizagem, falhas na alfabetização, inadequação do método pedagógico aos estilos e características de aprendizagem do aluno, excessos de mudanças de escolas, etc.), diversas condições neurológicas e/ou genéticas (epilepsia, encefalopatia crônica não progressiva e outros quadros neurológicos), deficiências em geral (física, mental, auditiva, visual, múltipla) e fatores psicossociais (problemas na dinâmica familiar, estimulação inadequada, entre outros problemas sociais). Esses fatores não são determinantes para que uma criança apresente dificuldade de aprendizagem, mas podem influenciar a aprendizagem da criança e levar a dificuldades na aquisição e desenvolvimento das habilidades escolares [28, 29].

Ao contrário das dificuldades escolares, os distúrbios de aprendizagem são

caracterizados por disfunção no sistema nervoso central (SNC) que resultam em falhas no processamento das informações. A criança recebe adequadamente as informações do meio externo (*input* visual, auditivo e cinestésico), porém existe uma falha na integração, processamento e armazenamento de tais informações, resultando em problemas na saída (*output*) das informações, seja pela escrita, leitura ou cálculo [28, 29].

O distúrbio de aprendizagem é geralmente definido como uma falha persistente e específica na aquisição das habilidades acadêmicas como a escrita, a leitura e o cálculo matemático, apesar de educação convencional, inteligência e oportunidade sócio-cultural adequadas [1, 30, 31, 32].

A Organização Mundial da Saúde (OMS) denomina os distúrbios de aprendizagem como “transtornos específicos do desenvolvimento das habilidades escolares”, caracterizados por alterações nos padrões de aquisição e desenvolvimento das habilidades escolares, não decorrentes de falta de oportunidade para aprender, retardo mental, traumatismos ou qualquer doença cerebral adquirida, sugerindo que essas alterações sejam decorrentes de falhas nos processos cognitivos em consequência de alguma disfunção biológica [31].

O Manual Diagnóstico e Estatístico dos Transtornos Mentais (DSM-V) refere que os “distúrbios de aprendizagem” são diagnosticados quando o desempenho do indivíduo em instrumentos padronizados e individualmente administrados de leitura, escrita ou matemática estão significativamente abaixo do esperado em relação à idade, nível de escolarização e inteligência [32].

Os distúrbios de aprendizagem também são subdivididos nas categorias “específicos” e “não específicos”. Os “específicos” são caracterizados por comprometimentos em habilidades escolares específicas, como a leitura e escrita (dislexia do desenvolvimento, disortografia, disgrafia) ou o cálculo matemático (discalculia). Os “não específicos” ou “mistos” envolvem dificuldades significativas na leitura/escrita e no cálculo/raciocínio lógico matemático. São os chamados “distúrbio de aprendizagem” (DSM-V) ou “transtorno misto das habilidades escolares” (CID-10) [31, 32].

No presente trabalho, será utilizado o termo “distúrbios de aprendizagem” para

se referir às alterações de aprendizagem de maneira geral, incluindo tanto os distúrbios específicos (como a dislexia) quanto os não-específicos, e o termo “distúrbio de aprendizagem” (no singular) para se referir ao transtorno misto das habilidades escolares.

As causas dos distúrbios de aprendizagem ainda não foram completamente esclarecidas, mas muitas pesquisas têm concentrado a atenção em explicações que envolvem alterações no processamento da informação auditiva e/ou anormalidades na lateralização hemisférica das funções cerebrais, principalmente nos casos de dislexia [33]. Estudos anatômicos demonstraram que algumas regiões cerebrais específicas para o processamento perceptual auditivo são diferentes em indivíduos com problemas de aprendizagem [34, 35, 36]. Além disso, a literatura especializada tem relatado a coexistência de falhas nas habilidades auditivas e dos distúrbios de aprendizagem [2, 3, 7, 8, 9, 10]. Por esse motivo, o próximo tópico deste capítulo será dedicado a abordar o processamento auditivo e suas alterações.

3.2 Processamento auditivo (PA) e distúrbio do processamento auditivo (DPA)

O processamento auditivo (PA) é o termo utilizado para referir à competência e efetividade com que o sistema nervoso central utiliza a informação auditiva (ASHA, 2005) e diz respeito às habilidades envolvidas nos processos auditivos centrais de localização e lateralização sonora; discriminação auditiva; reconhecimento de padrões auditivos; aspectos temporais da audição (incluindo resolução temporal, mascaramento temporal, integração temporal e ordenação temporal); desempenho auditivo na presença de sinais competitivos e desempenho auditivo com sinais acústicos degradados [37]. O processamento auditivo envolve, portanto, a integridade do sistema auditivo periférico e central, assim como a maturação do Sistema Nervoso Auditivo Central (SNAC) [38].

Disfunções no SNAC podem levar a alterações do PA, caracterizando em alguns casos o Distúrbio do Processamento Auditivo (DPA). O DPA ocorre quando há uma limitação nas habilidades de discriminar, reconhecer ou compreender a informação auditiva, não atribuída a perdas auditivas periféricas ou a déficits intelectuais e foi definido pela American Speech-Language-Hearing Association

(ASHA) como uma falha observada em um ou mais dos processos auditivos citados acima [39].

Indivíduos com DPA podem apresentar dificuldades em compreender a fala na presença de ruído ou de mensagens competitivas, atenção auditiva reduzida e dificuldade em acompanhar instruções orais e localizar a fonte sonora [40]. Além disso, muitas crianças com DPA apresentam outras dificuldades relacionadas aos distúrbios de linguagem e escrita [40]. Por este motivo, Loo et al. [40] comentam que um correto diagnóstico deve incluir diferentes tipos de testes de processamento auditivo, os quais devem conter estímulos verbais e não-verbais, além de diferentes abordagens multidisciplinares que incluam avaliações de linguagem, leitura, cognição, atenção e memória.

Embora muitas definições de DPA enfatizem apenas as disfunções no SNAC relacionadas aos processos auditivos “bottom-up”, a influência de fatores “top-down”, ou seja, de mecanismos superiores como atenção, cognição, linguagem e outros sistemas que se relacionem com o processamento sensorial, devem ser levados em consideração [41, 42]. Segundo Bellis [42], é importante reconhecer a ativação paralela de redes neurais envolvendo conexões inter e intra-hemisféricas até mesmo nas tarefas sensoriais mais básicas. Além disso, a literatura tem demonstrado que estruturas inferiores no SNAC, como as estruturas do tronco encefálico, podem ser moduladas por centros corticais superiores em tarefas auditivas [43, 44, 45, 46].

Devido a tamanha complexidade no processamento da informação auditiva, existe grande heterogeneidade nas manifestações do DPA em crianças e adultos, o que também contribui para o aparecimento de frequentes comorbidades entre DPA e outras desordens que envolvem atenção e aprendizagem [42]. Por este motivo, a avaliação do processamento auditivo deve ser cuidadosa e criteriosa e o DPA pode ser avaliado através de vários testes comportamentais, capazes de identificar, analisar e quantificar as alterações das habilidades auditivas [47, 48] e também através de testes eletrofisiológicos, que verificam a integridade e o funcionamento da via auditiva do SNAC [49]. A associação entre os resultados da avaliação comportamental do PA e os resultados da avaliação eletrofisiológica podem contribuir para melhor compreensão do DPA [26, 50, 51], além de serem ferramentas importantes no monitoramento terapêutico [24].

Nos próximos capítulos, serão abordados trabalhos que avaliaram o processamento auditivo através de testes comportamentais e eletrofisiológicos em crianças com distúrbios de aprendizagem.

3.3 Testes comportamentais do PA e distúrbios de aprendizagem

Os testes comportamentais do PA são considerados ferramentas úteis na avaliação da integridade do SNAC e no diagnóstico do DPA, pois auxiliam na identificação, análise e quantificação do DPA, direcionando o planejamento e implementação de programas terapêuticos, a fim de reverter os déficits nas habilidades auditivas e minimizar seu impacto na audição, comunicação, aprendizagem e desempenho acadêmico [37, 48, 52].

Diversos estudos tem demonstrado importante relação entre os distúrbios de aprendizagem e o baixo desempenho em testes comportamentais que avaliam o processamento auditivo [2, 3, 7, 8, 9, 10]. Muitos autores sugerem que as alterações das habilidades auditivas, principalmente das habilidades relacionadas ao processamento temporal auditivo, podem ser uma das principais causas do déficit fonológico encontrado em crianças disléxicas [2, 40].

Sauer et al. [34] aplicou os testes dicótico de dígitos, dicótico de dissílabos alternados e o dicótico não verbal em crianças disléxicas e em crianças sem queixas de aprendizagem. No teste dicótico de dígitos, o grupo de dislexia apresentou resultados acentuadamente mais rebaixados na orelha direita (relacionada ao hemisfério esquerdo por causa do cruzamento das fibras na via auditiva) do que o grupo controle. Segundo os autores, este resultado corrobora os achados de outras pesquisas que evidenciam menor índice de acertos ou ausência de vantagem da orelha direita nos testes dicóticos em disléxicos.

Capellini et al. [53] correlacionaram habilidades auditivas e fonológicas em crianças com dislexia do desenvolvimento. As autoras estudaram 10 crianças brasileiras com diagnóstico de dislexia em comparação com um grupo de 10 crianças sem queixas escolares e observaram que os escolares com dislexia apresentaram dificuldades nas habilidades auditivas de atenção, codificação,

organização e integração de informações auditivas. Estas alterações comprometem o uso de habilidades fonológicas como a atenção, a análise, a síntese e a memória de trabalho. As autoras sugerem que “os processos auditivos interferem diretamente na percepção de aspectos acústicos, temporais e sequenciais dos sons, necessários para a formação de uma representação fonológica estável”.

Germano et al. [36] observaram que os escolares com dislexia estudados em sua pesquisa, apresentaram dificuldades em habilidades auditivas que comprometem a codificação e organização dos espectros acústicos, levando a alterações em habilidades metafonológicas. Segundo os autores, os resultados desse estudo mostraram uma associação estatisticamente significativa entre as habilidades auditivas e as habilidades metafonológicas.

Simões e Schochat [9] avaliaram o processamento auditivo de 40 crianças com DPA divididas em dois grupos: com e sem dislexia. Os resultados obtidos demonstraram que as crianças do grupo sem dislexia apresentaram maior probabilidade de alteração nos testes de fala com ruído e dicótico de dígitos, quando comparadas ao grupo com dislexia. As autoras observaram que o grupo com dislexia estudado apresentou padrões diferentes de alterações auditivas, com dificuldade maior em testes que avaliam o processamento temporal do que em testes que avaliam outras habilidades auditivas.

Boscariol et al. [5] realizaram um estudo com crianças disléxicas e relacionaram a alteração na habilidade auditiva de resolução temporal com o prejuízo no processamento fonológico. Os autores acreditam que as crianças apresentaram déficit fonológico decorrente do déficit no processamento temporal auditivo, uma vez que a alteração no processamento temporal pode dificultar a percepção de sinais acústicos sutis na fala.

Os resultados de uma pesquisa realizada por Abdo et al. [54] também corroboram a hipótese de que a habilidade temporal auditiva é a mais prejudicada em crianças com dislexia. As autoras aplicaram os testes dicótico de dígitos, fala com ruído e padrão de frequência em crianças com e sem dislexia e verificaram que o desempenho no teste de padrão de frequência foi significativamente pior no grupo dislexia do que no grupo controle, ao passo que não houve significância estatística

entre os grupos nos outros testes aplicados. Segundo as autoras, estes achados levantam evidências a favor da hipótese de que os indivíduos com dislexia apresentam alterações sensoriais que envolvem o processamento da mudança da informação acústica rápida, afetando a aquisição normal das representações fonológicas, cruciais nas associações fonema-grafema.

Oliveira et al. [4] estudaram três grupos de crianças com idades entre 7 e 16 anos e observou que o grupo de crianças diagnosticadas com distúrbio de aprendizagem apresentou pontuação significativamente pior nos testes comportamentais do PA quando comparado ao grupo de dislexia e ao grupo de crianças sem alterações escolares. O grupo de dislexia, por sua vez, teve desempenho inferior em relação ao grupo controle. Os escolares com distúrbio de aprendizagem apresentaram maior número de habilidades auditivas alteradas, o que pode ser explicado pelo fato de terem atenção sustentada reduzida, enquanto os escolares com dislexia apresentaram somente alterações decorrentes da dificuldade relacionada com a codificação e decodificação de estímulos sonoros.

Galeti [55] estudou as habilidades auditivas de 23 crianças com diagnóstico interdisciplinar de dislexia e encontrou desempenho estatisticamente inferior em relação ao grupo de 28 crianças sem queixas auditivas e acadêmicas nos seguintes testes comportamentais do processamento auditivo: teste de memória sequencial não-verbal, teste dicótico de dígitos, teste padrão de duração, teste padrão de frequência e teste *gaps in noise* (GIN). Os testes de ordenação temporal (teste de duração e teste padrão de frequência) foram os mais prejudicados nas crianças com dislexia.

Oliveira et al. [56] encontraram pior desempenho nos testes dicótico de dígitos (orelha esquerda) e padrão de frequência em crianças com dislexia em comparação com crianças do grupo controle, evidenciando alteração nas habilidades de figura-fundo e processamento auditivo temporal. Além disso, foi observada a coexistência de baixo desempenho em testes de compreensão de texto e leitura de palavras no grupo com dislexia. As autoras acreditam que as dificuldades no processamento temporal de indivíduos disléxicos pode ser justificada pela falta de especialização neural do sistema auditivo para o processamento de pistas temporais.

Chaubet et al. [57] compararam os resultados do teste GIN entre um grupo de 15 crianças com alterações de leitura e escrita, um grupo de 11 crianças diagnosticadas com dislexia e um grupo controle de 30 crianças, de ambos os gêneros e idades entre 10 e 15 anos. Os dois primeiros grupos apresentaram resultados significativamente piores em relação ao grupo controle, tanto para o limiar de detecção de *gap* quanto a porcentagem de acertos do GIN. No entanto, as crianças com dislexia e as crianças com distúrbios de leitura e escrita não diferiram entre si. As autoras sugerem que o processamento temporal pode estar relacionado com as habilidades de leitura e escrita.

3.4 Potenciais evocados auditivos e Distúrbios de Aprendizagem

Além da bateria de testes comportamentais que avaliam as habilidades auditivas mencionadas anteriormente, o processamento auditivo também pode ser investigado através de exames eletrofisiológicos, como os potenciais evocados auditivos (PEA), que verificam a integridade e o funcionamento da via auditiva [49].

Os PEA são mudanças elétricas que ocorrem no sistema nervoso em resposta a uma estimulação auditiva e podem ser classificados em potenciais de curta, média e longa latência, de acordo com o período de latência das respostas [58]. Estas respostas eletrofisiológicas não dependem da habilidade linguística do indivíduo e não demandam um processamento cognitivo do estímulo sonoro, com exceção dos potenciais tardios (longa latência), como o P300, que exigem atenção ao estímulo [59].

A literatura especializada revela que diversos pesquisadores tem utilizado os PEA no estudo do DPA e dos distúrbios de aprendizagem nos últimos anos [25, 26, 50, 60, 61, 62, 63]. Estudos têm demonstrado que indivíduos com distúrbios de aprendizagem apresentam codificação neural alterada para sons de fala desde regiões subcorticais como o tronco encefálico alto [11, 12, 13]. Os Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) refletem a sincronia da atividade neural de tal maneira que diferenças de frações de milissegundos indicam respostas de tronco encefálico alteradas [14].

Diniz et al. [60] estudaram um grupo de 16 crianças entre oito e quatorze anos

de idade diagnosticadas com distúrbios de aprendizagens e puderam observar latências significativamente aumentadas no P300 em comparação com o grupo de 20 crianças sem queixas escolares ou de linguagem.

Cunningham et al. [14] não encontraram diferenças entre crianças com problemas de aprendizagem e crianças em desenvolvimento típico para a latência da onda V do PEATE com estímulo de fala (sílabas /da/) e para a amplitude P1-N1 na condição de avaliação sem ruído. Porém, na presença de ruído, o grupo com problemas de aprendizagem apresentou latências da onda V significativamente mais prolongadas e amplitudes P1-N1 significativamente mais reduzidas que o grupo controle, mostrando que crianças com distúrbios de aprendizagem podem ser particularmente desafiadas em ambientes ruidosos de escuta difícil, como numa sala de aula.

O estudo de Purdy et al. [25] encontrou latências aumentadas e amplitudes reduzidas das ondas N1 e P300 em 10 crianças com distúrbio de aprendizagem entre 7 e 11 anos em comparação com 10 crianças do grupo controle (pareadas por idade e gênero) que não tinham histórico de dificuldades de aprendizagem e nem queixas auditivas. Além disso, foi verificada diferenças entre os grupos em relação aos resultados do PEATE e dos potenciais evocados auditivos de média latência (PEAML). No PEATE, o grupo com distúrbio de aprendizagem apresentou latências reduzidas da onda V para estímulos clique em comparação com o grupo controle e para os PEAML foi observada latência prolongada da onda Na e menor amplitude da onda Nb.

Farias et al. [61] compararam os valores de latência do P300 em 60 escolares sem repetência escolar e em 43 com repetência, de ambos os sexos, com idades entre oito e 13 anos. Os autores observaram que o valor da média aritmética da latência foi menor no grupo sem repetência em comparação ao grupo com repetência escolar. Estes resultados foram estatisticamente significantes, ou seja, o tempo em milissegundos entre a apresentação do estímulo raro e o aparecimento da resposta do P300 foi maior no grupo de crianças com repetência escolar, sugerindo uma resposta cortical mais lenta.

Soares et al. [50] avaliaram o processamento auditivo de 12 crianças entre oito

e 12 anos com alteração de leitura e escrita através de testes comportamentais e eletrofisiológicos. Foram encontradas alterações na avaliação comportamental e nos potenciais auditivos de longa latência MMN e P300, demonstrando indícios de associação entre os resultados comportamentais do PA e das alteração nos Potenciais Auditivos de Longa Latência (PEALL).

Wiemes et al. [26] aplicaram testes comportamentais do PA (SSW e fala com ruído) em 21 crianças, entre sete e 14 anos de idade, com Distúrbio de Leitura e Escrita que haviam apresentado médias de latência do P300 superior a 335ms e encontraram alteração do PA nestas crianças. Por se tratar de um potencial cognitivo e endógeno e por refletir o uso funcional que o sujeito faz do estímulo, os autores acreditam que o P300 representa uma medida útil para ser utilizada tanto nas avaliações como no acompanhamento da evolução das disfunções cognitivas.

No presente estudo, foi utilizado o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) com estímulos clique (a fim de verificar a integridade da via auditiva até a região do tronco encefálico) e o P300 (que foi escolhido como o objeto de estudo nesta pesquisa).

Os PEATE são gerados por disparos sincrônicos dos neurônios das estruturas da via auditiva, incluindo o nervo auditivo, núcleos cocleares, núcleos olivares superiores, lemnisco lateral e colículo inferior [58]. O PEATE é um potencial exógeno de curta latência e ocorre nos primeiros 10ms após a estimulação com cliques, gerando sete ondas de pico positivo, embora atualmente apenas as cinco primeiras ondas tem seu valor clínico bem estabelecido [59, 64]. Este potencial é mais utilizado na detecção e diagnóstico de lesões do tronco encefálico e do oitavo par craniano, da neuropatia auditiva e do atraso maturacional do que na investigação do DPA, embora existam na literatura alguns estudos que relatam anormalidades do PEATE em crianças com problemas de aprendizagem, distúrbios de fala e linguagem e DPA [25].

O P300 é um potencial auditivo relacionado a um evento, que reflete a atividade eletrofisiológica do córtex, avaliando funções auditivas de discriminação, integração e atenção. Este potencial é também conhecido como potencial cognitivo, pois depende da resposta consciente do indivíduo, que ocorre como uma onda

positiva a aproximadamente 300 ms após a apresentação do estímulo acústico. Na aplicação do P300 auditivo são apresentados dois estímulos diferentes, sendo um apresentado de maneira frequente e outro introduzido de maneira aleatória, denominado estímulo raro (paradigma de *oddball*). O indivíduo é orientado a contar toda vez que identificar e discriminar os estímulos raros [65, 66]. O P300 depende da discriminação das diferenças entre o estímulo raro e o frequente e é normalmente desencadeado por tons como o *tone burst* na frequência de 1000 Hz para o estímulo frequente e 1500 Hz ou 2000 Hz para o estímulo raro, mas pode também ser utilizado estímulos verbais ou a omissão do estímulo frequente [59].

A seguir, será abordado o tema da via eferente do sistema auditivo.

3.5 A via eferente do sistema auditivo

O sistema nervoso auditivo central (SNAC) é composto não apenas pela via ascendente, mas também por um extensivo sistema eferente com conexões desde o córtex até a cóclea [67, 68]. Estudos em animais demonstraram projeções descendentes do córtex auditivo para o tálamo, mesencéfalo e outros núcleos subcorticais ao longo da via auditiva [69, 70, 71, 72, 73, 74]. Áreas dos córtices primário, secundário e de associação fazem sinapses com o corpo geniculado medial (CGM), colículo inferior (CI) e núcleos subcoliculares [70, 71, 72, 73, 74, 75] através de conexões topograficamente organizadas [72, 74]. Neurônios do CGM e CI inervam o complexo olivar superior, que possui projeções ipsi e contralaterais para a orelha interna [76, 77]. A partir do complexo olivar superior, o feixe olivococlear lateral (FOCL) faz sinapses com as fibras aferentes auditivas que se localizam abaixo das células ciliadas internas (CCI) ipsilaterais, enquanto que a maioria das fibras do feixe olivococlear medial (FOCM) cruzam para a cóclea contralateral e se conectam às células ciliadas externas (CCE) (Figura 1) [76, 77].

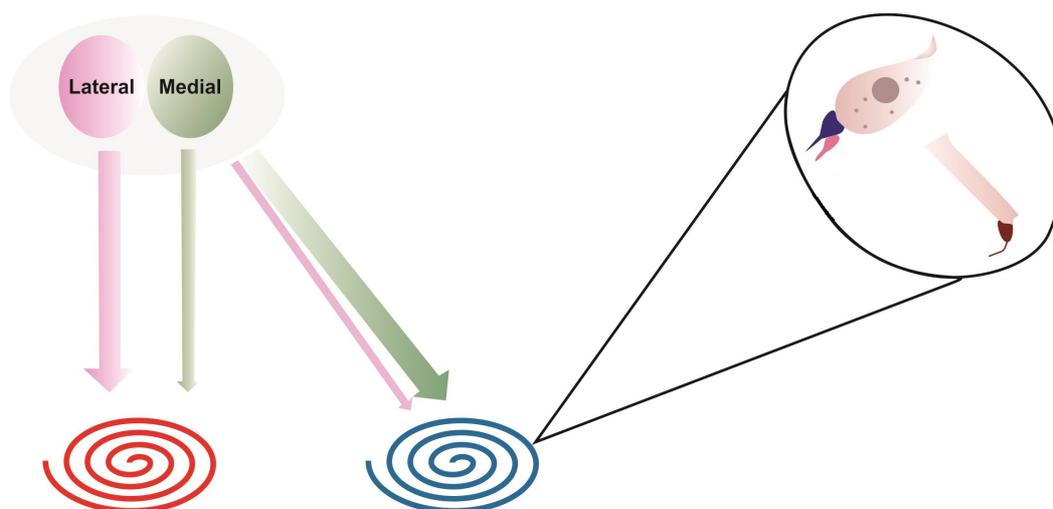


Figura 1. Figura esquemática do sistema olivo-coclear.

Algumas funções têm sido atribuídas ao sistema auditivo eferente, como proteção contra estímulos sonoros elevados, modulação da atividade micromecânica da cóclea, atenção seletiva, localização sonora e melhora na detecção de sinais acústicos na presença de ruído [68, 78, 79, 80, 81, 82, 83]. Entretanto, o papel funcional do sistema auditivo eferente e seus mecanismos fisiológicos de ação ainda não foram completamente estabelecidos, especialmente em regiões mais altas do SNAC [46, 74]. A porção caudal do sistema auditivo eferente, por outro lado, tem sido bastante estudada e existem na literatura diversas evidências de que o sistema olivococlear medial exerce um papel importante na modulação das características de amplificação sonora da cóclea [81, 82, 84].

Diversos pesquisadores estudaram a atividade auditiva eferente através da estimulação do FOCM, que induz um efeito inibitório na cóclea contralateral pela redução da atividade eletromecânica das CCE [78, 79, 84, 85]. Este efeito inibitório tem sido intensamente estudado em humanos através do estudo das emissões otoacústicas (EOA), quando se introduz um ruído de banda larga na orelha contralateral à orelha testada [78, 84, 86, 87, 88]. O ruído contralateral ativa o FOCM de maneira reflexa (reflexo olivococlear), reduzindo as respostas das EOA, o que muitos autores têm denominado de Efeito de Supressão [78, 83].

Os aspectos funcionais do FOCM, entretanto, permanecem em debate na literatura [43, 89, 90]. Pesquisadores relataram alguns resultados contraditórios, principalmente quando o foco do estudo foi a tentativa de correlacionar a supressão das EOA com medidas psicofisiológicas ou com testes que avaliam a discriminação

de fala no ruído [45, 67, 89, 91]. Muitos aspectos metodológicos foram apontados como possíveis causas de tais divergências [45, 90]. Além disso, de Boer et al. [89] sugerem que os resultados conflitantes podem ser decorrentes de uma dependência do sistema olivococlear em relação a fatores de atenção e de experiências individuais, sugerindo que a ativação do FOCM em tarefas de discriminação de fala no ruído não seja apenas reflexa, mas também modulada por mecanismos atencionais [89]. Mishra and Lutman [45] também sugerem que estruturas cerebrais superiores podem recrutar mecanismos mediados pelo FOCM em tarefas auditivas específicas [45].

Existem evidências na literatura de que a atividade cortical pode modular a função auditiva periférica através da via cortico-olivococlear, que regula as respostas cocleares e os disparos das fibras aferentes primárias [44, 92]. Estudos farmacológicos de desativação cortical em animais mostraram tanto reduções quanto incrementos na amplitude das respostas cocleares e do potencial de ação composto do nervo auditivo [44]. Micro-estimulações elétricas no córtex auditivo de chinchilas fortaleceram o efeito supressor do reflexo olivococlear [46] e em humanos a estimulação elétrica do córtex auditivo primário e secundário de pacientes epiléticos reduziram a amplitude das EOA da orelha contralateral, enquanto que nenhuma mudança significativa foi observada quando áreas corticais não-auditivas foram estimuladas [43].

Alguns estudos utilizaram os PEALL com a aplicação de ruído contralateral a fim de investigar os efeitos da atividade eferente em regiões mais altas do SNAC em humanos [87, 93, 94, 95]. Salo et al. [93] verificaram diminuição na amplitude de N1 e aumento na amplitude de P2 na avaliação com ruído. Schochat et al. [87], por outro lado, observaram diminuição na amplitude das ondas N1, P2 na avaliação com ruído branco contralateral. Krishnamurti [96] observou a influencia do ruído competitivo contralateral na latência e na amplitude do P300 em adultos com DPA. Segundo o autor, a introdução do ruído competitivo contralateral torna a situação mais difícil, aumentando a dificuldade da tarefa de discriminação do P300 e, conseqüentemente, isso afeta as respostas provocando um aumento da latência e uma diminuição da amplitude do P300. Polich et al. [97] e Salisbury et al. [98] encontraram aumento da latência do P300 na condição com ruído em adultos com audição normal e Rabelo et al. [95] encontraram significância estatística para o aumento da latência do P300 em um grupo de músicos profissionais enquanto que

nenhuma mudança significativa foi observada para os valores de amplitude com a introdução do ruído. Entretanto, o número pequeno de estudos e alguns resultados contraditórios ainda não permitem determinar os efeitos da atividade eferente da via auditiva em regiões corticais. Além disso, esses estudos foram conduzidos em adultos e até o momento não há na literatura nenhum estudo que investigue os efeitos da estimulação por ruído nos potenciais auditivos de longa latência em população pediátrica.

Os quadros 1 e 2 mostram um resumo com os principais resultados encontrados em estudos que gravaram o P300 desencadeado pelo paradigma *oddball* auditivo na ausência e presença de ruído.

Quadro 1. Resumo dos principais resultados de latência encontrados em estudos que utilizaram o P300 auditivo na ausência e presença de ruído.

Autor	Sujeitos	Eletrodo Ativo	Tone Burst	Ruído	Latência SR (ms)	Latência CR (ms)	Latência SR x CR	
Polich, Howard e Starr (1985)	Adultos sem queixas (n=24; 18-35 anos)	Cz	Raro: 1500 Hz Freq.: 1000 Hz	60 dB NA binaural	Ruído branco binaural 60 dB NA	P3a: 262 P3b: 330	P3a: 270 P3b: 337	p < 0,03
			Raro: 2000 Hz Freq.: 1000 Hz		P3a: 254 P3b: 320	P3a: 259 P3b: 331		
			Raro: 4000 Hz Freq.: 1000 Hz		P3a: 247 P3b: 312	P3a: 257 P3b: 321		
Krishnamurti (2001)	Adultos sem queixas (n=10; M=22,9 anos)	Cz	Raro: 4000 Hz Freq.: 3000 Hz	70 dB NA binaural / monoaural (CR)	Ruído branco contralateral 40 dB NPS	317.9(20.5)	324.6(10.8)	p > 0,05
	Adultos com DPA (n=10; M=26,6 anos)					339.6 (21.9)	363.6 (27.9)	p < 0,05
Salisbury, Desantis, Shenton e McCarley (2002)	Adultos sem queixas (n=40; 18-55 anos)	Cz	Raro: 1500 Hz Freq.: 1000 Hz	97 dB NPS binaural	Ruído branco binaural 70 dB NPS	366.9 (29.9)	378.4 (31.6)	p = 0.001
Simões, Souza e Schochat (2009)	Adultos sem queixas (n=25; 18-30 anos)	Cz	Raro: 2000 Hz Freq.: 1000 Hz	70 dB NA monoaural	Ruído branco contralateral 70 dB NA	OD: 324,48 OE: 313,64	OD: 320,68 OE: 312,64	p = 0,59 p = 0,872
Schochat, Matas, Samelli e Carvalho (2012)	Adultos sem queixas (n=25; 18-30 anos)	Cz	Raro: 1500 Hz Freq.: 1000 Hz	70 dBNA monoaural	Ruído branco contralateral 60 dB NA	319.06	316.66	p = 0.604
Rabelo et al. (2015)	Adultos sem queixas (n=25; 18-30 anos)	Cz	Raro: 1500 Hz	70 dB NA monoaural	Ruído branco contralateral 70 dB NA	OD: 324.48	OD: 320.68	p = 0.241
	Músicos (n=30; 20-53 anos)		Freq.: 1000 Hz			OE: 313.64	OE: 312.64	p=0.236
						OD: 305.2	OD: 333.00	p<0.001
						OE: 309.13	OE: 330.63	p=0.004

SR = sem ruído, CR = com ruído, M = Média.

Quadro 2. Resumo dos principais resultados de amplitude encontrados em estudos que utilizaram o P300 auditivo na ausência e presença de ruído.

Autor	Sujeitos	Eletrodo Ativo	Tone Burst	Ruído	Amplitude SR (μ V)	Amplitude CR (μ V)	Amplitude SR x CR	
Polich, Howard e Starr (1985)	Adultos sem queixas (n=24; 18-35 anos)	Cz	Raro: 1500 Hz Freq.: 1000 Hz	60 dB NA binaural	Ruído branco binaural 60 dB NA	-	-	-
			Raro: 2000 Hz Freq.: 1000 Hz		-	-	-	
			Raro: 4000 Hz Freq.: 1000 Hz		-	-	-	
Krishnamurti (2001)	Adultos sem queixas (n=10; M=22,9 anos)	Cz	Raro: 4000 Hz Freq.: 3000 Hz	70 dB NA binaural / monoaural (CR)	Ruído branco contralateral 40 dB NPS	-	-	-
	Adultos com DPA (n=10; M=26,6 anos)		-		-	-		
Salisbury, Desantis, Shenton e McCarley (2002)	Adultos sem queixa (n=40; 18-55 anos)	Cz	Raro: 1500 Hz Freq.: 1000 Hz	97 dB NPS binaural	Ruído branco binaural 70 dB NPS	12.37 (7.4)	13.28 (7.0)	p > 0.3
Simões, Souza e Schochat (2009)	Adultos sem queixa (n=25; 18-30 anos)	Cz	Raro: 2000 Hz Freq.: 1000 Hz	70 dB NA monoaural	Ruído branco contralateral 70 dB NA	OD: 10,82 OE: 9,56	OD: 9,80 OE: 8,59	0,241 0,236
Schochat, Matas, Samelli e Carvalho (2012)	Adultos sem queixa (n=25; 18-30 anos)	Cz	Raro: 1500 Hz Freq.: 1000 Hz	70 dBNA monoaural	Ruído branco contralateral 60 dB NA	10.19	9.19	0.090
Rabelo et al. (2015)	Adultos sem queixa (n=25; 18-30 anos)	Cz	Raro: 1500 Hz	70 dB NA monoaural	Ruído branco contralateral 70 dB NA	OD: 10.81	OD: 9.79	OD: p >0.05
	Músicos (n=30; 20-53 anos)		Freq.: 1000 Hz			OE: 9.55	OE: 8.58	OE: p >0.05
						OD: 19.93	OD: 19.62	OD: p >0.05
						OE: 18.21	OE: 16.85	OE: p >0.05

SR = sem ruído, CR = com ruído, M = Média.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Audiologia do Centro de Estudos e Pesquisa em Reabilitação Prof. Dr. Gabriel O. S. Porto (CEPRE) da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (FCM/UNICAMP) em parceria com o Laboratório de Distúrbios de Aprendizagem, Dificuldade de Aprendizagem e Transtornos da Atenção (DISAPRE), também da FCM, UNICAMP.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da FCM, Unicamp (protocolo nº 431.184/2013).

Todos os pais e/ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 1) e a coleta de dados foi realizada no período de outubro de 2013 a março de 2015.

4.1 Amostra

As crianças diagnosticadas com distúrbio de aprendizagem e as crianças com dificuldade escolar foram encaminhadas pelo DISAPRE, que atende crianças encaminhadas por diferentes serviços de saúde e escolas de Campinas e região com queixas iniciais de dificuldades de aprendizagem e/ou atenção. As avaliações diagnósticas realizadas no DISAPRE são interdisciplinares – contendo avaliações neuropsicológica, neurológica, psiquiátrica, psicopedagógica e fonoaudiológica – e os diagnósticos são realizados segundo os critérios do DSM-V.

Trinta e sete escolares com idades entre oito e 15 anos participaram da pesquisa e foram divididos em três grupos da seguinte maneira:

- **GDA (Grupo Distúrbio de Aprendizagem):** 10 crianças entre oito e 15 anos de idade, encaminhadas pelo DISAPRE e diagnosticadas com distúrbio de aprendizagem (DA) por avaliação interdisciplinar, segundo os critérios do DSM-V.

- **GDE (Grupo Dificuldade Escolar):** 12 crianças entre nove e 12 anos de idade, cuja avaliação interdisciplinar do DISAPRE identificou dificuldades escolares decorrentes de fatores pedagógicos ou psicossociais.

- **GC (Grupo Controle):** 15 crianças entre oito e 14 anos de idade, em desenvolvimento típico de leitura e escrita, sem queixas escolares, de linguagem e de audição e sem repetência escolar anterior, conforme informado pelos pais ou responsáveis em anamnese anterior à coleta de dados.

4.2 Critérios de inclusão

- Audição dentro dos padrões de normalidade, segundo Northern e Downs [99];
- Curva timpanométrica do tipo A e presença de reflexos acústicos, conforme descritos por Jerger [100] e Carvallo [101];
- Latências das ondas I, III e V dos PEATE dentro da normalidade, segundo valores de normalidade do equipamento - Biologic®);
- Diagnóstico de distúrbio de aprendizagem comprovado por avaliação do DISAPRE (segundo os critérios diagnósticos do DSM-V) para o grupo GDA;
- Dificuldade escolar (de origem pedagógica ou de fatores psicossociais/ambientais) comprovada pela avaliação do DISAPRE (segundo os critérios do DSM-V) para o grupo GDE;
- Crianças em desenvolvimento típico, sem queixas escolares, de audição, de processamento auditivo e de linguagem para o grupo GC, conforme informado pelos pais ou responsáveis.

4.3 Critérios de exclusão

- Crianças com limiares auditivos e dados imitanciométricos alterados [99, 100, 101];
- Crianças cujas latências das ondas I, III e V do PEATE não se encontram dentro dos padrões da normalidade (Biologic®);
- Crianças do grupo controle que apresentaram resultados alterados no Teste Dicótico de Dígitos (TDD);
- Crianças com diagnóstico interdisciplinar de Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) ou outras síndromes genéticas, neurológicas ou neuropsiquiátricas;
- Crianças que apresentaram rebaixamento cognitivo ou de QI na avaliação inicial do DISAPRE.

4.4 Procedimentos

Os procedimentos foram realizados em uma ou duas sessões (com intervalo de aproximadamente uma semana), dependendo das condições de atenção ou cansaço de cada criança.

Na primeira sessão, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo I) foi apresentado aos pais ou responsáveis das crianças e foi assinado autorizando a participação de seus filhos na pesquisa. Após a assinatura do TCLE, foi levantada a história clínica de cada sujeito através de entrevista com os pais ou responsáveis.

Cada participante da pesquisa foi submetido à avaliação audiológica básica (meatoscopia, imitancimetria e audiometria tonal limiar e vocal). A imitancimetria foi realizada com o equipamento 235H da Interacoustics com o objetivo de verificar o funcionamento do sistema tímpano-ossicular. A audiometria tonal e vocal foi realizada em cabina acústica com um audiômetro AC40 da Interacoustics e fones TDH39, a fim de determinar os limiares tonais de cada sujeito. O objetivo da

avaliação audiológica foi garantir a acuidade auditiva normal e excluir a ocorrência de qualquer comprometimento de orelha externa, orelha média ou perda auditiva que pudesse comprometer a avaliação do P300. Após a avaliação audiológica básica, foi realizada a avaliação do processamento auditivo que foi composta por testes comportamentais e eletrofisiológicos. A ordem de realização dos testes foi aleatória, ou seja, alguns sujeitos começaram avaliação pelos testes comportamentais enquanto outros começaram pelos testes eletrofisiológicos.

A avaliação comportamental do PA incluiu os testes Dicótico de Dígitos (TDD) [47], Gaps-in-Noise (GIN) [102] e Teste de Padrão de Frequência (TPF) [103]. Os testes auditivos foram aplicados por meio de audiômetro Interacoustics AC40 acoplado a um CD player marca Philips, em cabina acústica e a ordem de aplicação dos testes comportamentais também foi aleatória. A seguir, a descrição dos procedimentos de aplicação de cada teste:

a) Teste Dicótico de Dígitos (TDD): avalia a habilidade de figura-fundo para sons verbais, por meio da tarefa de integração binaural. Para a realização do teste, foi utilizada uma lista constituída por 80 dígitos que representam dissílabos da língua portuguesa. O teste foi aplicado na intensidade de 50 dBNPS (ambas as orelhas). As crianças eram instruídas a repetir oralmente todos os dígitos apresentados independente da ordem [47].

b) *Gaps in Noise* (GIN): o objetivo deste teste é avaliar a habilidade auditiva de resolução temporal que consiste no tempo mínimo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos. As crianças foram instruídas a identificar os intervalos de silêncio inseridos nos estímulos de ruído branco em diferentes posições e durações. O limiar de detecção de *gap* foi considerado o menor intervalo percebido pelo indivíduo em pelo menos 4 das seis apresentações de determinada duração. A condição de apresentação do teste foi monoaural, a ordem das orelhas testadas foi alternada entre os sujeitos e o teste foi aplicado numa intensidade de 50 dBNPS [102].

c) Teste Padrão de Frequência (TPF): o TPF avalia a habilidade auditiva de ordenação temporal e consiste na apresentação de tons baixos (880 Hz) e altos (1430 Hz), com duração de 500 ms e intervalos de 300 ms entre os tons. Foram apresentados 30 estímulos de forma monoaural para cada orelha numa intensidade

de 50 dBNPS e as crianças tinham que nomear cada sequência de 3 tons na mesma ordem em que eram apresentados [103]. A ordem das orelhas testadas foi alternada entre os sujeitos.

A avaliação eletrofisiológica foi composta pela avaliação da integridade da via auditiva com a aplicação do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) e o Potencial Auditivo Relacionado a Evento – P300. As crianças foram acomodadas em uma poltrona confortável numa sala acústica e eletricamente tratada. Após a limpeza da pele realizada com pasta abrasiva, eletrodos de superfície foram fixados aos sujeitos nas posições do vértex (Cz), frente (Fpz) e mastóides direita (M2) e esquerda (M1), utilizando-se pasta eletrolítica e fita micropore. Os valores de impedância dos eletrodos permaneceu abaixo de 3 kOhms e a diferença entre eletrodos abaixo de 2 kOhms. O equipamento utilizado para a realização do PEATE e do P300 foi o NavigatorPro da Biologic®.

Para a realização do PEATE, o estímulo acústico utilizado foi o clique de polaridade rarefeita, apresentado monoauralmente por meio de fones de inserção a 80 dBNA, numa velocidade de apresentação de 19 cliques por segundo, duração de 0,1 milissegundos, atingindo um total de 2000 estímulos. Foram analisadas as latências absolutas das ondas I, III e V, bem como os interpicos I-III, III-V, I-V do PEATE a fim de garantir integridade da via auditiva pelo menos até a região de tronco encefálico (valores de normalidade do equipamento Biologic®). As crianças que apresentaram alteração no PEATE foram excluídas da pesquisa e os devidos encaminhamentos foram realizados.

Após a avaliação do PEATE, foi realizada a avaliação do P300. Para avaliar o P300, as crianças permaneceram acomodadas na mesma poltrona enquanto escutavam os estímulos acústicos apresentados através de fones de inserção. Os eletrodos continuaram nas mesmas posições do PEATE: o eletrodo ativo na posição Cz, os eletrodos de referência nas mastóides direita e esquerda (M1 e M2) e o eletrodo terra na posição Fz [104]. Os valores de impedância dos eletrodos permaneceram abaixo de 3 kOhms e a diferença inter-eletrodos abaixo de 2 kOhms. O estímulo utilizado foi o *tone burst* na frequência de 2 KHz para o estímulo raro, apresentado randômicamente na probabilidade de 20% e mesclado ao estímulo *tone burst* frequente na frequência de 1kHz, apresentado na

probabilidade de 80%, intensidade de 75 dBNA, velocidade de 1 estímulo por segundo, numa série de 300 promediações a cada varredura, ou seja, 60 estímulos raros e 240 estímulos frequentes. A ordem das orelhas testadas foi alternada entre os sujeitos, ou seja, se um sujeito começava a avaliação pela orelha direita, o próximo sujeito começava pela orelha esquerda e assim por diante. Cada participante foi instruído a contar os estímulos raros verbalmente e ao final de cada condição de avaliação a criança era questionada quanto ao número de estímulos raros percebidos. Após um breve intervalo para descanso, o exame do P300 foi repetido com a apresentação de ruído branco na orelha contralateral a 75 dBNA, por fone de inserção, com o objetivo de verificar se ocorreria ou não o efeito de supressão das respostas do P300 nas crianças com distúrbio de aprendizagem e dificuldade escolar.

4.5 Análise dos Dados

A análise dos dados da avaliação do P300 intra e intergrupo foi baseada:

1 – Nos valores numéricos das latências e amplitudes do P300 na avaliação convencional sem ruído contralateral;

2 – Nos valores numéricos das latências e amplitudes do P300 na avaliação com ruído contralateral;

3 – Na comparação dos valores de latência e amplitude do P300 obtidos nas duas condições de avaliação (**sem** ruído *versus* **com** ruído);

4 - Na subtração dos valores obtidos na avaliação com ruído pelos valores obtidos na avaliação sem ruído contralateral (**com** ruído menos **sem** ruído). A diferença obtida entre as duas avaliações foi chamada de **supressão**.

Os valores de latência e amplitude do P300 de todos os sujeitos em cada situação de avaliação (sem e com ruído) foram analisados por um pesquisador cego quanto à categorização dos sujeitos (grupos GDA, GDE, GC).

O P300 foi identificado como a deflexão mais positiva após o complexo N1-P2-N2 [105]. Para esta análise, foi subtraída a onda do estímulo raro da onda do

estímulo frequente e a latência foi marcada no pico mais positivo da onda resultante da diferença do estímulo raro menos o frequente (Figura 2). A janela utilizada para a análise foi de 700 ms.

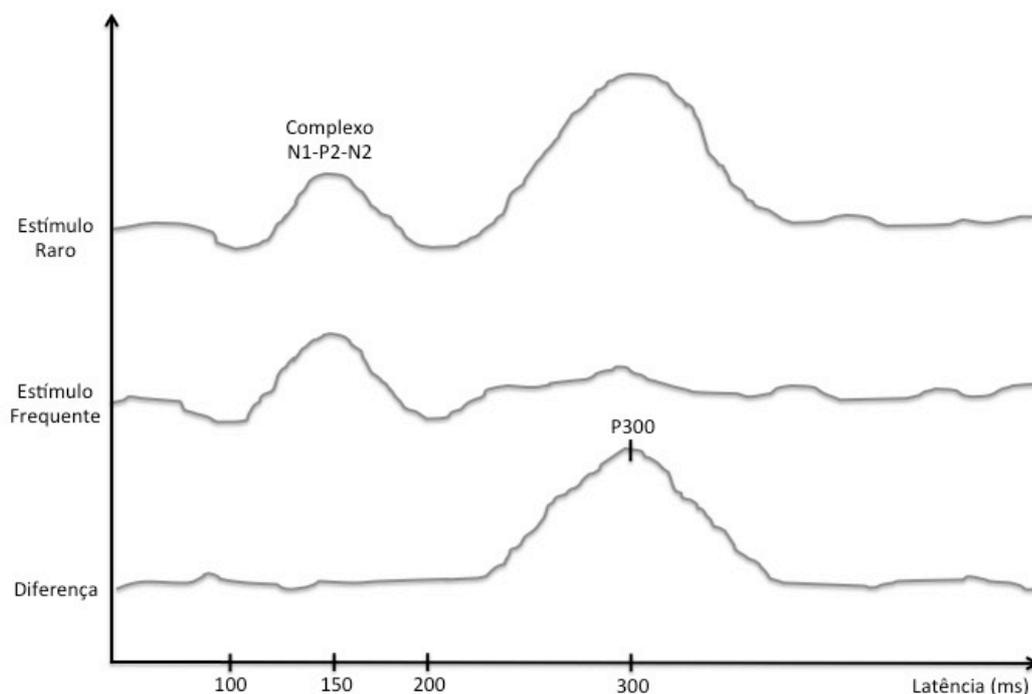


Figura 2. Figura esquemática da marcação do P300.

Em seguida, foram comparados os valores de latência e amplitude nas condições de avaliação sem e com estímulo contralateral para verificar e quantificar o efeito de supressão. Após a análise intra grupo foi conduzida a análise intergrupo a fim de verificar a existencia de diferenças entre os grupos.

4.6 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada por meio do *software* “*Statistical Package for the Social Science*” (SPSS) Versão 20.0.

A homogeneidade dos grupos quanto à idade e sexo foi avaliada por meio do Teste F (ANOVA) e do Teste exato de Fisher, respectivamente.

Para verificar a normalidade dos dados, foi utilizado o teste Shapiro-Wilk.

O teste ANOVA com medidas repetidas foi utilizado para comparar a média das orelhas direita e esquerda nos testes comportamentais do PA, na avaliação do P300 **sem e com** ruído e na análise da supressão do P300. Para as análises em que não foram encontradas diferenças significativas, foi considerada a unidade amostral como sendo a orelha, caso contrário, o estudo foi realizado considerando as orelhas direita e esquerda separadamente.

Para comparar as médias de respostas entre os sexos masculino x feminino também foi utilizado o teste ANOVA com medidas repetidas.

Na análise post-hoc, foi utilizado o ajuste de Bonferroni ou o ajuste de Games-Howell para comparar:

- as avaliações do P300 SEM X COM ruído no grupo GDA, no grupo GDE e no grupo GC;
- o desempenho dos grupos GDA x GDE x GC na condição sem ruído;
- o desempenho dos grupos GDA x GDE x GC na condição com ruído.

O nível de significância assumido foi de 0,05 (5%) e todos os p-valores considerados estatisticamente significantes foram destacados em **negrito**.

5. RESULTADOS

A amostra foi constituída por 37 escolares na faixa etária de 8 a 15 anos. No GDA (n=10) a idade variou de 8 a 15 anos (média de 11,1 \pm 2,02; 4 meninas e 6 meninos), no GDE (n=12) de 9 a 11 anos (média de 11,8 \pm 1,99; 8 meninas e 4 meninos) e no GC (n=15) de 8 a 14 anos (média de 11.1 \pm 1,84; 9 meninas e 6 meninos). Os grupos foram considerados homogêneos quanto à idade [p=0,583; teste F (ANOVA)] e gênero [p=0,492 (teste exato de Fisher)].

A tabela 1 apresenta as características demográficas e os dados sobre histórico de repetição escolar, intervenção fonoaudiológica e escolaridade dos pais dos sujeitos dos grupos GDA e GDE.

Tabela 1. Características demográficas dos sujeitos dos grupos GDA e GDE.

Sujeito	Idade (anos)	Sexo	Diagnóstico	Repetência Escolar	Intervenção Fonoaudiológica	Escolaridade Chefe Família
1GDA	8	F	DA	Sim	Sim	EF incompleto
2GDA	10	F	DA	Não	Sim	ES
3GDA	12	F	DA	Sim	Sim	EM
4GDA	13	F	DA	Sim	Não	ES
5GDA	9	M	DA	Não	Sim	ES
6GDA	10	M	DA	Não	Não	EF incompleto
7GDA	11	M	DA	Não	Sim	EM
8GDA	11	M	DA	Não	Não	EF
9GDA	12	M	DA	Sim	Sim	EM
10GDA	15	M	DA	Sim	Não	EM
1GDE	9	F	DE	Não	Sim	EM
2GDE	10	F	DE	Não	Não	EM
3GDE	12	F	DE	Não	Sim	ES incompleto
4GDE	13	F	DE	Sim	Sim	EF incompleto
5GDE	13	F	DE	Sim	Não	EF
6GDE	13	F	DE	Não	Sim	EF
7GDE	15	F	DE	Não	Sim	ES
8GDE	15	F	DE	Sim	Não	EF incompleto
9GDE	10	M	DE	Não	Sim	EM
10GDE	10	M	DE	Sim	Sim	EF
11GDE	11	M	DE	Sim	Não	ES
12GDE	11	M	DE	Não	Sim	EF

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; M: masculino; F: Feminino; DA: Distúrbio de Aprendizagem; DE: Dificuldade Escolar.

Para facilitar a visualização, os resultados foram divididos em:

- Testes comportamentais do processamento auditivo;
- Testes eletrofisiológicos do processamento auditivo;
- Supressão do P300.

5.1 Resultados: testes comportamentais do processamento auditivo

A análise inicial comparou o desempenho das orelhas direita e esquerda em cada grupo em relação à porcentagem de acertos do TDD, TPF e GIN e em relação ao limiar de detecção de *gaps* do GIN. Os resultados apontaram diferença média estatisticamente significativa entre as orelhas para o TDD e o limiar de detecção de *gaps* do GIN somente nos grupos GDA e GDE. O TPF e a porcentagem de acertos do GIN não mostraram diferença no desempenho entre as orelhas em nenhum dos grupos estudados, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Comparação entre as orelhas direita e esquerda nos testes TDD, TPF e GIN nos grupos GDA, GDE e GC.

	Testes	n	Orelha Direita			Orelha Esquerda			p-valor
			Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	
GDA	TDD	10	92,8	96,3	6,6	84,8	83,8	11,0	0,0003
	TPF	10	36,0	27,5	22,2	32,5	25,0	23,4	0,3643
	GIN (limiar)	10	5,8	5,0	1,9	7,0	8,0	1,9	0,0013
	GIN (%)	10	61,5	61,7	12,5	62,5	63,3	13,4	0,5939
GDE	TDD	12	96,9	97,5	2,8	91,9	95,0	7,8	0,0099
	TPF	11*	39,2	35,0	20,2	34,6	26,7	21,4	0,2074
	GIN (limiar)	12	5,4	5,0	1,4	5,9	5,5	1,4	0,0166
	GIN (%)	12	66,2	67,5	8,8	66,5	65,0	7,3	1,0000
GC	TDD	15	99,2	100,0	1,5	98,8	100,0	2,0	0,7773
	TPF	15	84,1	95,0	19,9	83,6	93,0	20,6	0,8647
	GIN (limiar)	15	4,3	4,0	1,2	4,4	4,0	1,2	0,8118
	GIN (%)	15	78,7	80,0	7,1	80,7	81,0	7,5	0,1969

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem, GDE: Grupo Dificuldade Escolar, GC: Grupo Controle; TDD: Teste Dicótico de Dígitos; TPF: Teste Padrão de Frequência; GIN: Gaps In Noise; DP: Desvio Padrão; *1 criança não completou o teste.

Em relação à variável sexo, não houve diferença entre masculino e feminino em nenhum dos testes aplicados e em nenhum dos grupos estudados ($p > 0,05$), conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Comparação entre os sexos masculino e feminino nos testes TDD, TPF e GIN nos grupos GDA, GDE e GC.

Grupos	Testes	n	Masculino			n	Feminino			p-valor
			Média	Mediana	DP		Média	Mediana	DP	
GDA	TDD	12	89,0	93,8	10,1	8	88,4	91,3	9,7	0,8017
	TPF	12	36,7	25,0	20,5	8	30,6	20,0	25,7	0,8331
	GIN (limiar)	12	6,8	7,0	2,2	8	5,9	5,5	1,5	1,0000
	GIN (%)	12	59,7	62,5	13,8	8	65,4	62,5	10,7	0,9714
GDE	TDD	8	92,5	93,8	7,6	16	95,3	97,5	5,5	0,4206
	TPF	8	34,0	30,8	15,1	15*	38,6	30,0	23,3	0,7274
	GIN (limiar)	8	5,4	5,0	1,3	16	5,8	5,0	1,4	0,6569
	GIN (%)	8	69,2	71,7	6,2	16	65,0	64,2	8,5	0,5030
GC	TDD	12	99,4	100,0	1,1	18	98,7	100,0	2,0	0,8029
	TPF	12	88,3	98,0	15,9	18	80,9	86,5	22,1	0,5023
	GIN (limiar)	12	4,9	4,0	1,5	18	4,0	4,0	0,8	0,1602
	GIN (%)	12	76,6	77,3	7,7	18	81,8	83,0	6,3	0,2321

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem, GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; TDD: Teste Dicótico de Dígitos; TPF: Teste Padrão de Frequência; GIN: Gaps In Noise; DP: Desvio Padrão; *1 criança não completou o teste.

Devido às diferenças encontradas entre as orelhas direita e esquerda no TDD e no limiar de detecção de *gaps* do GIN, as demais análises estatísticas foram estudadas segundo cada orelha separadamente para estes testes, enquanto que no TPF e na porcentagem de acertos do GIN os valores de cada orelha foram considerados em conjunto.

A comparação entre o desempenho de cada grupo nos testes TDD, TPF e GIN (limiar de detecção de *gaps* e porcentagem de acertos) pode ser observada nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Desempenho dos grupos GDA, GDE e GC nos testes TDD, TPF e GIN (limiar de detecção de *gaps* e porcentagem de acertos).

Testes		GDA			GDE			GC			p-valor			
		n	Média	Mediana	DP	n	Média	Mediana	DP	n		Média	Mediana	DP
TDD	OD	10	92,8	96,3	6,6	12	96,9	97,5	2,8	15	99,2	100,0	1,5	0,0061
	OE	10	84,8	83,8	11,0	12	91,9	95,0	7,8	15	98,8	100,0	2,0	0,0011
TPF		20	34,3	25,0	22,3	23*	36,9	30,0	20,4	30	83,9	94,0	19,9	0,0000
GIN (limiar)	OD	10	5,8	5,0	1,9	12	5,4	5,0	1,4	15	4,3	4,0	1,2	0,0439
	OE	10	7,0	8,0	1,9	12	5,9	5,5	1,4	15	4,4	4,0	1,2	0,0004
GIN %		20	62,0	62,5	12,6	24	66,4	65,8	7,9	30	79,7	80,0	7,2	0,0000

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem, GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; TDD: Teste Dicótico de Dígitos; TPF: Teste Padrão de Frequência; GIN: Gaps In Noise; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; DP: Desvio Padrão; *1 criança não completou o teste.

Tabela 5. Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC nos testes TDD, TPF e GIN (limiar de detecção de *gaps* e porcentagem de acertos).

Testes		GDE x		
		GDA x GC	GC	GDA x GDE
TDD (%)	OD	p = 0,031	p = 0,048	p = 0,200
	OE	p = 0,007	p = 0,027	p = 0,226
TPF (%)		p = 0,000	p = 0,000	p = 1,000
GIN (limiar)	OD	p = 0,060	p = 0,198	p = 1,000
	OE	p = 0,000	p = 0,033	p = 0,276
GIN (%)		p = 0,000	p = 0,000	p = 0,379

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem, GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; TDD: Teste Dicótico de Dígitos; TPF: Teste Padrão de Frequência; GIN: Gaps In Noise; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda.

No GDA, a média da porcentagem de acertos no TDD foi de 92,8(±6,6) para orelha direita e 84,8(±11,0) para orelha esquerda. Esse desempenho foi estatisticamente inferior ao GDE [OD: 96,9(±2,8); OE: 91,9(±7,8)] e ao GC [OD: 99,2(±1,5); OE: 98,8(±2,0)], conforme demonstrado na Tabela 4. A Tabela 5 mostra que houve diferença entre GDA *versus* GC e GDE *versus* GC em ambas as orelhas, sendo que os grupos GDA *versus* GDE não foram diferentes entre si.

Com relação à comparação entre os grupos no TPF, o GDA apresentou pior desempenho que o GDE e GC [34,3(±22,3); 36,9(±20,4); 83,9(±19,9), respectivamente], conforme é possível observar na Tabela 4. Entretanto, houve diferença significativa apenas entre GDA *versus* GC e GDE *versus* GC, sendo os grupos GDA e GDE semelhantes em desempenho no TPF, como mostra a Tabela 5.

A média do limiar de detecção de *gap* no GDA [OD: 5,8(±1,9)ms; OE: 7,0(±1,9)ms] foi significativamente maior em comparação às médias do GDE [OD:

5,4(\pm 1,4)ms; OE: 5,9(\pm 1,4)] e GC [OD: 4,3(\pm 1,2)ms; OE: 4,4(\pm 1,2)ms]. Da mesma forma, o GDA apresentou menor porcentagem total de acertos [62,0(\pm 12,6)%] em comparação ao GDE [66,4(\pm 7,9)%] e ao GC [79,7(\pm 7,2)%] e essas diferenças foram estatisticamente significantes. Os grupos GDA e GDE diferiram do GC (para o limiar de detecção de *gaps* na OE e para a porcentagem de acertos do GIN), enquanto que os grupos GDA e GDE tiveram desempenho semelhantes, conforme demonstrado na Tabela 5.

5.2 Resultados: testes eletrofisiológicos do processamento auditivo

Inicialmente, a análise intragrupo dos valores de latência e amplitude do P300 levou em consideração as variáveis orelha (direita *versus* esquerda) e sexo (masculino *versus* feminino) em cada condição de avaliação (sem e com ruído branco contralateral). Além disso, a comparação entre as avaliações sem ruído e com ruído foi realizada dentro de cada um dos grupos estudados (sem ruído *versus* com ruído).

Foi realizada uma análise intergrupo, a qual comparou os valores de latência e amplitude entre os grupos GDA, GDE e GC na condição sem ruído e na avaliação com ruído contralateral.

5.2.1 Latência

A comparação entre as orelhas direita e esquerda para os valores de latência obtidos no GDA, GDE e GC em cada condição de avaliação (sem e com ruído) pode ser observada na Tabela 6. Os resultados apontaram diferença média estatisticamente significativa entre as orelhas somente na avaliação com ruído para o GC.

Tabela 6. Comparação dos valores de latência do P300 entre as orelhas direita e esquerda dos grupos GDA, GDE, e GC obtidos nas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral.

P300 Latência		n	Orelha Direita			Orelha Esquerda			p-valor
			Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	
SEM RUÍDO	GDA	10	346,9	359,6	48,0	324,0	320,4	33,5	0,0984
	GDE	12	311,1	298,5	36,2	328,1	335,5	35,5	0,0639
	GC	15	319,3	319,8	25,4	315,0	312,6	32,8	0,6579
COM RUÍDO	GDA	10	352,2	369,8	43,7	339,9	342,2	29,9	0,3791
	GDE	12	339,5	341,7	41,9	324,9	329,2	36,1	0,3545
	GC	15	323,4	318,8	37,0	339,5	339,6	44,2	0,0348

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Com relação à variável sexo, não houve diferença entre masculino e feminino para os valores de latência do P300 obtidos nas avaliações sem e com ruído em nenhum dos grupos estudados ($p > 0,05$), conforme mostra a tabela 7.

Tabela 7. Comparação entre os sexos masculino e feminino para a latência do P300 dos grupos GDA, GDE, e GC obtidos nas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral.

P300 Latência		n	Masculino			Feminino			p-valor	
			Média	Mediana	DP	n	Média	Mediana		DP
SEM RUÍDO	GDA	6	333,1	330,2	51,3	4	337,3	343,7	9	0,9247
	GDE	4	315,5	319,3	29,6	8	321,2	304,2	0	0,8958
	GC	6	319,1	319,3	19,8	9	315,9	315,7	1	0,8420
COM RUÍDO	GDA	6	351,5	362,5	43,8	4	337,8	334,4	9	0,4674
	GDE	4	329,5	339,1	33,0	8	334,2	334,4	0	0,9735
	GC	6	326,2	322,4	32,6	9	334,9	328,7	1	0,6612

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Como não foi observada diferença estatística entre as orelhas para as medidas de latência na condição sem ruído, os valores obtidos nas orelhas direita e esquerda foram agrupados nas demais análises estatísticas. Na condição com ruído, as análises foram realizadas considerando cada orelha separadamente.

A tabela 8 mostra a comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de latência obtidos nas avaliações sem e com ruído branco contralateral. Não houve diferença entre os grupos para os valores de latência em nenhuma das condições de avaliação do P300.

Tabela 8. Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de latência obtidos nas avaliações sem e com ruído contralateral.

P300		n	Média	Mediana	DP	Min	Max	p-valor	
Latência									
SEM RUÍDO	GDA	20	334,9	330,2	41,6	244,9	397,9	0,200	
	GDE	24	319,2	311,5	36,1	276,1	384,4		
	GC	30	317,2	317,8	28,9	243,8	366,7		
COM RUÍDO	GDA	10	352,2	369,8	43,7	270,9	402,1	0,2366	
	GDE	OD	12	339,5	341,7	41,9	279,2		411,4
	GC		15	323,4	318,8	37,0	249,0		386,5
	GDA		10	339,9	342,2	29,9	287,6		386,5
	GDE	OE	12	324,9	329,2	36,1	269,9		370,8
	GC		15	339,5	339,6	44,2	261,5		412,5

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; DP: Desvio Padrão.

Na comparação entre as duas condições de avaliação (sem ruído *versus* com ruído), foi observado prolongamento significativo de latência na condição com ruído apenas no grupo GDE e GC, conforme Tabela 9.

Tabela 9. Comparação entre as avaliações sem ruído e com ruído para os valores de latência nos grupos GDA, GDE e GC.

P300		n	Sem Ruído			Com Ruído			p-valor
Latência			Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	
GDA		20	334,9	330,2	41,6	345,7	354,2	36,6	0,1184
GDE		24	319,2	311,5	36,1	332,6	337,5	39,1	0,0366
GC	OD	15	319,3	319,8	25,4	323,4	318,8	37,0	0,6058
	OE	15	315,0	312,6	32,8	339,5	339,6	44,2	0,0013

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; DP: Desvio Padrão.

5.2.2 Amplitude

A comparação entre as orelhas direita e esquerda para os valores de amplitude obtidos no GDA, GDE e GC em cada condição de avaliação (sem e com ruído) pode ser visualizada na Tabela 10. Os resultados demonstraram que não houve diferença média estatisticamente significativa entre as orelhas em nenhum dos grupos estudados.

Tabela 10. Comparação dos valores de amplitude do P300 entre as orelhas direita e esquerda dos grupos GDA, GDE, e GC obtidos nas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral.

P300 Amplitude		n	Orelha Direita			Orelha Esquerda			p-valor
			Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	
SEM RUÍDO	GDA	10	5,2	4,4	2,0	5,8	5,1	2,1	0,9159
	GDE	12	5,4	5,4	1,7	6,7	5,6	3,1	0,1575
	GC	15	5,2	4,7	1,7	4,6	3,7	2,0	0,4045
COM RUÍDO	GDA	10	4,7	4,9	1,5	6,0	5,2	3,0	0,5165
	GDE	12	5,2	5,3	1,6	5,6	4,3	2,8	0,7041
	GC	15	4,4	3,7	1,8	5,0	3,9	2,2	0,3224

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Não houve diferença entre os sexos masculino e feminino para os valores de amplitude do P300 obtidos nas avaliações sem e com ruído em nenhum dos grupos estudados, conforme mostra a tabela 11.

Tabela 11. Comparação entre os sexos masculino e feminino para a amplitude do P300 dos grupos GDA, GDE, e GC obtidos nas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral.

P300 Amplitude		n	Masculino			Feminino			p-valor	
			Média	Mediana	DP	n	Média	Mediana		DP
SEM RUÍDO	GDA	6	5,6	5,1	2,2	4	5,5	5,1	1,9	0,7231
	GDE	4	7,2	6,9	2,6	8	5,4	4,8	2,3	0,0910
	GC	6	5,4	4,6	2,1	9	4,6	4,0	1,6	0,2897
COM RUÍDO	GDA	6	5,5	4,8	3,1	4	5,3	5,0	1,1	0,6167
	GDE	4	6,6	6,5	2,8	8	4,7	4,3	1,5	0,0819
	GC	6	4,8	4,1	2,0	9	4,7	3,6	2,1	0,9116

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Como não foi observada diferença estatística entre as orelhas direita e esquerda para as medidas de amplitude nas condições sem e com ruído, os valores obtidos nas orelhas direita e esquerda foram agrupados nas demais análises estatísticas.

A tabela 12 mostra a comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de amplitude obtidos nas avaliações sem e com ruído branco contralateral. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos para as médias de amplitude em nenhuma condição de avaliação.

Tabela 12. Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de amplitude obtidos nas avaliações sem e com ruído contralateral.

P300								
Amplitude		n	Média	Mediana	DP	Min	Max	p-valor
SEM RUÍDO	GDA	20	5,5	5,1	2,0	3,0	10,2	0,1936
	GDE	24	6,0	5,4	2,5	3,0	12,6	
	GC	30	4,9	4,4	1,8	3,0	10,0	
COM RUÍDO	GDA	20	5,4	4,9	2,4	2,2	13,5	0,4295
	GDE	24	5,4	5,2	2,2	2,8	12,5	
	GC	30	4,7	3,8	2,0	3,0	10,0	

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Na comparação entre as avaliações sem e com ruído não foi encontrada diferença para as médias de amplitude em nenhum dos grupos estudados, conforme a Tabela 13.

Tabela 13. Comparação entre as avaliações sem ruído e com ruído para os valores de amplitude nos grupos GDA, GDE e GC.

P300 Amplitude	n	Sem Ruído			Com Ruído			p-valor
		Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	
GDA	20	5,5	5,1	2,0	5,4	4,9	2,4	0,7949
GDE	24	6,0	5,4	2,5	5,4	5,2	2,2	0,1871
GC	30	4,9	4,4	1,8	4,7	3,8	2,0	0,5896

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

5.3 Resultados: Supressão do P300

No presente estudo, foi denominado **supressão** a diferença entre os valores de latência e amplitude do P300 obtidos nas duas condições de avaliação. O cálculo da diferença foi realizado da seguinte maneira: os valores obtidos na avaliação com ruído menos os valores obtidos na avaliação sem ruído (COM menos SEM). Assim, valores positivos para a latência indicam prolongamento em milissegundos e valores negativos indicam encurtamento de latência. Valores negativos para a amplitude indicam diminuição em microVolts e valores positivos indicam aumento de amplitude.

Conforme citado anteriormente, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados. Nas amostras de **supressão** do P300 que não obtiveram normalidade foi verificada a existência de pontos influentes (ou *outliers*) que foram excluídos das análises e dessa maneira as amostras passaram a ter distribuição normal. Os valores excluídos foram:

- Sujeito 2GDE, variável amplitude, orelha esquerda: foi excluído o valor -7,56;
- Sujeito 4GC, variável amplitude, orelha direita: foi excluído o valor 4,1;
- Sujeito 5GC, variável amplitude, orelha direita: foi excluído o valor -6,29;
- Sujeito 11GC, variável amplitude, orelha direita: foi excluído o valor -3,85.

A comparação entre as orelhas direita e esquerda para os valores de supressão da latência obtidos no GDA, GDE e GC pode ser observada na Tabela 14. Os resultados apontaram diferença média estatisticamente significativa entre as orelhas nos grupos GDE e GC, com maior supressão na OD no GDE e maior supressão na OE no GC.

Tabela 14. Comparação da média de supressão da latência do P300 entre as orelhas direita e esquerda nos grupos GDA, GDE, e GC.

Supressão Latência	n	Orelha Direita			Orelha Esquerda			p-valor
		Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	
GDA	10	5,3	6,3	31,3	15,9	23,4	23,8	0,3425
GDE	12	28,5	14,6	30,7	-3,1	-5,2	26,5	0,0091
GC	15	4,0	0,0	28,0	24,6	17,7	28,8	0,0330

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Com relação à variável sexo, não houve diferença entre masculino e feminino para os valores de supressão da latência do P300, conforme mostra a tabela 15.

Tabela 15. Comparação entre os sexos masculino e feminino para a média de supressão da latência do P300 nos grupos GDA, GDE, e GC.

Supressão Latência	n	Masculino			Feminino			p-valor	
		Média	Mediana	DP	n	Média	Mediana		DP
GDA	12	18,5	20,8	27,8	8	0,5	-1,0	24,5	0,5401
GDE	8	13,9	10,9	23,2	16	13,0	8,3	37,1	0,8120
GC	12	7,2	5,5	30,0	18	19,1	16,1	29,6	0,3110

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Na comparação entre os grupos, as Tabelas 16 e 17 demonstram diferença na magnitude de supressão da latência entre GDA, GDE e GC na orelha esquerda.

Tabela 16. Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de supressão da latência.

Supressão Latência	n	Média	Mediana	DP	Min	Max	p-valor	
								GDA
GDE	OD	12	28,5	14,6	30,7	-4,2	93,7	0,0893
GC	15	4,0	0,0	28,0	-32,3	65,6		
GDA	10	15,9	23,4	23,8	-20,8	47,9		
GDE	OE	12	-3,1	-5,2	26,5	-44,8	41,7	0,0442
GC	15	24,6	17,7	28,8	-6,3	76,0		

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda.

Tabela 17. Comparação entre os grupos GDA x GC, GDE x GC e GDA x GDE para os valores de supressão da latência.

Supressão Latência	n	Orelha Direita			p-valor	Orelha Esquerda			p-valor
		Média	Mediana	DP		Média	Mediana	DP	
GDA	10	5,3	6,3	31,3	1,0000	15,9	23,4	23,8	1,0000
GC	15	4,0	0,0	28,0		24,6	17,7	28,8	
GDE	12	28,5	14,6	30,7	0,1245	-3,1	-5,2	26,5	0,0413
GC	15	4,0	0,0	28,0		24,6	17,7	28,8	
GDA	10	5,3	6,3	31,3	0,2595	15,9	23,4	23,8	0,3394
GDE	12	28,5	14,6	30,7		-3,1	-5,2	26,5	

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão

Assim como foi realizado para a latência, as médias de supressão dos valores de amplitude foram inicialmente comparadas entre as orelhas direita e esquerda em cada grupo, como mostra a Tabela 18.

Tabela 18. Comparação da média de supressão da amplitude do P300 entre as orelhas direita e esquerda nos grupos GDA, GDE, e GC.

Supressão Amplitude	n	Orelha Direita			p-valor	Orelha Esquerda		
		Média	Mediana	DP		Média	Mediana	DP
GDA	10	-0,5	0,0	2,1	0,6283	0,2	0,4	2,0
GDE	12	-0,1	-0,3	2,1		-0,4	-0,3	1,6
GC	15	-0,5	-0,6	0,8		0,4	0,1	1,5

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Quanto à variável sexo, não foram observadas diferenças entre masculino e feminino para a média de supressão dos valores de amplitude do P300 nos grupos GDA, GDE e GC, como mostra a Tabela 19.

Tabela 19. Comparação entre os sexos masculino e feminino para a média de supressão da amplitude do P300 nos grupos GDA, GDE, e GC.

Supressão Amplitude	Masculino				Feminino				p-valor
	n	Média	Mediana	DP	n	Média	Mediana	DP	
GDA	12	-0,1	0,5	2,2	8	-0,2	0,2	1,9	0,8145
GDE	8	-0,5	-0,6	2,0	16	-0,1	-0,2	1,8	0,8430
GC	12	-0,4	-0,4	0,8	18	0,3	-0,1	1,5	0,5057

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

Como não houve diferença entre as orelhas para os valores de supressão da amplitude, os dados das orelhas direita e esquerda foram agrupados nas demais análises estatísticas. A Tabela 20 mostra que não houve diferença entre os grupos GDA, GDE e GC para a média de supressão da amplitude.

Tabela 20. Comparação entre os grupos GDA, GDE e GC para os valores de média de supressão da amplitude.

Supressão Amplitude	Supressão						
	n	Média	Mediana	DP	Min	Max	p-valor
GDA	20	-0,1	0,4	2,0	-4,5	3,2	0,8665
GDE	24	-0,3	-0,3	1,8	-4,0	3,4	
GC	30	0,0	-0,3	1,3	-2,9	3,0	

GDA: Grupo Distúrbio de Aprendizagem; GDE: Grupo Dificuldade Escolar; GC: Grupo Controle; DP: Desvio Padrão.

DISCUSSÃO

Assim como nos resultados, o capítulo da discussão foi dividido em três partes:

- Testes comportamentais do processamento auditivo;
- Avaliação eletrofisiológica do processamento auditivo (P300); e
- Supressão do P300.

6.1 Testes comportamentais do processamento auditivo

Apesar dos frequentes relatos na literatura de alterações comportamentais do processamento auditivo em crianças com distúrbios de aprendizagem, a inclusão de testes comportamentais no presente estudo foi baseada no fato que poucos desses relatos distinguem os transtornos mistos de aprendizagem (denominado no presente trabalho como distúrbio de aprendizagem) dos transtornos específicos (como a dislexia) e das dificuldades escolares. Há poucos estudos na literatura que estudaram o processamento auditivo em crianças com diagnóstico de distúrbio de aprendizagem, e, por esse motivo, muitos trabalhos que serão utilizados para discutir os resultados da presente pesquisa utilizaram amostras de crianças ou adultos com dislexia ou outras alterações de leitura/escrita.

Os resultados da análise estatística para o TDD demonstrou diferenças estatisticamente significantes no desempenho dos grupos GDA e GDE em relação ao GC, tanto na orelha direita quanto na orelha esquerda (Tabelas 4 e 5), indicando pior desempenho das crianças com alterações de aprendizagem em tarefas que demandam o agrupamento de componentes da mensagem verbal em figura-fundo e sua identificação por meio da tarefa de integração binaural [106]. Na comparação entre os grupos GDA e GDE, no entanto, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa, embora o GDA tenha apresentado média de porcentagem de acertos inferior ao GDE em ambas as orelhas (Tabela 5). Outros estudos também relataram pior desempenho no TDD em crianças com alterações de aprendizagem [4, 7, 34, 35, 55, 56].

Além disso, foi encontrada diferença entre as orelhas direita e esquerda, com pior desempenho na orelha esquerda, somente nos grupos GDA e GDE (Tabela 2). Essa diferença entre as orelhas pode ser explicada pela dominância hemisférica esquerda para a linguagem e o cruzamento das vias auditivas [107], embora exista

na literatura relatos de anormalidades na lateralização hemisférica em casos de distúrbios de aprendizagem [7, 33, 35]. A literatura descreve vantagem da orelha direita (VOD) no TDD em crianças brasileiras em desenvolvimento típico até 6 anos de idade [108], sendo que em crianças maiores essa diferença desaparece devido às características dos estímulos verbais utilizados no TDD [35]. No presente estudo, o GC não apresentou assimetria entre as orelhas, e a presença de VOD nos grupos GDA e GDE pode indicar um atraso maturacional no SNC das crianças com queixas de aprendizagem estudadas, provavelmente relacionado com a transferência inter-hemisférica [35, 108]. Esses achados concordam com outros estudos que também encontraram pior desempenho na orelha esquerda em crianças com distúrbios de aprendizagem [7, 35, 55, 56].

Em relação ao TPF, os grupos GDA e GDE apresentaram resultados significativamente piores em relação ao GC, porém não houve diferença entre os grupos GDA x GDE (Tabelas 4 e 5). Diversos pesquisadores também encontraram pior desempenho em testes de ordenação temporal em adultos e crianças com problemas de aprendizagem e sugeriram que as habilidades perceptuais necessárias para o desenvolvimento da fala e leitura/escrita podem estar relacionadas ao processamento temporal auditivo [2, 9, 10, 54, 55, 56, 109, 110].

Muitos indivíduos com distúrbios de leitura e escrita apresentam dificuldades não apenas em tarefas que envolvem sons verbais, mas também nos aspectos supra-segmentares da fala (frequência, intensidade, ritmo e entonação) [2], os quais são avaliados no TPF. A percepção adequada dos padrões sonoros não-verbais de frequência e duração é importante para o processamento das características acústicas da fala, contribuindo para a percepção da prosódia, ritmo e entonação.

O teste GIN foi utilizado na presente pesquisa para avaliar a habilidade de resolução temporal. Os resultados apontaram pior desempenho quanto ao limiar de detecção de *gap* na orelha esquerda somente nos grupos GDA e GDE (Tabela 4). É pouco provável que os resultados diferentes entre as orelhas no GDA e GDE sejam devidos a fatores de cansaço e ordem da orelha testada, pois essa variável foi controlada na presente pesquisa, conforme detalhado nos métodos deste estudo. Além disso, essa diferença não foi encontrada no GC. No estudo de Galetí [55] também foi encontrada diferença na comparação entre as orelhas, com pior desempenho na orelha esquerda no grupo de crianças com dislexia e melhor desempenho (também na orelha esquerda) no grupo controle. No entanto, novos

estudo precisam ser realizados em crianças com distúrbio de aprendizagem para confirmar esses achados.

A ausência de diferença entre as orelhas no GC concorda com outros estudos na literatura em crianças e adultos com audição normal e desenvolvimento típico [3, 111, 112, 113; 114, 115]. Em relação ao GDA e GDE, os resultados do estudo de Zaidan e Baran [3] diferem da presente pesquisa. Zaidan e Baran [3] estudaram crianças com diagnóstico de dislexia e importante déficit fonológico e não encontraram diferença entre as orelhas quanto ao limiar de detecção de *gap* do GIN em nenhum dos grupos pesquisados (com e sem dislexia). Ao contrário da presente pesquisa, no entanto, a amostra era maior (31 crianças no grupo com dislexia e 30 crianças no grupo controle), o grupo estudo era homogêneo quanto à gravidade das alterações fonológicas (variável que não foi controlada na presente amostra) e as crianças estudadas tinham entre oito e nove anos. Além disso, o diagnóstico dos sujeitos de cada pesquisa são diferentes, o que também deve ser considerado na comparação entre os estudos.

A média do limiar de detecção de *gap* encontrada no GC foi similar à média descrita na literatura em crianças e adultos sem queixas auditivas e acadêmicas [3, 111, 112, 113, 114]. Em relação ao GDA e GDE, a média obtida na orelha direita também está dentro da normalidade de acordo com a literatura (média de 4 ms mais 2 desvios padrões) [106, 114], embora a comparação entre os grupos tenha apontado diferença estatisticamente significativa em relação ao GC (Tabelas 4 e 5). Quanto à orelha esquerda, somente o GDA obteve média alterada (7,0 ms) e apesar da média do GDE (5,9 ms) estar dentro dos valores de normalidade para crianças brasileiras [114], não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os grupos GDA e GDE (Tabelas 4 e 5). Chaubet et al. [57] encontraram médias alteradas de limiar de detecção de *gap* em um grupo de crianças disléxicas e um grupo de crianças com alterações de leitura e escrita, tanto na orelha direita quanto na orelha esquerda (OD: 7,8 ms e OE: 7,4 ms; OD: 7,1 ms e OE: 7,2 ms, respectivamente). No estudo de Zaidan e Baran [3], as médias de limiar do GIN no grupo de disléxicos foram maiores em relação ao GDA e GDE na presente pesquisa (OD: 8,48 ms e OE: 8,00 ms).

Com relação à porcentagem de acertos do GIN, não foi encontrada diferença entre as orelhas em nenhum dos grupos estudados (Tabela 2), o que também está de acordo com a literatura [3, 114]. A comparação entre os grupos mostrou que o

GDA teve desempenho pior que o GDE, o qual obteve média de porcentagem de acertos inferior ao GC. A análise estatística revelou, no entanto, diferenças significantes somente na comparação GDA x GC e GDE x GC (Tabelas 4 e 5). Os estudos de Galetti [55], Zaidan e Baran [3] e Chaubet et al. [57] também encontraram resultados significativamente piores quanto à porcentagem de acertos do GIN nos grupos com alterações de leitura e escrita em comparação com as crianças sem queixas auditivas e de aprendizagem.

A habilidade de resolução temporal diz respeito ao menor intervalo de tempo em que um indivíduo é capaz de discriminar entre dois estímulos [102]. No presente estudo, os resultados do teste GIN indicam que as crianças do grupo controle foram capazes de identificar menores intervalos de silêncio, em ms, em relação às crianças com distúrbio de aprendizagem e dificuldade escolar. A literatura relata prejuízos na habilidade de resolução temporal em crianças com dislexia e diversos autores suportam a hipótese de que déficits em perceber pequenos intervalos de silêncio entre os sons prejudicam o processamento fonológico e, conseqüentemente, a aquisição da leitura e escrita [2, 3]. No estudo de Tallal [2], as crianças com déficits fonológicos mais severos foram as que apresentaram maiores dificuldades nas tarefas auditivas e Zaidan e Baran [3] encontraram correlações significantes entre os resultados do GIN e dos testes de consciência fonológica.

De modo geral, as crianças dos grupos GDA e GDE apresentaram disfunção auditiva em relação às crianças sem queixas acadêmicas e embora o GDA tenha apresentado desempenho pior que o GDE, a análise estatística não diferenciou os grupos, mostrando que os testes comportamentais do PA utilizados na presente pesquisa não foram sensíveis para diferenciar o distúrbio de aprendizagem das dificuldades escolares. No entanto, os achados dessa pesquisa mostram que o PA pode estar alterado tanto em crianças com distúrbio de aprendizagem quanto em crianças com dificuldades escolares decorrentes de fatores de ordem pedagógica ou ambientais. Além disso, é importante mencionar que as alterações nos testes comportamentais encontradas nas crianças do GDA e GDE não podem ser atribuídas a dificuldades cognitivas, uma vez que as crianças que apresentaram alterações cognitivas e QI rebaixado na avaliação inicial do DISAPRE foram excluídas da presente pesquisa.

Atualmente, o processamento auditivo só é avaliado em crianças que estão em processo diagnóstico dos distúrbios de aprendizagem quando há relato de queixas

auditivas, principalmente de compreensão de fala em ambientes ruidosos. A avaliação comportamental do processamento auditivo deveria ser incluída na avaliação dessas crianças, uma vez que diversos estudos indicam que a estimulação das habilidades auditivas em crianças com DPA pode ajudar na melhora das habilidades de consciência fonológica, de leitura e escrita e de discriminação de fala [7].

6.2 Avaliação eletrofisiológica do processamento auditivo (P300)

No presente estudo, não foi encontrada diferença significativa para a latência do P300 entre as orelhas direita e esquerda na avaliação convencional sem ruído (Tabela 6), semelhante a outros estudos que avaliaram o P300 auditivo em crianças em idade escolar [25, 26, 56].

Na avaliação sem ruído, o GDA apresentou média de latência do P300 maior que o GDE e o GC (Tabela 8), porém não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p=0,200$). Oliveira et al. também não encontrou diferença estatística entre crianças com dislexia e seus controles para a medida de latência do P300 [56]. Ao contrário desses resultados, o trabalho de Purdy et al. [25] estudou 10 crianças com distúrbio de aprendizagem e encontrou latências do P300 significativamente mais prolongadas em relação ao grupo controle. As médias de latência no trabalho de Purdy, no entanto, foram maiores em relação ao presente estudo tanto para o grupo controle quanto para o grupo estudo [355,81 ($\pm 51,11$) e 406,41 ($\pm 67,43$), respectivamente]. Uma possível explicação para os resultados divergentes entre o estudo de Purdy et al. [25] e a presente pesquisa pode estar relacionada à idade dos sujeitos das amostras. O estudo de Purdy et al. [25] avaliou crianças entre 7 e 11 anos (média = 9,3 anos e DP = 1,5 anos), enquanto que na presente pesquisa as crianças eram um pouco maiores, pois a amostra foi constituída de crianças entre 8 e 15 anos [GDA: 11,1 ($\pm 2,02$); GDE: 11,8 ($\pm 1,99$) e GC: 11,1 ($\pm 1,84$)]. Além disso, muitas das crianças do GDA e GDE receberam ou estavam recebendo intervenção fonoaudiológica (Tabela 1), o que também pode influenciar na melhora do processamento neural, refletindo em melhores latências do P300.

Na avaliação do P300 com ruído contralateral, foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre as orelhas somente no GC (Tabela 6), com média de latência menor na orelha direita em relação à orelha esquerda (OD: 323,4; OE:

339,5; $p=0,0348$). Não foi encontrado na literatura nenhum trabalho que avaliasse o P300 na presença de ruído em população infantil. Schochat et al. [87] e Rabello et al. [95] estudaram o P300 na ausência e presença de ruído branco contralateral em adultos com audição normal, mas ao contrário do presente estudo, as autoras não observaram diferenças entre as orelhas para a medida de latência na avaliação com ruído. Talvez, a diferença entre as orelhas encontrada no GC na presente pesquisa possa estar relacionada ao tamanho da amostra e/ou a fatores maturacionais dos mecanismos neurofisiológicos envolvidos no processamento auditivo na presença de ruído. Por esse motivo, futuras pesquisas que investiguem o P300 no ruído em população infantil devem ser realizadas.

Assim como na avaliação sem ruído, não foi observada diferença entre os grupos GDA, GDE e GC ($p=0,236$ na OD e $p=0,572$ na OE) em relação às médias de latência do P300 na condição com ruído contralateral (Tabela 8). Krishnamurti [96] estudou o P300 sem e com ruído competitivo em 10 adultos sem DPA e 10 adultos com DPA e encontrou diferença entre os grupos, com latências prolongadas no grupo DPA tanto na avaliação sem ruído quanto na avaliação com ruído contralateral ($p<0,05$). No entanto, os sujeitos das amostras de Krishnamurti [96] diferem da presente pesquisa em relação à idade e diagnóstico, o que não permite uma correta comparação entre os estudos. Além disso, os parâmetros de coleta do P300 utilizados por Krishnamurti [96] diferem desse estudo em relação às intensidades dos estímulos e do ruído e à frequência dos estímulos tone burst, assim como em relação à variável orelha, pois Krishnamurti [96] utilizou estimulação binaural na condição sem ruído, enquanto que na condição com ruído contralateral o P300 foi coletado apenas em uma orelha, alternando entre OD e OE de maneira aleatória entre os sujeitos de cada grupo.

Na comparação entre as duas condições de avaliação (sem ruído *versus* com ruído), foi observado prolongamento das respostas de latência do P300 em todos os grupos, porém, houve significância estatística somente para o GC (na orelha esquerda) e para o GDE (Tabela 9). O estudo de Krishnamurti [96] citado acima, no entanto, encontrou maior prolongamento de latência na presença de ruído somente no grupo com DPA ($p<0,05$). Schochat et al. [87] também não encontraram significância estatística na comparação entre as condições sem e com ruído para a latência do P300 em adultos com audição normal. Ao contrário dos resultados de Krishnamurti [96] e Schochat et al. [87], Polich et al. [97] e Salisbury et al. [98]

encontraram significativo aumento de latência do P300 na presença de ruído em adultos sem queixas auditivas. O estudo de Rabello et al. [95], por outro lado, não encontrou significância estatística entre as avaliações sem e com ruído no grupo de adultos normais estudados, porém as autoras observaram significativo aumento de latência quando o ruído contralateral foi introduzido no grupo de músicos profissionais, no mesmo estudo.

Algumas das razões pelos diferentes achados entre os estudos podem estar relacionadas aos parâmetros de obtenção do P300. Embora não seja esperado que variações acústicas no estímulo afetem as respostas do P300 em intensidade supraliminares [23, 105], o P300 ainda pode ser sutilmente afetado por algumas diferenças nos parâmetros dos estímulos utilizados [97, 98]. Polich et al. [97] observou diminuição na latência do P300 conforme aumentava a frequência do estímulo raro, o que segundo o autor pode estar relacionado com a dificuldade da tarefa de discriminação, ou seja, quanto maior a diferença entre os tons raro e frequente, menor a dificuldade da tarefa. No nosso estudo, os estímulos utilizados foram 1000 e 2000 Hz, enquanto que Schochat et al. [87] e Rabello et al. [95] utilizaram tone burst de 1000 e 1500 Hz. O estudo de Rabello et al. [95], no entanto, encontrou aumento da latência com o ruído apenas para o grupo de músicos avaliados, sem mudanças significativas no grupo controle, o que pode ser devido a uma maior efetividade na transmissão do sinal pela via auditiva eferente dos músicos estudados [95]. Polich et al. [97] e Salisbury et al. [98] também utilizaram o estímulo raro em 1500 Hz, porém, ao contrário dos outros estudos anteriormente citados, Polich [97] e Salisbury [98] usaram estimulação binaural, o que também influencia as respostas do P300 [97]. Krishnamurti [96] também usou estimulação binaural na avaliação sem ruído e as frequências de tone burst utilizadas foram 3000 Hz para o estímulo frequente e 4000 Hz para o estímulo infrequente.

Diferenças no nível de ruído e na relação sinal/ruído (SNR) também podem ter contribuído para os diferentes resultados entre os estudos [116]. Schochat et al. [87] usou ruído branco contralateral a 60 dBNA e tone burst a 70 dBNA, o que consiste em uma relação sinal/ruído de +10 dB. No presente estudo, o ruído foi apresentado a 75 dBNA com SNR igual a zero. Polich et al. [97] usou ruído a 60 dBNA e Rabello et al. [95] a 70 dBNA e a relação sinal/ruído de ambos os estudos também foi igual a zero. Salisbury et al. [98], por outro lado, apresentou o ruído a 70 dBNPS e o estímulo tone burst a 97 dBNPS. Krishnamurti [96] utilizou tone burst a 70 dBNA e

ruído branco a 40 dBNPS. Essas diferenças no nível de apresentação do ruído podem sugerir que intensidades maiores de ruído ou SNR menores devem ser necessárias para revelar mudanças nas respostas do P300, ao contrário do que parece acontecer com as EOA. Estudos demonstraram que intensidades de ruído contralateral entre 40 e 60 dBNA foram suficientes para mostrar reduções na amplitude das emissões [67, 89, 87, 117]. Todos esses fatores somados podem ter contribuído para a obtenção de resultados diferentes entre os estudos aqui discutidos.

O aumento da latência do P300 observado no GDE e GC no presente estudo pode ter ocorrido pelo efeito inibitório decorrente da ativação do sistema eferente [78, 84]. Diversos pesquisadores estudaram o efeito inibitório nas EOA através da estimulação da orelha contralateral com ruído [78, 86, 87, 88]. A estimulação por ruído ativa o feixe olivococlear medial, reduzindo o ganho coclear e diminuindo a amplitude das EOA [78]. A redução do ganho coclear diminui, conseqüentemente, o número de disparos dos neurônios aferentes primários [90], o que pode refletir em latências do P300 mais aumentadas devido a um atraso na transmissão do sinal ao longo de toda a via auditiva ascendente [98, 118].

O sistema eferente também pode modular a aferência auditiva através de projeções descendentes originadas no córtex auditivo [75]. Existem evidências anatômicas de que o sistema auditivo descendente possui pelo menos três mecanismos de feedback, o olivococlear, colículo-coclear e cortico-olivococlear [44]. Entretanto, embora estudos tenham demonstrado que a estimulação elétrica cortical e a desativação cortical podem diminuir as respostas contralaterais das EOA e do potencial de ação composto do nervo auditivo [43, 44, 92], a neurofisiologia da atividade cortical envolvida em situações de escuta no ruído ainda não é conhecida.

León et al. [44] sugeriram que as funções do sistema auditivo eferente podem ser classificadas de acordo com o circuito neural mais provavelmente envolvido. Segundo os autores, atividades eferentes que envolvam feedback de tronco encefálico incluiriam funções de proteção contra trauma acústico e balanceamento interaural, enquanto que funções envolvendo vias cortico-olivococleares estariam relacionadas com o controle aferente durante o sono e com a atenção seletiva [44]. Entretanto, embora o P300 seja um potencial endógeno relacionado com a atenção [23, 105], ainda não se sabe se estruturas mais altas da via auditiva eferente são ativadas pelo ruído, provocando aumento da latência do P300, conforme foi

observado no presente estudo. Apesar disso, nossos resultados corroboram pesquisas anteriores e sugerem que o sistema auditivo eferente pode estar envolvido, seja pela via cortico-olivococlear ou pelos tratos olivococleares, no efeito de supressão do potencial cognitivo P300 [95, 97, 98].

O reflexo acústico é outro mecanismo fisiológico relacionado ao sistema eferente que deve ser levado em consideração na interpretação dos achados do presente estudo [45, 84]. De acordo com a literatura, um estímulo a partir de 70 dBNA acima do limiar para tom puro pode desencadear o reflexo acústico em algumas pessoas [100, 119], atenuando a audibilidade dos sons através do aumento da impedância da orelha média. Na amostra estudada nesta pesquisa, todos os sujeitos apresentaram limiares de reflexos acústicos para tons puros em intensidades acima de 80 dBNA e limiares tonais na audiometria abaixo de 20 dBNA, o que sugere que os estímulos tone burst utilizados na coleta do P300 a 75 dBNA não seriam intensos o suficiente para provocar contrações nos músculos da orelha média. Entretanto, a literatura descreve limiares de reflexos acústicos menores quando avaliados utilizando-se ruído em vez de tons puros [120]. Assim, uma vez que o ruído foi apresentado a 75 dBNA na presente pesquisa, existe uma possibilidade de que o reflexo acústico tenha sido desencadeado em alguns dos sujeitos estudados, o que poderia ter influenciado nos resultados. Futuros estudos devem considerar medir os reflexos acústicos utilizando ruído em vez de tons puros, a fim de estabelecer um limiar de corte nos critérios de inclusão/exclusão.

Em relação à amplitude do P300, os resultados deste estudo concordam com outras pesquisas na literatura que também não encontraram diferença entre as orelhas direita e esquerda na avaliação convencional sem ruído em crianças de idade escolar [25, 56] (Tabela 10). Na avaliação com ruído, o presente estudo concorda com os dados de Schochat et al. [87] que não encontraram diferença entre as orelhas em adultos normais. Rabelo et al. [95] também não encontraram diferença entre as orelhas para a medida de amplitude do P300 no grupo de adultos com audição normal. No grupo de músicos profissionais, no entanto, as autoras observaram diferença significativa entre as orelhas, com maior amplitude na OD.

Na comparação entre os grupos, não foi encontrada diferença significativa para as médias de amplitude do P300 entre GDA, GDE e GC, tanto na ausência quanto na presença de ruído (Tabela 12). Estes resultados são semelhantes ao estudo de Oliveira et al. [56], no qual também não foi observada diferença entre as crianças

sem e com dislexia na avaliação sem ruído. Resultados diferentes foram relatados no trabalho de Purdy et al. [25], pois os sujeitos do grupo com distúrbio de aprendizagem tiveram amplitude do P300 significativamente menor em relação às crianças do grupo controle, na avaliação convencional sem ruído. Não foram encontrados na literatura estudos sobre o P300 na presença de ruído em crianças ou adultos com distúrbios de aprendizagem. O trabalho de Krishnamurti [96], que estudou o P300 em adultos com DPA e sem DPA na ausência e presença de ruído, não relata os resultados do P300 quanto ao parâmetro amplitude.

A comparação entre as condições sem e com ruído para a medida de amplitude do P300 não demonstrou diferença significativa entre as avaliações em nenhum dos grupos estudados (Tabela 13). Este resultado foi semelhante aos achados de Salisbury et al. [98] e Schochat et al. [87], e sugere que a medida de amplitude do P300 não é tão sensível para demonstrar os efeitos do ruído como parece ser o parâmetro de latência. Salisbury et al. [98] comentam que os efeitos do ruído na amplitude do P300 talvez fossem diferentes se a tarefa utilizada fosse mais complexa (como em uma tarefa de discriminação entre 3 tons diferentes) ou se os estímulos raro e frequente utilizados não fossem tão facilmente discrimináveis. Além disso, Salisbury et al. [98] também argumentam que os efeitos do ruído na amplitude do P300 parecem ser aleatórios, pois 21 dos 40 sujeitos avaliados em sua pesquisa apresentaram aumento de amplitude contra 19 que demonstraram redução. Estes dados sugerem que os sujeitos avaliados podem ter feito uso de mecanismos neurofisiológicos diferentes para responder ao estímulo raro no ruído, o que pode implicar que os efeitos do ruído na amplitude do P300 envolvam substratos neurais diferentes daqueles que são geralmente ativados na supressão das EOA.

6.3 Supressão do P300

Em relação à magnitude das mudanças nas respostas de latência e amplitude do P300 entre as avaliações sem e com ruído (com ruído menos sem ruído), foi encontrada diferença entre orelhas e diferença entre grupos somente em relação à latência do P300 (Tabelas 14 a 20).

Com relação à comparação entre orelhas, a média de supressão da latência no GDE foi maior na orelha direita do que na orelha esquerda, indicando que houve maior supressão da latência do P300 na orelha direita. Por outro lado, no GC, a média de supressão foi maior na orelha esquerda, indicando maior supressão da

latência na orelha esquerda (Tabela 14). Ao contrário destes resultados, o estudo de Rabello et al. [95] não observou diferença entre as orelhas quanto à supressão da latência do P300 tanto no grupo de adultos com audição normal quanto no grupo de músicos profissionais estudados. É pouco provável que a ordem das orelhas testadas seja responsável pelos resultados obtidos na presente pesquisa, pois a ordem foi alternada entre os sujeitos durante a coleta conforme explicado nos métodos, ou seja, se o sujeito 1 começou a coleta pela orelha direita, o sujeito 2 começou pela orelha esquerda. Mais estudos são necessários em população pediátrica sem e com alterações de aprendizagem para melhor compreensão desses resultados.

O ruído contralateral aumentou a latência do P300 no grupo GDA em 5,3 ms na OD e 15,9 ms na OE. No GDE, a latência aumentou em 28,5 ms na OD e diminuiu em 3,1 ms na OE. No GC, a latência aumentou em 4,0 ms na OD e em 24,6 ms na OE (Tabelas 14 e 16). A comparação da magnitude da supressão entre os grupos revelou diferenças significantes apenas na orelha esquerda entre os grupos GDE e GC (Tabela 16 e 17).

No estudo de Rabello et al. (2015) [95], foi observado aumento de latência de 27,8 (± 29.31) ms na OD e 21,50 (± 37.50) ms na OE no grupo de músicos, enquanto que no grupo de adultos não-músicos e sem queixas auditivas houve diminuição da média da latência em 3,80 (± 34.82) ms na OD e 1,00 (± 30.67) ms na OE. Polich et al. (1985) [97] também relataram um prolongamento na média da latência do P300 de 10 ms na avaliação com ruído em sujeitos adultos com audição normal.

Diversos estudos sobre a estabilidade das respostas do P300 em situações de teste-reteste demonstraram que esse é um potencial estável em relação ao parâmetro latência [121, 122, 123, 124], e, portanto, é possível inferir que as mudanças observadas no GDE e no GC na presente pesquisa são devidas aos efeitos da introdução do ruído em vez de uma variação normal das respostas em condições de teste-reteste.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da presente pesquisa sugerem que a medida de latência do P300 é mais sensível aos efeitos do ruído competitivo do que a amplitude. Outros estudos que gravaram o P300 em populações com DPA e/ou alterações de aprendizagem não utilizaram a amplitude como um parâmetro clínico na diferenciação entre grupos e diversos estudiosos consideram a latência como o parâmetro mais confiável na análise do P300 em comparações inter-grupos [26, 125].

A avaliação eletrofisiológica através do P300 utilizada no presente estudo não foi sensível para identificar as dificuldades de processamento auditivo (que foram evidenciadas pelos testes comportamentais) no GDA e GDE (Tabelas 8 e 12). Possíveis razões para essa ausência de diferença entre os grupos pode estar relacionada com:

- 1) A grande variabilidade inter-sujeitos nas respostas do P300, que pode ser observada pelos grandes valores de desvio padrão, comum em estudos de P300. A literatura relata respostas normais de latência do P300 entre 220 e 390 ms em população pediátrica [105];
- 2) A heterogeneidade da amostra, especialmente em relação à variável intervenção fonoaudiológica. Muitos dos sujeitos dos grupos GDA e GDE receberam ou estavam recebendo intervenção fonoaudiológica segundo informação dos pais ou responsáveis (Tabela 1). O estudo de Galetti [55] demonstrou que crianças disléxicas que participaram de um programa de remediação fonológica apresentaram melhora de várias habilidades auditivas ao final do programa;
- 3) O tipo de estímulo utilizado para eliciar o P300. O uso de estímulos verbais em vez de *tone burst* talvez pudesse ter evidenciado diferenças significativas entre os grupos. Futuras pesquisas devem considerar a utilização de estímulos verbais em vez de *tone burst*.

A avaliação comportamental do PA não diferenciou os grupos GDA e GDE, sugerindo que, embora os déficits neurobiológicos responsáveis pelas dificuldades acadêmicas nas crianças com distúrbio de aprendizagem e com dificuldade escolar possam ser diferentes entre si, o comportamento auditivo dessas crianças é semelhante (Tabelas 4 e 5). Por outro lado, na avaliação eletrofisiológica, a ausência de significância estatística no GDA entre as avaliações sem e com ruído (sem x com) para a latência do P300, e a presença de aumento significativo da latência no GDE e GC, pode indicar que a via auditiva eferente dos sujeitos do GDE e GC foi mais eficaz em suprimir as respostas de latência do P300 na presença de ruído, ao contrário do que aconteceu com as crianças com distúrbio de aprendizagem (Tabela 9). Talvez, a via eferente das crianças com distúrbio de aprendizagem seja mais prejudicada do que nas crianças com dificuldade escolar. Além disso, as crianças com dificuldade escolar estudadas na presente pesquisa apresentaram possíveis padrões de processamento neural da via eferente de maneira diferente em relação às crianças com audição normal e sem queixas acadêmicas (Tabela 14). Outros estudos são necessários para a comparação desses resultados e para melhor esclarecimento sobre o processamento neural em situações de escuta difícil em crianças sem e com distúrbio de aprendizagem e dificuldades acadêmicas.

Possíveis aplicações clínicas podem ser discutidas a partir dos resultados deste trabalho:

- 1) A avaliação comportamental do PA é um procedimento que deveria ser incluído no processo diagnóstico das alterações de aprendizagem. Até o momento, a avaliação auditiva ainda não faz parte da bateria de testes aplicados em muitos serviços diagnósticos no Brasil. Os resultados da presente pesquisa confirmam diversos trabalhos anteriores que verificaram alterações nas habilidades auditivas em muitas crianças com queixas de aprendizagem, somando evidências a favor da inclusão da avaliação auditiva (periférica e central) desde o início do processo diagnóstico. A correta identificação das habilidades auditivas alteradas é importante para delinear o processo de intervenção e, assim, contribuir com melhores prognósticos. A literatura relata diversos estudos que demonstraram melhora no desempenho de testes auditivos e de leitura e escrita após treinamento auditivo em crianças com alterações de aprendizagem [126, 127].

- 2) A avaliação do P300 com ruído contralateral pode apresentar um primeiro passo em direção ao desenvolvimento de novas medidas eletrofisiológicas para avaliação do SNAC em crianças com queixas de aprendizagem e no diagnóstico diferencial entre os distúrbios de aprendizagem e as dificuldades escolares. Na presente pesquisa, a avaliação do P300 com ruído foi sensível para diferenciar as crianças com distúrbio de aprendizagem das crianças com dificuldades escolares e das crianças sem queixas auditivas e de aprendizagem. Esses resultados são promissores, e novas pesquisas devem ser realizadas utilizando diferentes intensidades de ruído, além de diferentes tipos de estímulos, como os estímulos de fala.

8. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos, foi possível verificar que as crianças com distúrbio de aprendizagem e dificuldade escolar apresentaram processamento neural para as respostas de latência do P300 na presença de ruído competitivo (análise sem ruído x com ruído) de maneira diferente em relação ao grupo controle. Em relação à avaliação comportamental do processamento auditivo, foi observado desempenho alterado em tarefas envolvendo as habilidades auditivas de figura-fundo para sons verbais, ordenação temporal e resolução temporal nas crianças com distúrbio de aprendizagem e dificuldade escolar.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Lagae L. Learning Disabilities: definitions, epidemiology, diagnosis, and intervention strategies. *Pediatric Clinics of North America*. 2008; 55(6):1259-68.
- 2- Tallal P. Auditory, temporal perception, phonics and reading disabilities in children. *Brain and Language*. 1980; 9:182-98.
- 3- Zaidan E, Baran JA. Gaps-in-noise (GIN) test results in children with and without reading disabilities and phonological processing deficits. *International Journal of Audiology*. 2013; 52:113–123.
- 4- Oliveira AM, Cardoso ACV, Capellini SA. Desempenho de escolares com distúrbio de aprendizagem e dislexia em testes de processamento auditivo. *Rev. CEFAC*. 2011; 13(3):513-521.
- 5- Boscariol M, Guimarães CA, Hage SRV, Cendes F, Guerreiro MM. Processamento temporal auditivo: relação com dislexia do desenvolvimento e malformação cortical. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 2010; 22(4):537-42.
- 6- Vandermosten M, Poelmans H, Sunaert S, Ghesquière P, Wouters J. White matter lateralization and interhemispheric coherence to auditory modulations in normal reading and dyslexic adults. *Neuropsychologia*. 2013; 51(11):2087-99.
- 7- Iliadou V, Bamiou DE, Kaprinis S, Kandylis D, Kaprinis G. Auditory Processing Disorders in children suspected of Learning Disabilities--a need for screening? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2009; 73(7):1029-34.
- 8- Helland T, Asbjørnsen AE, Hushovd AE, Hugdahl K: Dichotic listening and school performance in Dyslexia. *Dyslexia*. 2008; 14:42-53.
- 9- Simões MB, Schochat E. Transtorno do processamento auditivo (central) em indivíduos com e sem dislexia. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 2010; 22(4): 521-4.

- 10-Lallier M, Thierry G, Tainturier MJ: On the importance of considering individual profiles when investigating the role of auditory sequential deficits in developmental dyslexia. *Cognition*. 2013; 126:121–127.
- 11-Kouni SN, Papadeas ES, Varakis IN, Kouvelas HD, Koutsojannis CM. Auditory brainstem responses in dyslexia: comparison between acoustic click and verbal stimulus events. *J Otolaryngol*. 2006; 35(5):305-9.
- 12-Chandrasekaran B, Hornickel J, Skoe E, Nicol T, Kraus N. Context-dependent encoding in the human auditory brainstem relates to hearing speech in noise: Implications for developmental dyslexia. *Neuron*. 2009; 64(3): 311–319.
- 13-Kouni SN, Giannopoulos S, Ziavra N, Koutsojannis C. Brainstem auditory evoked potentials with the use of acoustic clicks and complex verbal sounds in young adults with learning disabilities. *Am J Otolaryngol*. 2013; 34(6):646-51.
- 14-Cunningham J, Nicol T, Zecker SG, Bradlow A, Kraus N. Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: deficits and strategies for improvement. *Clin Neurophysiol*. 2001; 112(5):758-67.
- 15-Dole M, Hoen M, Meunier F. Speech-in-noise perception deficit in adults with dyslexia: Effects of background type and listening configuration. *Neuropsychologia*. 2012; 50: 1543–1552.
- 16-Anderson S, Kraus N. Objective Neural Indices of Speech-in-Noise Perception. *Trends in Amplification*. 2010; 14(2): 73–83.
- 17-Guinan JJ Jr. Cochlear efferent innervation and function. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010; 18(5):447-53.
- 18-Sanches SGG. Efeito de supressão das emissões otoacústicas transientes em crianças com distúrbio de processamento auditivo. [Dissertação]. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- 19-Burguetti FAR, Carvalho RMM. Sistema auditivo eferente: efeito no processamento auditivo. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. 2008; 74(5).

- 20-Garinis AC, Glatke T, Cone-Wesson BK. TEOAE suppression in adults with learning disabilities. *International Journal of Audiology*. 2008; 47: 607-614.
- 21-Angeli MLS, Almeida CIR, Sens PM. Estudo comparativo entre o aproveitamento escolar de alunos de escola de 1o grau e teste de inibição de emissões otoacústicas transientes. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2008; 74(1): 112-7.
- 22-Durante AS, Carvallo RMM. Contralateral suppression of otoacoustic emissions in neonates. *International Journal of Audiology*. 2002; 41(4): 211-215.
- 23-Picton TW. *Human auditory evoked potentials*. San Diego: Plural Publishing; 2011. p.399-447.
- 24-Alonso R, Schochat E. The efficacy of formal auditory training in children with (central) auditory processing disorder: behavioral and electrophysiological evaluation. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2009;75:726-32.
- 25-Purdy SC, Kelly AS, Davies MG. Auditory brainstem response, middle latency response, and late cortical evoked potentials in children with learning disabilities. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2002; 13 (7): 367-82.
- 26-Wiemes GRM, Kozlowski L, Mocellin M, Hamerschmidt R, Schuch LH. Potencial evocado cognitivo e desordem de processamento auditivo em crianças com distúrbios de leitura e escrita. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2012; 78(3): 91-7.
- 27-Ciasca SM. *Distúrbios e dificuldades de aprendizagem em crianças: análise do diagnóstico interdisciplinar*. [Tese]. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas, 1994.
- 28-Lima RF, Salgado CA, Ciasca SM. Atualidades na Dislexia do Desenvolvimento. *RevistaPsique*. 2009; 38: 22-9.

- 29-Lima RF. Sintomas depressivos e funções cognitivas em crianças com dislexia do desenvolvimento. Dissertação de mestrado. Unicamp. Campinas, 2011.
- 30-Capellini SA. Distúrbios de aprendizagem *versus* dislexia. In: Ferreira LP, Befi-Lopes DM, Limongi SCO. Tratado de Fonoaudiologia. Ed. Roca, 2004. 1ª Ed. 862 – 876.
- 31-Organização Mundial da Saúde (OMS). CID-10: Classificação de Transtornos Mentais e de Comportamento – descrições clínicas e diretrizes diagnósticas. Coord. Organiz. Mundial de Saúde. Décima Revisão. Porto Alegre: Artes Médicas, 2008.
- 32-American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-V. Washington, DC: Amer Psychiatric Pub Incorporated, 2013.
- 33-Johnson BW, McArthur G, Hautus M, Reid M, Brock J, Castles A, Crain S. Lateralized auditory brain function in children with normal reading ability and in children with dyslexia. *Neuropsychologia*. 2013; 51: 633–641.
- 34-Sauer L, Pereira LD, Ciasca SM, Pestun M, Guerreiro MM. Processamento auditivo e SPECT em crianças com dislexia. *Arq Neuropsiquiatr*, 2006; 64(1):108-111.
- 35-Moncrieff DW, Black JR. Dichotic listening deficits in children with dyslexia. *Dyslexia* 2008;14:54-75.
- 36-Germano GD, Pinheiro FH, Cardoso ACV, Santos LCA, Padula NAMR, Capellini SA. Relação entre achados em neuroimagem, habilidades auditivas e metafonológicas em escolares com dislexia do desenvolvimento. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*, 2009; 14(3):315-22.
- 37-American Speech Language Hearing Association: (Central) Auditory Processing Disorders. Working group on Auditory Processing Disorders. Technical Report. ASHA. 2005; 1-20.

- 38-Margall SAC. A função auditiva na terapia dos distúrbios de leitura e escrita. In: Santos MTM, Novas ALGP. Distúrbios de leitura e escrita. Teoria e prática. Ed. Manole, 2002, 1a. edição. p. 263.
- 39-American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). Task Force on Central Auditory Processing Development. Central auditory processing: current status of research and implications for clinical practice. *Am J Audiol*, 1996; 5:41-54.
- 40-Loo JH, Bamiou DE, Campbell N, Luxon LM. Computer-based auditory training (CBAT): benefits for children with language- and reading-related learning difficulties. *Dev Med Child Neurol*. 2010 Aug;52(8):708-17.
- 41-Moore DR. Listening difficulties in children: Bottom-up and top-down contributions. *Journal of Communication Disorders*. 2012; 45: 411–418.
- 42-Bellis. The Nature of Central Auditory Processing Disorder, cap. 8 In: *Handbook of Central Auditory Processing Disorder*; 2014.
- 43-Perrot X, Ryvlin P, Isnard J, Guénot M, Catenoix H, Fischer C, Mauguière F, Collet L. Evidence for corticofugal modulation of peripheral auditory activity in humans. *Cereb Cortex*. 2006; 16(7):941-8.
- 44-León A, Elgueda D, Silva MA, Hamamé CM, Delano PH. Auditory cortex basal activity modulates cochlear responses in chinchillas. *PLoS One*. 2012; 7(4):e36203.
- 45-Mishra SK, Lutman ME. Top-down influences of the medial olivocochlear efferent system in speech perception in noise. *PLoS One*. 2014; 9(1):e85756.
- 46-Dragicevic CD, Aedo C, León A, Bowen M, Jara N, Terreros G, Robles L, Delano PH. The olivocochlear reflex strength and cochlear sensitivity are independently modulated by auditory cortex microstimulation. *J Assoc Res Otolaryngol*. 2015; 16(2): 223-40.
- 47-Pereira LD, Schochat E. *Processamento auditivo central - Manual de avaliação*. Editora Lovise, 1a. ed, 1997.

- 48-Baran JA, Musiek FE. Avaliação comportamental do sistema nervoso auditivo central. In: Musiek FE, Rintelmann WF. Perspectivas atuais em avaliação auditiva. São Paulo: Manole, 2001. cap. 13, p. 371-409.
- 49-Jerger J, Musiek F. Report of the Consensus Conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorders in School-Aged Children. *J Am Acad Audiol*, 2000; 11:467-474.
- 50-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*. 2011; 15(4): 486-491.
- 51-Allen P, Allan C. Auditory processing disorders: Relationship to cognitive processes and underlying auditory neural integrity. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2014; 78:198–208.
- 52-American Academy of Audiology (AAA): American Academy of Audiology clinical practice guidelines: Diagnosis, treatment and management of children and adults with central auditory processing disorder. AAA 2010. 51p.
- 53-Capellini SA, Germano GD, Cardoso ACV. Relação entre habilidades auditivas e fonológicas em crianças com dislexia do desenvolvimento - habilidades auditiva-fonológicas em disléxicos. *Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional (ABRAPEE)*, 2008; 12(1): 235-253.
- 54-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.
- 55-Galeti, MB. Estudo do processamento auditivo e da supressão das emissões otoacústicas em crianças com dislexia do desenvolvimento. [Dissertação] Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2011.
- 56-Oliveira JC, Murphy CFB, Schochat E. Processamento auditivo (central) em crianças com dislexia: avaliação comportamental e eletrofisiológica CoDAS 2013; 25(1):39-44.

- 57-Chaubet J, Pereira L, Perez AP. Temporal Resolution Ability in Students with Dyslexia and Reading and Writing Disorders. *International Archives of Otorhinolaryngology*. 2014; 18(2): 146-9.
- 58-Matas CG, Silva FN, Leite RA, Samelli AG. Estudo do efeito de supressão no potencial evocado auditivo de tronco encefálico. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 2010; 22(3):281-6.
- 59-Schochat E. Avaliação eletrofisiológica da audição. In: Ferreira LP, Befi-Lopes DM, Limongi SCO. *Tratado de Fonoaudiologia*. Ed. Roca, 2004. 1ª Ed. 656 – 668.
- 60-Diniz JJ, Mangabeira-Albernaz PL, Munhoz MS, Fukuda Y. Cognitive potentials in children with learning disabilities. *Acta Oto- Laryngologica*, 1997; 117(2): 211-3.
- 61-Farias LS, Toniolo IF, Cóser PL. P300: avaliação eletrofisiológica da audição em crianças sem e com repetência escolar. *Rev Bras Otorrinolaringol*, 2004; 70(2): 194-9.
- 62-Schochat E, Andrade AN, Takeyama FC, Oliveira JC, Sanches SGG. Processamento auditivo: comparação entre potenciais evocados auditivos de média latência e testes de padrões temporais. *Rev. CEFAC*, 2009; 11(2): 314-322.
- 63-Frizzo ACF, Issac ML, Pontes-Fernandes AC, Menezes PL, Funayama CAR. Potencial evocado auditivo de média latência em crianças com dificuldades de aprendizagem. *Int. Arch. Otorhinolaryngol*. 2012; 16(3): 335-340.
- 64-Jewett DL, Willinston JS. Auditory-evoked far fields averaged from the scalp of humans. *Brain*, 1971; v. 94, p. 681-696.
- 65-Sutton S, Braren SM, Zubin J, John ER. Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 1965; 150(700):1187-8.
- 66-Musiek FE, Lee WW. Potenciais auditivos de média e longa latência. In: Musiek FE, Rintelmann WF. *Perspectivas atuais em avaliação audiológica*. Barueri: Manole, 2001. cap. 8.

- 67-de Boer J, Thornton AR. Neural correlates of perceptual learning in the auditory brainstem: efferent activity predicts and reflects improvement at a speech-in-noise discrimination task. *J Neurosci*. 2008; 28(19):4929-37.
- 68-Andéol G, Guillaume A, Micheyl C, Savel S, Pellieux L, Moulin A. Auditory Efferents Facilitate Sound Localization in Noise in Humans. *J Neurosci*. 2011; 31(18):6759-63.
- 69-Casseday HJ, Diamond IT, Harting JK. Auditory pathways to the cortex in *Tupaia glis*. *J Comp Neurol*. 1976; 166(3):303-40.
- 70-Oliver DL, Hall WC. The medial geniculate body of the tree shrew, *Tupaia glis*. II. Connections with the neocortex. *J Comp Neurol*. 1978; 182(3):459-93.
- 71-Andersen RA, Snyder RL, Merzenich MM. The topographic organization of corticocollicular projections from physiologically identified loci in the AI, AII, and anterior auditory cortical fields of the cat. *J Comp Neurol*. 1980 Jun; 191(3):479-94.
- 72-Winer JA, Larue DT, Diehl JJ, Hefti BJ. Auditory cortical projections to the cat inferior colliculus. *J Comp Neurol*. 1998; 400(2):147-74.
- 73-Schofield BR, Coomes DL. Pathways from auditory cortex to the cochlear nucleus in guinea pigs. *Hear Res*. 2006; 216-217:81-9.
- 74-Bajo VM, Nodal FR, Bizley JK, Moore DR, King AJ. The ferret auditory cortex: descending projections to the inferior colliculus. *Cereb Cortex*. 2007; 17(2):475-91.
- 75-Ryugo DK. Introduction to Efferent Systems. In: Ryugo DK, Fay RR, Popper AN. *Auditory and Vestibular Efferents*. New York, London: Springer; 2011.
- 76-Rasmussen GL. The olivary peduncle and other fiber projections to the superior olivary complex. *J Comp Neurol*. 1946; 84: 141–219.
- 77-Irving S, Moore DR, Liberman MC, Sumner CJ. Olivocochlear efferent control in sound localization and experience-dependent learning. *J Neurosci*. 2011; 31(7):2493-501.

- 78-Guinan JJ Jr. Cochlear efferent innervation and function. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010 Oct;18(5):447-53.
- 79-Wersinger E, Fuchs PA. Modulation of hair cell efferents. *Hear Res.* 2011; 279(1-2):1-12.
- 80-Lauer AM, May BJ. The medial olivocochlear system attenuates the developmental impact of early noise exposure. *J Assoc Res Otolaryngol.* 2011; 12(3):329-43.
- 81-Rabbitt RD, Brownell WE. Efferent modulation of hair cell function. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011 Oct;19(5):376-81.
- 82-Wittekindt A, Kaiser J, Abel C. Attentional modulation of the inner ear: a combined otoacoustic emission and EEG study. *J Neurosci.* 2014; 34(30):9995-10002.
- 83-Wolpert S, Heyd A, Wagner W. Assessment of the noise-protective action of the olivocochlear efferents in humans. *Audiol Neurootol.* 2014; 19(1):31-40.
- 84-Guinan JJ Jr. Olivocochlear efferents: anatomy, physiology, function, and the measurement of efferent effects in humans. *Ear Hear.* 2006; 27: 589–607.
- 85-Zhao W, Dhar S. Fast and slow effects of medial olivocochlear efferent activity in humans. *PLoS One.* 2011; 6(4):e18725.
- 86-Collet L, Kemp DT, Veuille E, Duclaux R, Moulin A, Morgon A. Effects of contralateral auditory stimuli on active cochlear micro-mechanical properties in human subjects. *Hear Res.* 1990; 43: 251–262.
- 87-Schochat E, Matas CG, Samelli AG, Carvalho RMM. From otoacoustic emission to late auditory potentials P300: the inhibitory effect. *Acta Neurobiol Exp.* 2012; 72: 296–308.
- 88-Urnau D, Tochetto TM. Occurrence and suppression effect of otoacoustic emissions in normal hearing adults with tinnitus and hyperacusis. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2012; 78(1):87-94.

- 89-de Boer J, Thornton ARD, Krumbholz K. What is the role of the medial olivocochlear system in speech-in-noise processing? *J Neurophysiol.* 2012; 107(5):1301–1312.
- 90-Guinan JJ Jr. Olivocochlear efferent function: issues regarding methods and the interpretation of results. *Front Syst Neurosci.* 2014; 8:142.
- 91-Tokgoz-Yilmaz S, Kose SK, Turkyilmaz MD, Atay G. The role of the medial olivocochlear system in the complaints of understanding speech in noisy environments by individuals with normal hearing. *Auris Nasus Larynx.* 2013; 40(6):521-4.
- 92-Xiao Z, Suga N. Modulation of cochlear hair cells by the auditory cortex in the mustached bat. *Nat Neurosci.* 2002; 5(1):57-63.
- 93-Salo SK, Lang AH, Salmivalli AJ, Johansson RK, Peltola MS. Contralateral white noise masking affects auditory N1 and P2 waves differently. *J Psychophysiol.* 2003; 17:189–194.
- 94-Simões MB, Souza RR, Schochat E. Efeito de supressão nas vias auditivas: um estudo com os potenciais evocados auditivos de média e longa latência. *Rev. CEFAC,* 2009; 11(1): 150-157.
- 95-Rabelo CM, Neves-Lobo IF, Rocha-Muniz CN, Ubiali T, Schochat E. Cortical inhibition effect in musicians and non-musicians using P300 with and without contralateral stimulation. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2015; 81(1):63-70.
- 96-Krishnamurti S. P300 Auditory Event-Related Potentials in Binaural and Competing Noise Conditions in Adults With Central Auditory Processing Disorders. *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders,* 2001; v. 28, p. 40–47.
- 97-Polich J, Howard L, Starr A. Stimulus frequency and masking as determinants of P300 latency in event-related potentials from auditory stimuli. *Biol Psychol.* 1985; 21:309-18.

- 98-Salisbury DF, Desantis MA, Shenton ME, McCarley RW. The effect of background noise on P300 to suprathreshold stimuli. *J Psychophysiol.* 2002; 39(1):111-15.
- 99-Northern J, Downs MP. Avaliação Auditiva Comportamental. In: Northern J, Downs MP. *Audição na infância.* 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p. 129-167.
- 100-Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol.* 1970; 92(4):311-24.
- 101-Carvalho RMM. *Fonoaudiologia: Informação para a formação.* Guanabara Koogan, Rio de Janeiro: 2003.
- 102-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; 2004 March – April, Salt Lake City.* Annals Salt Lake City: AAA, pp 203, 2004.
- 103-Musiek FE. Frequency (pitch) and duration patterns tests. *J Am AcadAudiol.* 1994; 5(4):265-8.
- 104-Jasper HA. The ten-twenty system of the International Federation. *Electroenceph Clin Neurophysiol.* 1958; 10:371-75.
- 105-McPherson DL. *Late Potentials of the Auditory System. Evoked Potencial Series.* San Diego, London: Singular Publishing Group; 1996. 158p.
- 106-Amaral, MIR. *Estudo do processamento auditivo e consciência fonológica em crianças com epilepsia benigna da infância com espículas centrotemporais.* [Tese] Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2015.
- 107-Kimura D: A note on cerebral dominance in hearing. *Acta Otolaryngol* 1963; 56:617-618.
- 108-Colella-Santos, MF. *Processamento auditivo central: teste dicótico de dígitos em crianças e adultos normais.* [Tese] São Paulo: Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina; 1998.

- 109-Murphy CFB, Schochat E: Effect of Nonlinguistic Auditory Training on Phonological and Reading Skills. *Folia Phoniatr Logop.* 2011; 63:147–153.
- 110-Soares AJC, Sanches SGG, Alves DC, Carvalho RMM, Cárnio MS. Temporal auditory processing and phonological awareness. *CoDAS* 2013; 25(2):188-90.
- 111-Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiou DE, Baran JA, Zaida E: The GIN (gaps-in-noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear Hear* 2005; 26:608–18.
- 112-Samelli AG, Schochat E: The gaps-in-noise test: Gap detection thresholds in normal-hearing young adults. *Int J Audiol.* 2008; 47:238–245.
- 113-Shinn JB, Chermak GD, Musiek FE: GIN (Gap in Noise) Performance in the Pediatric Population. *J Am Acad Audiol.* 2009; 20:229-238.
- 114-Amaral MI, Colella-Santos MF. Temporal resolution: performance of school-aged children in the GIN - Gaps-in-noise test. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2010; 76:745-52.
- 115-Perez AP, Pereira LD. O teste gap in noise em crianças de 11 e 12 anos. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica.* 2010; 22(1):7-12.
- 116-Weihsing J, Musiek FE. An electrophysiological measure of binaural hearing in noise. *J Am Acad Audiol.* 2008; 19:481–95.
- 117-Canale A, Dagna F, Favero E, Lacilla M, Montuschi C, Albera R. The role of the efferent auditory system in developmental dyslexia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2014; 78(3):455-8.
- 118-van Dinteren R, Arns M, Jongsma ML, Kessels RP. P300 development across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2014; 9(2):e87347.
- 119-Russo ICP, Valente CHB, Lopes LQ, Brunetto-Borginanni LM. Medidas de imitância acústica. In: Momensohn-Santos TM, Russo ICP. *Prática da audiologia clínica.* 5ª ed. São Paulo: Cortez; 2005. p.183-216.

- 120-Pérez-Villa YE, Mena-Ramírez ME, Aguirre LE, Mora-Magaña I, Gutiérrez-Farfán IS. Diagnostic utility of the acoustic reflex in predicting hearing in paediatric populations. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2014; 65(6):332-8.
- 121-Karniski W1, Blair RC. Topographical and temporal stability of the P300. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1989; 72(5): 373-83.
- 122-Sandman CA, Patterson JV. The auditory event-related potential is a stable and reliable measure in elderly subjects over a 3 year period. *Clin Neurophysiol.* 2000; 111(8): 1427-37.
- 123-Matas CG, Hataiama NM, Gonçalves IC. Stability of auditory evoked potentials in adults with normal hearing. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2011; 16(1):37-41.
- 124-Reis ACMB, Frizzo ACF, Lozano AC, Santos FR, Anastasio ART, Hyppolito MA. Variability of registration latency and amplitude of the auditory evoked potential long latency (P3) in the condition test and retest. *Audiol Commun Res.* 2014; 19(3):293-8.
- 125-Mendonça EBS, Muniz LF, Leal MC, Diniz AS. Aplicabilidade do teste padrão de frequência e P300 para avaliação do processamento auditivo. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2013; 79(4):512-21.
- 126-Murphy CFB, Schochat E: Generalization of temporal order detection skill learning: two experimental studies of children with dyslexia. *Braz J Med Biol Res.* 2010; 43:359-366.
- 127-Murphy CFB, Schochat E: Effect of Nonlinguistic Auditory Training on Phonological and Reading Skills. *Folia Phoniatr Logop.* 2011; 63:147–153.

ANEXO I - Termo de CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto: Estudo do efeito de supressão do potencial evocado auditivo P300 em crianças com Distúrbio de Aprendizagem.

I – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL.

1. NOME DO ALUNO:
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE No.: SEXO: M__ F__ DATA DE NASCIMENTO: / /

ENDEREÇO: No..... Apto: BAIRRO:
 CIDADE: CEP: TELEFONE: (.....)

2. RESPONSÁVEL LEGAL:
 NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador, etc.): DOCUMENTO DE IDENTIDADE No.: SEXO: M__ F__ DATA DE NASCIMENTO: / /

ENDEREÇO: No..... Apto: BAIRRO:
 CIDADE: CEP: TELEFONE (.....)

II – DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: **ESTUDO DO EFEITO DE SUPRESSÃO DO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO P300 EM CRIANÇAS COM DISTÚRBO DE APRENDIZAGEM** PESQUISADOR: Fonoaudióloga Thalita Ubiali CARGO/FUNÇÃO: Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Faculdade de Ciências Médicas (FCM) da Unicamp. INSCRIÇÃO NO CONSELHO REGIONAL - CRFa: 15896 ORIENTADOR: Profa. Dra. Maria Francisca Colella dos Santos LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA: Ambulatório de Audiologia da clínica de Fonoaudiologia do CEPRE/FCM/UNICAMP.

2. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA: Risco mínimo. 3. Duração da Pesquisa: 2 anos **III – INFORMAÇÕES AOS PARTICIPANTES DA PESQUISA**

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que tem como objetivo conhecer o processamento auditivo de crianças com e sem dificuldades na escola. O processamento auditivo nos mostra como as crianças entendem e interpretam os sons que estão ouvindo. A pesquisa poderá contribuir com o conhecimento a respeito do processamento auditivo de crianças com distúrbios de aprendizagem e dificuldades escolares, possibilitando a orientação e intervenção adequadas nesses casos. Seu filho(a) fará uma avaliação completa da audição que inclui os seguintes testes:

1. Avaliação audiológica básica - este é um exame que avalia o quanto a criança escuta, através dos seguintes procedimentos: Meatoscopia (verifica se há excesso de cera ou se há algo dentro da orelha que prejudique a realização do exame); Imitanciometria (Coloca-se uma sonda, uma borrachinha, na

orelha e verifica-se as condições da orelha média através de uma pequena alteração de pressão, com este exame, conseguimos verificar como o som é transmitido pela membrana timpânica e pelos pequenos ossos que existem dentro da orelha); Audiometria (a criança entrará em uma cabine acústica e colocará um par de fones de ouvido. Em seguida, a criança ouvirá vários apitos em diversas frequências e intensidades. A tarefa da criança será levantar a mão todas as vezes que escutar o apito).

2. Avaliação comportamental do Processamento Auditivo: esta parte da avaliação auditiva verifica a maneira como a criança entende e interpreta o som que está ouvindo, por exemplo, se possui atenção ao som, memória auditiva e se consegue entender em ambientes com barulho. Serão realizados 2 testes com instrumentos musicais de percussão (guizo, sino, agogô e coco) e dois testes na cabine acústica. No primeiro teste a criança com os olhos fechados deverá dizer a direção onde o instrumento foi tocado e no segundo dirá a ordem em que foram tocados. No 3 terceiro teste, será colocado fones de ouvido dentro da cabine acústica e a criança deverá repetir os números que escutar. No quarto teste a criança dirá quando percebe um período de silêncio entre dois sons.

3. BERA: a criança sentará confortavelmente numa poltrona em uma sala silenciosa. A pesquisadora limpará a pele da testa, das mastoides (região atrás da orelha) direita e esquerda e do vértex da cabeça (no couro cabeludo, bem no centro) com uma pasta e uma gaze. Em seguida, a pesquisadora colocará pequenos eletrodos nestas regiões e colocará uma fita micropore (uma fita adesiva com pouca aderência à pele) para segurar os eletrodos. Em seguida, a criança escutará vários apitos por fones de ouvidos enquanto descansa na poltrona. Este exame não exige nenhuma ação da criança, apenas que fique sentada sem realizar grandes movimentos.

4. P300: Este exame será realizado logo após o BERA. Na mesma posição do BERA, a criança ouvirá, através dos fones de ouvido, vários apitos iguais e alguns apitos um pouco diferentes. A pesquisadora instruirá a criança a contar toda vez que escutar os apitos diferentes. Os eletrodos continuarão nas mesmas posições do BERA. Em seguida, o exame será repetido utilizando-se um ruído mascarante (parecido com um barulho de chuva) na orelha oposta à orelha testada.

Esses testes não causam dor e não há riscos previsíveis à saúde.

A pesquisa será realizada em duas sessões para evitar que a criança fique cansada: Na primeira sessão, os pais ou responsáveis assinarão este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Em seguida, a pesquisadora fará um questionário sobre a saúde da criança, sobre a condição auditiva e a ocorrência de queixas de aprendizagem e de processamento auditivo. Após essa conversa inicial com os pais ou responsáveis, a criança fará a audiometria básica e a avaliação comportamental do Processamento Auditivo. Na segunda sessão (aproximadamente uma semana após a primeira), a criança fará o BERA e o P300.

O objetivo desta pesquisa é verificar os resultados destes exames em crianças com distúrbio de aprendizagem, crianças com dificuldades escolares e crianças sem queixas auditivas, escolares ou de aprendizagem.

Espera-se com o resultado desta pesquisa entender melhor como funciona o processamento da informação auditiva em crianças com distúrbio de aprendizagem, a fim de auxiliar em diagnósticos mais precisos e de orientar a elaboração de planejamentos terapêuticos das habilidades auditivas nessa população.

Após a avaliação, os resultados obtidos serão apresentados ao aluno/paciente. Estes resultados indicam como está a audição da criança. Se forem encontradas alterações nos resultados da

ANEXO II - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

FACULDADE DE CIÊNCIAS
MÉDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ESTUDO DO EFEITO DE SUPRESSÃO DO POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO P300 EM CRIANÇAS COM DISTÚRBO DE APRENDIZAGEM

Pesquisador: Thalita Ubiali

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 17983313.2.0000.5404

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências Médicas - UNICAMP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 431.184

Data da Relatoria: 28/10/2013

Apresentação do Projeto:

O Transtorno de Aprendizagem, ao contrário das dificuldades escolares, tem sido atribuído a causas neurobiológicas e muitos pesquisadores tem relacionado as falhas nas habilidades específicas do processamento auditivo ao déficit fonológico, principal característica encontrada nos distúrbios de aprendizagem. Compreender o mecanismo de funcionamento das habilidades auditivas em crianças com Transtorno de Aprendizagem é fundamental para a elaboração de estratégias de intervenção adequadas e pode auxiliar no diagnóstico diferencial, separando os distúrbios de aprendizagem, que necessitariam de uma intervenção mais direcionada/específica, das dificuldades escolares, que exigiriam uma abordagem diferente, por serem decorrentes de problemas de estimulação.

Objetivo da Pesquisa:

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar e analisar o efeito de supressão do potencial cognitivo P300 em crianças com Transtorno de Aprendizagem. Serão avaliadas 45 crianças, de ambos os sexos, com idades entre 9 e 12 anos, divididas da seguinte maneira: 15 crianças com diagnóstico interdisciplinar de Transtorno de Aprendizagem (GTA); 15 crianças com Dificuldades Escolares segundo avaliação interdisciplinar (GDE); e 15 crianças sem queixas escolares (GC).

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS
MÉDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



Continuação do Parecer: 431.184

Todas as crianças devem apresentar audição periférica normal para inclusão na pesquisa. Serão excluídas da pesquisa as crianças que apresentarem alterações auditivas, diagnóstico interdisciplinar de TDAH ou de outras síndromes genéticas, neurológicas ou neuropsiquiátricas e relato de estudo de música. Para a realização da avaliação do P300, eletrodos de superfície serão posicionados no vértex e nas mastóides direita e esquerda do sujeito. Os estímulos acústicos serão o tone burst na frequência de 2KHz para o estímulo raro e 1KHz para o estímulo frequente, apresentados a 70dBNA por fones TDH39. O equipamento utilizado será o EP25 da Interacoustics. O exame será realizado em duas condições de avaliação: sem e com ruído branco contralateral. Espera-se que o grupo de crianças com Transtorno de Aprendizagem apresentará valores de latência aumentados e valores de amplitude menores em relação ao grupo de crianças com Dificuldades Escolares e ao grupo Controle.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os procedimentos não apresentam riscos previsíveis para os participantes da pesquisa, apenas o desconforto em ter de se deslocar até o local da coleta de dados. Os participantes serão informados sobre os resultados da avaliação auditiva e caso apresentem alteração em algum teste aplicado, serão encaminhados para assistência no setor de Otorrinolaringologia do Hospital de Clínicas e/ou CEPRE da FCM/Unicamp.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Espera-se com os resultados da presente pesquisa fornecer subsídios para o melhor entendimento dos mecanismos de ação da via eferente desde regiões mais altas do SNAC e de sua relação com as habilidades auditivas nos Transtornos de Aprendizagem e nas Dificuldades Escolares, a fim de auxiliar no diagnóstico diferencial e na elaboração de estratégias terapêuticas/de estimulação auditiva que contribuam de maneira efetiva para a diminuição das dificuldades de aprendizagem em escolares, atingindo o fim maior: a melhora da qualidade de vida de crianças que apresentam dificuldades expressivas no ambiente escolar.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O Projeto apresenta: Folha de rosto, TCLE, projeto gerado pela Plataforma Brasil e projeto detalhado. TCLE apresenta linguagem clara e acessível, além dos elementos básicos exigidos pelo

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS
MÉDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



Continuação do Parecer: 431.184

sistema CEP-CONEP.

Pesquisadoras esclarecem que as crianças que comporão o Grupo Controle serão aquelas (amigos/vizinhos) indicadas pelas crianças que irão compor os grupos de estudo (GDA e GDE), desde que as crianças indicadas não tenham queixas escolares, de linguagem, audição, visão ou de aprendizagem e nem repetência escolar anterior.

Recomendações:

--

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado, após resolução de pendências.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Apresentar a este CEP, oportunamente, os relatórios parciais e final do presente estudo (Res. CNS 466-2012).

CAMPINAS, 21 de Outubro de 2013

Assinador por:
Fátima Aparecida Bottcher Luiz
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br