

DANIELA BORTOLOTI CALIL

**“ACHADOS DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE ESTADO
ESTÁVEL EM CRIANÇAS OUVINTES E CRIANÇAS PORTADORAS DE
DEFICIÊNCIA AUDITIVA NEUROSENSORIAL”**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de MESTRE em fonoaudiologia, sob a orientação da Prof^a Dr^a Doris Ruthy Lewis.

São Paulo

2006

Calil, Daniela Bortoloti

Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência auditiva neurossensorial / Daniela Bortoloti Calil – São Paulo, 2006

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia.

Título em inglês: Findings of the auditory steady state response in children with normal hearing and children with sensorineural hearing loss.

1. Audiometria eletrofisiologia.
2. Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEST).
3. Avaliação audiológica infantil.

DANIELA BORTOLOTI CALIL

**“ACHADOS DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE ESTADO
ESTÁVEL EM CRIANÇAS OUVINTES E CRIANÇAS PORTADORAS DE
DEFICIÊNCIA AUDITIVA NEUROSENSORIAL”**

Presidente da banca: Prof^a Dr^a _____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a _____

Prof^a Dr^a _____

Aprovada em ____ / ____ / ____

À Luiza Possoni Bortoloti

Dedico...

A meus pais, **Mercedes** e **Carlos**, a quem amo e admiro muito, por sempre acreditarem e mim, incentivando todos os meus projetos e vibrando com as minhas conquistas. Pelo amor, carinho, amizade, apoio incondicional que me dão suporte e força e principalmente me ajudam a superar, sorrindo, dificuldades e obstáculos...

Agradecimentos...

A **DEUS** que nunca me abandona e me abençoa em todos os momentos da minha vida.

A minha mestra, **Maria Luiza Lemos Arcuri**, meus **mestres iluminados** e **anjo secretário** que me iluminaram e mandaram energias para que eu pudesse superar e enfrentar as dificuldades e os obstáculos.

À minha orientadora, **Profª Drª Doris Ruthy Lewis**, a quem muito admiro, pela ajuda constante, palavras de incentivo, pelo carinho, ensinamentos transmitidos e idéias compartilhadas, que foram fundamentais para o cumprimento desta importante etapa. Por acreditar em mim, por tornar-se minha amiga e proporcionar meu crescimento profissional e acadêmico.

À **Profª Drª Maria Angelina N. de Souza Martinez**, pelas valiosas e fundamentais contribuições oferecidas na elaboração do projeto de pesquisa, no exame de qualificação e nas etapas conclusivas do estudo, sempre carinhosa, disponível e amiga.

À **Profª Drª Eliane Schoschat** pelas valiosas contribuições e carinho no exame de qualificação.

À **Profª Flavia Giuli Santi Martins Ribeiro** pelas contribuições fundamentais na elaboração do projeto de pesquisa e carinho no exame de pré-qualificação.

À **Profª Drª Beatriz C. A. C. Novaes**, por não ter medido esforços para tornar o Centro de Audição na Criança uma realidade, permitindo que os pós-graduandos da linha audição na criança tivessem um centro de excelência. Pelos ensinamentos constantes e por todo incentivo e apoio em todas as etapas do mestrado.

Ao **Dr. Otavio Lins**, **Dr. Orozimbo** e à **Dra. Kátia Alvarenga** pelas contribuições e ensinamentos na elaboração deste trabalho.

Aos professores do curso de pós-graduação em fonoaudiologia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao meu irmão **Marcelo** por me receber de portas e braços abertos, por sempre me apoiar, vibrar com todas as minhas conquistas, chorar comigo em meus tombos e nunca me deixar desanimar, por ser um grande amigo, obrigada por você existir, te amo muito!!!

À minha cunhada **Lydia**, por me receber com carinho, por sempre me incentivar e apoiar, vibrar com minhas conquistas, torcer pelo meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu irmão **Carlos Alberto**, por sempre me apoiar, cuidar, amar, preocupar-se comigo, aconselhar. Te amo muito!!!

À minha cunhada **Rosane**, por ser carinhosa, amiga, me fazer rir, por me apoiar, torcer e vibrar com minhas conquistas.

À minha prima **Adriana**, por ser sempre AMIGA, verdadeira e espontânea, carinhosa, irmã, por sempre me apoiar, incentivar, vibrar com minhas conquistas, sempre me oferecer seu ombro, mostrar que nunca se deve desistir de um sonho! Por estar sempre presente, incondicionalmente! Te amo muito!!

Ao **Paulo**, meu primo, por ser carinhoso, tornar-se meu amigo, aconselhar, apoiar e vibrar comigo.

Aos meus pais de segundas, terças e quartas-feiras, **Angus e Diana**, por me receberem de portas e braços abertos, por me amarem, cuidarem de mim, por tornarem minha estada em São Paulo mais fácil. Por acreditarem em mim, me apoiando sempre. Amo vocês!!

Ao meu grande amigo **James**, pela amizade incondicional, pelo carinho, amor, apoio, cuidado e preocupação, por me receber em sua casa de portas e braços abertos, me apoiar, aconselhar, pelo ombro amigo, por tornar minha estada em São Paulo mais fácil e divertida. Amo você!!

Às amigas de sempre, **Raquel Ribeiro, Carolina Massaro, Juliana Bicalho, Juliana Straioto e Alessandra Duim**, pela amizade, por terem contribuído com este trabalho mandando textos, dando opiniões, entendendo minha ausência, sempre rindo e chorando comigo e nunca me esquecendo, mesmo com a distância.

Às amigas **Juliana Wolfenson** Coutinho e **Aloha Lutfi**, por terem se tornado grandes amigas, por terem me ajudado com a coleta de dados, me apoiando, incentivando, me fazendo rir, tornando minha estada em São Paulo bem mais divertida. Por sempre me contagiarem com alegria e otimismo.

À amiga **Talita Donini**, que se tornou tão próxima, sempre disponível, paciente, carinhosa, uma luz quando eu me via no escuro.

Às amigas **Thais Vilarinho, Valdete Valentins, Carolina Versolatto, Renata Figueiredo, Mauro Fernandes, Dayane Reis, Vanessa Sinelli, Silvia Ficchino, Mônica Cardillo, Iamara Jacinto, Aline Amorin, Emanuela Estrela, Lisandra Macedo, Thais Bueno, Ana Célia**, por todo apoio, auxílio, e estarem sempre por perto.

Ao **Mauricio Sanitá Azevedo**, pelo carinho, incentivo, apoio, pelo ombro amigo, por vibrar com minhas conquistas.

À **Dr^a Graziela Pacheco Velloni**, pediatra e amiga, por ter colaborado com a pesquisa encaminhando os bebês.

Aos tios **Mariinha, Altino, Yolanda, Fernando, Cleide, Waldecy, Pedro, Elizete**, aos primos **Sylvia, Dino, Cris, Ricardo, Renata e Evandro**, por todo apoio, amor, carinho, cuidado, atenção, conselhos, por sempre vibrarem com minhas conquistas e estarem presentes em todos os momentos da minha vida. Amo muito todos vocês!!!!

À secretária **Marli**, pelo apoio, orientação, carinho e por estar sempre disposta a ajudar.

À secretária e amiga **Kátia Camacho**, por ser sempre carinhosa e me ajudar nos agendamentos das crianças desta pesquisa.

A **CAPES** pelo apoio financeiro.

Ao **Centro de Audição na Criança – Derdic**, por permitir que a coleta de dados fosse realizada, e por ter contribuído muito para o meu conhecimento e crescimento profissional.

Às **crianças** que participaram de todas as etapas de elaboração desta pesquisa e suas atenciosas **famílias**, pelos longos caminhos percorridos, sempre dispostas a contribuir voluntariamente, tornando possível que o presente estudo se concretizasse.

Ao **Ruberval Marcelo de Oliveira** da APG, por sempre estar disponível a ajudar nas pesquisas e dificuldades durante todo o mestrado, por todo carinho e amizade.

Ao **João Luiz Soares Matias, a Marilei Camargo e Maria da Graça Ribeiro dos Santos**, por todo apoio e auxílio nas pesquisas realizadas na biblioteca da Derdic.

Sumário

Tópicos	Página
Lista de abreviaturas	xi
Lista de figuras	xii
Lista de gráficos	xiii
Lista tabelas	xiv
Lista de quadros	xv
Resumo	xvi
1. Introdução	1
2. Objetivo	5
3. Revisão da literatura	6
3.1. A importância do diagnóstico da deficiência auditiva nos primeiros anos de vida	6
3.2. Eletrofisiologia da audição	10
3.3. Potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEST)	14
3.3.1 Conceito	14
3.3.2 Geradores do PEAEST	16
3.3.3 Potencial de 40 Hz	17
3.3.4 Parâmetros para o PEAEST com frequência de modulação entre 70 e 100 Hz	18
3.3.5 Estudos	20
4. Método	35
4.1 Ética	35
4.2 Local	35
4.3 Casuística	35
4.4 Procedimentos	37
4.4.1 Para coleta de dados	37
4.4.2 Material	38
5. Resultados	39
6. Discussão	53
7. Conclusões	60

8. Referências bibliográficas	62
Anexo I - Termo Livre e esclarecido	73
Anexo II – Parecer da comissão de ética	76
Anexo III – Parecer de autorização DERDIC	77
Anexo IV – Descrição dos valores mínimos em dBNAcg e dBNPS	78
Summary	

Lista de abreviaturas

EEG	Eletroencefalograma
PEA	Potenciais Evocados Auditivos
SNAC	Sistema Nervoso Auditivo Central
PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
PEATE-FE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por Frequência Específica
VA	Via aérea
VO	Via óssea
OD	Orelha direita
OE	Orelha esquerda
Ms	Millessegundos
Hz	Hertz
P300	Potencial Evocado Auditivo de longa latência – P300
MMN	Mismatch Negativity
MLR	Potencial Evocado Auditivo de média latência
DA	Deficiência auditiva
PEAEST	Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável
AM	Amplitude modulada
FM	Frequência Modulada
S/N	Sinal/ruído
BOA	<i>Behavior Observation Audiometry</i>
EOA	Emissões otoacústicas
EOAT	Emissões otoacústicas transientes
VRA	<i>Visual Reinforcement Audiometry</i>
TA	Triagem auditiva

Lista de figuras

Figura 1 – Principais estruturas da via auditiva eferente	12
Figura 2 – PEAEST com estímulos múltiplos simultâneos	15
Figura 3 – Vetor bidimensional e suas coordenadas	19
Figura 4 – Distribuição dos sujeitos da primeira etapa quanto ao gênero	39
Figura 5 – Valores mínimos, medianos e máximos em dBNPS	42
Figura 6 - Valores mínimos, medianos e máximos em dBNAcg	43
Figura 7 - Distribuição dos sujeitos da segunda etapa quanto ao gênero	45

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Distribuição das crianças da primeira etapa por faixa etária.	39
Gráfico 2 – Distribuição dos níveis mínimos obtidos em dBNAcg na pesquisa do PEAEST na orelha direita.	41
Gráfico 3 – Distribuição dos níveis mínimos obtidos em dBNAcg na pesquisa do PEAEST na orelha esquerda.	41
Gráfico 4 - Distribuição das crianças da segunda etapa por faixa etária.	46

Lista de tabelas

Tabela 1 – Distribuição das crianças por tempo de duração do exame e tipo de abordagem.	40
Tabela 2 – Estatísticas descritivas para NPS (dB) obtidas em cada frequência na orelha direita e na orelha esquerda	42
Tabela 3 – Estatísticas descritivas para Nacg (dB)) obtidas em cada frequência na orelha direita e na orelha esquerda	43
Tabela 4 – Distribuição das crianças por idade, tempo de duração do exame e tipo de abordagem	46
Tabela 5 – Descrição dos valores mínimos encontrados em dBNA para cada frequência em ambas orelhas	78
Tabela 6 – Descrição dos valores mínimos encontrados em dBNPS para cada frequência em ambas orelhas	78

Lista de quadros

Quadro 1 – Relação dos exames, tempo em ms e a base anatômica	10
Quadro 2 – Relação de exames, idades, fones e data da realização de cada exame do caso 1b.	47
Quadro 3 – Relação dos exames realizados e resultados – caso 1 b	47
Quadro 4 – Relação de exames, idades, fones e data da realização de cada exame do caso 2b.	47
Quadro 5 – Relação dos exames realizados e resultados – caso 2 b	48
Quadro 6 – Relação de exames, idades, fones e data da realização de cada exame do caso 3b.	48
Quadro 7 – Relação dos exames realizados e resultados – caso 3 b	48
Quadro 8 – Relação de exames, idades, fones e data da realização de cada exame do caso 4b.	49
Quadro 9 – Relação dos exames realizados e resultados – caso 4 b	49
Quadro 10 – Relação de exames, idades, fones e data da realização de cada exame do caso 5b.	49
Quadro 11 – Relação dos exames realizados e resultados – caso 5b	50
Quadro 12 – Relação de exames, idades, fones e data da realização de cada exame do caso 6b.	50
Quadro 13 – Relação dos exames realizados e resultados – caso 6b	50
Quadro 14 – Relação de exames, idades, fones e data da realização de cada exame do caso 7b.	51
Quadro 15 – Relação dos exames realizados e resultados – caso 7b	51
Quadro 16 – Descrição dos principais exames realizados nas crianças da segunda etapa	52

Resumo

Introdução: O potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEST) é uma técnica de avaliação objetiva da audição e pode ser realizada em várias frequências em ambas as orelhas ao mesmo tempo. O método consiste em se modular a amplitude de cada estímulo com uma frequência diferente e apresentá-los simultaneamente. No domínio da frequência, a resposta a cada tom aparece na frequência em que cada estímulo foi modulado. **Objetivo:** Descrever os achados do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável para crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência auditiva, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, bilateralmente. **Método:** 14 crianças ouvintes, com idades entre 2 e 19 meses; 7 crianças portadoras de deficiência auditiva neurosensorial de grau moderado a profundo com idades entre 3 e 35 meses. Foram pesquisadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz com estímulos múltiplos simultâneos, com taxas de modulações entre 77 e 103 Hz, binauralmente. **Resultados:** nas crianças ouvintes as médias dos níveis de respostas do PEAEST observadas foram de 6 a 17.2 dBN_{Acg}. Não houve diferença significativa entre as frequências. Para as crianças portadoras de deficiência auditiva neurosensorial, os achados do PEAEST mostraram forte correlação com os resultados da audiometria comportamental. **Conclusões:** O PEAEST é capaz de prever o grau e a configuração do status audiométrico. É possível obter respostas no PEAEST mesmo quando o PEATE está ausente. A técnica do PEAEST deve ser incluída na rotina clínica da avaliação audiológica infantil.

1) Introdução

Assegurar a instalação e a preservação de condições que tornem possível o pleno desenvolvimento infantil tem se configurado como uma das principais metas dos profissionais da saúde. E é exatamente essa a perspectiva da linha de pesquisa Audição na Criança do PEPG em Fonoaudiologia/PUC/SP, na qual este estudo está inserido.

É no primeiro ano de vida que se inicia o desenvolvimento da linguagem, o que ocorre pelo amadurecimento dos neurônios, pela formação de conexões neurais e, simultaneamente, pela experimentação. A interrupção da entrada sensorial ou mesmo a privação total desta, principalmente na fase inicial de aquisição da linguagem, acarreta conseqüências graves para o amadurecimento global da criança (Sininger *et al*, 1999).

Cabe então à área da Audiologia propor procedimentos que permitam avaliar a audição, com margem de segurança aceitável, em todas as faixas etárias, principalmente nos primeiros meses de vida.

Entretanto, antes dos seis meses de idade, é difícil obter de forma precisa a configuração audiométrica. Para tanto, os exames eletrofisiológicos são ferramentas fundamentais, pois possibilitam o diagnóstico de deficiência auditiva nessa faixa etária e também em indivíduos de difícil testagem (Gravel e Hood, 2001).

Para confirmar o diagnóstico de deficiência auditiva, o JCIH (2000) recomenda a realização de uma bateria de testes composta de avaliações comportamentais e eletrofisiológicas, tais como audiometria de observação comportamental (BOA – *Behavior Observation Audiometry*), medidas de imitação

acústica, Emissões Otoacústicas (EOA), Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por Via Aérea (PEATE – VA) com clique, por Frequência Específica (PEATE – FE) e por Via Óssea (PEATE – VO).

O PEATE avalia a sincronia neural do sistema nervoso até o tronco encefálico, eliciada por um estímulo auditivo externo apresentado por fones (de inserção ou supra-aural), com início e recuperação rápidos, podendo ser de polaridade positiva (condensado), negativa (rarefeito) ou alternada (alternado). Geralmente, o estímulo utilizado é o clique, e o espectro de frequência abrange de 1000 a 4000 Hz. Pode-se utilizar, ainda, o *toneburst*, com estímulos de frequências específicas, tais como 500, 1000 ou 2000 Hz, por exemplo. As respostas são captadas por eletrodos de superfície que registram a atividade elétrica que aparece como um traçado em forma de ondas, cada uma das quais representa uma porção do trato auditivo (Hall III, 1992; Hood, 1998).

Há ainda o potencial evocado auditivo de média latência (*mismatch negativity* – MMN e potencial evocado auditivo de média latência - MLR) e o de longa latência (potencial evocado auditivo de longa latência - P300) constituem métodos eletrofisiológicos que permitem avaliar tanto a integridade do sistema nervoso auditivo central (SNAC) quanto o limiar eletrofisiológico. Podem auxiliar no diagnóstico audiológico fornecendo uma medida objetiva da função auditiva central, permitindo ao profissional da área avaliar de maneira mais minuciosa o sistema auditivo.

E mais atualmente vem sendo pesquisado um novo Potencial Evocado Auditivo - o Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEST). São respostas eletrofisiológicas a tons contínuos, modulados em amplitude, que podem ser registrados por eletrodos de superfície e permitem uma avaliação mais

detalhada e objetiva da audição, devido à seletividade de frequências e objetividade na análise das respostas.

Segundo Lins *et al.* (1995), os potenciais de estado estável para tons de amplitude modulada entre 80 e 110 Hz podem ser facilmente registrados no escalpo humano; apresentam uma clara relação com as diferentes variáveis acústicas; fornecem dados importantes para a avaliação fisiológica do sistema auditivo e podem ser muito úteis na audiometria objetiva por serem obtidos em intensidades próximas aos limiares. As respostas produzidas por estímulos específicos em frequência são mais adequadas para a pesquisa audiométrica que as obtidas por cliques, favorecendo uma melhor estimativa do *status* audiométrico das perdas auditivas.

De fato, uma intervenção precoce em crianças deficientes auditivas (DA) deve estar baseada em informações audiológicas precisas. Os profissionais da área necessitam de exames, métodos e ferramentas que permitam determinar o grau e o tipo da alteração auditiva. O desafio é identificar o limiar auditivo e, ao mesmo tempo, auxiliar na determinação da amplificação necessária nas diferentes frequências e na indicação de dispositivos eletrônicos para audição (aparelho de amplificação sonora ou implante coclear). Há necessidade de métodos e testes eletrofisiológicos que forneçam uma estimativa confiável sobre a audição, especialmente para crianças com idade inferior a três meses, uma vez que, nesse momento, as perdas auditivas podem ser de configurações não lineares ou assimétricas.

As estimativas dos limiares auditivos obtidos por meio do PEAEST podem ser a base para a determinação da intervenção mais apropriada, ou seja,

a recomendação do uso do aparelho de amplificação sonora ou do implante coclear (Rickards *et al*, 1994; Picton *et al*, 2003).

E foi justamente com a preocupação de contribuir para essa maior precisão da configuração audiométrica das crianças em seu primeiro ano de vida, bem como determinar a intervenção mais apropriada, que o presente estudo se constituiu.

2) Objetivo

Descrever os achados do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável para crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência auditiva, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, bilateralmente.

3) Revisão de Literatura

3.1) A importância do diagnóstico da deficiência auditiva nos primeiros anos de vida

A comunicação é considerada uma função superior nobre, e a orelha é o órgão que a possibilita. Sendo assim, o diagnóstico da deficiência auditiva nos primeiros anos de vida é a principal meta dos profissionais da saúde que atuam na audiologia (Jensen,1997).

De fato, vários estudos nesse sentido vêm sendo realizados na área; o objetivo é possibilitar a plasticidade neural minimizando o impacto da privação sensorial, que, certamente, acarreta um grande prejuízo para o desenvolvimento global das crianças (Gravel e Tocci, 1998).

De acordo com Ryugo *et al* (2000), o período crítico para o desenvolvimento do sistema auditivo, que vai subsidiar a aquisição da linguagem, é até os seis meses de idade. Por esse motivo, é de extrema importância o diagnóstico da deficiência auditiva o mais cedo possível, a fim de possibilitar a prevenção dos problemas a ela secundários.

A criança deficiente auditiva apresenta alterações no desenvolvimento da linguagem, o que dificulta a capacidade de comunicação com a maioria da população que é ouvinte. Os danos causados pela perda auditiva no que se refere às habilidades de fala e linguagem são variados e complexos (Weber *et al*, 2001).

Além disso, podem ser observados efeitos subseqüentes no desempenho escolar, no desenvolvimento social e na dinâmica familiar.

No entanto, a detecção de alterações auditivas e a intervenção iniciadas até os seis meses de idade garantem desenvolvimentos de linguagem e social comparáveis aos das crianças ouvintes da mesma faixa etária, ao passo que as crianças identificadas tardiamente não conseguem alcançar a mesma performance, mesmo que sejam estimuladas durante anos (Yoshinaga-Itano, 1995).

Assim, o *Joint Committe on Infant Hearing* (JCIH, 2000) e também a *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA) (ASHA, 1997) recomendam a realização da triagem auditiva universal (TANU) na alta hospitalar ou no primeiro mês de vida. O diagnóstico deve ser feito até o terceiro mês, e a intervenção terapêutica deve iniciar até o sexto mês de idade. No caso de falha na triagem, as crianças devem ser encaminhadas para o diagnóstico, que pode ser feito mediante uma bateria de exames comportamentais e eletrofisiológicos, tais como audiometria de observação comportamental (BOA - *Behavior Observation Audiometry*), Emissões Otoacústicas (EOA), Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE), por via aérea e por via óssea, Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por Frequência Específica (PEATE-FE) e Imitância acústica (timpanometria e reflexo acústico). É possível, assim, determinar o tipo, o grau e a configuração da perda auditiva, realizando o diagnóstico diferencial de alterações condutiva, neurossensorial e mista.

BOA é uma técnica que consiste na observação do comportamento auditivo da criança frente a um estímulo sonoro. Entre outros, são descritos mudança no comportamento de sucção, sobressalto ou arregalar dos olhos. É importante considerar, no entanto, que esse tipo de técnica oferece ao examinador um número limitado de respostas devido ao efeito de habituação (Sininger, 2003).

As EOAs são geradas pelas células ciliadas externas, as quais são mais vulneráveis a doenças e danos do que as células ciliadas internas. Portanto, quando as EOAs estão presentes é razoável supor que tanto as células ciliadas externas quanto as internas estejam funcionando bem; e, geralmente, que os limiares auditivos podem estar melhores que 30 a 40 dBNA. Já a ausência das EOAs pode estar relacionada a várias causas - desde disfunções de orelha média a distúrbios neurosensoriais, produzindo perdas auditivas de graus diversos. Entretanto, esse exame não pode ser usado para determinar limiares auditivos exatos (Sininger, 2003).

O PEATE avalia a sincronia neural do sistema nervoso até o tronco encefálico eliciada por um estímulo auditivo externo. Geralmente, a característica analisada é a latência das ondas, que é o intervalo de tempo entre a apresentação do estímulo sonoro até o aparecimento da onda (Hood, 1998). Nos casos em que o PEATE - VA encontra-se alterado é necessário realizar o PEATE - VO. O procedimento ocorre da mesma forma, porém, neste último, o estímulo é apresentado por um vibrador ósseo disposto na fronte (Hood, 1998) ou na porção auricular pósterio-superior (Stuart *et al*, 1993; Chapchap, 2002).

A Imitância Acústica é um teste fisiológico que analisa a orelha média, sendo possível diferenciar a perda auditiva condutiva da perda auditiva neurossensorial. O teste é composto por duas medidas - a Timpanometria e a Pesquisa do Reflexo Acústico (Willy *et al.*, 2002).

Ressalta-se que os exames eletrofisiológicos são fundamentais para avaliar a audição nos primeiros seis meses de vida e em crianças difíceis de testar, uma vez que estas não possuem condições de responder aos testes comportamentais de forma fidedigna.

3.2) Eletrofisiologia da audição

O Potencial Evocado Auditivo (PEA) possibilita avaliar a integridade funcional das vias auditivas, desde o órgão receptor periférico até o córtex cerebral, e é um instrumento de valor inestimável para a audiologia, otologia e neurologia. Isso se deve ao fato de ser uma técnica simples, não invasiva, de alta sensibilidade, baixa variabilidade e alta reprodutibilidade de respostas (Hood, 1998).

Encontramos na literatura várias formas de classificar o PEA. A mais utilizada se baseia no período de latência das respostas, que é o tempo transcorrido desde a apresentação do estímulo até o aparecimento do PEA:

- curta latência: quando o PEA ocorrem nos primeiros 12 ms após a estimulação e são gerados no tronco encefálico;
- media latência: quando o PEA ocorrem entre 12 e 50 ms e são provenientes do Tálamo e córtex auditivo primário;
- longa latência: quando o PEA ocorrem entre 50 e 600 ms após a estimulação, refletindo excitação cortical mais tardia (Hood, 1998).

Quadro 1: relação dos exames, tempo em milissegundos (ms) e a base anatômica.

Exames	Tempo em ms	Base anatômica
PEATE curta latência	0 a 12	Tronco encefálico
MLR curta latência	12 a 50	Córtex auditivo primário e Tálamo
Longa latência	50 a 600	Córtex auditivo primário e áreas de associação

O PEATE é o PEA mais utilizado na prática clínica em audiolgia, tendo sido identificado e descrito inicialmente por Jewett e Williston (1971). Os autores constataram que, com esse procedimento, é possível registrar a atividade elétrica da via auditiva até o tronco encefálico em uma seqüência de sete picos ou ondas identificadas com números de I a VII nos primeiros 9 ms após o estímulo acústico. A onda I representa o nervo auditivo (VIII par craniano); a onda II, o núcleo coclear; a onda III, o complexo olivar superior; a onda IV, o lemnisco lateral; a onda V, o colículo inferior; a onda VI, o corpo geniculado medial e a onda VII representa o tálamo.

O estímulo utilizado no PEATE é o clique, por ser um estímulo acústico transitório de início rápido, de curta duração e formado por uma faixa de freqüências que provoca estimulação entre 1000 e 4000Hz, apresentando energia acústica em todas elas, ou seja, não é específico em seu conteúdo espectral (Hood, 1998; Durieux-Smith *et al*, 1991).

O PEATE permite a obtenção da atividade eletrofisiológica do sistema auditivo até o tronco encefálico, mapeando completamente todas as sinapses das vias auditivas, desde o nervo auditivo, núcleos cocleares (ponte) ao colículo inferior (mesencéfalo). No entanto, não é suficiente para o diagnóstico da perda auditiva, pois não determina de forma confiável o seu tipo, a sua configuração nem o seu grau (Sininger, 1993; Stapells, 2000).

O PEATE apenas avalia a audição de maneira geral, ou seja, uma perda auditiva não linear pode passar despercebida pelo exame (Durieux-Smith et al, 1991).

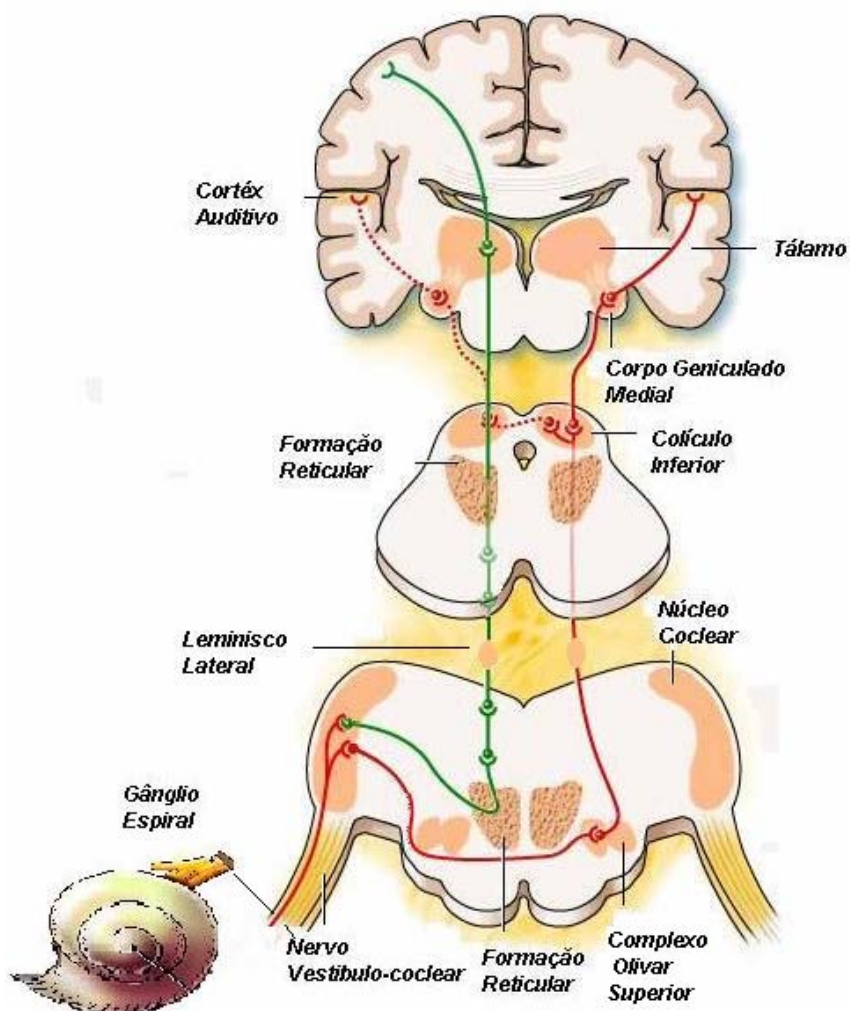


Figura 1: Principais estruturas da via auditiva aferente (adaptado por Araújo, 2005)¹.

O JCIH (2000) recomenda o uso do PEATE-FE para estimar os limiares auditivos em frequências distintas objetivamente. O estímulo utilizado é mais específico, denominado *Tone Bursts* ou *tone pip*, que permite a avaliação dos

¹ Disponível no site: <http://www.iurc.mont.inserm.fr/cric/audition/fran%E7ais/ptw/fptw.htm>.

limiares desde as frequências baixas até as altas, sendo mais preciso na estimativa do limiar eletrofisiológico por frequências isoladas (Stapells e Oates, 1997).

Segundo Gorga *et al.* (1991) e Beattie e Rochverger (2001), para a utilização do PEATE-FE, é necessária a mistura de um estímulo de longa duração para que se possa alcançar a frequência desejada, e um tempo curto de início, para desencadear uma resposta sincrônica neural. É difícil reconhecer essas respostas, sendo necessárias muitas réplicas de estímulo para obter uma que seja confiável.

Com o intuito de otimizar a obtenção das respostas por especificidade de frequência, outro PEA vem sendo estudado e descrito, o Potencial Evocado de Estado Estável (PEAEST). Os primeiros estudos sobre esse exame foram realizados na década de 80. No entanto, somente em 2002 é que ocorreram as primeiras publicações no Brasil - Ferraz *et al* publicaram um artigo com estudo feito em adultos, e Lins descreveu o desenvolvimento de uma técnica de PEAEST, que é utilizada atualmente em inúmeras pesquisas com esse potencial.

3.3) Potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEST).

3.3.1) Conceito

Segundo Regan (1989), os PEAEST são potenciais evocados sucessivos, e seus componentes de frequência se mantêm constantes ao longo do tempo. Podem ser obtidos com a apresentação de um estímulo em um ritmo suficientemente rápido, fazendo com que a resposta a este se sobreponha à resposta ao estímulo subsequente. Essa sobreposição gera uma resposta periódica na frequência em que o estímulo é apresentado.

O PEAEST permite a utilização de um tom contínuo modulado em amplitude, e seu conteúdo de frequências está concentrado na frequência do tom e duas bandas separadas da frequência de modulação. Para um tom de 1000 Hz modulado em amplitude a 100 Hz, a energia está concentrada em 1000, 900 e 1100 Hz (Stapells *et al*, 1993).

Lins *et al* (1996) afirmam que o PEAEST pode ser realizado em várias frequências em ambas as orelhas ao mesmo tempo. O método consiste em modular a amplitude de cada estímulo com uma frequência diferente e apresentá-los simultaneamente. A resposta a cada tom aparece na frequência em que cada estímulo foi modulado (figura 2).

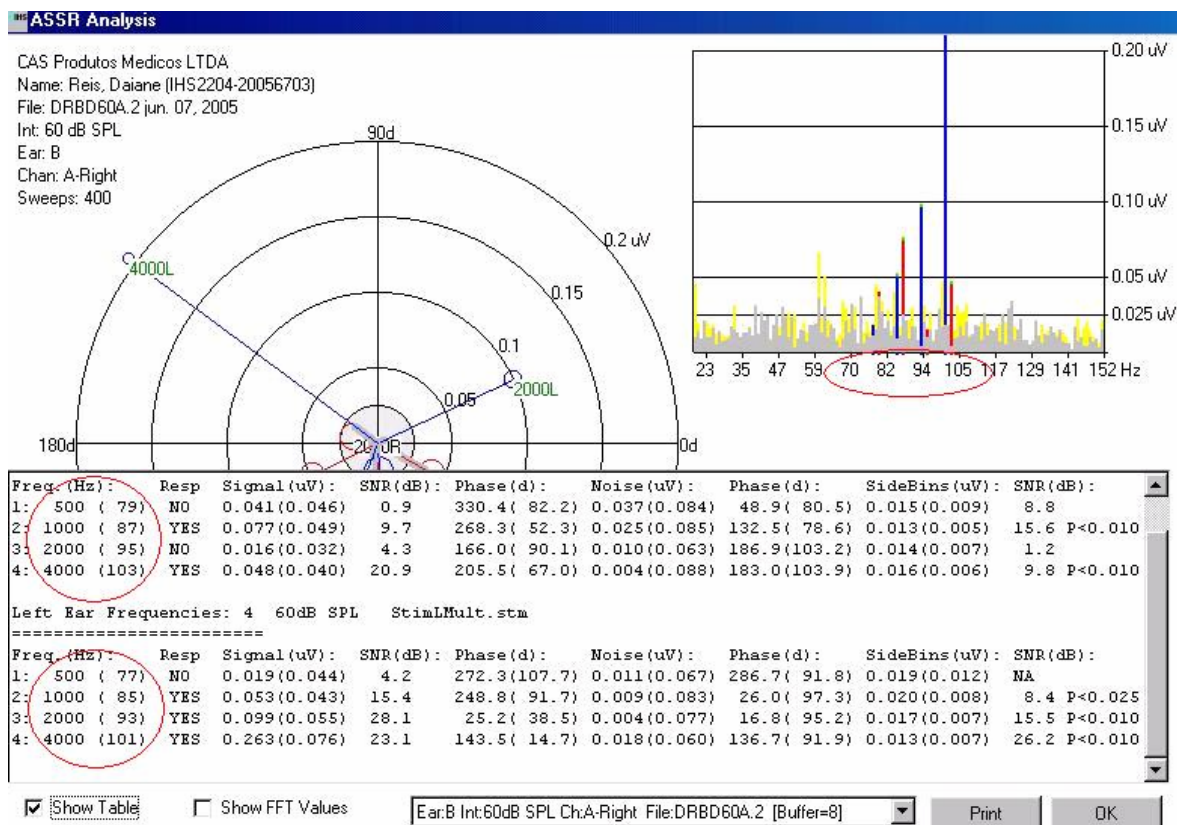


Figura 2: mostra um exame de PEAEST com estímulos múltiplos simultâneos, com frequência modulada entre 77 e 103 Hz. Esta figura foi retirada do equipamento para registro do PEAEST Smart EP, da *Intelligent Hearing Systems* (IHS).

A combinação entre amplitude modulada (AM) e frequência modulada (FM) é mais indicada para a obtenção do PEAEST do que o uso isolado dessas modulações. Esse exame permite obter um *status* audiométrico, um “audiograma eletrofisiológico”, explorando cada frequência de forma detalhada e objetiva. Assim como o *Tone Burst*, as respostas são produzidas por estímulos específicos em frequências, os quais são mais adequados para a identificação do *status* audiométrico (Picton *et al*, 2003).

3.3.2) Geradores do PEAEST.

Segundo Sininger e Cone-Wesson (2002), existem poucas pesquisas sobre os geradores neurais do PEAEST. Porém, sabe-se que os neurônios do oitavo nervo, o núcleo coclear, o colículo inferior e o córtex auditivo são os geradores responsáveis pelos estímulos em amplitude e frequência modulada entre 80 e 110 Hz. O PEAEST é gerado em todo o sistema nervoso auditivo, sendo que as regiões corticais contribuem mais que os geradores do tronco encefálico em repostas às frequências de modulações mais baixas. Os autores enfatizam que a presença de resposta nesse exame é determinada em grande parte pela integridade da cóclea e do oitavo nervo, e que as mesmas variáveis que afetam o PEATE, as repostas de média latência e as repostas corticais mais tardias aos estímulos transientes, afetam também as repostas do PEAEST.

A fim de localizar os geradores intracerebrais das repostas de PEAEST em frequências moduladas em 12, 39 e 88 Hz, Herdman *et al* (2002) selecionaram dez sujeitos com idades entre 17 e 50 anos com limiares tonais em torno de 20 dBNA na frequência de 1000 Hz. Os autores concluíram que o cérebro é consistentemente ativo em todas as taxas de modulação e que as fontes corticais são mais ativas em frequência de modulações menores, particularmente em 39 Hz. As repostas para os estímulos com modulação de 12 Hz não mostraram muita energia e, sendo assim, as repostas encontradas nessa etapa do estudo foram difíceis de distinguir dos artefatos. Nas modulações de 39 Hz foi possível concluir que a resposta é gerada parcialmente no córtex auditivo e na superfície superior do lóbulo temporal, o que sugere que a atividade talâmica e

os circuitos talâmicos corticais podem estar envolvidos nessa resposta. Já os dados coletados nas modulações de 88 Hz sugerem que as respostas sejam geradas principalmente no caminho auditivo do cérebro. Os neurônios do núcleo coclear respondem melhor às taxas de modulação acima de 80 Hz, e o colículo inferior responde melhor às taxas entre 20 a 40 Hz. Isso significa que a geração possível do PEAEST em 40 e 80 Hz provém do colículo inferior e do núcleo coclear, respectivamente.

3.3.3) Potencial de 40 Hz.

Um dos PEAEST é a resposta de latência média (MLR), conhecido como potencial de 40 Hz ou MLR de estado constante. Consiste em uma série de quatro ondas positivas e negativas que surgem de 60 a 80 ms após o estímulo. A onda inicial é a Na, seguida pela Pa, Nb, Pb (Lins, 2002).

O potencial de 40 Hz é obtido numa velocidade de apresentação alta de aproximadamente 40 estímulos por segundo, resultando em uma sobreposição de respostas no tempo, o que aumenta a amplitude destas. Essas quatro ondas se apresentam em picos separados por aproximadamente 25 ms (Musiek e Lee, 2001).

Esse procedimento é utilizado para determinar os limiares auditivos eletrofisiológicos na faixa de frequências baixas, sendo também eficaz na localização de lesões na via auditiva, além de ter aplicações intra-operatórias. A

MLR evocada por clique pode refletir o limiar audiológico do paciente quando o PEATE estiver alterado ou ausente. Portanto, esses resultados indicam que o PEAEST fornece informação sobre a sensibilidade auditiva em todas as frequências importantes para a compreensão da fala (Galambos *et al*, 1981; Stapells *et al*, 1984; Ferraro e Durant, 2001).

Entretanto, essas respostas não são bem reproduzíveis em neonatos, o que ocorre, provavelmente, porque o córtex auditivo e suas conexões não estão ainda bem desenvolvidos e são consideravelmente atenuados pelo sono (Galambos *et al*, 1981; Linden *et al*, 1985).

3.3.4) Parâmetros para o PEAEST com frequência de modulação entre 70 e 100 Hz.

Segundo Regan (1989), os parâmetros principais para a obtenção do PEAEST são a amplitude e a fase da resposta na frequência de estimulação. Essas medidas são realizadas automaticamente pelo computador, pois existem procedimentos estatísticos bem definidos que determinam clara e objetivamente se uma resposta está ou não presente.

Os registros obtidos são transformados para o domínio da frequência pela análise *Fast Fourier Transform* (FFT)². O registro consiste em uma série de números complexos que representam a amplitude da resposta em uma série de

² *Fast Fourier Transformer* (FFT) é um procedimento matemático que converte qualquer sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência e vice-versa.

pontos no tempo. Esses dados são representados em um vetor bidimensional (figura 3) em coordenadas cartesianas X e Y, que são transformadas em coordenadas polares de amplitude (que é o comprimento do vetor) e fase (que significa a rotação do vetor em torno de sua origem). Amplitude = $\sqrt{(X^2 + Y^2)}$ e

fase = $\arctan \frac{Y}{X}$ (Lins, 2002).

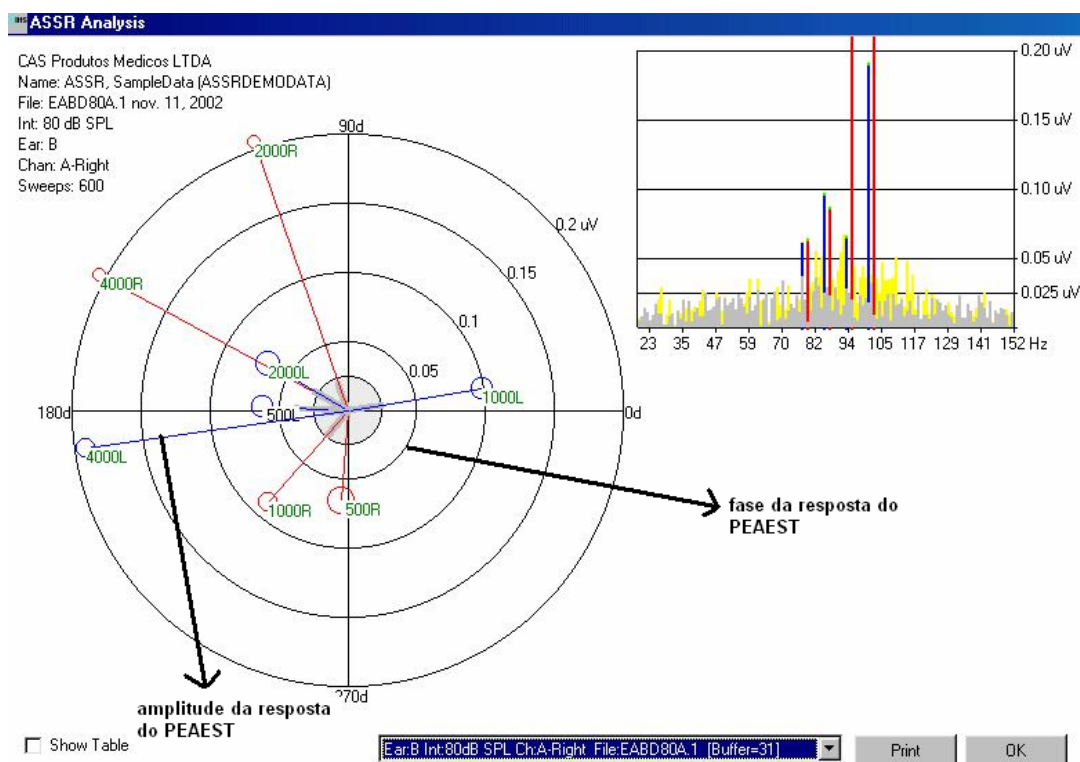


Figura 3: mostra o vetor bidimensional e suas coordenadas. Esta figura foi retirada do equipamento de registro do PEAEST Smart EP, da *Inteligent Hearing Sistens* (IHS)

No domínio do tempo³, essas respostas são difíceis de separar do ruído, apenas observando os registros das ondas. Já no domínio da frequência⁴ é

³ Um gráfico no domínio do tempo mostra como a amplitude de um sinal muda com o tempo. O sinal no domínio do tempo pode ser expresso como a somatória de ondas senoidais de diversas frequências.

fácil identificá-las, pois a resposta a cada tom ocorre precisamente na frequência em que este foi modulado, enquanto o ruído é distribuído amplamente no espectro das frequências. Mesmo que os oito estímulos tenham sido apresentados simultaneamente (quatro frequências em cada orelha), a resposta a cada um deles pode ser avaliada independentemente, analisando-se o componente espectral correspondente à frequência na qual a portadora de cada estímulo foi modulada (Lins, 2002).

O estímulo usado para obter o PEAEST é modulado na faixa de frequência básica, como no audiômetro, de 250 – 8000Hz. Esse tom pode ser modulado em amplitude (AM) ou frequência (FM), ou pode, ainda, ser feita uma combinação das duas, semelhante ao "*Warble*" usado no audiômetro (Picton *et al*, 2003).

3.3.5) Estudos

Rance *et al.* (1998) pesquisaram 108 crianças que não apresentaram respostas no PEATE em 100 dBNA. Realizaram, então, o PEAEST nas frequências de 250 a 4000 Hz e, comparando esses resultados com os limiares tonais, concluíram que os tons modulados em amplitude usados no PEAEST permitem a pesquisa de frequências específicas em intensidades fortes. Também observaram que há uma relação próxima entre os limiares tonais e os resultados obtidos no PEAEST realizado com múltiplas frequências.

⁴ Um gráfico no domínio da frequência mostra a distribuição das frequências do sinal e expressa a amplitude e a fase destas ondas senoidais componentes. A amplitude é o "tamanho" de cada onda senoidal componente e a fase tem relação com o ponto do ciclo em que a onda componente "começa".

Segundo Jerger (1998), desde o momento em que surgiram os primeiros registros de PEA, os profissionais da área têm se esforçado para conseguir pesquisar a audição de crianças e pessoas de difícil testagem. A busca acarretava angústia e frustração aos pesquisadores, pois nem as respostas de média latência nem o potencial de 40Hz eram satisfatórios. A avaliação auditiva por meio do PEAEST preenche uma lacuna entre as propriedades desejáveis do PEATE e a excessiva dependência das condições do SNC nas respostas do potencial evocado tardio de frequência específica, e permite o registro das respostas em intensidades muito próximas dos limiares auditivos. Portanto, essa técnica é de grande importância para a avaliação auditiva infantil.

De fato, nos casos de alterações auditivas em neonatos, lactentes ou em pacientes que não cooperam na bateria de testes atuais da avaliação audiológica, os PEAEST acrescentam informações importantes para a escolha de uma conduta terapêutica e reabilitadora eficaz (Rance *et al*, 1998).

Com o objetivo de analisar a efetividade do PEAEST, Ferraz, Freitas e Marchiori (2000) realizaram estudo comparativo deste teste com alguns dos métodos de avaliação objetiva da audição existentes na atualidade. Os exames utilizados na comparação foram PEATE e EOA. Os autores selecionaram um grupo de 25 indivíduos adultos sem queixas auditivas, com idades entre 21 e 40 anos e limiares auditivos menores ou iguais a 15 dBNA, e realizaram o PEATE na intensidade de 75 dBNA para averiguar a integridade neural. Foi pesquisado o nível mínimo de resposta no PEAEST nas frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz com modulações de 104, 107, 111 e 115, respectivamente. Os

resultados apontaram uma aproximação média de 20 dBNA dos limiares psicoacústicos em tempo compatível com os exames de prática clínica, ou seja, 30 a 60 minutos.

Os autores concluíram que o PEAEST apresenta vantagens sobre os PEATE e as EOA, por fornecer informações sobre as frequências de forma objetiva e detalhada, permitindo a obtenção de limiares eletrofisiológicos específicos para cada uma das frequências normalmente pesquisadas na audiometria comportamental.

Herdman, Picton e Stapells (2002) descreveram um estudo utilizando o PEAEST com estímulos múltiplos simultâneos nas frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz; as modulações de frequências foram de 77, 85, 93 e 102 Hz, respectivamente. Foram também avaliadas separadamente as frequências de 500 e 2000 Hz. Nove adultos com idades entre 18 e 30 anos participaram do estudo, sendo que, para incluí-los, foram exigidos timpanometria tipo "A", reflexos acústicos ipsilaterais presentes e audiometria tonal com limiares menores ou iguais a 15dBNA nas frequências de 500 a 4000 Hz. O objetivo do estudo foi determinar o local específico da cóclea que gera a resposta de PEAEST quando se realiza o teste em frequências isoladas e simultaneamente. Os resultados desse estudo indicaram que o PEAEST com estímulo moderado (60 dBSPL) reflete a ativação de regiões da cóclea, tanto para pesquisas em frequências isoladas, quanto simultaneamente.

Cone-Wesson *et al* (2002) descreveram dois estudos realizados com o PEAEST para TANU. No primeiro, os sujeitos eram neonatos que haviam

passado pelo potencial evocado auditivo de tronco encefálico (PEATE), emissões otoacústicas por estímulo transiente (EOAT) e emissões otoacústicas produto de distorção (EOAPD). O PEAEST foi realizado nas frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com modulações de 87, 76, 83, 89 e 93 Hz, respectivamente. As taxas de “passa” foram mais altas (maiores que 90%) para tons modulados em amplitude apresentados em intensidade menores que 69 dBNPS, para tons de 500 e 2000Hz. No segundo estudo foram avaliados bebês prematuros e a termo, sendo o PEAEST realizado nas frequências portadoras de 500 e 2000 Hz. Os bebês a termo obtiveram maiores taxas de “passa” para os tons de 2000 Hz com amplitude modulada entre 74 a 106 Hz, comparadas com as de tons modulados de 500 Hz entre 58 e 90Hz. Os bebês prematuros apresentaram taxas de passa menores que os bebês a termo para ambas as frequências portadoras. Para as duas populações não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre as orelhas. Os autores concluíram que é necessária uma investigação sobre a pesquisa de limiares com PEAEST e sobre o efeito da modulação e da frequência para adaptar essa técnica a procedimentos de triagem.

Com o objetivo de investigar o grau de relação entre os limiares obtidos no PEAEST e os limiares eletrofisiológicos do PEATE, Werff *et al* (2002) selecionaram 32 crianças dos hospitais e clínicas da Universidade de Iowa, com idades entre 2 meses e 3 anos, portadoras de perda auditiva e em diferentes graus de limiares eletrofisiológicos do PEATE. As crianças foram sedadas para realização desta pesquisa. Foi encontrada uma forte correlação entre os limiares eletrofisiológicos do PEATE e as respostas obtidas no PEAEST na frequência de

2000 Hz, e também para os limiares eletrofisiológicos do PEATE-FE em 500 Hz e as respostas do PEAEST na frequência de 500 Hz. Os autores relataram também que foi possível obter respostas no PEAEST em diversas crianças que apresentavam perdas auditivas profundas e que não apresentavam respostas no PEATE. Os resultados deste estudo indicam que o PEAEST é uma alternativa razoável para estimar o status audiométrico de lactentes.

Rance e Rickards (2002) realizaram estudo com o objetivo de examinar a precisão da fórmula preditiva estabelecida por Rance *et al* (1995)⁵ para estimar limiares auditivos em lactentes. Essa fórmula é baseada na correlação dos resultados do PEAEST com as respostas comportamentais em adultos e crianças. Os dados indicam que os limiares obtidos no PEAEST podem ser usados como base para adaptação de aparelhos de amplificação sonora em lactentes com perda auditiva neurossensorial. O estudo retrospectivo apresentou os achados clínicos obtidos em 211 crianças com idades variando entre um e oito meses na data de realização do PEAEST. Foi feita audiometria comportamental nas frequências de 500 a 4000 Hz. O PEAEST foi realizado em sono natural, sendo a avaliação iniciada na intensidade de 60 dBNPS, decrescidos de 10 em 10 dBNPS, e acrescidos de 5 dBNPS quando não se obtinha resposta na intensidade anterior. As frequências portadoras foram 500, 1000, 2000 e 4000 Hz e as taxas de modulações, em torno de 90 Hz. O teste durou entre 45 a 60 minutos para analisar as respostas de ambas as orelhas. Os resultados demonstraram que as duas técnicas possuem grande correlação (maior que 0.95 para as frequências de

⁵ RANCE, G.; RICKARDS, F. W.; COHEN, L. T.: The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. **Ear & Hearing**, 16:499-507, 1995.

500 a 4000 Hz). A análise dos achados do PEAEST em crianças portadoras de deficiência auditiva (de grau moderado a severo) demonstrou uma relação similar com os limiares obtidos em adultos e crianças de outros estudos. Os resultados para as crianças com a audição normal ou próxima do normal foram diferentes dos achados dos sujeitos mais velhos, e as respostas comportamentais variaram de 10 a 15 dBNA melhores do que as respostas do PEAEST.

John *et al* (2002) realizaram estudo para avaliar a eficiência do PEAEST utilizando estímulos múltiplos simultâneos, com frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. A vantagem de se avaliar as duas orelhas ao mesmo tempo é que o exame pode ser realizado duas ou três vezes mais rapidamente. Quando a intensidade do estímulo é aumentada 10 ou 20 dB, a amplitude das respostas aumenta também. Em comparação com o estímulo único, o uso de estímulos múltiplos simultâneos causa pequenas mudanças nas respostas. A mais clara dessas interações é a atenuação das respostas ante um estímulo de baixa frequência na presença de estímulos de alta frequência. Ainda que pequenas, essas atenuações são fisiologicamente interessantes e não reduzem as vantagens do uso dos estímulos múltiplos simultâneos.

Dimitrijevic *et al* (2002) realizaram estudo com o PEAEST por via aérea e por via óssea em quatro grupos distintos - o primeiro era composto de 31 sujeitos com idades entre 32 e 86 anos, portadores de deficiência auditiva neurosensorial; o segundo, de 14 sujeitos ouvintes com idades entre 23 e 63 anos; o terceiro, de 10 sujeitos com idades entre 23 e 35 anos, também ouvintes, porém, com simulação de deficiência auditiva condutiva; e o quarto e último

grupo, de 16 sujeitos ouvintes. Para a pesquisa nos quatro grupos distintos foram utilizados oito estímulos tonais, quatro em cada ouvido. Cada estímulo foi simultaneamente modulado tanto em amplitude quanto em frequência. As frequências moduladas (FM) variaram entre 80 e 95 Hz, e as portadoras foram 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Segundo conclusão dos autores, a pesquisa de limiar pode ser realizada precisamente pelo PEAEST, tanto na condução aérea quanto pela condução óssea, com uma diferença de -10 a 30 dBNA dos limiares psicoacústicos.

Dimitrijevic, John e Picton (2002) realizaram pesquisa com o PEAEST em amplitude modulada (AM) entre 75 e 110 Hz e concluíram que esse é um exame promissor para avaliação objetiva da audição, pois pode ser utilizado com crianças bem pequenas durante o sono, sem alterações nos resultados. Apresenta respostas em múltiplas frequências simultaneamente, podendo ser independentes, e/ou em ambas orelhas ao mesmo tempo.

Cone-Wesson *et al* (2002a) relataram dois estudos que ilustram o uso do PEAEST no contexto clínico audiológico pediátrico. No primeiro, foi desenvolvido um protocolo para a estimativa de limiares audiométricos por condução óssea mediante o uso do PEAEST e utilizado ruído de banda estreita para mascarar um tom modulado de 1000 Hz. A quantidade de ruído por condução óssea necessária para mascarar o PEAEST pode ajudar a distinguir entre lactentes e crianças com perda auditiva condutiva daqueles com perdas auditivas neurossensoriais e também a estimar os limiares auditivos por via óssea; entretanto, a exatidão dessa técnica necessita de verificação com os

limiares auditivos por via aérea. No segundo, o PEAEST obtido é utilizado como parte da avaliação diagnóstica para crianças e bebês com risco de perda auditiva, sendo que os resultados mostram informações sobre o status audiométrico e a audição residual, o que ajuda na decisão sobre o tratamento e a reabilitação.

Herdman e Stapells (2003) realizaram estudo a fim de avaliar o uso do PEAEST para estimar o grau e a configuração da perda auditiva em sujeitos com deficiência auditiva neurosensorial e avaliaram a especificidade tonal desse método em múltiplas frequências. Foram apresentados tons múltiplos de amplitude modulada entre 77 e 105 Hz nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, simultaneamente para cada orelha. Os autores concluíram que o método do PEAEST proporciona uma boa estimativa do grau e da configuração da audição dos indivíduos com perdas auditivas neurosensoriais que não respondem de forma confiável na audiometria tonal e em crianças menores de seis meses.

Luts *et al* (2004) realizaram estudo com o objetivo de relatar a experiência clínica da utilização do PEAEST como uma técnica objetiva para fornecer o *status* audiométrico em frequências específicas para crianças portadoras de deficiência auditiva neurosensorial. Foram avaliadas dez crianças entre 3 e 14 meses de idade, que foram sedadas para a realização, no mesmo dia, dos exames de PEATE, PEAEST e, em outro dia, de audiometria comportamental com reforço visual (*visual reinforcement audiometry* - VRA). As frequências pesquisadas no PEAEST foram 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com taxas de modulações de 82.031, 89.844, 97.656 e 106.445 Hz para a orelha

esquerda, e de 85.937, 93.750, 101.562 e 110.352 Hz para a orelha direita, respectivamente. A pesquisa foi binaural. A duração média do exame de PEAEST foi de 58 minutos. Houve forte correlação entre os três exames, apresentando um desvio padrão de 11 a 15 dBNA em todas as frequências avaliadas. Os resultados do PEAEST se mostraram precisos na configuração do status audiométrico de todas as crianças do estudo. Os autores concluíram, então, que a técnica do PEAEST pode ser incluída na rotina clínica como um método objetivo de avaliação da audição.

Para investigar a utilidade clínica da técnica de PEAEST em crianças portadoras de deficiência auditiva neurosensorial congênita de grau severo a profundo, Swanepoel *et al* (2004) selecionaram dez sujeitos com idades entre 10 e 15 anos, totalizando 20 orelhas, sendo que metade apresentava perda de grau severo e a outra metade, perda de grau profundo. O padrão de critério para a análise da efetividade da técnica do PEAEST foi a audiometria tonal. Os autores observaram que a correlação entre os achados de ambos os testes é melhor para as perdas auditivas neurosensoriais de grau profundo do que para as perdas de grau severo; ou seja, quanto maior a perda auditiva, maior o grau de correlação. A média das diferenças dos resultados para os dois exames foi de 6 dBNA para a frequência de 500 Hz e de 4 dBNA para as frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz. Dessa forma, a técnica do PEAEST fornece resultados precisos em relação ao *status* audiométrico, podendo ajudar principalmente nas configurações audiológicas das crianças portadoras de deficiência auditiva neurosensorial de grau profundo, que são as maiores candidatas ao implante coclear. Os autores concluíram também que o PEAEST é o único método capaz de fornecer dados

sobre o *status* audiométrico de portadores de perdas auditivas neurossensoriais maiores que 100 dBNA.

Schmulian, Swanepoel e Hugo (2005) estudaram a obtenção exata do PEAEST em um grupo de 25 sujeitos com perda auditiva de todos os graus e configurações nos limiares tonais de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz e compararam com um protocolo de PEATE (cliques e *tone burts* para 500 Hz). Os limiares de PEAEST obtidos foram encontrados a 14, 18, 15 e 14 dB para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, sendo observada uma diferença de 24 dB com o PEATE com *tone burts*. Já na comparação com o PEATE com estímulo clique e tons puros a diferença foi de 9 dB. O tempo de registro para o protocolo do PEAEST foi de 28 minutos, e o do protocolo de PEATE, de 24 minutos. As múltiplas frequências do PEAEST predizem os limiares auditivos com relativa exatidão, mesmo que algumas configurações mostrem discrepâncias nos limiares de frequências graves.

Em estudo realizado com um grupo de 29 crianças portadoras de perda auditiva neurossensorial não linear⁶, Ballay *et al* (2005) compararam as respostas do PEAEST com as respostas da audiometria comportamental. Foram avaliadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Para que a análise não fosse muito demorada, apenas uma orelha de cada criança foi avaliada, o tempo de exame foi de uma a duas horas. Os resultados não revelaram nenhuma diferença entre os resultados do PEAEST e da audiometria comportamental para

⁶ As perdas auditivas não lineares do estudo em questão são mais comumente conhecidas por perdas auditivas em rampas.

todas as frequências pesquisadas. Embora os achados do PEAEST possam prever dados confiáveis sobre o *status* audiométrico em todas as frequências avaliadas no estudo, os autores concluíram que a exatidão das medidas do PEAEST é melhor na frequência de 500 Hz.

Rance *et al* (2005) compararam os resultados do PEAEST obtidos nos primeiros três meses de vida com a posterior audiometria comportamental de 575 sujeitos, sendo 285 ouvintes, 271 portadores de perda auditiva neurosensorial e 19 portadores de neuropatia auditiva. Na realização do PEAEST as idades variaram entre 0.5 a 3 meses, e na ocasião da audiometria comportamental, de 6 a 23 meses. As frequências utilizadas para a análise foram 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com taxas de modulações entre 74 e 95 Hz. A duração do teste do PEAEST foi de aproximadamente 30 a 45 minutos. Os sujeitos ouvintes mostraram limiares menores ou iguais a 15 dBNA na audiometria comportamental, indicando uma forte correlação entre os dois exames. Nos sujeitos portadores de perda auditiva neurosensorial também houve forte correlação entre os dois exames, porém os autores observaram que a exatidão da técnica do PEAEST é melhor nesses casos. Os autores relataram, ainda, que quanto maior a perda maior o grau de correlação. Em quatro sujeitos, os limiares do audiograma apresentaram-se 10 dBNA piores, porém eles evidenciaram deterioração significativa da audição entre a realização do PEAEST e da audiometria comportamental, o que ocorreu devido à meningite. Mesmo nesses casos a técnica do PEAEST mostrou-se útil para a pesquisa do grau e configuração da perda auditiva. Nos casos que apresentaram neuropatia auditiva, ao contrário dos achados para portadores de perda auditiva neurosensorial, as

respostas do PEAEST foram obtidas somente em níveis elevados de sensação auditiva, mostrando uma fraca correlação com os resultados da audiometria comportamental.

Os achados dessa pesquisa indicam que o PEAEST é de grande utilidade no processo de avaliação de crianças pequenas e/ou de difícil testagem, pois a técnica fornece informações sobre o grau e a configuração da perda auditiva, auxiliando nos processos de intervenção.

A fim de estimar o *status* audiométrico utilizando a técnica do PEAEST, Picton *et al* (2005) avaliaram dez adultos ouvintes, dez adultos portadores de deficiência auditiva neurosensorial e dez⁷ idosos portadores ou não de deficiência auditiva neurosensorial. Os três grupos de sujeitos foram avaliados nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com taxas de modulações entre 78 e 95 Hz. Porém, para o grupo de dez adultos ouvintes foram também avaliadas as taxas de modulações de 110 e 125 Hz, a fim de se verificar se as respostas do PEAEST poderiam ser reconhecidas também em taxas mais rápidas. Os estímulos utilizados na pesquisa do PEAEST foram os múltiplos simultâneos, binauralmente. Para todos os ouvintes (incluindo os idosos) avaliados, o exame foi iniciado com a intensidade de 60 dBNPS e decrescido de 10 em 10 dBNPS até que nenhuma resposta fosse observada. Para os sujeitos portadores de deficiência auditiva, o exame foi iniciado na intensidade de 80 dBNPS e decrescido de 5 em 5 dBNPS até que nenhuma resposta fosse obtida. Não foi observado nenhum efeito de orelhas, ou seja, não houve diferença

⁷ Os idosos portadores de deficiência auditiva neurosensorial possuíam diagnóstico de presbiacusia.

estatisticamente significativa entre direita e esquerda para o nível de resposta do PEAEST. As amplitudes das respostas do PEAEST com taxas de modulações entre 110 e 125 Hz mostraram-se significativamente menores do que as obtidas com taxas de modulações entre 78 e 95 Hz. Durante a avaliação, os autores observaram que a pesquisa para a frequência de 500 Hz é influenciada pelo ruído de fundo e, portanto, mais difícil de ser observada em intensidades próximas aos limiares. Em todas as frequências pesquisadas observaram que os níveis de ruído eram significativamente mais elevados nos idosos. Comparando-se os achados obtidos no PEAEST com os resultados da audiometria tonal, a média da diferença dos resultados dos sujeitos avaliados foi de 23.2 dBNA para adultos ouvintes, de 27.6 dBNA para os idosos ouvintes e de 16.3 dBNA para os portadores de deficiência auditiva (incluindo os idosos).

Werff e Brown (2005) realizaram estudo com o objetivo de avaliar a correlação entre os resultados obtidos na pesquisa do nível mínimo de respostas do PEAEST e os limiares da audiometria tonal. Para tanto, selecionaram 30 adultos, sendo 10 ouvintes, 10 portadores de deficiência auditiva neurosensorial de grau moderado a severo e 10 portadores de perda auditiva nas frequências altas⁸. As frequências utilizadas para esta pesquisa tanto para o PEAEST quanto para a audiometria tonal limiar foram 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. Houve forte correlação entre os resultados obtidos na pesquisa do PEAEST e os limiares tonais. Para a frequência de 500 Hz, a correlação entre os dois exames foi menor do que nas demais frequências avaliadas, e ainda menor para os adultos ouvintes

⁸ Este tipo de configuração audiométrica é mais comumente conhecido por perda auditiva em rampa.

do que para os portadores de deficiência auditiva neurossensorial. Os autores concluíram que a pesquisa do nível mínimo de respostas com o PEAEST é um método eficaz para estimar o *status* audiométrico, principalmente em sujeitos portadores de deficiência auditiva neurossensorial.

Han *et al* (2006) exploraram em estudo a utilização do PEAEST para estimar o *status* audiométrico. Foram utilizados estímulos múltiplos simultâneos, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz com taxas de modulações entre 77 e 106 Hz, sendo avaliadas 40 crianças com idades entre 6 meses e 5 anos, portadoras de deficiência auditiva neurossensorial de graus variados, as quais foram também avaliadas por audiometria tonal, porém o método para tal pesquisa variou de acordo com a idade de cada um dos participantes. Os achados do PEAEST mostraram resultados que variaram de 8 a 15 dBNA maiores do que os obtidos na audiometria tonal. Os autores concluíram que, além de o exame ser objetivo e realizado em frequência específica, os estímulos múltiplos simultâneos são exatos na predição do *status* audiométrico.

Rance e Tomlin (2006) verificaram em um estudo longitudinal a maturação de 20 lactentes a termo (9 meninos e 11 meninas) e ouvintes para as respostas do PEAEST. O teste foi realizado em quatro momentos - com zero⁹, duas, quatro e seis semanas de idade -, nas frequências de 500 e 4000 Hz, com taxas de modulações de 74 Hz para a frequência de 500 Hz e 95 Hz para a frequência de 4000 Hz. Porém, não foram testadas ambas as orelhas dos lactentes, apenas dez orelhas direitas e dez orelhas esquerdas. Como critério de

⁹ O primeiro exame de PEAEST foi realizado de três a seis dias após o nascimento.

inclusão das crianças, foi realizado previamente o PEATE-FE na frequência de 4000 Hz, sendo que as respostas deveriam estar iguais ou menores que 20 dBNA. E também, antes de cada uma das avaliações do PEAEST, foram realizadas Emissões Otoacústicas por Estímulo Transiente, que deveriam estar presentes em todas as bandas de frequências. A realização do PEAEST durou de 20 a 30 minutos para ambas as frequências, sendo que foram observadas mudanças significativas nas respostas, que diminuíram em aproximadamente 10 dB do primeiro teste em relação ao quarto.

Os resultados longitudinais obtidos no estudo indicaram que os fatores maturacionais afetam o PEAEST nas primeiras semanas de vida e resultam em mudanças clínicas significativas, limitando a habilidade de diferenciar as crianças ouvintes das portadoras de deficiência auditiva.

4) Método

O presente trabalho foi realizado em duas etapas, sendo que, em ambas, os responsáveis pelos sujeitos selecionados foram esclarecidos sobre os objetivos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento a ela referente (ANEXO I).

4.1) Ética

O projeto de pesquisa foi encaminhado à comissão de ética do programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia da PUC-SP e aprovado sob o protocolo nº 0034/2004 (ANEXO II).

4.2) Local

A pesquisa foi realizada no laboratório de neurofisiologia da audição 1, do Centro de Audição na Criança (CeAC/DERDIC/SP), tendo recebido aprovação da instituição (ANEXO III).

4.3) Casuística

Primeira etapa

A primeira etapa da pesquisa foi composta de quatorze crianças com idades entre 2 e 19 meses, com ou sem indicadores de risco para a deficiência auditiva e que passaram na triagem auditiva (TA) realizada no Centro de Audição na Criança – SP. Nessa ocasião, foram realizados os seguintes exames: EOAT e PEATE.

Os critérios de inclusão foram:

- a) Não apresentar queixas de alterações de orelha externa e/ou média;
- b) Não apresentar impedimento para realização dos exames, como por exemplo: secreções, cerume, corpo estranho;
- c) Apresentar respostas no TA com EOAT e PEATE;
- d) Apresentar timpanometria com curva tipo “A”, segundo Jerger (1970);

Segunda etapa

Esta etapa foi composta por sete crianças com idades entre 3 meses e 2 anos e 11 meses, portadoras de deficiência auditiva neurosensorial e que também foram encaminhadas ao Centro de Audição na Criança - SP para realização de avaliação auditiva completa.

Os critérios de inclusão foram:

- e) Não apresentar queixas de alterações de orelha externa e/ou média;
- f) Não apresentar impedimento para realização dos exames, como por exemplo: secreções, cerume, corpo estranho;
- g) Ter realizado previamente EOAT e PEATE;
- h) Ter audiometria tonal com VRA/lúdica consistente nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, em campo livre ou com fones de inserção;
- i) Apresentar diagnóstico de deficiência auditiva neurosensorial de qualquer grau.

No que se refere ao gênero, em ambas as etapas os sujeitos foram selecionados aleatoriamente, pois não há descrição de diferença quanto a esse aspecto nos achados do PEAEST na literatura.

4.4) Procedimentos

4.4.1) Para coleta de dados

As crianças foram acomodadas em uma maca ou, caso necessitassem permanecer no colo de suas mães, em uma cadeira com braços. Todas foram avaliadas quando se encontravam em sono natural, sendo que, quando acordavam ou ficavam muito agitadas, o exame era suspenso, e a mãe solicitada a tentar fazer o filho dormir novamente; se isso não fosse possível, o exame era remarcado para outro dia. Neste caso, antes de dar continuidade à coleta de dados, a EOA era repetida para as crianças da primeira etapa, e a timpanometria, para as da segunda etapa.

Quanto ao protocolo do PEAEST, foi pesquisado o nível mínimo de resposta encontrado, estimulado por um sinal acústico complexo, formado por frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente moduladas em amplitudes de 77, 85, 93 e 101 Hz na orelha esquerda, e de 79, 87, 95 e 103 Hz na orelha direita.

A intensidade inicial foi de 50 dBNPS para a primeira etapa, seguida pela intensidade de 30 dBNPS; e de 65 dBNPS para a segunda etapa. Caso não fossem obtidas respostas em ambas etapas, era feito um decréscimo de 10 em 10 dBNPS e um acréscimo de 5 em 5 dBNPS quando não fossem obtidas respostas.

Conforme as respostas eram observadas, o exame era interrompido e essas frequências, retiradas. A pesquisa nas demais frequências era reiniciada na mesma intensidade.

A intenção inicial era estimular bilateralmente, porém, em algumas crianças esse procedimento não foi possível devido à posição de maior conforto durante o sono ocluir uma das orelhas; nesses casos a estimulação foi unilateral.

Os eletrodos foram posicionados da seguinte maneira: o “terra” foi colocado na sétima vértebra (C7), o eletrodo de registro na fronte e os eletrodos de referência nas mastóides (Lins, 2002). O fone utilizado foi o de inserção ER3A.

A presença de resposta foi calculada a partir da análise de amplitude e fase dos componentes espectrais gerados pelos estímulos multifrequenciais (500, 1000, 2000 e 4000 Hz) modulados em amplitude. Foram considerados válidos os picos de frequência correspondentes às frequências de modulação que se apresentaram estatisticamente superiores ao nível de ruído, utilizando-se o método estatístico do próprio equipamento:

- 1) $SNR > 6.13 \text{ dB}$;
- 2) $SNR \text{ side-bins} > 6.13 \text{ dB}$;
- 3) amplitude do sinal $> 0.0125 \mu\text{V}$;
- 4) amplitude do ruído $< 0.05 \mu\text{V}$.

4.4.2) Material:

Otoscópio Mini-Heine 2000;

EOAT ILLO292 – *Otodynamic*;

PEATE Int. Hearing Systems;

PEAEE Int. Hearing Systems.

Accuscrenn.

5) Resultados:

Neste capítulo serão descritos os achados encontrados nas duas etapas desta pesquisa.

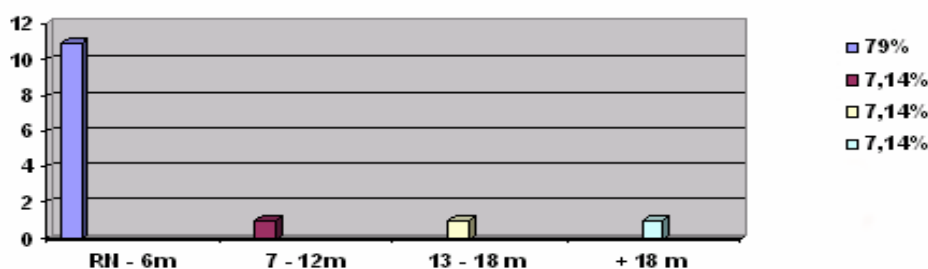
Primeira etapa: foram avaliadas 14 crianças ouvintes, sendo 8 do gênero feminino (57%) e 6 do gênero masculino (43%) como mostra a figura 4. Em todas as 14 crianças foi possível avaliar ambas as orelhas totalizando 28 orelhas. A idade variou de 2 a 19 meses, sendo que a média de idades foi de 5.28 meses (figura 5).

Figura 4: distribuição dos sujeitos da primeira etapa quanto ao gênero.



No gráfico 1 pode-se observar que 79 % das crianças avaliadas tinham até 6 meses, 7.14 % tinham entre 7 e 12 meses, 7.14 % tinham entre 13 e 18 meses e 7.14 % tinham mais de 18 meses.

Gráfico 1: Distribuição das crianças por faixa etária.



Legenda: faixa etária por meses de idade (m).

A pesquisa do PEAEST levou em média 46.35 minutos de duração, tendo como mínimo 25 minutos e máximo 78 minutos (tabela 1).

Tabela 1: Distribuição das crianças por tempo de duração do exame e tipo de abordagem.

Crianças	Tempo total de realização do PEAEST	abordagem
1.a	37m	bilateral
2.a	45m	bilateral
3.a	78m	bilateral
4.a	60m	bilateral
5.a	25m	unilateral
6.a	45m	unilateral
7.a	32m	bilateral
8.a	50m	unilateral
9.a	48m	unilateral
10.a	30m	unilateral
11.a	55m	unilateral
12.a	65m	unilateral
13.a	39m	unilateral
14.a	40m	unilateral

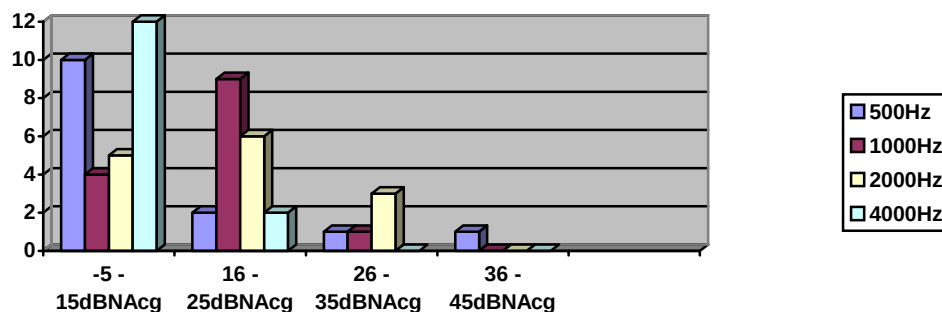
Legenda: o tempo total de realização do PEAEST corresponde a minutos (m).

Das 14 crianças avaliadas, em apenas uma a pesquisa do PEAEST demorou 78 minutos, isto ocorreu devido a criança ter um sono agitado, mesmo o exame tendo sido realizado bilateralmente, a criança acordou duas vezes durante a realização do mesmo, sendo necessário cessar o exame até que a criança adormecesse novamente.

Nas crianças 3a, 4a, 11a e 12a, a pesquisa do nível mínimo de resposta no PEAEST para a frequência de 500 Hz foi realizada isoladamente, pois foi possível observar uma atenuação das respostas nesta frequência para estas crianças.

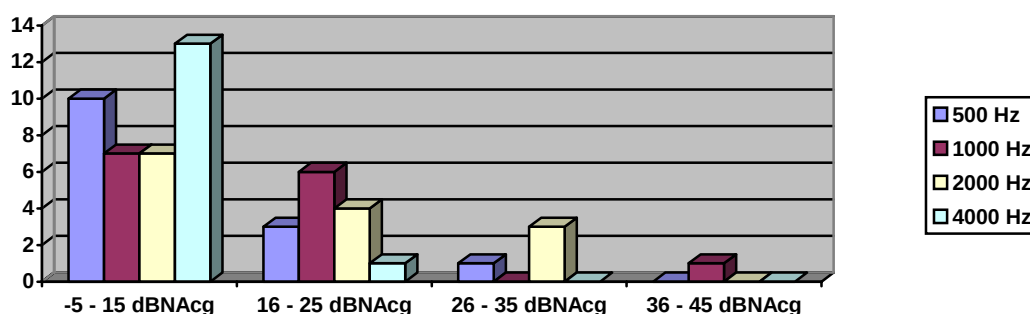
No gráfico 2 apresentamos os resultados obtidos na pesquisa do PEAEST para orelha direita em dBNA corrigido (dBNA_{cg}) e no gráfico 3 os resultados obtidos na orelha esquerda.

Gráfico 2: Distribuição dos níveis mínimos obtidos na pesquisa do PEAEST para a orelha direita.



Legenda: decibel nível de audição corrigido (dBNAcg).

Gráfico 3: Distribuição dos níveis mínimos obtidos na pesquisa do PEAEST para a orelha esquerda.



Legenda : decibel nível de audição corrigido (dBNAcg).

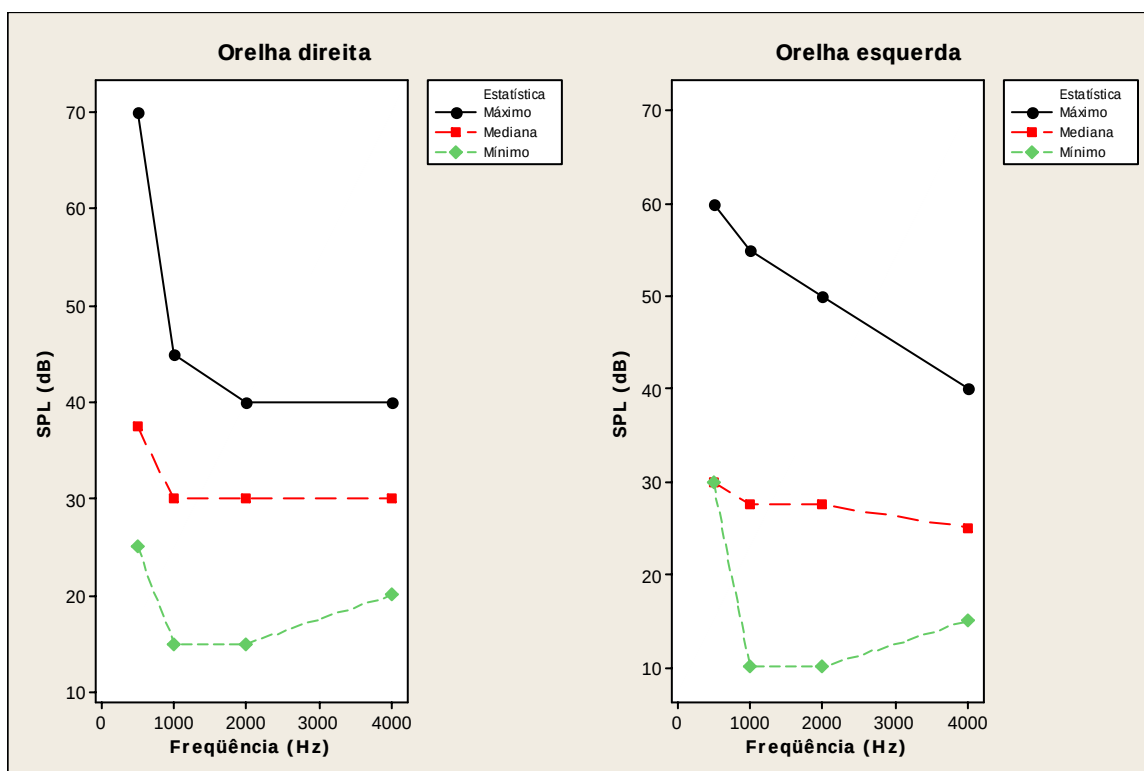
Na Tabela 2 apresentamos as médias, desvios padrão, valores mínimo e máximo e a mediana de dBNPS observados nas orelhas direita e esquerda, a cada frequência (Hz). Na Tabela 3 encontramos os valores dessas estatísticas para dBNAcg. Os valores mínimos, medianos e máximos de dBNPS e dBNAcg estão representados nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Tabela 2- Estatísticas descritivas para dBNPS obtidas em cada frequência nas orelhas direita e esquerda

Orelha	Frequência (Hz)	N ° orelhas dB	Média dB	DP dB	Mínimo dB	Mediana dB	Máximo dB
Direita	500	14	38,6	11,8	25	37,5	70
	1000	14	28,6	7,2	15	30	45
	2000	14	29,3	7,3	15	30	40
	4000	14	28,3	4,9	20	30	40
Esquerda	500	14	37,1	9,9	30	30	60
	1000	14	29,3	11,6	10	27,5	55
	2000	14	26,8	11,2	10	27,5	50
	4000	14	25,0	7,3	15	25	40

Legenda: número de orelhas avaliadas (n° orelhas); desvio padrão (DP).

Figura 5- Valores mínimos, medianos e máximos de dBNPS observados a cada frequência (Hz), nas orelhas direita e esquerda.



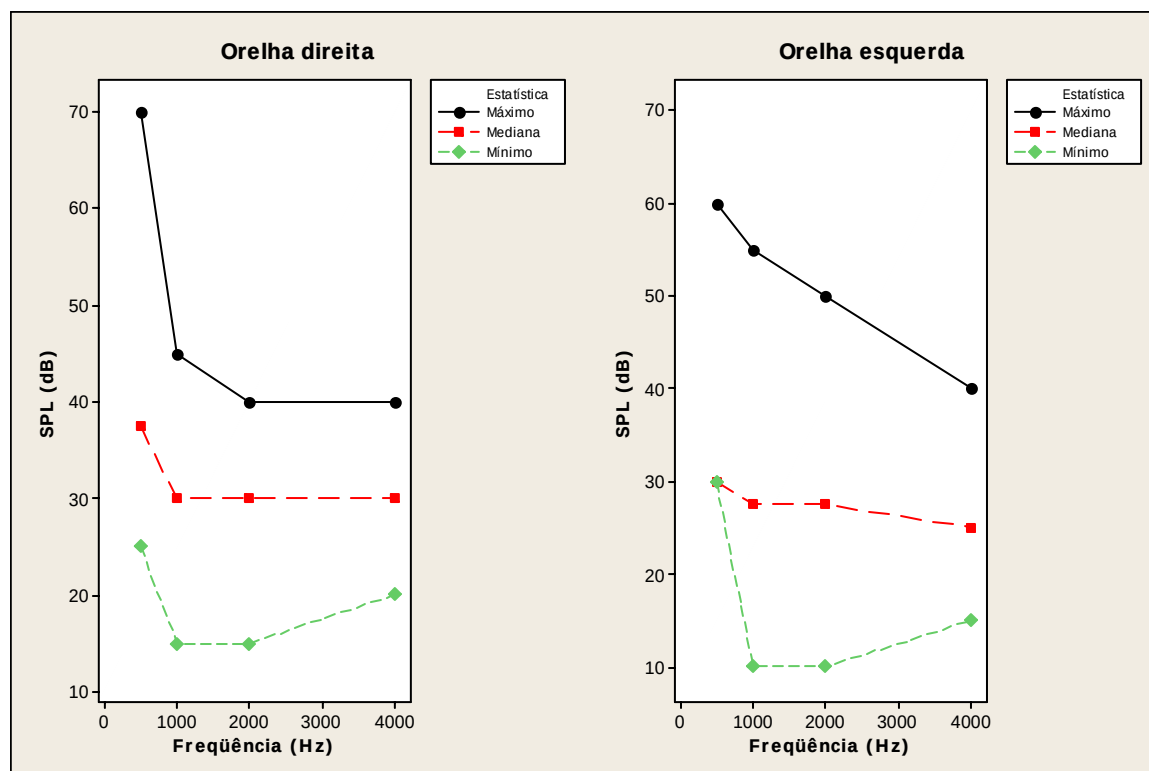
Legenda: nível mínimo de respostas para o PEAEST representado em verde, mediana, em vermelho e nível máximo, em preto.

Tabela 3- Estatísticas descritivas para dBNAcg obtidas em cada frequência nas orelhas direita e esquerda

Orelha	Frequência (Hz)	N° orelhas	Média dB	DP dB	Mínimo dB	Mediana dB	Máximo dB
Direita	500	14	14	12,6	-1	14	44
	1000	14	17,2	6,4	4	19	29
	2000	14	16,3	7,3	2	17	27
	4000	14	10,6	5,4	1	11	21
Esquerda	500	14	12,2	9,9	4	9	34
	1000	14	16,8	9,1	-1	16,5	39
	2000	14	14,1	9,6	2	14,5	32
	4000	14	6	7,3	-4	6	21

Legenda: número de orelhas avaliadas (n° orelhas); desvio padrão (DP).

Figura 6- Valores mínimos, medianos e máximos de dBNAcg observados a cada frequência (Hz), nas orelhas direita e esquerda.



Legenda: nível mínimo de respostas para o PEAEST representado em verde, mediana, em vermelho e nível máximo, em preto.

Para verificar o efeito de orelha e frequência nas médias das respostas (dBNPS e dBNAcg) foi utilizada a técnica de Análise de Variância com

medidas repetidas (Neter *et al.*, 1996). Em toda a análise foi fixado nível de significância de 0,05.

Para os níveis mínimos de respostas no PEAEST em dBNPS obteve-se que não existe efeito de orelha, isto é, não foram detectadas diferenças entre as médias do dBNPS nas duas orelhas ($p=0,249$). As médias do dBNPS nas quatro frequências não são todas iguais ($p=0,000$). Foram então comparadas, duas a duas, as médias em frequências consecutivas e a média em 4000 Hz com a em 500 Hz, tendo sido adotado para isto o método de Bonferroni¹⁰. Foram obtidas as seguintes relações entre as médias:

- média em 500 Hz > média em 1000 Hz ($p=0,000$);
- média em 1000 Hz = média em 2000 Hz ($p=1,000$);
- média em 2000 Hz = média em 4000 Hz ($p=1,000$);
- média em 4000 Hz < média em 500 Hz ($p=0,000$).

Adotando o mesmo procedimento para comparar as médias de dBNACg nas duas orelhas e quatro frequências, não foi detectada diferença entre as médias dessa resposta nas duas orelhas ($p=0,083$). As médias nas quatro frequências não são todas iguais ($p=0,000$). Pelo método de Bonferroni obteve-se que:

- média em 500 Hz = média em 1000 Hz ($p=0,176$);
- média em 1000 Hz = média em 2000 Hz ($p=1,000$);

¹⁰ O método de Bonferroni é uma continuidade da análise de Variância quando são detectadas diferenças entre as médias. A Análise de Variância testa se as médias são todas iguais. Quando elas não são todas iguais, precisamos localizar as diferenças, isto é, precisamos saber se elas são todas diferentes entre si, ou não, e aí entra o método de Bonferroni.

- média em 2000 Hz > média em 4000 Hz ($p=0,003$);
- média em 4000 Hz = média em 500 Hz ($p=0,062$).

Não foi detectado efeito de interação entre orelha e frequência, tanto na análise do dBNPS ($p=0,651$), quanto na do dBNAcg ($p=0,440$). Isto significa que, para as duas respostas, a igualdade entre as médias nas duas orelhas é válida para as quatro frequências. Da mesma forma, as diferenças detectadas entre as médias nas quatro frequências são válidas para as duas orelhas.

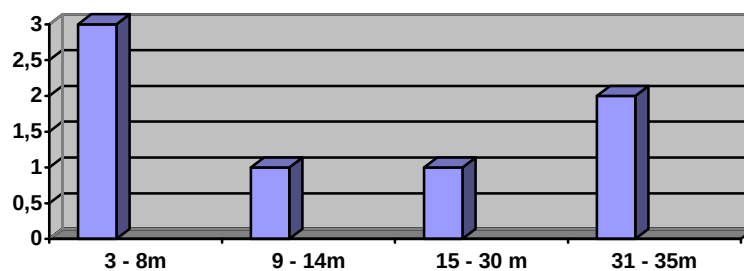
Segunda etapa: foram avaliadas sete crianças com diferentes graus e configurações de perda auditiva neurosensorial. Destas, quatro eram do gênero feminino (57%) e três do masculino (43%), como mostra a figura 7. A idade variou de 3 meses a 2 anos e 11 meses, sendo que a média foi de, aproximadamente, 18,14 meses (gráfico 3). Em todas elas foi possível avaliar ambas as orelhas, totalizando quatorze orelhas.

Figura 7: distribuição dos sujeitos da segunda etapa quanto ao gênero.



No gráfico 4 podemos observar que das 7 crianças avaliadas, 3 tinham idades entre 3 e 8 meses, 1 tinha idade entre 9 e 14 meses, 1 entre 15 e 30 meses e 2 tinham idades entre 31 e 35 meses.

Gráfico 4: Distribuição das crianças da segunda etapa por faixa etária.



Legenda: faixa etária por meses (m).

Nesta etapa a pesquisa do PEAEST levou em média 42.14 minutos de duração, tendo como mínimo 20 minutos e como máximo 70 minutos. Das sete crianças avaliadas, quatro levaram entre 20 e 40 minutos para a obtenção dos resultados do PEAEST, e três levaram entre 41 – 70 minutos. Em três crianças a abordagem foi unilateral e em quatro, bilateral (tabela 4).

Tabela 4: distribuição das crianças por idade, tempo de duração do exame e tipo de abordagem.

Crianças	Idade	Tempo total de realização do PEAEST	Abordagem
1b	3M	35M	Unilateral
2b	2A 7M	45M	Bilateral
3b	7M	20M	Bilateral
4b	2A 5M	40M	Bilateral
5b	1A 2M	25M	Bilateral
6b	8M	60M	Unilateral
7b	2A 11M	70M	Unilateral

Legenda: idade por meses (m); tempo total de realização do PEAEST por minutos(m).

Caso 1b: Data de nascimento: 04/09/2005 - idade: 3 meses.

Quadro 2: relação dos exames, idades, fones utilizados e as datas de realização de cada exame.

Exame	Data	Idade na data do exame	Fone utilizado
PEATE	14/12/05	3 meses	Fone de inserção
EOA	14/12/05	3 meses	Manual
TIMPANOMETRIA	14/12/05	3 meses	Manual
PEAEST	14/12/05	3 meses	Fone de inserção
VRA	07/02/06	4 meses	Em campo livre

Quadro 3: relação dos exames realizados e os resultados.

	OD Dbna				OE dBNA			
	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
PEAEST	79	94	102	86	94	94	102	101
VRA em campo livre					Aus	Aus	Aus	Aus
PEATE	AUS				AUS			
TIMP	TIPO A				TIPO A			
EOA	AUS em todas as bandas de frequência				AUS em todas as bandas de frequência			

Caso 2b: Data de nascimento: 27/03/2003 - idade: 2 anos e 7 meses.

Quadro 4: relação dos exames, idades, fones utilizados e as datas de realização de cada exame.

Exame	Data	Idade na data do exame	Fone utilizado
PEATE	14/12/05	2 anos e 7 meses	Fone de inserção
EOA	14/06/04	1 ano e 3 meses	Manual
TIMPANOMETRIA	30/08/04	1 ano e 5 meses	Manual
PEAEST	14/12/05	2 anos e 7 meses	Fone de inserção
VRA	14/06/04	1 ano e 3 meses	Em campo livre

Quadro 5: relação dos exames realizados e os resultados.

	OD dBNA				OE dBNA			
	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
PEAEST	44	64	52	61	44	64	57	61
VRA em campo livre					Não possui condições neurológicas de responder			
PEATE	50				50			
TIMP	Tipo A				Tipo A			
EOA	Presente nas frequências de 2k,3k e 4kHz				AUS em todas as bandas de frequências			

Caso 3b: Data de nascimento: 31/03/2005 - idade: 7 meses

Quadro 6: relação dos exames, idades, fones utilizados e as datas de realização de cada exame.

Exame	Data	Idade na data do exame	Fone utilizado
PEATE	25/10/05	6 meses	Fone de inserção
EOA	25/10/05	6 meses	Manual
TIMPANOMETRIA	01/11/05	7 meses	Manual
PEAEST	16/11/05	7 meses	Fone de inserção
VRA	01/11/05	7 meses	Em campo livre

Quadro 7: relação dos exames realizados e os resultados.

	OD dBNA				OE dBNA			
	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
PEAEST	39	44	57	61	39	44	67	66
VRA em campo livre					60	65	70	70
PEATE	50 dBNA				50 dBNA			
TIMP	Tipo A				Tipo A			
EOA	AUS em todas as bandas de frequência				AUS em todas as bandas de frequência			

Caso 4b: Data de nascimento: 08/06/2003 - idade: 2 anos e 5 meses.

Quadro 8: relação dos exames, idades, fones utilizados e as datas de realização de cada exame.

Exame	Data	Idade na data do exame	Fone utilizado
PEATE	07/12/05	2 anos e 5 meses	Fone de inserção
EOA	07/12/05	2 anos e 5 meses	Manual
TIMPANOMETRIA	07/12/05	2 anos e 5 meses	Manual
PEAEST	07/12/05	2 anos e 5 meses	Fone de inserção
VRA	07/12/05	2 anos e 5 meses	Em campo livre

Quadro 9: relação dos exames realizados e os resultados.

Orelha	OD dBNA				OE dBNA			
Exame	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
PEAEST	74	89	87	81	74	89	92	81
VRA em campo livre					Aus	Aus	Aus	Aus
PEATE	AUS				AUS			
TIMP	Tipo A				Tipo A			
EOA	AUS em todas as bandas de frequência				AUS em todas as bandas de frequência			

Caso 5b: Data de nascimento: 13/09/2004 - idade: 1 ano e 2 meses.

Quadro 10: relação dos exames, idades, fones utilizados e as datas de realização de cada exame.

Exame	Data	Idade na data do exame	Fone utilizado
PEATE	16/11/05	1 ano e 2 meses	Fone de inserção
EOA	08/11/05	1 ano e 2 meses	Manual
TIMPANOMETRIA	08/11/05	1 ano e 2 meses	Manual
PEAEST	16/11/05	1 ano e 2 meses	Fone de inserção
VRA	22/11/05	1 ano e 3 meses	Em campo livre

Quadro 11: relação dos exames realizados e os resultados.

	OD dBNA				OE dBNA			
	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
PEAEST	74	94	92	81	91	106	102	98
VRA em campo livre					Aus	Aus	Aus	Aus
PEATE	AUS				AUS			
TIMP	Tipo A				Tipo A			
EOA	AUS em todas as bandas de frequência				AUS em todas as bandas de frequência			

Caso 6b: Data de nascimento: 25/05/2005 - idade: 8 meses.

Quadro 12: relação dos exames, idades, fones utilizados e as datas de realização de cada exame.

Exame	Data	Idade na data do exame	Fone utilizado
PEATE	31/01/06	8 meses	Fone de inserção
EOA	31/01/06	8 meses	Manual
TIMPANOMETRIA	30/01/06	8 meses	Manual
PEAEST	31/01/06	8 meses	Fone de inserção
VRA	31/11/05	6 meses	Em campo livre

Quadro 13: relação dos exames realizados e os resultados.

	OD dBNA				OE dBNA			
	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
PEAEST	79	94	92	AUS	79	94	92	86
VRA em campo livre					90	Aus	Aus	Aus
PEATE	AUS				AUS			
TIMP	Tipo A				Tipo A			
EOA	AUS em todas as bandas de frequência				AUS em todas as bandas de frequência			

Caso 7b: Data de nascimento: 09/01/2003 - idade: 2 anos e 11 meses.

Quadro 14: relação dos exames, idades, fones utilizados e as datas de realização de cada exame.

Exame	Data	Idade na data do exame	Fone utilizado
PEATE	15/12/05	2 anos e 11 meses	Fone de inserção
EOA	05/12/05	2 anos e 10 meses	Manual
TIMPANOMETRIA	05/12/05	2 anos e 10 meses	Manual
PEAEST	15/12/05	2 anos e 11 meses	Fone de inserção
VRA	05/12/05	2 anos e 10 meses	Em campo livre

Quadro 15: relação dos exames realizados e os resultados.

	OD dBNA				OE dBNA			
	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
PEAEST	84	106	104	98	39	64	72	81
VRA em campo livre					50	80	Aus	Aus
PEATE	AUS				AUS			
TIMP	Tipo A				Tipo A			
EOA	AUS em todas as bandas de frequência				AUS em todas as bandas de frequência			

No quadro 16 descrevemos os resultados do PEATE, VRA e PEAEST nas 7 crianças testadas.

Quadro 16: Descrição dos principais exames realizados nas 7 crianças pesquisadas.

	EXAMES													
	PEATE		VRA (dBNA)				PEAEST (dBNAcg)							
	dBNA	dBNA	em campo livre				OD				OE			
sujeitos	OD	OE	500	1000	2000	4000	500	1000	2000	4000	500	1000	2000	4000
1b	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	79	94	102	86	94	94	102	101
2b	50	50	Aus	Aus	Aus	Aus	44	64	52	61	44	64	57	61
3b	50	50	60	65	70	70	39	44	57	61	39	44	67	66
4b	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	74	89	92	81	74	89	92	81
5b	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	74	94	92	81	91	106	102	98
6b	Aus	Aus	90	Aus	Aus	Aus	79	94	92	86	79	94	92	Aus
7b	Aus	Aus	50	80	Aus	Aus	84	106	104	98	39	64	72	81

6) Discussão

Neste capítulo são discutidos os resultados obtidos neste estudo, com base na revisão de literatura.

Tem se tornado bastante freqüente o encaminhamento de crianças muito pequenas para atendimento clínico fonoaudiológico. Porém, no geral, elas se mostram incapazes de responder fidedignamente aos testes comportamentais, que são realizados em campo livre, ou seja, monoauralmente. Além disso, os testes objetivos, como o PEATE e as EOAs não fornecem ao clínico dados específicos sobre o *status* audiométrico desses pacientes. E o PEATE-FE, embora forneça informações sobre diferentes freqüências, também se dá monoauralmente, por freqüências isoladas, o que torna morosa a pesquisa dos níveis mínimos de respostas.

Diante disso, pode-se afirmar que o PEAEST é um exame promissor devido à possibilidade de pesquisar múltiplas freqüências simultaneamente e binauralmente. Com esse procedimento, o grau das perdas auditivas pode ser detectado em estágios iniciais, auxiliando na determinação da amplificação necessária nas diferentes freqüências e na indicação de dispositivos eletrônicos.

Como já foi dito, participaram do presente estudo quatorze crianças com a audição normal, sendo oito do gênero feminino e seis do gênero masculino, e sete crianças portadoras de deficiência auditiva, sendo quatro do gênero feminino e três do gênero masculino. No total, foram testadas 28 orelhas normais

e 14 orelhas com deficiência auditiva, sendo utilizados estímulos múltiplos simultâneos nas frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, com taxas de modulações entre 70 e 105 Hz, bilateralmente, parâmetros esses semelhantes aos empregados por Herdman, Picton e Stapells (2002), Rance *et al* (1998), Ferraz, Freitas e Marchiori (2000), Cone-Wesson *et al* (2002), Rance e Rickards (2002), John *et al* (2002), Herdman e Stapells (2003), Dimitrijevic, John e Picton (2002), Dimitrijevic *et al* (2002) Luts *et al* (2004), Rance *et al*, (2005), Picton *et al* (2005), Han *et al* (2006) e Rance e Tomlin (2006).

A técnica de apresentação simultânea de estímulos tornou o exame razoavelmente mais rápido do que se a pesquisa fosse realizada por frequência isolada, separadamente. Entretanto, quando a resposta não era obtida em uma determinada frequência, tanto para as crianças com a audição normal quanto para aquelas portadoras de deficiência auditiva, pesquisava-se a frequência isoladamente, procedimento também realizado nas pesquisas de Rance e Rickards (2002), John *et al* (2002) e Dimitrijevic, John e Picton (2002).

De fato, em ambas as populações aqui estudadas, pôde-se observar que há atenuação das respostas na frequência grave de 500 Hz, sendo que, algumas vezes, foi necessária a pesquisa em frequência isolada para se obter resposta. Essa ocorrência também foi relatada por John *et al* (2002).

O ruído de fundo causado tanto pelo ambiente quanto pelo próprio equipamento pode ser o responsável pela dificuldade encontrada na pesquisa do

nível mínimo de respostas para a frequência de 500 Hz, o que também foi observado por Picton *et al* (2005).

Na pesquisa do nível mínimo de resposta para a frequência de 500 Hz, independente se a pesquisa foi realizada com estímulos múltiplos simultâneos ou estímulo único, a diferença entre os limiares tonais e as respostas obtidas na pesquisa do nível mínimo de resposta no PEAEST foi maior nesta frequência do que nas outras. Os resultados publicados por Werff e Brown (2005) estão de acordo com esse aspecto, pois indicam que a correlação dos resultados obtidos na pesquisa do PEAEST e os limiares tonais nesta frequência foram piores do as demais frequências avaliadas.

Nas duas etapas desta pesquisa as crianças estavam em sono natural. No que se refere ao nível mínimo de resposta do PEAEST, quando nenhuma resposta era obtida na intensidade pesquisada, esta era decrescida de 10 em 10 dBNPS e acrescida de 5 em 5 dBNPS. Esses métodos de aplicação foram igualmente utilizados nos estudos de Rance e Rickards (2002).

No que se refere ao efeito de orelhas ouvintes, não houve diferença estatisticamente significativa entre direita e esquerda para o nível mínimo de resposta do PEAEST; ou seja, foi observada uma simetria entre os níveis de respostas nas orelhas de um mesmo sujeito. O mesmo foi relatado nos estudos de Cone-Wesson *et al* (2002) e Picton *et al* (2005).

Os níveis mínimos obtidos na pesquisa do PEAEST em dBNAcg nas crianças ouvintes indicaram uma relação muito próxima do padrão da normalidade para os limiares tonais (limiares entre zero e 25 dBN, segundo Davis e Silvermann, 1970). Esse achado está de acordo com os resultados de Rance *et al* (1998) e também com os estudos de Ballay *et al* (2005), segundo os quais os limiares encontrados no VRA para a frequência de 500 Hz não apresentaram diferença dos resultados obtidos na pesquisa do PEAEST na mesma frequência.

A forte correlação aqui observada entre os resultados do PEAEST e os limiares tonais, tanto para as crianças ouvintes quanto para as crianças portadoras de deficiência auditiva, foi também apontada por vários autores, como Balley *et al* (2005), Swanepoel *et al* (2004), Schmulian, Swanepoel e Hugo (2005), Werff e Brown (2005) e Han *et al* (2006). Alguns relataram, ainda, que a correlação entre os resultados desses dois exames aumenta de acordo com o grau da deficiência auditiva; ou seja, quanto maior a perda, maior a correlação das respostas entre os exames.

A descrição dos níveis mínimos em dBNAcg encontrados na pesquisa do PEAEST em ambos os grupos pesquisados mostra que a média para 500, 1000, 2000 e 4000 Hz foi, respectivamente, de 14, 17.2, 16.3 e 10.6 dBNAcg da orelha direita; e de 12.2, 16.8, 14.1 e 6 dBNAcg da orelha esquerda. Esses dados são semelhantes aos divulgados nos estudos de Schmulian, Swanepoel e Hugo (2005). Esses autores relataram que a média bilateral dos níveis mínimos de

respostas encontrados para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz foi de 14, 18, 15 e 14 dBN_{Acg}, respectivamente.

O desvio padrão do nível mínimo de repostas encontradas no registro do PEAEST em dBNA variou de 5.4 e 12.6 dBNA, dado esse que difere do encontrado por Luts *et al* (2004), que foi de 11 a 15 dBNA.

Com relação ao tempo de realização do PEAEST para ambas as orelhas, pode-se observar que a pesquisa do nível mínimo de resposta em dBN_{Acg} nas crianças portadoras de deficiência auditiva e naquelas com a audição normal tem duração semelhante, sendo de 25 a 78 minutos para as segundas e 20 a 70 minutos para as primeiras. Esses resultados são similares aos encontrados por Rance e Rickards (2002), cujo tempo de duração para a análise das respostas do PEAEST em ambas as orelhas foi de 45 a 60 minutos. Para Luts *et al* (2004), o tempo médio de duração da pesquisa do PEAEST foi de 58 minutos. E Ballay *et al* (2005) foi maior, de uma a duas horas. Já Rance e Tomlin (2006) descreveram que o tempo decorrido para a pesquisa foi de 20 a 30 minutos, porém, os autores realizaram a pesquisa do PEAEST apenas em duas frequências, ou seja, para a pesquisa de quatro frequências para cada orelha o tempo poderia ser maior do que 30 minutos.

Ainda sobre a variável tempo de duração do exame, se colocarmos em média de tempo para ambas as populações pesquisadas, teremos 46.35 minutos para as crianças ouvintes e 41.42 minutos para as crianças portadoras de deficiência auditiva. Entretanto, esses dados diferem dos encontrados por

Schmulian, Swanepoel e Hugo (2005), para os quais a média de duração do PEAEST foi de 28 minutos.

Das sete crianças portadoras de deficiência auditiva pesquisadas, 71.42 % apresentaram ausência de respostas no PEATE; entretanto, todas apresentaram presença de resposta no PEAEST. Esses resultados corroboram com os estudos de Werff *et al* (2002), para quem 54.38 % das orelhas pesquisadas não apresentaram respostas no PEATE. Swanepoel *et al* (2004) também obtiveram respostas na pesquisa do PEAEST em crianças com ausência de resposta no PEATE.

Esses dados também estão de acordo com os relatados por Rance *et al* (1998). Os autores referem que 100 % das crianças avaliadas não apresentaram respostas no PEATE, e em toda a amostra foi possível registrar as respostas do PEAEST.

Portanto, é possível obter respostas no PEAEST mesmo quando o PEATE está ausente, o que também foi constatado por Jerger (1998). Segundo o autor, o PEAEST preenche uma lacuna entre o PEATE clique, o PEATE-FE e outros potenciais, pois permite o registro de respostas em intensidades muito próximas dos limiares auditivos.

Das sete crianças pesquisadas na segunda etapa deste estudo, apenas em três foram obtidas respostas na audiometria de reforço visual (*Visual Reinforcement Audiometry* – VRA). Na pesquisa do nível mínimo de resposta em dBNacg no PEAEST desses sujeitos pode-se observar uma forte relação com os limiares tonais obtidos no VRA. Esse dado corrobora com o estudo de Herdman e

Stapells (2003) e Werff e Brown (2005), que afirmam que o PEAEST proporciona uma boa estimativa do grau e da configuração da audiometria dos indivíduos com perdas auditivas neurosensoriais.

Ainda sobre a relação do VRA com o PEAEST, das sete crianças portadoras de deficiência auditiva, duas apresentaram perda auditiva neurosensorial moderada bilateralmente e as outras cinco, perda auditiva neurosensorial severa ou moderada bilateralmente. Em apenas três delas foram obtidas respostas no VRA, sendo que os limiares comportamentais foram piores entre 5 e 20 dBNA do que as respostas do PEAEST. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Han *et al* (2006), segundo os quais os achados foram de 8 a 15 dBNA piores do que os limiares tonais. Porém, estes dados diferem dos obtidos por Rance e Rickards (2002) em seus estudos, pois estes autores relataram que as respostas comportamentais foram entre 10 e 15 dBNA melhores do que as respostas do PEAEST.

Os resultados obtidos no PEAEST para as crianças portadoras de deficiência auditiva acrescentaram respostas importantes para a escolha de uma conduta terapêutica e para a indicação do dispositivo eletrônico mais adequado. Essa afirmação também foi feita por Rance, Dowell e Richards (1998) e Cone-Wesson (2002a).

7) Conclusões

A partir dos resultados aqui apresentados com a aplicação do PEAEST em crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência auditiva, podem ser obtidas as seguintes conclusões:

1. A utilização do PEAEST é viável em lactentes e crianças pequenas e contribui para o diagnóstico da deficiência auditiva, possibilitando a caracterização do *status* audiométrico em diferentes frequências e em ambas orelhas, simultaneamente.
2. A utilização de estímulos múltiplos simultâneos em quatro frequências em cada orelha é o método mais apropriado para a utilização do PEAEST, pois torna a pesquisa do nível mínimo de resposta mais rápida quando realizada em frequências isoladas, separadamente.
3. As respostas do PEAEST realizado com frequência de modulação entre 70 e 105 Hz não são afetadas pelo sono e podem ser registradas em intensidades muito próximas dos limiares auditivos.
4. É possível obter respostas no PEAEST mesmo quando o PEATE está ausente, pois o primeiro permite a pesquisa de frequências específicas em intensidades fortes.

5. Os níveis mínimos em dBNAcg encontrados no PEAEST para as crianças portadoras de deficiência auditiva possuem forte relação com os resultados do VRA. Portanto, os resultados do PEAEST sugerem o status audiométrico da criança avaliada. Desta forma, são de grande importância para a determinação da amplificação necessária nas diferentes frequências e na indicação de dispositivos eletrônicos para a audição, ou seja, aparelho de amplificação sonora ou implante coclear.

6. E, finalmente, é possível concluir que o PEAEST deve ser incluído na rotina clínica da avaliação audiológica infantil.

8) Referências Bibliográficas

ARAÚJO, F. C. M. Interpretação clínica do Potencial Evocado Auditivo do Tronco Encefálico na Frequência Específica de 1000 Hz em recém nascidos. [tese de mestrado], Pontifícia Universidade Católica - PUC, São Paulo, 2005.

ASHA. American Speech-Language_Hearing Association. Guidelines for audiologic screening. ROCKVILLE, MD. **American Speech-Language-Hearing Association**, 1997.

BALLAY, C. MD; TONINI, R. AUD; WANINGER, T. MS.; YOON, C. BS.; MANOLIDIS, S. MD.: Steady-State Response Audiometry in a Group of Patients with Steeply Sloping Sensorineural Hearing Loss. **Laryngoscope** 115: July 2005.

BEATTIE, R. C.; ROCHVERGER, I. Normative behavioral thresholds for short tone-bursts. **Journal of American academy of audiology**, 2001.

CHAPCHAP, M. J. Respostas elétricas de tronco encefálico por estimulação aérea e óssea em neonatos [dissertação]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2002.

CONE-WESSION, B., PARKER, J., SWIDERSKI, N., RICKARDS, F. The Auditory Steady-State Response: Full-Term and Premature Neonates. **Journal of the american academy of audiology**, vol. 13, n. 5, 260-269, 2002 .

CONE-WESSION, B., RICKARDS, F., POULIS, C., PARKER, J., TAN, L., POLLARD, J. The Auditory Steady-State Response: Clinical Observations and Applications in Infants and Children. **Journal of the american academy of audiology**, vol. 13, n. 5, 270-282, 2002a.

DAVIS, H; SILVERMANN, R.: **Hearing and deafness**. 3a. ed. New York, Holt, RINEHART & WINSTON, 1970.

DIMITRIJEVIC, A.; JOHN, M. S.; ROON, P. V.; PURCELL, D. W.; ADAMONIS, J.; OSTROFF, J.; NEDZELSKI, J. M.; PICTON, T. W.: Estimating the Audiogram Using Multiple Auditory Steady-State Responses. **J Am Acad Audiol** 13 : 205-224, 2002.

DIMITRIJEVIC, A.; JOHN, M. S.; PICTON, T. W. Multiple Auditory Steady-State Responses. **Ann Otol Rhinol Laryngol** [suppl 189]:16-21, 2002.

DURIEUX-SMITH, A., PICTON. T.W., BERNARD, P., MACMURRAY, B., GOODMAN, J.T. Prognostic validity of brainstem electrical response audiometry in infants of neonatal intensive care unit. **Audiology**, 30: 249-265, 1991.

FERRAZ, O. B.; FREITAS, S. V.; MARCHIORI, L.L.: Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. **Revista brasileira de otorrinolaringologia** 68 (4) parte 1 julho/agosto, pg. 480-486, 2002.

FERRARO, J. A.; DURANT, J. D.: Potenciais auditivos evocados de curta latência: eletrococleografia e audiometria de tronco encefálico, *In*: MUSIEK, F. E.; RINTELMANN, W. F.: "**Perspectivas Atuais e Avaliação Auditiva**", trad. Maria Cecília Martineli Iorio e Daniela Gil, Manole, Barueri, São Paulo, 2001.

GALAMBOS, R.; MAKEIG, S.; TALMACHOFF, P.J.: A 40 Hz auditory potential recorded from the human scalp. **Proc. Nat. Acad. Sci.**, 78: 26432647, 1981.

GRAVEL, J.; TOCCI, L.: Setting the stage for universal newborn screening. *In*: SPIVAK L, ed. **Universal Newborn Screening**. New York: Thieme, 1998.

GRAVEL, J. S.; HOOD, L. J. Avaliação audiológica infantil. *In*: MUSIEK FE, RINTELMANN WF. **Perspectivas atuais em avaliação auditiva** Ed. Manole, 2001.

GORGA, M. P.; KAMINSKI, J. R.; BEAUCHAINE, K. A. Effects of stimulus phase on the latency of the auditory brainstem response. **Journal of American academy of audiology**, 1991.

HALL, J. W. III. **Handbook of auditory evoked responses**. USA: Allyn and Bacon; 1992.

HAN, D.; MO, L.; LIU, H.; Threshold Estimation in Children Using Auditory Steady-State Responses to Multiple Simultaneous Stimuli. **ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec**. Jan 20;68(2):64-68, 2006.

HERDMAN, A. T.; PICTON, T. W.; STAPELLS, D. R.: Place Specificity of Multiple auditory steady-state response. **Journal Acoustical Society of America**, vol. 112, n° 4, 1569-1582, October 2002a.

HERDMAN, A. T.; LINS, O.; ROON, P. V.; STAPELLS, D. R.; SCHERG, M.; PICTON, T. W.: Intracerebral Sources of Human Auditory Steady-State Responses. **Brain Topography**, vol. 15, n. 2, 69-86, 2002.

HERDMAN, A.; STAPELLS, D. R.: Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. **International Journal of Audiology**; 42:237-248, 2003.

HOOD, L. J. Applications of the Auditory Brainstem Response – Introduction and Overview – Singular Publishing. San Diego; London, 1998.

ISKANDAR, J.I. **Normas da ABNT comentadas para trabalhos científicos**. 2 ed. Revisada e ampliada. Juruá editora.

JERGER, J. Steady-state response. **Journal of the American Academy of Audiology**. McLean, 1998.

JENSEN, S. **Survey of Parents' Perceptions Regarding Hospital-Based Newborn Hearing Screening**. Vol. 9:1, 1997.

JERGER, J.: Clinical experience with impedance audiometry. **Arch Otolaryngol**, 92:324, 1970.

JEWETT, D. L; ROMANO, M. N; WILSON, J. S. Auditory evoked far fields average from the scalp of humans. **Brain**, 1971.

JCIH. Joint Committee on Infant Hearing 2000 Position Statement: Principles & Guidelines for Early Hearing Detection & Intervention Programs. **Audiology Today**, edição especial, 2000.

JOHN, M. S.; PURCELL, D. W.; DIMITRIJEVIC, A.; PICTON, T. W.: Advantages and Caveats When Recording Steady-State Responses to Multiple Simultaneous Stimuli. **Journal of the American Academy of Audiology**, vol. 13, n. 5, 246-259, 2002.

LINDEN, R. D.; CAMPBELL, K. B.; HAMEL, G.; PICTON, T. W. Human auditory steady state evoked potentials during sleep. **Ear and Hearing**. May-Jun;6(3):167-74, 1985.

LINS, O.G., Y PICTON, T.W. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, 96, 420-432, 1995.

LINS, O. G.; PICTON, T. W.; BOUCHER, B. L.; DURIEUX-SMITH, A.; CHAMPAGNE, S. C.; MORAN, L. M.; PEREZ-ABALO, M. C.; MARTIN, V.; SAVIO, G.: Frequency-specific audiometry using steady-state responses. **Ear and Hearing**, 17: 81-96, 1996.

LINS, O. G. Audiometria Fisiológica Tonal utilizando Repostas de Estado Estável Auditivas do Tronco Cerebral. [dissertação]. Universidade federal de São Paulo. São Paulo, 2002.

LUTS, H.; DESLOOVERE, C.; KUMAR, A.; VANDERMEERSCH, E.; WOUTERS, J.: Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, 68, 915-926, 2004.

MUSIEK, F.E; LEE, w. w. : Potenciais auditivos de média e longa latência. *In*: MUSIEK, F.E.; RINTELMANN, W.F.: **Perspectivas atuais em avaliação auditiva**. São Paulo: Editora Manole, pp. 239-267, 2001.

NETER, J.; KUTNER, M.H.; NACHTSHEIM, C.J.; WASSERMAN, W.: **Applied Linear Statistical Models**. 4th ed, Irwin, Chicago, 1996.

PICTON, T. W.; JOHN, M. S.; DIMITRIJEVIC, A.; PURCELL, D. W.: Human auditory steady-state responses. **International Journal of Audiology**. 42(4):177-219, 2003.

PICTON, T. W.; DIMITRIJEVIC, A.; PEREZ-ABALO, M.; ROON, P. V.: Estimating Audiometric Thresholds Using Auditory Steady-State Responses. **Journal of the american academy of audiology**, 16:140-156, 2005.

RANCE, G.; DOWELL, R.C.; RICKARDS, F.W.; BEER, D.E.; CLARK, G.M.:
Steady state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of
children with absent click evoked auditory brain stem response. **Ear and
Hearing**, 19, 48-61, 1998.

RANCE, G.; RICKARDS, F.: Prediction of Hearing Threshold in Infants Using
Auditory Steady-State Evoked Potentials. **Journal of the american academy
of audiology**, vol. 13, n. 5, 236-245, 2002.

RANCE, G.; ROPER, R.; SYMONS, L.; MOODY, L.; POULIS, C.; DOURLAY, M.;
KELLY, T.: Hearing Thresholds Estimation in Infants Using Auditory Steady-
State Response. **Journal American Academy Audiologic**, 16:291-300, 2005.

RANCE, G.; TOMLIN, D.: Maturation of Auditory Steady-State Response in
Normal Babies. **Ear and Hearing**, 27: 20-29, 2006.

REGAN, D.: Human brain electrophysiology: Evoked potentials and evoked
magnetic fields. *In*: **science and medicine**. NY, Elsevier, 1989.

RICKARDS, F.W., TAN, L.E., COHEN, L.T., WILSON, O.J., DREW, J.H., &
CLARK, G.M.: Auditory steady state evoked potentials in newborns. **British
Journal of Audiology**, 28, 327-337, 1994.

RYUGO, D. K.; LIMB, C. J.; REDD, E. E.: Brain Plasticity: The impact of the environment on the brain as it relates to hearing and deafness. *In*: NIPARKO JK, KIRK KI, MELLON NK, ROBINS AM, TUCCI DL, WILSON BS. **Cochlear Implants: principles and practices**. Philadelphia, 2000.

SCHMULIAN, D.; SWANEPOEL, D. W.; HUGO, R.: Predicting Pure-Tone Thresholds with Dichotic Multiple Frequency Auditory Steady State Response. **Journal American Academy Audiology** 16:5-17, 2005.

SWANEPOEL, D.W.; HUGO, R.; ROODE, R.: Auditory Steady-State Responses for Children With Severe to Profound Hearing Loss. **American Medical Association**, vol. 130, May, 2004.

SININGER, Y.S.: Auditory brain stem response for objective measures of hearing. **Ear & hearing**, 1993.

SININGER, Y. S.; CONE-WESSION, B.: Threshold Prediction Using Auditory Brainstem Response and Steady-State Evoked Potentials With Infants and Young Children. *In*: KATZ, J.: **Handbook of clinical audiology**. 5a. ed. Baltimore, Lippincott Williams and Wilkins, 298-322, 2002.

SININGER, Y. S.: Audiologic assessment in infants. **Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery**; 11:378-82, 2003.

STAPELLS, D.R.; LINDEN, D.; SUFFIELD, J.B.; HAMEL, G.; PICTON, T.W.:
Human auditory steady state potentials. **Ear and Hearing**. 5, 105-113, 1984.

STAPELLS., D. R.; PICTON, T. W.; DURIEX-SMITH, A.: Electrophysiologic
measures of frequency specific auditory function. *In: **Principles and
Applications of Auditory Evoked Potentials***. Edited by J. T. Jacobson (Allyn
and Bacon, New York, 251/283, 1993.

STAPELLS, D.R.; OATES, P.: Estimation of the pure tone audiogram by the
auditory brainstem response: a review. **Audiology and neurotology**, 1997.

STAPELLS, D.R.: Frequency-specific evoked potential audiometry in infants. *In:*
SEEWALD, R.C.: **A sound foundation through early amplification**. Chicago,
Phonak, 2000.

STUART, A. M; YANG, E. Y; STENSTRON, R. M; REINDORP, A. G.: Auditory
brainstem response thresholds to air and bone conducted clicks in neonates
and adults. **Am J. Otology**. 14(2):176-82,1993.

WERFF, K. R.; BROWN, C. J.; GIENAPP, B. A.; CLAY, K. M. S.: Comparison of
Auditory Steady-State Response and Auditory Brainstem Response
Thresholds in Children. **Journal of the American academy of audiology**, vol.
13, n.5, 227-235, 2002.

WERFF, K. R.; BROWN, C. J.: Effect of audiometric configuration on threshold and suprathreshold auditory steady-state responses. **Ear and Hearing**, Jun;26(3):310-26,2005.

WILLY, T. L.; STOPPENBACH, D. T.: Basic Principles os Acoustic Immitance Measures. *In*: Katz J, editor. **Handbook os clinical audiology**. 5^a ed. Philadelfia: Lippincott Williams & Wilkins. p. 159-74, 2002.

YOSHINAGA-ITANO, C.: Efficacy of early identification. **Sem. Hear.** (6) 2: 15-23, 1995.

Anexo I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AO PARTICIPANTE DESTE ESTUDO

O Sr(a). está sendo convidado(a) a participar da pesquisa que se intitula “Achados dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em Neonatos”.

O objetivo deste estudo é descrever os achados dos PEAE, em neonatos, com a audição dentro dos padrões da normalidade.

Caso permita que seu bebê participe como sujeito desta pesquisa, o seu bebê terá a audição avaliada por meio dos seguintes testes: Emissões Otoacústicas Transientes; Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico e Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável. Serão colocados eletrodos na testa e atrás dos ouvidos dos bebês, não machuca nem causa qualquer desconforto para os bebês.

Não existem benefícios médicos diretos para o sujeito deste estudo. Entretanto os resultados deste estudo confirmaram se como está a audição de seu bebê.

Não existem riscos médicos ou desconfortos associados com este projeto. O bebê receberá tantas interrupções quanto necessárias durante a sessão de teste.

Fica claro que sua participação é voluntária, não sendo obrigado a realizar todos os exames se não quiser, mesmo que já tenha assinado o

consentimento de participação. Se desejar, poderá retirar seu consentimento a qualquer momento e isto não trará nenhum prejuízo ao seu atendimento.

A clínica não pagará nenhum valor em dinheiro ou qualquer outro bem pela sua participação, assim como o (a) Sr. (a) não terá nenhum custo adicional. Como qualquer paciente o (a) Sr. (a) só terá que arcar com as despesas de condução.

Os dados de seu bebê serão mantidos em sigilo. Serão analisados em conjunto com os de outros pacientes e não serão divulgados dados de nenhum paciente isoladamente. O (a) Sr. (a) poderá esclarecer suas dúvidas durante toda a pesquisa com o fonoaudiólogo..... no endereço..... ou pelo telefone..... .

Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste estudo (nexo causal comprovado), o participante terá direito a um tratamento médico na Instituição bem como às indenizações legalmente estabelecidas.

Eu, como pesquisador responsável, comprometo-me a utilizar os dados coletados somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado (a) a respeito das informações que li ou que foram lidas por mim, descrevendo o estudo “Achados dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em Neonatos”.

Eu discuti com o fonoaudiólogo sobre a minha decisão em participar do estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas. Concordo

voluntariamente em permitir que meu bebê participe deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo, ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste serviço.

Nome do paciente

Assinatura do paciente

/ /
Data

Assinatura da testemunha

/ /
Data

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

Assinatura do responsável pelo estudo

/ /
Data

Anexo II

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE ESTUDOS POS-GRADUADOS
EM FONAUDIOLOGIA

PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA

São Paulo, 13 de dezembro de 2005.

Prezados Srs.,

A análise da dissertação "*Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência auditiva neurossensorial*" da aluna de Mestrado *Daniela Bortoloti Calil*, nº Ética0034/2004, sob a orientação da Profa. Dra. Dóris Ruthi Lewis, atende os critérios éticos da Portaria 196/96 do Conselho Nacional de Saúde no que se refere à pesquisa que envolve seres humanos.



Profa. Dra. Teresa Maria Momenobn dos Santos
Comissão de Ética
P.E.P.G. em Fonoaudiologia

Anexo III



São Paulo, 16 de fevereiro de 2006

Para:

Pesquisadora - Daniela Bortoloti Calil
Orientadora - Profª Drª Dóris Ruthi Lewis

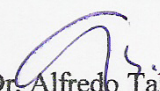
De:

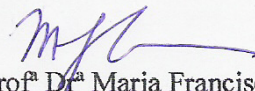
Derdic/PUCSP

Prezada pesquisadora,

Tendo em vista o cumprimento, de sua parte, de todas as normas para realização de pesquisa nesta Instituição e a anuência do Comitê de Ética da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, a *DERDIC dá sua autorização para o início da pesquisa "ACHADOS DOS POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE ESTADO ESTÁVEL EM NEONATOS"* que deverá ser encerrada ao final do tempo estipulado no projeto. Lembramos que ao término da pesquisa, uma cópia do trabalho deverá ser entregue na Secretaria Geral e a DERDIC mencionada como colaboradora.

Atenciosamente,


Dr. Alfredo Tabith Jr.
Diretor Geral


Profª Drª Maria Francisca Lier-De Vitto
Coordenadora do Comitê de Pesquisa

Anexo IV

Tabela 5: descrição dos valores mínimos encontrados em cada frequência para a orelha direita e para a orelha esquerda em dBNAcg.

Sujeitos	OD				OE				Hz
	500	1000	2000	4000	500	1000	2000	4000	
1.a	-1	14	12	11	4	14	7	1	dBNAcg
2.a	14	24	27	11	4	24	27	11	dBNAcg
3.a	44	29	27	21	34	39	27	21	dBNAcg
4.a	14	4	2	1	14	14	12	-4	dBNAcg
5.a	4	19	7	6	4	14	2	1	dBNAcg
6.a	24	19	12	6	14	24	7	1	dBNAcg
7.a	4	19	17	11	4	19	2	-4	dBNAcg
8.a	24	19	17	21	19	19	17	11	dBNAcg
9.a	14	19	17	11	4	9	17	1	dBNAcg
10.a	14	19	17	11	4	9	17	1	dBNAcg
11.a	4	9	17	11	14	19	17	11	dBNAcg
12.a	4	19	17	6	4	-1	7	11	dBNAcg
13.a	4	9	12	11	24	14	7	11	dBNAcg
14.a	29	19	27	11	24	19	32	11	dBNAcg

Tabela 6: descrição dos valores mínimos encontrados em cada frequência para a orelha direita e para a orelha esquerda em dBNPS.

Sujeitos	OD				OE				Hz
	500	1000	2000	4000	500	1000	2000	4000	
1.a	25	25	25	30	30	25	20	20	dB SPL
2.a	40	35	40	30	30	35	40	30	dB SPL
3.a	70	45	40	40	60	55	40	40	dB SPL
4.a	40	15	15	20	40	25	25	15	dB SPL
5.a	30	30	20	25	30	25	15	20	dB SPL
6.a	50	30	25	25	40	50	15	20	dB SPL
7.a	30	30	30	30	30	30	10	15	dB SPL
8.a	50	30	30	21	30	30	30	30	dB SPL
9.a	40	30	30	30	30	20	30	20	dB SPL
10.a	40	30	30	30	30	20	30	20	dB SPL
11.a	30	20	30	30	40	30	30	30	dB SPL
12.a	30	30	30	25	30	10	20	30	dB SPL
13.a	30	20	25	30	50	25	20	30	dB SPL
14.a	35	30	40	30	50	30	50	30	dB SPL

Summary

Introduction: The Auditory Steady State Response (ASSR) is a technique of objective evaluation of the hearing and can be done using some frequencies in both ears at the same time. The method consists on modulating the amplitude of each stimulation with a different frequency and presenting them simultaneously.

Objective: Describe the findings of the ASSR for children with normal hearing and children with sensorineural hearing loss, in the frequencies of 500, 1000, 2000 and 4000 Hz, simultaneously. **Method:** Fourteen children with normal hearing,

aging from 2 to 19 months; and seven children with moderate to profound sensorineural hearing loss, aging from 3 to 35 months were evaluated using ASSR evoked by multiple simultaneous stimuli with frequencies at 500, 1000, 2000 and 4000 Hz and modulation between 77 and 103 Hz in both ears. **Results:** the threshold response observed ASSR in Children with normal hearing was 6 to 17,2 dBN_{Acg}, there was no significant difference observed between the frequencies.

Children with sensorineural hearing loss, the findings of the ASSR showed a strong correlation with the results of the behavior audiometry. **Conclusions:** The ASSR is capable of showing audiometric status, specifying the degree and configuration of the hearing loss. It is possible to get responses in the ASSR even when the ABR is absent. The technique of the ASSR must be included in the clinical routine of children's hearing thresholds.