

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PUC-SP

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

**Potenciais Evocados Auditivos de Estado
Estável em crianças com perda auditiva
neurossensorial**

MESTRADO EM FONOAUDIOLOGIA

SÃO PAULO
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PUC-SP

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em crianças com perda auditiva neurossensorial

MESTRADO EM FONOAUDIOLOGIA

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

SÃO PAULO

2009

R696p Rodrigues, Gabriela Ribeiro Ivo
 Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças
 com perda auditiva neurossensorial / Gabriela Ribeiro Ivo
 Rodrigues. – São Paulo, 2009.
 112 f.

 Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de
 São Paulo. Programa de Estudos Pós Graduated em
 Fonoaudiologia.
 Área de concentração: Clínica Fonoaudiológica.
 Linha de Pesquisa: Audição na Criança.
 Orientadora: Profa. Dra. Doris R. Lewis.

 1 Potencial evocado auditivo. 2 Deficiência auditiva. 3 Criança.

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em crianças com
perda auditiva neurossensorial

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia

Coordenadora do Curso de Pós-Graduação:

Profa. Dra. Maria Cláudia Cunha

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em crianças com
perda auditiva neurossensorial

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Doris Ruthy Lewis: Orientadora

Profa. Dra. Carla Gentile Matas

Prof. Dr. Orozimbo Alves Costa Filho

Profa. Dra. Beatriz de Castro Andrade Mendes

Prof. Dr. Otávio Gomes Lins

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos ou científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação através de fotocópias ou meios eletrônicos.

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues
São Paulo, janeiro de 2009

“Só tão alto quanto o que alcanço
posso crescer,
só tão longe quanto exploro
posso chegar,
só na profundidade para que olho
posso ver,
só na medida que sonho
posso ser.”
(Karen Ravn)

*A memória de Jesusmina R. Ivo, minha avó, meu grande exemplo,
que me ensinou desde muito cedo a fazer escolhas e seguir os caminhos
escolhidos com garra e determinação.*

*A Juliana e Rosemary R. Ivo, “as duas mães que eu tenho”, que
abriram mão dos seus sonhos para que eu pudesse realizar
os meus. Pelo incentivo à leitura desde a infância
e possibilidade constante de estudar.*

*A Antonio Rodrigues, meu pai, pela paciência, que só
sinalizava a falta que eu fazia.*

*A Francisco, Emília e Deusdedit, tios muito
queridos, pelo apoio e incentivo sempre.*

Essa conquista é tão minha quanto de vocês!

AGRADECIMENTOS

A Profa. Dra. Doris Ruthy Lewis, minha orientadora, a quem muito admiro pela competência, pioneirismo e dedicação a audiologia infantil no Brasil. A identificação e o diagnóstico audiológico precoce, antes um sonho, hoje uma realidade que vem se concretizando, são frutos de muito trabalho seu. Obrigada por ter me acolhido com todas as “más referências” e sobretudo pela confiança depositada para o desenvolvimento desse estudo. É gratificante saber que ainda temos muito trabalho juntas!

A fonoaudióloga Ms. Sc. Sílvia Nápole Fichino, pela oportunidade de acompanhar seus atendimentos, que muito contribuiu para o meu aprendizado em eletrofisiologia; por estar ao meu lado no começo desta coleta e me amparar sempre, até que eu pudesse caminhar sozinha. Sou muito grata a você!

A Profa. Dra. Carla Gentile Matas, sempre tão gentil, pela leitura atenciosa e pelas questões e sugestões levantadas na qualificação.

Ao Dr. Orozimbo Alves Costa Filho, por fazer parte da banca de qualificação e por todas as sugestões apontadas.

A Dra. Camila Maia Rabelo, pela atenção e pelo carinho na banca de pré-qualificação.

Ao Dr. Otávio Gomes Lins, pela paciência desde o início em responder a todos os meus e-mails quando eu mal sabia o que era potencial evocado auditivo de estado estável, esclarecendo todas as dúvidas; e pela sua atenção e disponibilidade em analisar os exames e discutir pessoalmente questões relativas a esse estudo.

As Dras. Linda Hood e Ivone Siningher, pela atenção disponibilizada e sugestões aqui apontadas.

As Profas. Dras. Beatriz C. A. Mendes, Beatriz C. A. C. Novais e Ana Claudia Fiorini; e a fonoaudióloga Ms. Sc. Talita S. Donini pela atenção, sugestões e esclarecimentos as minhas dúvidas e angústias sobre a calibração dos estímulos e conversão dos resultados.

Ao Dr. David R. Stapells, pelos caminhos e sugestões apontados, que foram determinantes na finalização desse estudo.

Ao Ms. Sc. Leandro Ribeiro Negreiros, primo e grande amigo, pela ajuda imprescindível no levantamento da literatura e pela formatação e normalização desse estudo.

Ao designer gráfico Rodolpho Fleischer, amigo querido, pela paciência em desenhar e redesenhar inúmeras vezes as gravuras que ilustram esse estudo.

As colegas do mestrado da linha de pesquisa “Audição na Criança” por todas as experiências compartilhadas; em especial a Mabel Gonçalves Almeida, pelos estudos desenvolvidos em conjunto, pelas discussões e trocas de experiências que resultaram em muito aprendizado. As colegas das outras linhas de pesquisa, por todos os momentos divididos durante esses anos nas disciplinas que assistimos em conjunto.

As fonoaudiólogas Ms. Sc. Vanessa S. Pinto-Lima, Ms. Sc. Maria Fernanda Caviccha e Cecília Boscolo, que me acolheram com carinho na equipe de diagnóstico do CeAC quando cheguei e nada sabia, e com as quais aprendi muito.

A fonoaudióloga Ms. Sc. Giovanna Sgarbi Rossino Van Haren que se tornou tão próxima, uma grande amiga, por todo o apoio e incentivo, e pelas tantas vezes em que não me deixou desistir.

A toda equipe de terapia diagnóstica do CeAC, que acolheu os pacientes desse estudo, e em especial a Dra. Luiza Ficker, cujas discussões, questionamentos e devolutivas dos casos encaminhados foram muito produtivos, possibilitando-me olhar o atendimento fonoaudiológico a crianças com perda auditiva por um outro viés, que não o do diagnóstico.

A todas as equipes de aprimoramento em triagem auditiva neonatal que passaram pelo CeAC durante estes anos e as amigas do aprimoramento em eletrofisiologia Bárbara Rosa e Michele Pessoni, pela ajuda, apoio, incentivo e torcida.

Aos secretários Marilei e Caio pela ajuda no agendamento das crianças.

A Virgínia, secretária do programa de pós-graduação, pela atenção sempre disponibilizada.

Aos pais das crianças que compõem a amostra desse estudo, que consentiram voluntariamente com a participação de seus filhos e retornaram inúmeras vezes até que todos os exames pudessem ser concluídos, tornando possível sua concretização.

Ao Centro “Audição na Criança” – DERDIC, por permitir que a coleta dos dados fosse realizada, e por ser esse centro referência em saúde auditiva, possibilitando aos alunos da pós-graduação experiência e crescimento profissional.

A Carmem Diva Saldiva de André, pelo trabalho estatístico.

A Cláudia Perrota, pela revisão do português.

A CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

Aos amigos Patrícia e Kleber Stocco, e a recém chegada pequena Sophia, por todo o carinho e cuidado comigo, pelos conselhos e pelo apoio que tornam minha estada em São Paulo mais fácil. Vocês são muito queridos!

Ao meu primo, Wander Rodrigues, que não puxou aos Rodrigues, pela amizade, torcida e pelo apoio de sempre.

A Fernando Damião do Nascimento Filho, meu porto seguro, por todo o apoio, carinho, amor, cuidado e preocupação. Pela sua tranqüilidade e paciência que contrapõe a minha ansiedade e impaciência. "... por onde for quero ser par..." estar ao seu lado faz de mim uma pessoa melhor!

A Deus, que me abençoa e me dá forças todos os dias para continuar caminhando, e por todas as oportunidades que ao longo dos anos sempre me ofereceu.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste estudo.

RESUMO

Recentemente, os Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável (PEAEE) têm sido apontados como uma alternativa aos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) para estimar os limiares auditivos em crianças que não conseguem realizar a avaliação auditiva comportamental com procedimentos condicionados. O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade dos PEAEE para estimar os limiares auditivos em crianças com perda auditiva neurossensorial, comparando-os os outros procedimentos disponíveis para esta avaliação. Participaram deste estudo 15 crianças com idades entre 2 meses e 3 anos, todas com perda auditiva neurossensorial. As respostas obtidas nos PEAEE nas frequências de 1, 2 e 4 kHz foram comparadas com as do PEATE-clique; as respostas dos PEAEE nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz foram comparadas com as dos PEATE por frequência específica (PEATE-FE) e com a audiometria de reforço visual (VRA). Os resultados encontrados mostraram boas concordâncias entre as respostas dos PEAEE nas altas frequências e as respostas dos PEATE-clique (0.63 - 0.70), sendo a melhor correlação para a frequência de 1 kHz (0.70). Quando os PEAEE foram comparados aos PEATE-FE também foram observadas boas concordâncias, com coeficientes de 0.77, 0.60, 0.66 e 0.50 para as frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz. Todavia, os melhores coeficientes obtidos foram da comparação dos PEAEE com a VRA (0.89 – 0.93), indicando forte concordância entre as técnicas. Os resultados mostraram que, quando comparados aos outros procedimentos eletrofisiológicos disponíveis para estimar a audição, os PEAEE forneceram medidas bem semelhantes, assim como quando comparados a VRA; demonstrando ser uma técnica viável para estimar os limiares auditivos de forma objetiva quando a VRA pode não ser possível.

Palavras- chave: Potencial evocado auditivo; Deficiência auditiva; Criança.

ABSTRACT

Recently, the auditory steady-state response (ASSR) has been suggested as an alternative to the auditory brainstem response (ABR) to estimate the hearing threshold in children who are unable to carry out the tests with conditioned behavioral hearing procedures. The purpose of this study was to verify the applicability of ASSR to estimate the hearing thresholds in children with sensorineural hearing loss, comparing them to other procedures available for this assessment. The study included 15 children ages between 2 months and 3 years old, with sensorineural hearing loss. The ASSR obtained in 1, 2 and 4 kHz were compared with click ABR; the ASSR at 0.5, 1, 2 and 4 kHz were compared with the tone-ABR and with the visual reinforcement audiometry (VRA). The results showed good concordance between the ASSR at high frequencies with the responses of click ABR (0.63 - 0.70), being the best correlation for 1 kHz (0.70). When compared to tone-ABR it could be seen good concordance between the techniques, with coefficients of 0.77, 0.60, 0.66 and 0.50 for the frequencies of 0.5, 1, 2 and 4 kHz. However, the best coefficients were comparing the ASSR with the VRA (0.89 - 0.93), indicating strong correlation between the techniques. The results showed that when compared to other procedures available to estimate the hearing, the ASSR provided similar findings, proving to be a viable technique in order to estimate the hearing thresholds in a child when the VRA may not be possible.

Keywords: Auditory evoked potential; Hearing loss; Children; Infants.

LISTAS DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 - Esquema das diferenças nas formas de estimulação e representação entre os PEATE e os PEAAE.....	27
Figura 2 - Transdução do estímulo acústico pela cóclea.....	29
Figura 3 - Esquema da técnica dos PEAAE a múltiplas frequências simultâneas.....	33
Figura 4 -Tom de 1000 Hz modulado em amplitude a 100 Hz e sua representação espectral.....	35
Figura 5 - Tom de 2 kHz: modulação em amplitude, modulação em frequência, modulação mista, modulação exponencial da amplitude e <i>tonepipe</i> de 2 kHz.....	37
Figura 6 - Coerência da Fase.....	40
Figura 7- Teste F.....	41
Gráfico 1- Distribuição por faixa etária das crianças incluídas neste estudo.....	64
Figura 8 - Duas medidas da relação sinal – ruído realizadas pelo sistema “ <i>SmartEP ASSR</i> ”	71
Figura 9 - Exemplos de casos da comparação PEATE-clique X PEAAE I	79
Figura 10 - Exemplos de casos da comparação PEATE-clique X PEAAE II	80
Figura 11 - Exemplos de casos da comparação PEATE-FE X PEAAE I	84
Gráfico 2 - Diagramas de dispersão dos NMR nos PEAAE (dB NA) e nos PEATE-FE (dB nNA) nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	85
Figura 12 - Exemplos de casos da comparação PEATE-FE X PEAAE II	88
Figura 13 - Exemplos de casos da comparação PEATE-FE X PEAAE III	89
Gráfico 3- Diagramas de dispersão dos NMR (dB NA) nos PEAAE e na VRA nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz	92
Figura 15 - Exemplos de casos da comparação PEAAE X VRA I	94
Figura 16 - Exemplos de casos da comparação PEAAE X VRA II	95
Figura 17 - Exemplos de casos da comparação PEAAE X PEATE-clique / PEATE-FE/ VRA.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos estudos com os PEAE em crianças com deficiência auditiva neurossensorial.....	55
Tabela 2 - Variabilidade encontrada no registro e na calibração dos estímulos em estudos que compararam os PEAE com outros potenciais evocados auditivos.....	58
Tabela 3 - Características do estímulo utilizado no registro dos PEATE-clique VA e VO	67
Tabela 4 - Características dos estímulos utilizados no registro dos PEATE-FE	68
Tabela 5 - Parâmetros para o registro dos PEAE	72
Tabela 6 - Planilha dos resultados	76
Tabela 7- Coeficientes de correlação intraclasse observados entre os PEATE-clique (dB nNA) e os PEAE (dB NA)	77
Tabela 8 - Distribuições de freqüências e porcentagens conjuntas da presença de resposta nos PEAE e PEATE-clique nas freqüências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz	81
Tabela 9 - Coeficientes de correlação intraclasse observados entre os PEAE (dB NA) e PEATE-FE (dB nNA).....	85
Tabela 10 - Distribuições de freqüências e porcentagens conjuntas da presença de resposta nos PEAE e PEATE-FE nas freqüências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz	89
Tabela 11 - Diferenças médias e desvios padrão observados entre os PEAE (dB NA) e a VRA (dB NA).....	91
Tabela 12 - Coeficientes de correlação intraclasse entre PEAE (dB NA) e VRA (dB NA)	93
Tabela 13 - Coeficientes de correlação intraclasse entre PEAE (dB NA) e PEATE-clique (dB nNA); PEATE-FE (dB nNA) e VRA (dB NA)	96

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AASI	Aparelho de Amplificação Sonora Individual
AM	Modulação em Amplitude
AM ²	Modulação Exponencial da Amplitude
BOA	Behavior Observation Audiometry
CCI	Células Ciliadas Internas
CeAC	Centro “Audição na Criança”
dB NA	Decibel Nível de Audição
dB nNA	Decibel Nível Normal de Audição
dB NPS	Decibel Nível de Pressão Sonora
dB peNPS	Decibel pico equivalente Nível de Pressão Sonora
DERDIC	Divisão de estudos e reabilitação dos Distúrbios da Comunicação
EEG	Eletroencefalograma
EOA	Emissões otoacústicas
EOAT	Emissões otoacústicas transientes
Et al	e outros
FFT	Fast Fourier Transform – Transformação Rápida de Fourier
FM	Modulação em Frequência
Hz	Hertz
JCIH	Joint Committee for Infant Hearing
kHz	Kilo Hertz
MM	Modulação Mista
Ms	Millessegundos
OD	Orelha direita
OE	Orelha esquerda
PEA	Potenciais Evocados Auditivos
PEAEE	Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável
PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
PEATE-clique	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo clique
PEATE-FE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por Frequência Específica
RSR	Relação Sinal - Ruído
TAN	Triagem auditiva neonatal
VA	Via aérea
VO	Via óssea
VRA	Visual Reinforcement Audiometry

SUMÁRIO

1 Introdução.....	19
2 Objetivo	23
3 Revisão de literatura	24
3.1 Fundamentação teórica dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável	24
3.1.1 Conceituação	24
3.1.2 Fisiologia	27
3.1.3 Parâmetros de estimulação	29
3.1.3.1 Frequência de modulação	29
3.1.3.2 Frequência portadora	31
3.1.3.3 Estímulos	34
3.1.4 Principais métodos de detecção das respostas.....	38
3.1.4.1 Coerência da fase.....	39
3.1.4.2 Teste F	40
3.2 Aplicações clínicas dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável	43
3.2.1 Panorama geral	43
3.2.2 Aplicações em crianças com perda auditiva neurossensorial	48
4 Método.....	62
4.1 Ética.....	62
4.2 Local	62
4.3 Casuística.....	63
4.3.1 Seleção e critérios de inclusão dos sujeitos.....	63
4.3.2 Caracterização dos sujeitos.....	64
4.4 Coleta dos dados.....	65
4.4.1 Avaliação Comportamental	65
4.4.2 Avaliação Eletrofisiológica	66
4.4.2.1 Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE).....	66
4.4.2.1.1 Estímulo.....	67
4.4.2.1.2 Registro.....	67
4.4.2.2 Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por Frequência Específica (PEATE-FE)	68
4.4.2.2.1 Estímulo.....	68
4.4.2.2.2 Registro.....	68
4.4.2.3 Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável (PEAEE).....	69
4.4.2.3.1 Estímulo.....	69
4.4.2.3.2 Registro.....	69
4.5 Conversão dos resultados	72
4.6 Análise dos resultados	73
5 Resultados e discussão	75
5.1 Comparação entre PEAEE e PEATE-clique	77
5.2 Comparação entre PEAEE e PEATE-FE	83
5.2 Comparação entre PEAEE e VRA.....	91
5.3 Aplicações clínicas.....	95
6 Conclusão	101
Referências	102
Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da PUC-SP.....	110
Anexo 2 – Autorização para início da pesquisa	111
Anexo 3 – Termo de consentimento livre e esclarecido ao participante deste estudo	112

1 Introdução

Muitos são os estudos que vêm confirmando a importância do diagnóstico e da intervenção precoces no sentido de atenuar os efeitos negativos da perda auditiva congênita, o que tem impulsionado a implantação da triagem auditiva neonatal em todo o mundo, primeiro passo da intervenção fonoaudiológica.

O segundo passo determinante é, então, o diagnóstico, visto que todas as decisões relativas à amplificação da audição residual são diretamente influenciadas pelo grau e configuração da perda auditiva. Yoshinaga-Itano et al. (1998) e Moeller (2000) demonstraram que a adequada amplificação seguida de terapia fonoaudiológica nos primeiros seis meses de vida maximiza o potencial de desenvolvimento de fala e linguagem em crianças com todos os graus de perda auditiva.

No entanto, estabelecer a configuração audiométrica de crianças logo nos primeiros meses de vida é uma tarefa bastante complexa, visto que não é possível obter resultados fidedignos que dependam das respostas desses pacientes. Nessa população o diagnóstico audiológico é pautado, então, em exames eletroacústicos e principalmente eletrofisiológicos, os quais avaliam a integridade das vias auditivas, possibilitando uma estimativa da audição.

É com essa finalidade que os Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico obtidos com o estímulo clique (PEATE-clique) têm sido amplamente utilizados nas últimas décadas. O clique é considerado mais eficaz para evocar respostas eletrofisiológicas por estimular uma região maior da cóclea, resultando numa boa sincronia neural pela ação conjunta de um maior número de fibras nervosas. No entanto, por ser um estímulo de banda larga, o clique não é específico em frequência e tem sua concentração de energia nas altas frequências, de forma que não provê informações sobre a configuração da perda auditiva (STAPELLS, 2000a).

A utilização de estímulos específicos em frequência como o *tonepipe* ou *toneburst* para o registro dos PEATE é atualmente o método recomendado para

obter essas informações em neonatos e crianças que não são capazes de cooperar durante a avaliação comportamental (JOINT COMMITTEE ON INFANT HEARING - JCIH, 2007). Evidências mostraram que os PEATE por frequência específica (PEATE-FE) são capazes de predizer os limiares comportamentais em sujeitos com audição normal ou com diferentes graus e configurações de perda auditiva, estando o nível mínimo de resposta obtido por esses potenciais entre 10 e 20 dB acima das respostas comportamentais (STAPELLS, 2000b).

No entanto, a utilização dos PEATE-FE se limita à pesquisa e ao registro de apenas uma frequência por vez, e em cada orelha separadamente. A interpretação dos achados é subjetiva, e os resultados dependem exclusivamente de um avaliador com habilidade e experiência clínica, tornando-se, portanto, um exame de realização mais difícil (STAPELLS, 2000a).

O advento dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável (PEAEE) trouxe a promessa de resolver algumas das limitações dos PEATE. A utilização de estímulos específicos em frequência e apresentados simultaneamente possibilita a avaliação de quatro frequências ao mesmo tempo, tornando mais rápido o registro desses potenciais. A detecção das respostas determinada por testes estatísticos possibilita reduzir os riscos da interpretação subjetiva; e a possibilidade de pesquisar os limiares em intensidades mais elevadas que os PEATE, embora haja controvérsias a esse respeito, permite avaliar a audição residual nos casos de perdas auditivas profundas (LINS; PICTON, 1995; JOHN et al., 2002; RANCE; RICKARDS, 2002).

Diversos estudos têm demonstrado uma boa aplicabilidade dos PEAEE para estimar limiares auditivos em crianças com diferentes graus de perda auditiva neurossensorial, apontando-os como promissores na avaliação audiológica infantil (RANCE et al., 1998, 2005; CONE-WESSON et al., 2002; VANDER WERFF et al., 2002; STUEVE e O'ROURKE, 2003; SWANEPOEL, HUGO E ROODE, 2004; FIRSZT et al., 2004; LUTS et al., 2004; HAN et al., 2006).

No entanto, existe uma dificuldade para se obter dados conclusivos na literatura mediante a alta variabilidade dos parâmetros utilizados no registro dos PEAEE. A maioria dos estudos utilizou a estimulação simples, poucos fizeram uso

da estimulação múltipla e o estímulo utilizado para obter esses potenciais varia a cada estudo. Além disso, grande parte das amostras é composta por crianças com idade mais elevada, sendo que aquelas com crianças de menor idade geralmente tomam como parâmetro de comparação os PEATE-clique, e somente algumas delas os PEATE-FE nas frequências de 0.25 e 0.5 kHz. A comparação com os PEATE-FE nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, atual “padrão ouro” para avaliação de crianças que não respondem de forma confiável à audiometria comportamental, ainda não foi realizada em crianças com perda auditiva. Como consequência, a base de dados clínicos dos PEATE em neonatos e crianças ainda é pequena e, portanto, preliminar, de forma que é prematuro utilizar esses potenciais como única medida para estimar a audição na população em foco, o que demanda mais pesquisas clínicas (STAPPELLS et al., 2005).

Em minha experiência com avaliação audiológica infantil no Centro “Audição na Criança” – CeAC/DERDIC/PUC-SP, observo a dificuldade da equipe responsável pela seleção e adaptação do aparelho auditivo em acolher os pacientes que não respondem de forma fidedigna à audiometria comportamental e cujo diagnóstico de deficiência auditiva é concluído com base nos exames eletroacústicos e eletrofisiológicos. O início da seleção e adaptação do AASI requer a estimativa dos limiares nas diferentes frequências, e a impossibilidade de obtê-los de forma confiável acaba dificultando o processo.

Foi justamente com a preocupação de contribuir para um diagnóstico mais preciso e por especificidade de frequência nos neonatos e crianças encaminhados ao CeAC, e acrescentar à literatura dados sobre a aplicabilidade dos PEATE nessa população que este estudo foi desenvolvido na linha de pesquisa: “Audição na Criança”, do Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia da PUC/SP.

Os conhecimentos aqui adquiridos podem contribuir, então, para a determinação de uma intervenção mais apropriada no que se refere à seleção e adaptação do aparelho auditivo em crianças com deficiência auditiva ou na decisão pelo encaminhamento para implante coclear; promovendo, dessa

maneira, a maximização do potencial de desenvolvimento de fala e linguagem dessas crianças.

2 Objetivo

O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável (PEAEE) para estimar os limiares auditivos em crianças com perda auditiva neurosensorial.

Para isso, foram comparados:

- 1- Os resultados obtidos nos PEAEE nas freqüências de 1, 2 e 4 kHz com os resultados obtidos nos PEATE-clique;
- 2- Os resultados obtidos nos PEAEE com os resultados obtidos nos PEATE-FE nas freqüências 0.5, 1, 2 e 4 kHz;
- 3- Os resultados obtidos nos PEAEE com os resultados obtidos na audiometria comportamental nas freqüências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz.

3 Revisão de literatura

A primeira parte desta revisão, “Fundamentação teórica dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável”, traz uma conceituação geral sobre esses potenciais com a finalidade de fornecer um maior conhecimento da técnica e dos parâmetros utilizados para seu registro. Por se tratar de um tema complexo, toda a fundamentação teórica sobre os PEAAE é apresentada em sessões, divididas da seguinte forma: Conceituação, Fisiologia, Parâmetros de Estimulação e Principais Métodos de Detecção das Respostas. Para facilitar o encadeamento das idéias, essa parte não obedece à cronologia das citações.

Já a segunda parte, “Aplicações Clínicas dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável”, apresenta os estudos clínicos até então publicados que utilizaram os PEAAE para avaliar a audição, e foi didaticamente dividida em duas sessões. A primeira, “Panorama Geral”, faz um breve resumo dos consensos emergentes da literatura sobre a utilização clínica dos PEAAE em neonatos, crianças e adultos ouvintes e com perda auditiva. Já a segunda sessão, “Aplicações em Crianças com Perda Auditiva Neurosensorial”, descreve sucintamente os estudos clínicos com os PEAAE realizados em crianças com perda auditiva neurosensorial, com a finalidade de subsidiar a discussão e a comparação dos dados. Apresenta, ainda, estudos que compararam diretamente os PEAAE com outros potenciais evocados, sendo que, devido à escassa literatura, não se restringe à população infantil com perda auditiva.

3.1 Fundamentação teórica dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável

3.1.1 Conceituação

A captação aleatória e espontânea da atividade elétrica gerada pelo sistema nervoso na ausência de estimulação sensorial é conhecida como eletroencefalograma (EEG). O EEG é constituído por padrões de potenciais elétricos semi-rítmicos de frequências e amplitudes variadas, dependendo do estado do sujeito. Na presença de estimulação sensorial auditiva, esses padrões passam por mudanças diretamente relacionadas com o estímulo, as quais podem ser extraídas do EEG de base, sendo a resultante conhecida como potencial evocado auditivo (FERRARO; DURRANT, 1999).

Os potenciais evocados auditivos (PEA) podem ser classificados em transientes ou contínuos pela dependência da resposta em relação à duração do estímulo. Embora essa classificação não seja muito utilizada, deu-se prioridade a ela neste estudo para facilitar a compreensão do conceito de PEA de Estado Estável.

PEA transientes são potenciais de duração sucinta, uma vez que são evocados por estímulos com tempos de surgimento e desaparecimento rápidos. Um exemplo dessa categoria de PEA são os Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) evocados pelo clique e por *tonepipes*, estímulos de rápida duração. Em contrapartida, PEA contínuos são potenciais de longa duração, uma vez que são evocados por uma estimulação constante e prolongada. As respostas dos PEA contínuos permanecem em estado constante; ou seja, em estado estável, enquanto há estimulação (REGAN, 1989; HOOD, 1998; FERRARO; DURRANT, 1999).

Os Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável (PEAEE) são um exemplo de PEA contínuos, podendo ser definidos como respostas elétricas do sistema nervoso que se mantêm estáveis durante uma estimulação auditiva constante. Podem ser resultantes de uma estimulação composta por estímulos repetitivos apresentados de forma contínua, ou de uma estimulação apresentada em taxas suficientemente rápidas para ocasionar a superposição dos estímulos. Diferentemente dos potenciais transientes, como por exemplo, os PEATE, que são

decorrentes de uma estimulação rápida, os PEAE são decorrentes de uma estimulação prolongada (STAPELLS et al., 1984; LINS, 2002; LUTS, 2005).

Uma das características principais dos PEAE é que sua resposta contém energia na taxa de repetição em que a estimulação é apresentada ao ouvido. O termo “estado estável” caracteriza uma resposta periódica; isto é, seus componentes de frequência: amplitude e fase, permanecem estáveis ao longo do período de estimulação (REGAN, 1989).

Como a resposta dos PEAE é periódica, ela é facilmente representada no domínio da frequência, aplicando a Transformação Rápida de Fourier – *Fast Fourier Transform* (FFT). A FFT é um procedimento matemático que converte um sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência ou vice-versa. O resultado é um gráfico de coordenadas polares que expressam a amplitude e a fase da resposta. Diferentemente dos potenciais transientes que são analisados no domínio do tempo, a análise dos PEAE é realizada no domínio da frequência (REGAN, 1989; LINS, 2002).

Para facilitar a compreensão do texto, a FIG. 1 esquematiza as diferenças básicas entre os PEA transientes, tomando como exemplo os PEATE-clique, e os PEA contínuos, tomando como exemplo os PEAE.

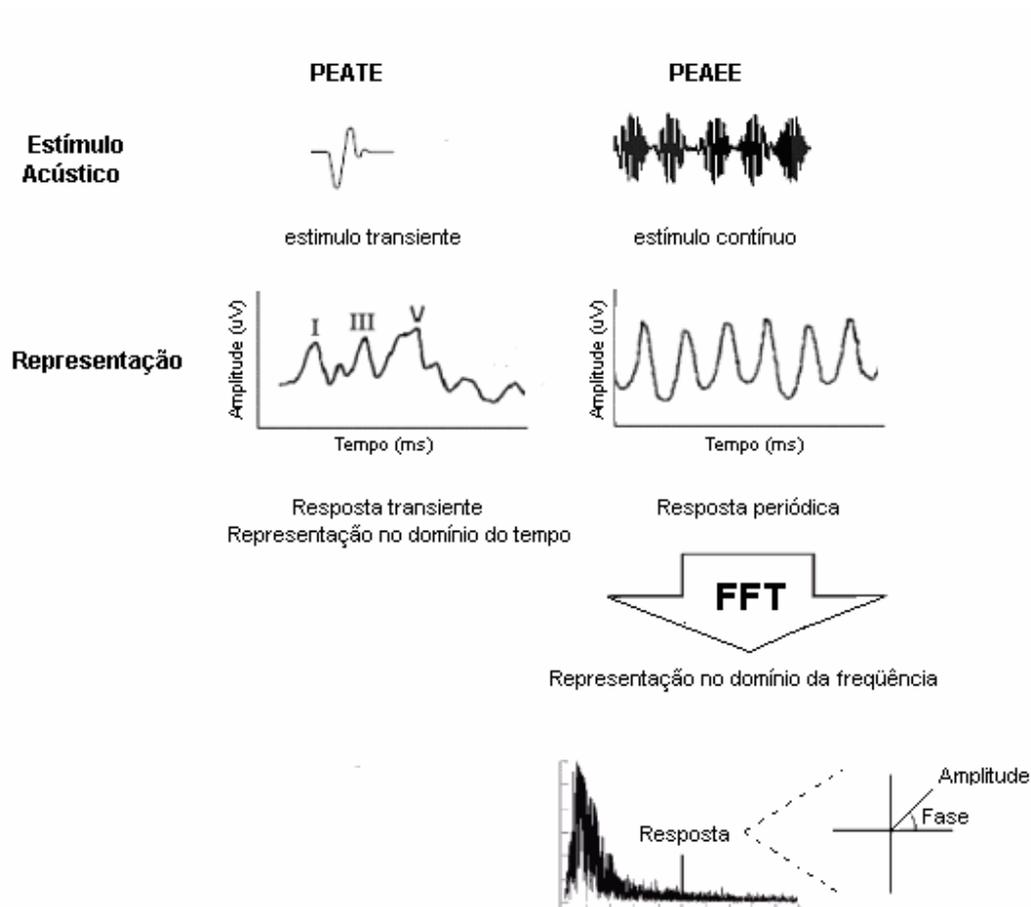


FIGURA 1 - Esquema das diferenças nas formas de estimulação e representação entre os PEATE e os PEAEE

Fonte: Adaptado de LUTS, 2005.

3.1.2 Fisiologia

A maneira pela qual o sistema auditivo reage a uma estimulação em particular e a conduz ao cérebro é complicada e apenas parcialmente conhecida. Compreender a fisiologia dos PEAEE é também uma tarefa bastante complexa, e para facilitá-la, foi tomada como base aqui a fase fechada “*phase-locked*” da descarga elétrica gerada pelos neurônios do sistema auditivo (FERRARO e DURRANT, 1999; LUTS, 2005).

Quando um padrão de estimulação repetitivo é apresentado ao ouvido, as fibras do nervo auditivo descarregam na fase dessa estimulação. Tal fenômeno é denominado fase fechada, já que a resposta neural segue a taxa de repetição do estímulo; ou seja, sua frequência de modulação. Um PEAAE é um potencial sustentado pela estimulação, já que reflete a fase fechada do estímulo, ou seja, ocorre pouco tempo após o estímulo, mas segue fiel e continuamente sua taxa de repetição no tempo (REGAN,1989; LUTS, 2005).

A fase fechada da descarga elétrica gerada pelos neurônios do sistema auditivo é decorrente do trabalho de transdução coclear que ocorre nas células ciliadas internas (CCI) e células ganglionares (REGAN,1993).

Quando um estímulo repetitivo é apresentado à cóclea, ele ocasiona uma maior vibração na região correspondente a sua frequência, mas não contém energia na frequência de modulação. Conseqüentemente, os cílios das CCI que correspondem a essa região de frequência na cóclea passam a se inclinar de um lado para o outro, ocasionando a despolarização e hiperpolarização dessas células. Sabe-se que as CCI fazem sinapses com os dendritos das células ganglionares, cujos corpos celulares constituem o gânglio espiral da cóclea e os axônios das fibras aferentes do nervo auditivo. Como essas sinapses são excitatórias, as células ganglionares só geram potenciais de ação quando as CCI se despolarizam, de forma que o nervo auditivo transmite uma versão retificada do estímulo sonoro (REGAN,1993; LINS, 2002).

Assim, ao sair da cóclea, a resposta elétrica contém uma versão retificada da energia apresentada pelo estímulo sonoro, de modo que a atividade resultante captada no EEG passa a conter energia na frequência em que o estímulo foi modulado. Por representar a transdução do estímulo pela cóclea, a atividade captada no EEG é utilizada para avaliar a sensibilidade da cóclea a esse estímulo. De uma maneira simplificada, o resultado é uma resposta que segue a frequência de modulação (AOYAGI et al.,1994; LINS, 2002).

Atualmente, há um consenso na literatura internacional sobre a utilização do termo *Auditory Steady State Responses* para designar os PEAAE. No entanto, por refletirem exatamente a fase fechada do estímulo, os PEAAE já foram

chamados *Amplitude Modulation Following Response* e *Envelope Following Response* (LUTS, 2005; STACH, 2002).

Para facilitar a compreensão do texto, a FIG. 2 esquematiza o processo de transdução do estímulo acústico pela cóclea. Importante observar que, ao ser apresentado ao ouvido, o estímulo de 1000 Hz modulado em amplitude a 93 Hz contém energia apenas em 1000 Hz. No entanto, ao sair da cóclea, passa a conter energia em 93 Hz, sua frequência de modulação. A resposta é uma versão retificada da energia apresentada pelo estímulo.

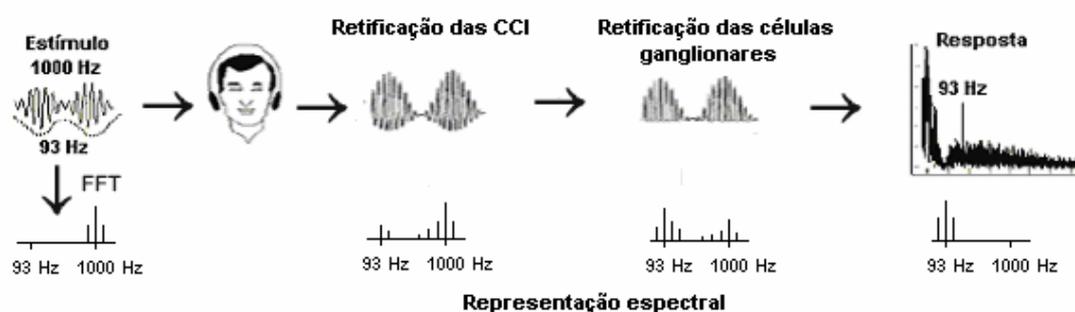


FIGURA 2 - Transdução do estímulo acústico pela cóclea
 Fonte: Adaptado de LINS, 2002 e PEREZ-ABALO et al., 2003.

3.1.3 Parâmetros de estimulação

Os principais parâmetros de estimulação que podem variar no registro dos PEAAE são a frequência de modulação, a frequência portadora e os estímulos utilizados para evocar esses potenciais (LUTS, 2005).

3.1.3.1 Frequência de modulação

A frequência de modulação ou taxa de repetição em que a estimulação é apresentada ao ouvido é uma característica definida dos PEAE (LUTS, 2005).

Os primeiros PEAE foram descritos por Galambos, Makeig e Talmachoff (1981) a frequências de modulação por volta de 40 Hz e denominados *40-Hz Event-Related Potential*. Como as respostas desses potenciais apresentam grandes amplitudes e são facilmente identificadas, os autores sugeriram que poderiam ter aplicação clínica para testar a audição. No entanto, pesquisas posteriores mostraram que as respostas dos PEAE a frequências de modulação de 40 Hz são consideravelmente atenuadas pelo sono (LINDEN et al., 1985; COHEN; RICKARDS; CLARK, 1991) e não são bem reproduzíveis em neonatos e crianças (SUZUKI; KOBAYASHI, 1984; STAPPELLS et al., 1988).

Buscando verificar qual seria a melhor frequência de modulação para obter PEAE em relação à idade, Aoyagi et al. (1994) pesquisaram frequências de modulação entre 20 e 200 Hz em adultos e crianças. Observaram que a detectabilidade dos PEAE foi maior na frequência de modulação de 80 Hz em crianças, e de 40 Hz nos adultos.

Discussões acerca da natureza dos PEAE revelaram que o córtex auditivo e suas conexões são mais ativos nas frequências de modulação de 40 Hz, indicando que a atividade talâmica e os circuitos talâmicos corticais podem estar envolvidos nessa resposta. Tal fato justifica a diminuição das respostas durante o sono e a dificuldade de obter esses potenciais em neonatos e crianças, uma vez que tais estruturas ainda não estão bem desenvolvidas nessa população. Em contrapartida, os neurônios do núcleo coclear respondem melhor às frequências de modulação acima de 80 Hz, sugerindo que as respostas são geradas principalmente no tronco encefálico. Por essa razão, nas frequências de modulação acima de 80 Hz as respostas não são afetadas pelo sono e podem ser registradas em neonatos e crianças (HERDMAN et al., 2002).

É bastante provável que frequências de modulação entre 70 e 110 Hz geram PEAE provenientes das estruturas do tronco encefálico. Ao se aumentar frequência de modulação do estímulo entre 70 e 110 Hz, as ondas I e III dos PEATE tendem a desaparecer, restando apenas a onda V, seguida do seu

contingente negativo *Slow Negative 10 (SN10)*, que, decorrente da rápida estimulação, acaba por se superpor, dando origem a uma resposta periódica (HERDMAN et al., 2002; LINS, 2002).

Parece que os PEAE a frequências de modulação entre 70 e 110 Hz, assim como os PEATE, são respostas do tronco encefálico. Atualmente, existe uma crença na comunidade fonoaudiológica de que os PEAE são especiais e diferentes dos PEATE. Ao contrário, eles podem ser a mesma resposta, embora sejam estimulados e analisados a partir do uso de diferentes métodos (STAPELLS et al., 2005).

Como os sujeitos em questão neste estudo são crianças na faixa etária de zero a três anos, a partir deste ponto todas as citações relacionadas aos PEAE fazem referência aos potenciais obtidos nas frequências de modulação entre 70 e 110 Hz.

3.1.3.2 Frequência portadora

A frequência com a qual se pretende pesquisar o limiar auditivo é denominada frequência portadora, e tem como função determinar qual área da membrana basilar na cóclea será estimulada. Todas as frequências usadas na audiometria tonal separadas por uma oitava entre 125 e 8000 Hz podem ser usadas para a obtenção dos PEAE. No entanto, devido às limitações do sincronismo, não são pesquisadas todas as frequências entre 125 e 8000 Hz, sendo priorizadas as frequências 0,5, 1, 2 e 4 kHz, consideradas mais importantes para a compreensão da fala e, portanto, essenciais para a programação do AASI (LUTS, 2005).

Lins e Picton (1995) desenvolveram a técnica dos PEAE a múltiplas frequências simultâneas. Como estímulos portadores de diferentes frequências estimulam populações diferentes de CCI, os autores acreditaram ser possível

avaliar a audição com várias frequências portadoras simultaneamente, apresentadas em diferentes frequências de modulação.

Dessa forma, como um PEAAE gerado por uma frequência portadora é detectado como um único harmônico no espectro de frequências, com energia equivalente à frequência de modulação em que foi apresentado, ao se estimular com um sinal acústico mais complexo, no qual se somam simultaneamente múltiplas frequências portadoras moduladas, a resposta gerada seria, no caso, representada como uma série de harmônicos no espectro de frequências, com energia equivalente a cada uma das frequências de modulação utilizadas. Com diferentes frequências de modulação para cada frequência portadora em cada orelha, podem ser exploradas simultaneamente várias regiões da cóclea em ambas as orelhas ao mesmo tempo. Dessa maneira, obtêm-se o audiograma bilateral, reduzindo significativamente o tempo de duração do exame (LINS; PICTON, 1995).

Segundo relatos da literatura, não há nenhuma interferência entre as frequências portadoras e de modulação na condição de estimulação múltipla, desde que as primeiras estejam separadas entre si por uma oitava e as frequências de modulação, por 3 Hz (PICTON; DIMITRIJEVIC; JOHN, 2002; HERDMAN; STAPPELLS, 2001).

Da mesma forma, estudos revelaram que, para estimar os limiares auditivos, não há diferença significativa na sensibilidade dos PEAAE quando apresentados na condição de estimulação múltipla em comparação com a condição de estimulação simples (LINS; PICTON, 1995; JOHN et al., 1998; HERDMAN; STAPPELLS, 2001).

Posteriormente denominada *MASTER-technique (Multiple Auditory STEady-state Responses)* e baseada na pesquisa de John e Picton (2000), realizada no *Rotman Research Institute* da Universidade de Toronto, a técnica dos PEAAE a múltiplas frequências foi comercializada primeiro no sistema MASTER da *Natus Medical Inc. (Biologic Systems Corp.)* e, posteriormente, disponibilizada em outros sistemas.

Para facilitar a compreensão das idéias aqui apresentadas, a FIG. 3 esquematiza a técnica das múltiplas freqüências simultâneas. É possível observar um estímulo composto pelas freqüências portadoras de 0.5, 1, 2 e 4 kHz apresentadas simultaneamente nas freqüências de modulação de 77, 85, 93 e 101 na orelha esquerda, e 79, 87, 95 e 103 na orelha direita. Na cóclea, a região ativada corresponde às freqüências portadoras; no entanto, a atividade registrada no EEG contém energia nas freqüências de modulação.

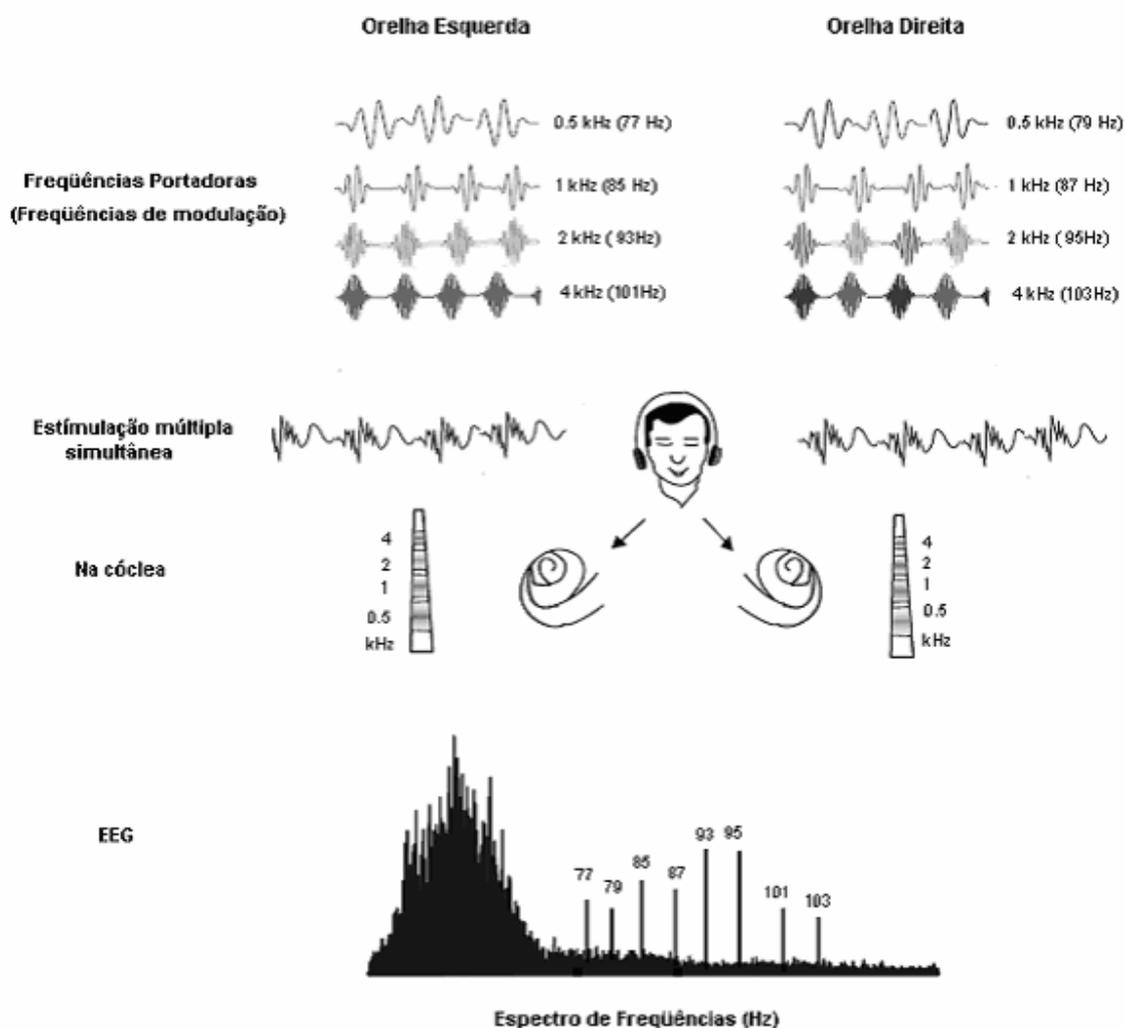


FIGURA 3 - Esquema da técnica dos PEAAE a múltiplas freqüências simultâneas
Fonte: Adaptado de LINS (2002) e LUTS (2005).

3.1.3.3 Estímulos

Os PEAAE podem ser registrados usando estímulos de banda larga que não possuem especificidade de frequência ou por estímulos específicos em frequência. Os estímulos de banda larga incluem cliques, ruído, ruído de amplitude modulada e, mais recentemente, *chirps*. Os estímulos específicos em frequência incluem cliques filtrados, *chirps* de banda limitada, ruído de banda estreita, *tonepipes*, ruído de banda estreita de amplitude modulada e tons puros de amplitude e/ou frequência modulada (BECK; SPEIDEL; PETRAK, 2007).

Embora um dos primeiros estudos com PEAAE tenha utilizado cliques e *tonepipes*, estímulos tonais breves (GALAMBOS; MAKEIG; TALMACHOFF, 1981), nos últimos anos, a maioria tem utilizado como estímulos tons contínuos modulados em amplitude (LINS et al., 1996; PEREZ-ABALO et al., 2001; HERDMAN; STAPELLS, 2001; MARTINEZ-BENEITO et al., 2002).

A utilização dos tons contínuos modulados em amplitude para registrar os PEAAE tem sido justificada por sua excelente especificidade de frequência, uma vez que esses estímulos possuem um espectro de frequência mais estreito centrado ao redor da frequência portadora (HERDMAN et al., 2002; STAPELLS et al., 2005; LUTS, 2005).

O espectro de frequência de um tom modulado em amplitude é composto de um componente na frequência portadora e de dois componentes com frequência igual à portadora, aos quais, respectivamente, se soma e subtrai a frequência de modulação (LINS, 2002).

Exemplificando, para um tom de 1000 Hz modulado em amplitude a 100 Hz, a energia está concentrada em 1000 Hz, que é a frequência portadora, e em 1100 e 900 Hz (respectivamente, a soma e a subtração da frequência da modulação com a frequência portadora), denominadas *sidebins* ou *sidebands* - frequências adjacentes (STAPELLS et al., 2005).

A FIG. 4 representa um estímulo cuja frequência portadora de 1000 Hz é modulada em amplitude a 100 Hz. É possível observar que a amplitude da

portadora vai de 0 a 100% cem vezes por segundo. O estímulo resultante pode ser visto como uma série de *tonepipes* contínuos, sem intervalo entre os estímulos, sendo que esses *tonepipes* eficazmente se repetem a cada 10 ms ou 100 vezes por segundo (= 100 Hz).

Segue abaixo a representação espectral deste estímulo: o pico principal da energia do estímulo está em 1000 Hz (a freqüência portadora) com as *sidebins* da energia em 900 e 1100 Hz (isto é, respectivamente a soma e a subtração da freqüência de modulação com a freqüência portadora). A energia do estímulo existe somente entre 900 e 1100 Hz.

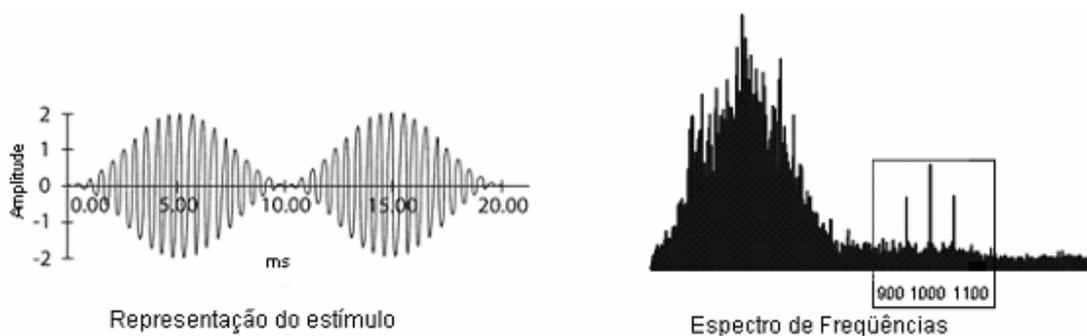


FIGURA 4 - Tom de 1000 Hz modulado em amplitude a 100 Hz e sua representação espectral
Fonte: Adaptado de GSI (2001) e LINS (2002).

Vários estudos vêm explorando métodos para obter respostas com amplitudes maiores que as resultantes da estimulação com tons modulados em amplitude. A modulação mista (MM), que combina a modulação em amplitude com a modulação em freqüência, evocou respostas com amplitudes quase tão grandes como a soma dessas duas respostas evocadas separadamente (COHEN; RICKARDS; CLARK, 1991; JOHN et al., 2001). Modulando a freqüência portadora em amplitude a uma função exponencial (modulação exponencial da amplitude - AM^2), foram observadas respostas de amplitudes maiores nas freqüências de 0,5 e 4kHz, que são normalmente as que apresentam menores amplitudes e, portanto, de mais difícil detecção (JOHN et al., 2002).

A utilização de estímulos transientes para evocar PEAAE em vez de estímulos de amplitude modulada também mostrou ser capaz de evocar respostas com grandes amplitudes. Stürzebecher et al. (2003) demonstraram que cliques de polaridade rarefeita resultaram em PEAAE com grandes amplitudes e obtidos rapidamente, sugerindo sua utilização na triagem auditiva neonatal.

A maioria dos sistemas de PEAAE disponíveis no mercado utiliza como estímulo os tons modulados em amplitude, ou modulados em amplitude e frequência combinadas (MM). Stapells et al. (2005) apontam que a razão para a escolha dos tons modulados não é necessariamente baseada em sua excelente especificidade de frequência. Embora apresentem tão boa especificidade, na MM, ao se acrescentar à modulação de frequência um tom modulado em amplitude, obtêm-se respostas com amplitudes maiores, mas se dificulta o espectro do estímulo.

Outro ponto importante levantado por Stapells et al. (2005) é que, assim como os PEATE, os PEAAE são respostas do tronco encefálico, embora evocados e analisados de formas diferentes, podendo, portanto, apresentar características de resposta semelhantes quanto aos estímulos utilizados.

Coerente com essa observação, John et al. (2002) mostraram que PEAAE com maiores amplitudes foram obtidos a estímulos modulados em amplitude com envelopes exponenciais, que apresentam tempos de ascensão e queda mais rápidos. A hipótese levantada foi que, assim como acontece com os PEATE, estímulos transientes de curta duração poderiam ser melhores para obter PEAAE que os estímulos contínuos de amplitude e/ou frequência modulada.

A FIG. 5 mostra um tom de 2 kHz modulado 100% em amplitude (AM), 20% em frequência (FM), em amplitude e frequência simultaneamente – modulação mista (MM) e modulado exponencialmente em amplitude – modulação exponencial da amplitude (AM²) na frequência da modulação de 90 Hz; e por último, *tonepipes* de 2 kHz com 2 ms de duração que se repetem a cada 90 Hz. Logo abaixo, seus respectivos espectros de frequência. É possível observar como o espectro do estímulo se modifica.

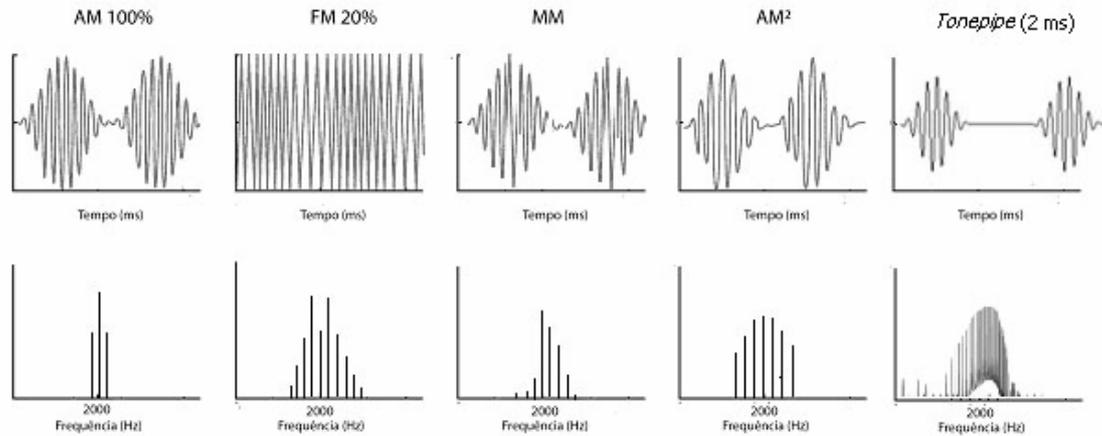


FIGURA 5 - Tom de 2 kHz: modulação em amplitude, modulação em frequência, modulação mista, modulação exponencial da amplitude e *tonepipe* de 2 kHz

Fonte: Adaptado de LUTS (2005), VENEMA (2005) e MO e STAPELLS (2008).

Stapells et al. (2005) chamam atenção para o fato de muitas pesquisas serem realizadas com diferentes estímulos visando melhores respostas nos PEAAE, sendo que grande parte desses estudos se baseia na especificidade acústica do estímulo. Para os autores, não só esta especificidade deve ser considerada, mas também a especificidade coclear e neural do estímulo-resposta, ou seja, como o sistema auditivo responde a esse estímulo. Segundo os autores, o uso de estímulos acusticamente específicos não é sempre garantia de respostas mais específicas em frequência; como por exemplo, embora os estímulos apresentados pela janela de *Blackman* mostrem uma especificidade acústica melhor, as respostas do tronco encefálico a esses estímulos têm a mesma especificidade coclear e neural que os tons apresentados por janelas lineares.

O uso de estímulos transientes para obter PEAAE resultaria numa menor especificidade de frequência. Entretanto, esse pode não ser um problema, uma vez que mesmo os PEAAE a estímulos altamente específicos em frequência – os tons modulados em amplitude – apresentam uma especificidade de frequência, coclear e neural, semelhante a dos PEATE para *tonepipes* (HERDMAN; PICTON; STAPELLS, 2002).

O sistema *SmartEP ASSR* da *Intelligent Hearing Systems (IHS)*, introduzido no mercado há poucos anos, utiliza *tonepipes*, estímulos tonais breves com

duração de 4 a 8 ms apresentados em diferentes taxas de repetição para evocar PEAAE; no entanto, poucas pesquisas clínicas visando estabelecer limiares auditivos foram realizadas com esses estímulos. Destaca-se um estudo em crianças com perda auditiva (HAN et al., 2006) e um em adultos com audição normal, que investigou as frequências de 0.25, 0.5 e 12 kHz (TLUMAK; DURRANT; COLLET, 2007).

Em estudo recente, Mo e Stapells (2008) investigaram os efeitos sobre a amplitude dos PEAAE a estímulos tonais breves nas condições de estimulação simples e múltipla. Os autores observaram que, embora as respostas apresentem maiores amplitudes, a duração do estímulo deve ser bastante sucinta para resultar em um aumento significativo da amplitude. Além disso, na condição de estimulação múltipla, acontecem interferências que reduzem a amplitude das respostas, exceto em 0.5 kHz. Por essas razões, os autores concluíram que os estímulos tonais breves talvez não sejam o melhor estímulo para evocar PEAAE.

A questão sobre qual o estímulo mais eficiente para evocar PEAAE ainda não foi resolvida. Stürzebecher et al. (2006) apontaram o *chirp*, e novas pesquisas vêm então sendo desenvolvidas com este estímulo (CEBULLA; STÜRZEBECHER; ELBERLING, 2006; ELBERLING et al., 2007).

3.1.4 Principais métodos de detecção das respostas

Assim como várias pesquisas têm se dedicado a estudar estímulos capazes de evocar respostas com amplitudes maiores, diferentes métodos foram investigados com o objetivo de obter a melhor forma de detectá-las (VALDES et al.; 1997; PICTON et al., 2003).

Sabe-se que as respostas dos PEAAE são detectadas como harmônicos no espectro de frequência e que possuem energia equivalente a sua frequência de modulação. No entanto, a atividade captada pelos eletrodos é uma combinação dessas respostas com o ruído elétrico gerado pelo cérebro e músculos da cabeça

e pescoço, que também são representados como harmônicos no espectro. Torna-se, portanto, necessário separar a resposta do ruído (LINS, 2002).

Vários testes já foram empregados com essa finalidade, e a maior parte deles se baseou em dois principais métodos de detecção das respostas: a coerência da fase, que visa mensurar a variabilidade da fase da resposta; e o teste F, que compara a amplitude da freqüência de modulação às amplitudes das freqüências de ruído circunvizinhas (PICTON et al., 2003).

3.1.4.1 Coerência da fase

A coerência da fase parte do princípio de que, em resposta a um estímulo modulado, a atividade cerebral resultante seguirá, constantemente, a freqüência de modulação desse estímulo. O retardo entre o estímulo modulado e a resposta, se de fato a atividade registrada no EEG está seguindo o estímulo, deve ser razoavelmente constante. Esse retardo pode ser medido pelo ângulo da fase. Uma resposta robusta apresentará um relacionamento razoavelmente consistente, ou seja, uma coerência da fase. Se o sistema auditivo não estiver respondendo ao estímulo, o relacionamento da fase será aleatório. Da mesma forma, o ruído elétrico captado se distribui aleatoriamente no lote polar. Os valores variam de 0 (completamente aleatória) a 1.0 (completamente fechada) e são medidos automaticamente pelo software (CONE-WESSON et al., 2002; CONE-WESSON 2003).

A FIG. 6 mostra duas possíveis condições encontradas na coerência da fase. Na primeira, observa-se uma fase fechada. É possível notar que as fases estão aglomeradas, indicando uma resposta robusta, já que a atividade cerebral registrada segue a freqüência de modulação do estímulo. Já na segunda condição observa-se que as fases estão distribuídas de forma totalmente aleatória, indicando que não há coerência entre a atividade cerebral registrada e a

freqüência de modulação do estímulo, não caracterizando, portanto, uma resposta ao som. Nas duas situações o ruído se distribui de forma aleatória no lote polar.

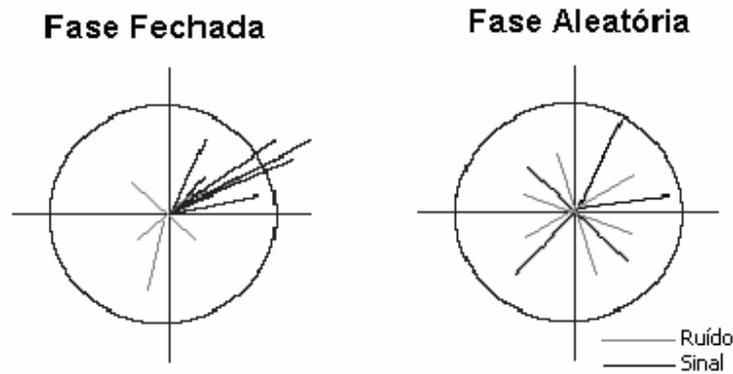


FIGURA 6 - Coerência da Fase
Fonte: Adaptado de CONE-WESSION (2003).

3.1.4.2 Teste F

O teste F avalia se a amplitude da resposta, mensurada na freqüência de modulação, é significativamente maior que a amplitude do ruído, avaliado nas *sidebins* - freqüências adjacentes. Quando é aplicada a FFT, cada resposta ocorre precisamente em um único harmônico no espectro, e o ruído se distribui amplamente nesse espectro. Uma FFT de rápida resolução possibilita a avaliação da resposta com pouca interferência do ruído, sendo que este é avaliado pelas *sidebins* próximas à resposta. O sistema MASTER usa 120 *sidebins*, 60 de cada lado da resposta. O resultado do teste F é a razão entre a potência na freqüência de estimulação e a potência média das 120 *sidebins*. A significância dessa estatística é avaliada contra valores críticos para F em 2 e 240 graus de liberdade (LINS, 2002).

A FIG. 7 mostra o espectro de freqüências com a resposta na freqüência de modulação e as 60 *sidebins* ao lado desta freqüência, utilizada no teste F.

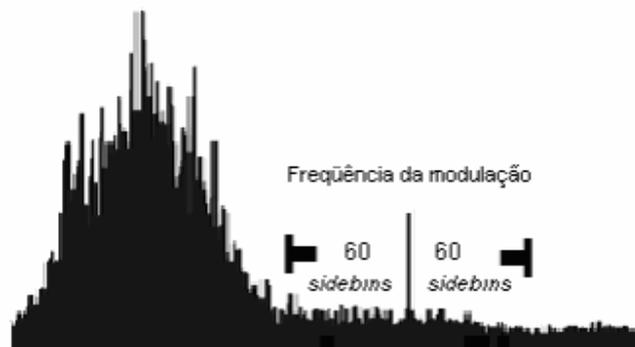


FIGURA 7 - Teste F
 Fonte: Adaptado de LINS (2002).

Pesquisas sugerem que os dois métodos e os algoritmos por eles aplicados possuem habilidades razoavelmente similares para detectar as respostas dos PEAAE (VALDES et al., 1997; PICTON et al., 2003).

De uma forma geral, todos os métodos para detectar as respostas dos PEAAE têm utilizado o harmônico do espectro correspondente à frequência de modulação (JOHN; PICTON, 2000; DIMITRIJEVIC et al., 2002; SWANEPOEL, SCHULIAN; HUGO, 2004). Recentemente, Cebulla, Stürzebecher e Elberling (2006), utilizando outro algoritmo de detecção, denominado *q-sample test*, demonstraram que o uso de mais de um harmônico do espectro obteve um melhor desempenho de detecção das respostas.

Trata-se de uma vantagem, porque a relação sinal ruído da resposta é muito pequena, principalmente próximo ao limiar auditivo, dificultando a detecção do nível mínimo de resposta. Por essa razão, vários estudos têm se dedicado a estudar estímulos capazes de evocar respostas de amplitudes maiores (CEBULLA; STÜRZEBECHER; ELBERLING, 2006).

A recente adição dos *chirps* à família dos estímulos de frequência específica promete PEAAE com grandes amplitudes, o que, somado à detecção resultante do *q-sample test*, permitirá que os PEAAE sejam coletados com a metade do tempo gasto com os estímulos tradicionais (STÜRZEBECHER et al., 2006; CEBULLA; STÜRZEBECHER; ELBERLING, 2006; ELBERLING et al., 2007).

Delgado et al. (2007) têm estudado uma nova técnica no sistema *SmartEP ASSR*, denominada *Intensity-Ramping*, que detecta as respostas dos PEAAE variando a intensidade do estímulo. Podem ser utilizados estímulos de uma única frequência, de múltiplas frequências ou transientes, tais como cliques ou *chirps* apresentados a uma ou a ambas as orelhas simultaneamente. A promessa dessa nova técnica é diminuir o tempo de registro dos PEAAE, uma vez que é possível pesquisar os limiares ao mesmo tempo em diferentes intensidades.

É de fato notável a rápida evolução da tecnologia referente aos PEAAE. No entanto, a falta de padronização entre os diferentes sistemas, somada à falta de evidências antes da sua devida comercialização, é bastante preocupante. Os parâmetros de estimulação e registro dos PEAAE variam a cada fabricante (STAPELLS et al., 2005).

Vale ressaltar que, embora a detecção automática das respostas seja um dos grandes atrativos dos PEAAE, é necessária uma abordagem crítica do examinador ao interpretar as respostas. O critério estatístico determina a possibilidade de uma resposta ser maior que o ruído, mas essa decisão é sempre acompanhada por certa porcentagem de erros. O número mínimo e máximo de varreduras necessárias para o registro dos PEAAE, o nível de significância estatística e o critério de decisão para interromper o registro, dentre outras questões, não são bem definidos na literatura e não há um consenso sobre a melhor escolha desses parâmetros.

O fato de a detecção dos PEAAE ser realizada de maneira objetiva pode dar a impressão de que não é exigida experiência para realizar os registros. No entanto, no intuito de evitar a má interpretação dos resultados, é necessária uma abordagem crítica dos registros e um conhecimento do avaliador sobre o sistema utilizado. Pesquisas que abordem a investigação desses aspectos podem contribuir para uma melhor estimativa dos limiares auditivos por meio dos PEAAE.

3.2 Aplicações clínicas dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável

3.2.1 Panorama geral

A possibilidade de detecção automática das respostas e do registro dos PEAAE em crianças durante o sono, somada à dependência dos fonoaudiólogos de medidas eletrofisiológicas para estimar a audição de crianças cada vez menores encaminhadas dos programas de triagem auditiva neonatal, despertou o atual interesse clínico pela técnica. Desde então, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos em diferentes populações, e alguns consensos têm emergido da literatura a respeito da aplicação clínica dos PEAAE.

As respostas dos PEAAE encontradas para as frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz em neonatos com audição normal encontram-se, em média, entre 10 a 20 dB mais elevadas que as encontradas em adultos ouvintes (RICKARDS et al., 1994; LINS et al., 1996; SÁVIO et al., 2001; CONE-WESSON et al., 2002; JOHN et al., 2004; LUTS; DESLOOVERE; WONTERS, 2006).

A maturação das respostas dos PEAAE nas frequências de 0.5 e 4 kHz, entre o nascimento até seis semanas de vida, foi descrita por Rance e Tomlin (2006), sendo que os resultados mostraram uma diminuição média de 10 dB nos níveis mínimos de resposta para as duas frequências.

Outro estudo que incluiu neonatos prematuros mostrou que a amplitude das respostas é menor que a encontrada em bebês a termo com mais dias de vida (LUTS; DESLOOVERE; WONTERS, 2006). A justificativa para esses achados é o menor volume do meato acústico externo dos neonatos e suas características de ressonância, uma vez que condutos muito pequenos criam um efeito de ressonância que amplifica frequências altas, sendo as respostas resultantes mais elevadas (SÁVIO et al., 2001; RANCE; TOMLIN, 2006).

Deve-se, portanto, tomar precauções ao interpretar os resultados dos PEAAE por meio de correções realizadas com base em dados obtidos em adultos (LUTS, 2005).

Estudos que compararam as respostas dos PEAAE com os limiares comportamentais nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz em adultos ouvintes encontraram uma maior variabilidade entre as respostas dos dois exames (LINS et al., 1996; RANCE et al., 1995; PEREZ-ABALO, 2001; DIMITRIJEVIC et al., 2002; HERDMAN; STAPPELLS, 2003; LUTS; WOUNTERS, 2004) ou respostas mais elevadas em 0.5 kHz em comparação com 1 e 2 kHz (JOHN et al., 2004). Os resultados apresentados por alguns autores demonstram também uma diferença para 4 kHz, em comparação com 1 e 2 kHz, não maior que a encontrada para 0.5 kHz (JOHN et al., 2004; LUTS; WOUNTERS, 2004).

Em metanálise de literatura de 56 estudos em adultos ouvintes, Tlumack, Rubinstein e Durrant (2007) descreveram diferenças médias e desvios-padrão para as respostas dos PEAAE nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, respectivamente de 16.51 (12.09), 12.97 (11.93), 10.76 (9.63) e 15.09 (10.46) dB.

As respostas mais elevadas em 0.5 kHz têm sido explicadas pela contaminação por ruído eletrofisiológico nas frequências baixas (PICTON et al., 2003), assim como por ruído ambiental nos estudos cujos dados foram coletados em ambientes não tratados acusticamente (LINS et al., 1996; RANCE; TOMLIN, 2006). Todavia, o principal fator apontado é a ativação neural diferenciada quanto à frequência de 0.5 kHz. Existe uma maior dispersão na fase dos neurônios respondendo a essa frequência, que é provocada pela mudança lenta da onda sonora na membrana basilar, atingindo uma região mais ampla na cóclea. O resultado é uma diminuição da amplitude no registro do sinal, que também tem sido relatada para os PEATE-FE em 0.5 kHz (LINS et al., 1996; STAPPELLS et al., 1995; DIMITRIJEVIC et al., 2002).

Diferentemente dos achados em ouvintes, estudos têm mostrado boas correlações entre as respostas dos PEAAE e os limiares comportamentais em adultos e crianças com perda auditiva (PEREZ-ABALO et al., 2001; HERDMAN; STAPPELLS, 2001; MARTINEZ-BENEITO et al., 2002; STUEVE; O'ROURKE,

2003; SWANEPOEL; SCHULIAN; HUGO, 2004; KAF et al., 2006; ATTIAS et al., 2006; HAN et al., 2006; OKADA–YAMASHITA, 2007; DUARTE et al., 2008).

Alguns estudos têm mostrado que a predição dos limiares comportamentais pelos PEAAE não é muito precisa em perdas auditivas leves e moderadas (RANCE; BRIGGS, 2002; SWANEPOEL; STEYN, 2005; ATTIAS et al., 2006), apresentando um maior grau de variabilidade, especialmente em 0,5 kHz (SWANEPOEL; ERASMUS, 2007). No entanto, em perdas auditivas severas e profundas, os PEAAE mostraram uma maior precisão para estimar a audição, de modo que, quanto maior o grau da perda auditiva, melhor é a correlação entre os resultados dos PEAAE e os limiares comportamentais, especialmente para as frequências mais altas (RANCE et al. 1995; SWANEPOEL; SCHULIAN; HUGO, 2004).

A variabilidade entre as diferenças das respostas dos PEAAE e os limiares comportamentais entre ouvintes e sujeitos com perda auditiva, e o fato de que a sensibilidade dos PEAAE é maior à medida que aumenta o grau da perda auditiva têm sido explicados pelo recrutamento associado às perdas auditivas cocleares (PICKTON et al., 2005; LINS et al., 1996). Como nas perdas auditivas neurossensoriais existe uma redução de células ciliadas, a percepção de volume para intensidades crescentes é muito rápida, já que as fibras nervosas são “recrutadas” para um determinado estímulo. Assim, a presença do recrutamento reflete um aumento anormal na amplitude da resposta em intensidades acima do limiar, resultando em uma resposta mais facilmente detectada do que a resultante das fibras nervosas intactas em uma orelha com audição normal (RANCE et al., 1995; 1998; LINS et al., 1996; AOYAGI et al., 1999; JOHNSON; BROWN, 2005).

Pickton et al. (2005) relataram que, em função do recrutamento, nas orelhas com perda auditiva, as amplitudes das respostas dos PEAAE são relativamente maiores quando comparadas às obtidas em orelhas com audição normal e, portanto, de mais rápida detecção. A detecção dos PEAAE em sujeitos ouvintes requer maiores amostras de EEG, prolongando, conseqüentemente, a duração do exame.

Uma polêmica sobre os PEAAE surgiu com o estudo de Gorga et al. (2004), mostrando que as respostas obtidas a intensidades elevadas poderiam ser artefatos decorrentes da forte estimulação. Sujeitos com perdas auditivas profundas que não respondiam à avaliação comportamental na intensidade máxima do equipamento apresentaram respostas presentes nos PEAAE. Na verdade, as respostas consideradas artefatos eram “falsos artefatos” produzidos pelo equipamento e se caracterizavam como artefatos elétricos ocasionados pelo efeito *aliasing* (sobreposição do sinal na conversão do sinal analógico para digital). Ao alterar a taxa de conversão do sinal, Small e Stapells (2004) mostraram que a maioria desses artefatos desaparecia.

Essa constatação levou a uma mudança imediata nos sistemas de PEAAE. No entanto, muitos indivíduos ainda apresentaram respostas nas frequências de 0.5 e 1 kHz, fato este que foi supostamente justificado como influência dos potenciais evocados vestibulares miogênicos, pois os mesmos aparecem em resposta a estímulos auditivos de forte intensidade. Não existe até o momento um método capaz de diferenciar as respostas auditivas das vestibulares, recomendando-se precaução na utilização de fortes intensidades no registro dos PEAAE (GORGA et al., 2004; SMALL; STAPELLS, 2004).

Stapells et al. (2005) apontam que, nesse caso, o fato dos PEAAE serem detectados automaticamente torna-se uma desvantagem, visto que, visualmente, talvez fosse possível separar as respostas vestibulares das repostas auditivas.

Em neonatos e crianças com perda auditiva, pela impossibilidade da obtenção dos limiares comportamentais, os estudos compararam as respostas dos PEAAE com as respostas do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico, este utilizando estímulo clique e por frequência específica em 0.5 kHz (PEATE-clique e PEATE-FE), sendo que há uma boa correlação entre os exames (VANDER WERFF et al., 2002; STUEVE; O'ROURKE, 2003; LUTS et al., 2004; FIRSZT et al., 2004).

Já em adultos com audição normal os PEAAE forneceram estimativas entre 30 e 34 dB NA nas frequências entre 0.5 e 4 kHz, os PEATE-FE apresentaram em

0,5 kHz uma média de 30 dB NA e os PEATE-clique, de 16 dB NA, ou seja, 14 a 18 dB melhores que os PEAAE (SWANEPOEL; SCHULIAN; HUGO, 2004).

Um estudo que comparou os resultados dos PEAAE e dos PEATE-FE com os limiares comportamentais em 0,5, 1,5 e 2 kHz numa população de adultos com audição normal, perdas auditivas planas e descendentes mostrou que ambas as técnicas forneceram estimativas razoavelmente precisas dos limiares comportamentais. Em média, as respostas do PEATE-FE foram registradas 3 dB mais próximas dos limiares comportamentais que as respostas dos PEAAE. No entanto, na maioria dos indivíduos com perdas auditivas descendentes as respostas dos PEATE-FE foram registradas, em média, 25 dB abaixo dos limiares comportamentais, enquanto os PEAAE não passaram de 5 dB abaixo, refletindo uma excitação na cóclea mais ampla dos PEATE-FE quando comparados aos PEAAE. Em contrapartida, os PEAAE superestimaram o limiar comportamental de dois sujeitos com audição normal, casos estes em que os PEATE-FE forneceram uma estimativa mais precisa (JOHNSON; BROWN, 2005).

Rance, Tomlin e Rickards (2006) compararam o processo de maturação das respostas do PEATE-FE e dos PEAAE durante as seis primeiras semanas de vida em 17 neonatos nas frequências de 0,5 e 4 kHz, encontrando níveis mínimos de resposta mais elevados para os PEAAE em comparação com os PEATE-FE. No entanto, tal diferença foi considerada um artefato de calibração dos estímulos, visto que, quando os resultados dos PEAAE foram calibrados em dB peNPS, calibração utilizada nos PEATE-FE, não houve diferença entre as respostas obtidas pelos dois exames. Além disso, em um mesmo sujeito, as mudanças entre os períodos foram maiores para os resultados dos PEAAE. Por não ter ocorrido efeito maturacional nas respostas dos PEATE-FE no período avaliado, os autores concluíram que, para avaliar neonatos nas primeiras semanas de vida, os PEATE-FE são mais confiáveis.

Embora poucos estudos em crianças com perda auditiva tenham comparado os resultados dos PEAAE com os dos PEATE-FE, considerado o atual “padrão-ouro” para avaliação dessa população, de uma forma geral, tanto em adultos como em neonatos e crianças, a literatura tem apontado como mais

precisos na avaliação de sujeitos com audição normal os PEATE-FE, por apresentarem uma menor variabilidade. Já os PEAEE têm sido considerados como mais precisos na avaliação de sujeitos com perda auditiva, devendo, no entanto, neste último caso, ser usado de forma complementar ao PEATE-clique (CONE-WESSON et al., 2002; JOHNSON; BROWN, 2005; RANCE; TOMLIN; RICKARDS, 2006).

3.2.2 Aplicações em crianças com perda auditiva neurossensorial

Rance et al. (1995) compararam os limiares comportamentais com as respostas dos PEAEE em crianças e adultos com audição normal e diferentes graus de perda auditiva. Os resultados mostraram fortes correlações entre os dois exames para as frequências de 0.25, 0.5, 1, 2 e 4 kHz. Os autores verificaram que o desvio-padrão encontrado entre as respostas dos PEAEE e os limiares comportamentais diminuiu com o aumento da frequência e do grau de perda auditiva, sugerindo que, quanto maior o grau da perda auditiva, melhor a sensibilidade dos PEAEE.

Em 1998, os mesmos autores mostraram as vantagens da utilização dos PEAEE para estimar a audição residual de 108 lactentes e crianças que apresentaram ausência de resposta nos PEATE-clique e com perdas auditivas variando de grau moderado a profundo. A diferença média entre as respostas dos PEAEE e dos limiares comportamentais variou de 3 a 6 dB, com um desvio padrão de 6.8 dB. As maiores discrepâncias e desvios-padrão encontrados foram em 0.25 e 0.5 kHz. As respostas dos PEAEE foram registradas dentro de 20 dB dos limiares comportamentais para 99% das comparações e ≤ 10 dB para 82% das comparações. Os resultados mostraram que os PEAEE podem ser efetivos para estimar o audiograma em lactentes e crianças que não apresentam resposta no PEATE-clique, possibilitando que esses pacientes possam se beneficiar da amplificação de sua audição residual.

Aoyagi et al. (1999) compararam os resultados dos PEAEE com os limiares comportamentais em um grupo de 125 crianças com perdas auditivas variando de grau leve a profundo. Também foram realizados os PEATE-FE em 1 kHz, sendo incluído na comparação. Foram encontradas fortes correlações entre as respostas dos PEAEE e os limiares comportamentais com diferenças médias e desvios-padrão para as frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz de, respectivamente, 15 ± 15 , 4 ± 13 , 9 ± 16 e 2 ± 14 dB. A correlação na frequência de 1 kHz entre o limiar comportamental com a resposta dos PEAEE e dos PEATE-FE revelou que o coeficiente da correlação com os PEAEE foi maior que o obtido com os PEATE-FE ($0,863$ $n = 169$ e $0,828$ $n = 93$), sugerindo que os PEAEE podem ser mais adequados em crianças com perda auditiva que os PEATE-FE. Vale ressaltar que essa diferença não é estatisticamente significativa e que os limiares dos dois diferentes potenciais evocados não foram diretamente comparados.

Perez-Abalo et al. (2001) compararam os resultados dos PEAEE com a audiometria comportamental em 43 crianças com perda auditiva de grau severo a profundo e idade entre 6 e 15 anos. Os resultados revelaram forte correlação entre os resultados dos PEAEE e da audiometria comportamental para as frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, sendo que o menor coeficiente foi para a frequência de 0.5 kHz. Os autores concluíram que os PEAEE são uma técnica válida para estimar o audiograma em crianças com perda auditiva neurosensorial.

Rance e Rickards. (2002) compararam os resultados dos PEAEE realizados entre um e oito meses com a audiometria comportamental (VRA) realizada posteriormente, entre 6 e 14 meses, em 211 crianças com audição normal e diferentes graus de perda auditiva neurosensorial. Os resultados indicaram forte correlação entre os dois exames, sendo os coeficientes de correlação maiores que 0.95 para as frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz. No entanto, as crianças com perdas auditivas inferiores a 55 dB NA apresentaram diferenças significativas entre as respostas dos PEAEE e os limiares comportamentais, estando as respostas dos PEAEE sempre mais elevadas. Não foram, porém, observadas diferenças significativas entre as respostas dos dois exames no caso de crianças com perdas auditivas superiores a 55 dB NA. Para os autores, a imaturidade das respostas

dos PEAAE nos lactentes pode ter contribuído para as diferenças encontradas, uma vez que os limiares comportamentais só foram confirmados mais tarde, sugerindo a aplicação de uma fórmula de regressão para estimar os limiares comportamentais.

Em estudo retrospectivo realizado com 184 crianças com perda auditiva neurossensorial e 16 crianças com neuropatia auditiva, Rance e Briggs (2002) compararam os resultados dos PEAAE obtidos entre um e oito meses de idade com os limiares comportamentais obtidos posteriormente. Os resultados apontaram uma forte correlação entre os dois exames para as frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz nas crianças com perda auditiva neurossensorial. Já nas crianças com neuropatia auditiva a correlação entre os dois exames foi fraca. Nas crianças com perda auditiva neurossensorial houve uma tendência de a diferença entre os dois exames ser maior para as frequências baixas e menor grau de perda auditiva, enquanto nas crianças com neuropatia auditiva as diferenças entre os exames foram significativamente maiores quando comparadas às diferenças encontradas nas crianças com perda auditiva neurossensorial.

Cone-Wesson et al. (2002) reanalisaram alguns dados de Rance et al. (1995; 1998) com o objetivo de fornecer mais resultados sobre a comparação dos PEAAE e dos PEATE-clique com os limiares comportamentais. A amostra foi constituída por 51 pacientes: 16 com audição próxima ao normal ou com perda auditiva neurossensorial de grau leve; 18 com perda auditiva de grau moderado e 17 com perda auditiva neurossensorial de grau severo a profundo. A idade média dos sujeitos avaliados foi de 16 meses, sendo que nenhum deles apresentou evidência de disfunção retrococlear. Os resultados encontrados mostraram correlações estatisticamente significantes entre os resultados dos PEATE-clique e dos PEAAE com os limiares comportamentais nas crianças dos três grupos estudados. Foi observada uma pequena diferença na comparação entre as correlações dos limiares comportamentais com os resultados dos PEATE-clique e dos PEAAE, particularmente em relação às frequências de 1 e 2 kHz, em que a correlação com os PEATE-clique foi maior. Para os autores, este resultado foi inesperado, sendo que os responsáveis por essa diferença podem ter sido a melhor sincronia

neural para cliques que para tons modulados e o método de detecção de respostas utilizado: os PEAAE baseados em testes estatísticos e os PEATE-clique na observação do avaliador.

Vander Werff et al. (2002) compararam os registros dos PEAAE com os registros dos PEATE-clique e dos PEATE-FE 0.5 kHz em 32 crianças com idades variando entre dois meses e três anos. Os resultados mostraram que os PEAAE foram capazes de promover informações adicionais na caracterização de perdas auditivas severas/profundas, sendo que a comparação entre os resultados mostrou fortes correlações entre os três exames, indicando que os PEAAE podem ser uma alternativa para estimar limiares auditivos de crianças.

Stueve e O'Rourke (2003) compararam os resultados dos PEAAE, PEATE-clique, PEATE-FE 0.25 e 0.5 kHz e da VRA em 76 crianças com perda auditiva, com idade variando de um a 125 meses. Os resultados mostraram correlação significativa entre os resultados dos PEATE-clique e a média dos resultados nas frequências de 1, 2 e 4 kHz e 2 e 4 kHz dos PEAAE. Também houve correlação significativa entre os resultados dos PEATE-FE e dos PEAAE em 0.25 kHz e 0.5 kHz. Na comparação entre os resultados dos PEAAE e a audiometria comportamental os coeficientes também indicaram correlação significativa entre os dois exames. Os autores concluíram que as informações adicionais obtidas pelos PEAAE foram essenciais para a avaliação auditiva da população estudada.

Swanepoel, Hugo e Roode (2004) compararam os resultados dos PEAAE com a audiometria comportamental em dez crianças com perda auditiva neurossensorial congênita de grau severo a profundo, com idade variando entre 10 e 15 anos, sendo que dez orelhas apresentavam perda auditiva congênita de grau profundo (> 90 dB NA) e as outras 10 apresentavam perda auditiva congênita de grau severo (71 a 90 dB NA). Os resultados demonstraram que a média do nível mínimo de resposta comportamental variou entre 84 e 93 dB NA, comparada com a média do nível mínimo de resposta dos PEAAE entre 91 e 96 dB NA, sendo que a média da diferença foi de 6 dB para 0,5 kHz e 4 dB para 1, 2 e 4 kHz, com um desvio padrão variando de 8 a 12 dB. Houve melhor estimativa do nível mínimo de resposta, em todas as frequências avaliadas, na perda auditiva de grau

profundo, de forma 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. O melhor coeficiente de correlação obtido foi em 1 kHz, enquanto o pior foi em 0,5 kHz. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os PEAAE e o nível mínimo de resposta comportamental, exceto para 0,5 kHz.

Firszt et al. (2004) compararam os resultados dos PEATE-clique com o dos PEAAE em 42 crianças com idade entre 1 e 54 meses com suspeita de perda auditiva e timpanometria normal. Os resultados mostraram que 50% dos indivíduos apresentaram perda auditiva de grau severo a profundo, diagnosticada tanto pelos PEATE-clique como pelos PEAAE, sendo que, das 80 orelhas avaliadas, 27 apresentaram ausência de resposta nos PEATE-clique com presença de resposta nos PEAAE em pelo menos uma das frequências, e 21 apresentaram resposta em duas ou mais frequências. Foi observada forte correlação entre os resultados dos exames para as frequências de 2 e 4 kHz. Dez crianças que apresentaram PEATE-clique ausentes em ambas as orelhas apresentaram os PEAAE presentes ou na orelha direita ou na esquerda, mostrando que, em alguns casos, havia diferenças entre as orelhas que não foram detectadas pelos PEATE-clique, mas sim pelos PEAAE. Com isso, os autores concluíram que os PEAAE são capazes de promover informações adicionais na avaliação de crianças que apresentam perdas auditivas severas e profundas, podendo definir em qual orelha será realizado o implante coclear.

Luts et al. (2004) compararam os resultados dos PEAAE com os dos PEATE-clique em dez crianças com idade variando de três a 14 meses; aproximadamente 12 meses depois, realizaram a *VRA*, que também foi incluída na comparação. Os resultados dos PEATE-clique foram comparados com os resultados dos PEAAE em 2 kHz, por se tratar do maior pico de energia do clique. Os autores obtiveram doze comparações que resultaram num forte coeficiente de correlação. A diferença média encontrada entre os resultados da *VRA* e dos PEAAE foi de 0.9 dB, e a correlação entre as frequências específicas de 0.5, 1, 2 e 4 kHz também resultou numa forte correlação.

Em estudo retrospectivo, Rance et al. (2005) compararam os resultados dos PEAAE com os limiares comportamentais em 575 crianças com idade variando entre um e três meses, quando realizaram a avaliação eletrofisiológica, e entre 6 e 23 meses, quando foi realizada a avaliação comportamental. Desse total de sujeitos, 285 apresentaram audição normal; 271, perda auditiva neurosensorial e 19, neuropatia auditiva. Nas crianças com audição normal, as diferenças e os desvios-padrão entre os limiares comportamentais e os resultados dos PEAAE para 0,5, 1, 2 e 4 kHz foram, respectivamente, 30,4 (6,7), 31,0 (6,2), 22,4 (6,7) e 27,5 (7,5). Os resultados dos PEAAE e da audiometria comportamental nas crianças ouvintes foram acrescentados aos encontrados nas crianças com perda auditiva neurosensorial e submetidos à correlação de Pearson, que indicou forte correlação entre os dois exames para as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz. Já nas crianças com neuropatia auditiva foi encontrada fraca correlação entre os dois exames, com coeficientes entre 0,46 e 0,55.

Han et al. (2006) compararam os limiares obtidos na audiometria comportamental com os níveis mínimos de resposta eletrofisiológica obtidos por meio dos PEAAE em 40 crianças entre 6 meses e 5 anos de idade, com diferentes graus de perda auditiva neurosensorial. Os resultados mostraram que os resultados dos PEAAE foram maiores que os comportamentais para todas as frequências testadas, com uma diferença média de 8 a 15 dB, sendo observada uma forte correlação entre ambos. Houve uma grande diferença entre os limiares dos PEAAE e limiares comportamentais em uma criança com neuropatia auditiva.

No Brasil, Duarte et al. (2008) compararam os PEAAE com a audiometria tonal numa população de crianças e adultos com perda auditiva neurosensorial e neuropatia auditiva/ dessincronia auditiva e idades variando entre 7 e 30 anos. Os resultados mostraram que no grupo com perda auditiva neurosensorial, houve uma forte correlação entre as duas técnicas, principalmente para os graus mais acentuados de perda auditiva. O grupo com neuropatia auditiva/ dessincronia auditiva mostrou ausência de resposta na maioria dos sujeitos avaliados, indicando que os PEAAE não fornecem informações adicionais que possam contribuir no diagnóstico da neuropatia auditiva/ dessincronia auditiva.

Swanepoel e Ebrahim (2008) compararam os PEAAE com os PEATE-clique em 48 lactentes e crianças com idade média de 2.8 anos, divididos em vários grupos: audição normal, perda auditiva condutiva, perda auditiva neurossensorial de grau leve a moderado e perda auditiva neurossensorial de grau severo a profundo. Somando os resultados de todos os grupos, as diferenças médias e desvios padrão entre os PEAAE nas altas freqüências e os PEATE-clique foram de 9,8 (\pm 11), 3,6 (\pm 12) e 10,5 (\pm 12) dB para 1, 2 e 4 kHz, respectivamente. As diferenças entre as médias dos PEAAE em 2-4 e 1-4 kHz, em comparação com os PEATE-clique foram de 7 (\pm 9) e 7,9 (\pm 8) dB, respectivamente. No geral, a correlação entre os resultados dos PEAAE e dos PEATE-clique foi melhor para a média de 2-4 e 1-4 kHz dos PEAAE. A média dos PEAAE em 2-4 kHz foi mais bem correlacionada com os PEATE-clique para todas as categorias de perda auditiva, exceto para o grupo com perda auditiva neurossensorial, que a melhor correlação foi com a média de 1-4 kHz dos PEAAE. As possíveis razões apontadas pelos autores foram a natureza de banda larga do clique e a configuração descendente típica das perdas auditivas cocleares.

A TAB. 1 apresentada a seguir traz uma síntese dos estudos¹ descritos nesta sessão, com o objetivo de fornecer não só um resumo da literatura pesquisada, mas também de informar o método pelo qual os PEAAE foram registrados e os valores dos coeficientes resultantes das correlações realizadas nos estudos².

¹ As referências utilizadas para a elaboração dessa tabela (TAB. 1) encontram-se na coluna "Estudos".

² Para uma leitura mais agradável, essas informações não foram acrescentadas no corpo do texto.

TABELA 1
Caracterização dos estudos com os PEAAE em crianças com deficiência auditiva neurosensorial

Estudos	Método PEAAE	Nº Sujeitos	Idade	Comparação	Coefficientes de correlação
Rance et al., 1995	Estimulação Simples; MM; coerência da fase	60	Crianças 29 m Adultos 56 anos	PEAAE x Comportamental (0.25, 0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.96, 0.97, 0.98, 0.99, 0.99
Aoyagi et al., 1999	Estimulação Simples; AM; coerência da fase	125	3 a 15 anos	PEAAE x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz) PEATE-FE 1 kHz X Comportamental (1kHz)	0.729, 0.863, 0.879, 0.915 0.863
Perez-Abalo et al., 2001	Estimulação Múltipla; AM; teste F	43	6 a 15 anos	PEAAE x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.70, 0.78, 0.82 e 0.77
Rance e Rickards, 2002	Estimulação Simples; MM; coerência da fase	211	1 a 8 meses	PEAAE x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.96, 0.97, 0.98 e 0.97
Rance e Briggs, 2002	Estimulação Simples; MM; coerência da fase	184	1 a 8 meses	PEAAE x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.86, 0.81, 0.93 e 0.89
Cone-Wesson et al., 2002	Estimulação Simples; MM; coerência da fase	51	Média 16 meses	PEATE-clique x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz) PEAAE x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.78, 0.82, 0.90 e 0.77 0.84, 0.80, 0.88 e 0.77
* Vander Werff et al., 2002	Estimulação Simples; MM; coerência da fase	28	2 semanas a 3 anos	PEAAE (média 2 e 4 kHz) x PEATE-clique PEAAE 2 kHz x PEATE-clique PEAAE 0.5 kHz x PEATE-FE 0.5 kHz	0.97 0.96 0.86
* Stueve e O'Rourke, 2003	Estimulação Simples; MM; coerência da fase	76	1 a 125 meses	PEAAE (média 1, 2 e 4 kHz) X PEATE-clique PEAAE (média 2 e 4 kHz) X PEATE-clique PEAAE 0.25 kHz X PEATE-FE 0.25 kHz PEAAE 0.5 kHz X PEATE-FE 0.5 kHz PEAAE x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.88 0.89 0.90 0.79 0.82, 0.90, 0.83 e 0.83
Swanepoel, Hugo e Roode. 2004	Estimulação Simples; MM; teste F	10	10 a 15 anos	PEAAE x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.58, 0.74, 0.68 e 0.69
* Firszt et al., 2004	Estimulação Simples; MM; coerência da fase	42	1 a 54 meses	PEAAE 2 kHz x PEATE-clique PEAAE 4 kHz x PEATE-clique PEAAE (média 2 e 4 kHz) x PEATE-clique	0.95 0.95 0.95
* Luts et al., 2004	Estimulação Múltipla; MM; teste F	10	3 a 14 meses	PEAAE 2 kHz x PEATE-clique PEAAE x Comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.77 0.92, 0.93, 0.91 e 0.93
Rance et al., 2005	Estimulação Múltipla; MM; coerência da fase	271	1 a 3 meses	PEAAE x comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.96, 0.97, 0.98 e 0.98
Han et al., 2006	Estimulação Múltipla; <i>tonepipes</i> ; teste F	40	6 meses a 5 anos	PEAAE x comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.799, 0.859, 0.894 e 0.850
Duarte et al., 2008 (BRASIL)	Estimulação Múltipla; MM; teste F	48	7 e 30 anos	PEAAE x comportamental (0.5, 1, 2 e 4 kHz)	0.88, 0.93, 0.93 e 0.88
* Swanepoel e Ebrahim, 2008	Estimulação Simples; AM; coerência da fase	48 (13 orelhas com perda auditiva neurosensorial)	2,5 meses a 11,5 anos	PEAAE 1 kHz X PEATE-clique PEAAE 2 x PEATE-clique PEAAE 4 kHz x PEATE-clique PEAAE (média 2 e 4) x PEATE-clique PEAAE (média 2 e 4) x PEATE-clique	0.51 0.54 0.24 0.54 0.65

MM = modulação mista (tons modulados em amplitude e frequência combinadas)

AM = modulação em amplitude (tons modulados somente em amplitude)

* Estudos que realizaram a comparação direta entre os PEAAE e outros potenciais evocados auditivos.

Ao final desta revisão de literatura, podemos afirmar que existe muito interesse no meio audiológico sobre a aplicação dos PEAE para estimar os limiares auditivos em neonatos, lactentes e crianças.

No entanto, Stapells (2008) chama atenção para o fato de que, além de haver poucas comparações entre os PEAE e outros potenciais evocados, algumas dessas comparações podem não ter sido realizadas sobre circunstâncias equivalentes; portanto, muitas questões ainda necessitam ser investigadas.

Um exemplo dessas comparações apontadas pelo autor é entre os PEAE e os PEATE-clique em sujeitos com perdas auditivas profundas. Os estudos têm relatado uma vantagem dos PEAE sobre os PEATE-clique, uma vez que os primeiros se encontram presentes quando os PEATE-clique estão ausentes na intensidade máxima do equipamento. No entanto, em alguns casos, as respostas dos PEAE podem ser artefatos decorrentes do efeito *aliasing*, e em outros casos, refletir respostas vestibulares e não auditivas. O fato de que os PEATE-clique e os PEAE não são testes equivalentes é muito debatida pelo autor, visto que são comparados estímulos de banda larga, que não possuem especificidade de frequência, com estímulos específicos em frequência; o que o autor metaforiza como “comparar maçãs com laranjas” (STAPELLS, 2005; 2008).

Considerando a relevância dos PEAE para a audiologia infantil, existem poucas comparações dos PEAE com os PEATE-FE, sobretudo em crianças com perda auditiva. Utilizando a metáfora de Stapells (2005; 2008), de fato, existem poucos estudos comparando “maçãs com maçãs”. É de se entender a dificuldade da realização desses estudos, visto que são confrontadas duas grandes diferenças entre as técnicas: a primeira é que os PEAE são detectados automaticamente pelo computador de forma objetiva, enquanto os PEATE-FE são detectados pela observação clínica de replicação das respostas, sendo de natureza subjetiva (STAPELLS, 2008).

Cone-Wesson et al. (2002), em estudo anteriormente descrito, realizado com crianças com perdas auditivas, observaram que as respostas dos PEAE em 1 e 2 kHz detectadas automaticamente por métodos estatísticos foram levemente elevadas em comparação com as respostas dos PEATE-clique, determinadas pela detecção visual. Por essa razão, realizaram um segundo estudo, no qual compararam os

PEAEE com os PEATE-FE nas frequências de 0.5 e 4 kHz, utilizando métodos algorítmicos de detecção desses potenciais. A amostra foi constituída por 10 adultos com audição normal, sendo as respostas dos PEATE-FE registradas tanto pela detecção visual como pela detecção automática (método Fsp³), e os PEAEE registrados pela detecção automática. Os dois exames realizados forneceram uma estimativa razoável dos limiares auditivos; porém o método de detecção afetou os níveis mínimos de resposta, estando as respostas dos PEATE-FE detectadas visualmente melhores que as detectadas pelo FSP e que as respostas dos PEAEE.

A segunda diferença entre as duas técnicas se refere à calibração dos estímulos utilizados nos dois exames. O estímulo utilizado nos PEATE-FE, assim como nos PEATE-clique, é calibrado em dB peNPS (pico equivalente nível de pressão sonora) e convertido para dB nNA (nível de audição normal) a partir da determinação de um 0 dB NA em sujeitos ouvintes. Já os estímulos utilizados para evocar PEAEE, por serem contínuos, são tomados como semelhantes aos tons puros utilizados na audiometria comportamental e mensurados de forma semelhante. Devido à proximidade entre os limiares comportamentais obtidos com os estímulos dos PEAEE e os obtidos por tons puros na audiometria, a maioria dos sistemas de PEAEE tem seus estímulos calibrados em dB NPS e dB NA. Isso contrasta com os estímulos transientes de curta duração utilizados no registro dos PEATE, que são calibrados em dB peNPS e convertidos em nNA. A conversão para nNA é empregada porque os níveis mínimos de resposta são elevados devido à curta duração do estímulo (STAPELLS et al., 2005; RANCE; TOMLIN; RICKARDS, 2006; STAPELLS, 2008).

A TAB. 2 apresenta alguns estudos⁴ que compararam os PEAEE com outros PEA e as diferenças encontradas no registro e na calibração dos estímulos utilizados nesses estudos, assim como as medidas adotadas pelos autores, quando necessárias, para conversão dos resultados, de forma que viabilizasse as comparações.

³ O método Fsp é um algoritmo de detecção automático que tem sido utilizado no registro dos PEATE. Faz uma estimativa a partir da diferença de replicação de duas ondas no domínio do tempo baseado na relação sinal-ruído das respostas registradas. F refere-se à distribuição com a qual várias estimativas serão comparadas e sp “single point” corresponde ao único ponto que fornecerá uma estimativa dessa variância (SININGER, 1993).

⁴ As referências utilizadas para a elaboração dessa tabela (TAB. 2) encontram-se na coluna “Estudos”.

TABELA 2
Variabilidade encontrada no registro e na calibração dos estímulos em estudos que compararam os PEAAE com outros potenciais evocados auditivos

Estudos	Comparação	Deteccção das Respostas	Calibração dos Estímulos	Resultados
Vander Werff et al., 2002 (crianças com perda auditiva)	PEAAE (2 e 4 kHz) x PEATE-clique PEAAE x PEATE-FE (0.5 kHz)	deteccção visual dos PEATE-clique e PEATE-FE x deteccção automática dos PEAAE	PEAAE (dB NPS e convertidos para NA usando ANSI para fones de inserção) e PEATE-clique e PEATE-FE (dB nNA determinado após calibração biológica, que determinou um 0 nNA)	Melhor correlação entre os PEAAE e o PEATE-clique (0.97 e 0.96) que entre os PEAAE e o PEATE-FE (0.86)
Cone-Wesson et al., 2002 (adultos ouvintes)	PEAAE X PEATE-FE (0.5 e 4 kHz)	deteccção visual e automática dos PEATE-FE x deteccção automática dos PEAAE	PEAAE (dB NPS convertidos para dB nNPS a partir da determinação de um 0 dB nNPS) e PEATE-FE (dB peNPS e convertidos para dB nNPS a partir da determinação de um 0 dB nNPS)	0.5 kHz: PEATE-FE deteccção visual 13 dB < deteccção automática 25 dB < PEAAE deteccção automática 40 dB.
Stueve e O'Rourke, 2003 (crianças com perda auditiva)	PEAAE (1, 2 e 4 kHz) X PEATE-clique PEAAE X PEATE-FE (0.25 e 0.5 kHz)	deteccção visual dos PEATE-clique e PEATE-FE x deteccção automática dos PEAAE	PEATE-clique e PEATE-FE (dB peNPS e convertidos para dB nNA) e PEAAE (dB NPS e convertidos para dB NA de acordo com o ANSI para fones de inserção)	PEATE-clique melhores que PEAAE em média 2 dB PEAAE piores que PEATE-FE em média 4 dB
Luts et al., 2004 (crianças com perda auditiva)	PEAAE 2 kHz x PEATE-clique	deteccção visual dos PEATE-clique x deteccção automática dos PEAAE	PEAAE (dB NPS) e PEATE-clique (dB peNPS e convertidos para nNPS a partir da determinação de um 0 dB nNPS)	Não citam diferenças entre os dois exames, apenas coeficientes de correlação. Vide Tabela 1.
Rance, Tomlin e Rickards, 2006 (neonatos ouvintes)	PEAAE x PEATE-FE (0.5 e 4 kHz)	deteccção visual dos PEATE-FE x deteccção automática dos PEAAE	PEAAE (dB NA a partir de calibração biológica realizada pelos autores) e PEATE-FE (dB nNA também a partir de calibração biológica realizada pelos autores, que determinou um 0 nNA) PEAAE (peNPS) e PEATE-FE (peNPS)	PEAAE mais elevados 4.8 dB em 0.5 kHz e 19.3 dB em 4 kHz que PEATE-FE Média dos níveis mínimos de resposta iguais (0.5 kHz: PEAAE e PEATE-FE = 52.4 dB; e 4 kHz: PEAAE= 44.8 dB e PEATE-FE= 44.2 dB) * maior variabilidade dos PEAAE
Swanepoel e Ebrahim, 2008 (lactentes e crianças com perda auditiva)	PEAAE 1, 2 e 4 kHz X PEATE-clique	deteccção visual dos PEATE-clique x deteccção automática dos PEAAE	PEAAE (dB NA: software aplica fórmula de regressão de Rance et al. (1995), todavia os autores optaram por utilizar os dados brutos) e PEATE-clique (dB nNA)	PEAAE mais elevados que PEATE-clique
Herdman e Stapells (dados não publicados) citados por STAPELLS, 2008 (crianças ouvintes)	PEAAE x PEATE-FE (2 kHz)	deteccção automática dos PEATE-FE x deteccção automática dos PEAAE	PEAAE (dB peNPS) e PEATE-FE (dB peNPS)	Média dos níveis mínimos de resposta quase idêntica (PEAAE: 29 dB, PEATE-FE: 30 dB) * maior variabilidade dos PEAAE

Para Stapells et al (2005), provavelmente, a situação da calibração dos PEAAE irá mudar, visto que as respostas dos PEAAE medidas em dB são elevadas em relação aos limiares comportamentais; além disso, não está claro como essas respostas se correlacionam com os limiares comportamentais, especialmente em neonatos e crianças. Os autores apontam também que, curiosamente, quando expressos em dB peNPS, as respostas dos PEAAE em crianças ouvintes são quase idênticas às obtidas para os PEATE-FE.

Essa semelhança das respostas dos PEAAE quando expressas em dB peNPS com as dos PEATE-FE também foi relatada por Rance, Tomlin e Rickards (2006) em uma amostra de neonatos ouvintes.

Para Stapells et al. (2005), assim como ocorre com os PEATE, as respostas dos PEAAE provavelmente refletem uma pequena porção do estímulo e não uma medida do nível de pressão sonora obtida de um estímulo contínuo, como ocorre com os tons puros na audiometria.

Comprovando que as diferenças entre o registro dos PEAAE e dos PEATE-FE (formas de detecção das respostas e calibração dos estímulos utilizados) têm implicação nos níveis mínimos de resposta obtidos, Stapells (2008) relatou dados de pesquisa realizada por ele e por Herdman e ainda não publicada, na qual registraram PEAAE e PEATE-FE em lactentes na frequência de 2 kHz detectados automaticamente e calibrados em dB peNPS com níveis mínimos de respostas quase idênticos (PEAAE: 29 dB peNPS; PEATE-FE: 30 dB peNPS). Os PEAAE, no entanto, apresentaram uma maior variabilidade que os PEATE-FE.

Segundo Rance, Tomlin e Rickards (2006), o fato de as medidas obtidas pelos PEAAE e PEATE-FE serem iguais quando expressas em dB peNPS sugere que os processos fisiológicos que geram essas respostas são dependentes dos valores de pico da onda acústica, e não diretamente da sensação auditiva. As diferentes correções e calibrações utilizadas só reforçam o fato de que as medidas obtidas por meio dos potenciais evocados auditivos não são medidas diretas de audição. Entretanto, fornecem uma estimativa muito útil da acuidade auditiva à medida que são correlacionados com os limiares auditivos comportamentais. A precisão da predição dos limiares auditivos é determinada pela consistência da

relação entre o nível mínimo de resposta do potencial evocado e o limiar comportamental. O importante é avaliar quão variável é essa relação, e nesse sentido os PEAEE têm apresentado uma maior variabilidade que os PEATE-FE, não existindo, até o momento, uma explicação plausível para esses achados, principalmente em neonatos.

Johnson e Brown (2005) apontaram que a variabilidade das respostas dos PEAEE entre adultos ouvintes e com diferentes graus de perda auditiva tem implicações importantes para a predição dos limiares comportamentais. Assim, o uso de um fator de correção baseado unicamente em resultados de sujeitos com audição normal vai superestimar os resultados em sujeitos com perda auditiva. Ao determinar um fator de correção para os PEAEE, é importante conhecer a relação entre os resultados desses potenciais e os limiares auditivos em sujeitos com audição normal e com perda auditiva. Os autores apontam que um único e constante fator de correção não será capaz de compensar essa relação, e que o uso de uma equação linear para corrigir a estimativa dos limiares auditivos pode ser mais exata, como já proposto por Rance et al. (1995).

Para Stapells (2008), a diferença referente à calibração dos estímulos na comparação dos PEAEE com outros potenciais evocados pode ser superada quando os exames são expressos em peNPS, e, em sujeitos com perdas auditivas, por meio de fórmulas de regressão e coeficientes de correlação determinados por medidas semelhantes, como por exemplo dB nNA e dB NA.

De uma forma geral, a literatura aponta os PEAEE como um exame promissor para o diagnóstico auditivo, seja de adultos, como de neonatos, lactentes e crianças. Todavia, muitas questões ainda necessitam de respostas, questões essas que abrangem desde os estímulos empregados para evocar esses potenciais; os critérios adotados pelos examinadores no registro das respostas, assim como a determinação dos padrões de normalidade para as diferentes populações e os fatores de correção a serem empregados.

Existe, portanto, a necessidade de aperfeiçoar a técnica, o que demanda mais pesquisas, assim como a necessidade de estudos visando verificar a aplicabilidade dos PEAEE em crianças com perda auditiva que utilizem medidas

equivalentes na comparação. Ainda assim, os resultados são animadores e indicam que as medidas obtidas pelos PEAAE fornecem estimativas razoavelmente precisas dos limiares comportamentais.

4 Método

4.1 Ética

O projeto de pesquisa foi encaminhado à comissão de ética do Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia (PEPG) da PUC-SP e aprovado sob o protocolo nº 113/2008 (Anexo I).

4.2 Local

O estudo foi realizado no Centro Audição na Criança (CeAC), serviço da Divisão de Estudos e Reabilitação dos Distúrbios da Comunicação (DERDIC) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP), tendo recebido aprovação do comitê de pesquisa da instituição (Anexo II).

O CeAC é referência como serviço de alta e média complexidade para diversas regiões de São Paulo, oferecendo triagem, diagnóstico e reabilitação auditiva para crianças abaixo de 3 anos de idade. É credenciado ao Sistema Único de Saúde (SUS) e foi inaugurado em 2004, mesmo ano em que foi instituída a Política de Atenção à Saúde Auditiva. Os protocolos utilizados no CeAC buscam seguir as orientações do JCIH (2007).

As crianças encaminhadas ao CeAC para avaliação auditiva passam por consulta com médico otorrinolaringologista e, em seguida, são submetidas a uma bateria de exames audiológicos, composta por: imitanciometria; emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente e produto de distorção; audiometria comportamental em campo livre ou com fones de inserção, dependendo da idade da criança e de sua capacidade de resposta, e pelos PEATE-clique, por via aérea e via óssea. Após análise dos resultados obtidos em todos os exames e confirmada a perda auditiva, a criança é encaminhada para o serviço de terapia

diagnóstica – TEDI, para seleção e adaptação do aparelho de amplificação sonora individual (AASI).

4.3 Casuística

4.3.1 Seleção e critérios de inclusão dos sujeitos

A seleção dos casos deste estudo foi determinada após análise dos prontuários das crianças com perda auditiva neurosensorial em processo final de diagnóstico no CeAC, entre julho de 2007 e agosto de 2008. A determinação do tipo de perda auditiva, se neurosensorial ou condutiva, quando não foi possível a realização da audiometria por via aérea e óssea, foi concluída pela ausência de resposta nos PEATE-clique por via óssea associada à presença de curva timpanométrica do tipo A (JEGUER, 1970).

A pesquisa dos limiares auditivos por frequências específicas, seja por meio dos PEATE-FE ou dos PEAEE, não faz parte do protocolo do CeAC. Sendo assim, quando diagnosticado um caso de surdez neurosensorial, os pais e/ou responsáveis pela criança foram informados sobre o desenvolvimento da pesquisa e convidados a participar, sendo justificada a importância da obtenção dos limiares por frequência específica na seleção e adaptação do AASI. Ao concordarem com a participação da criança no estudo, foi solicitada sua assinatura no termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo III).

A inclusão das crianças neste estudo obedeceu aos seguintes critérios:

- 1- Diagnóstico de deficiência auditiva neurosensorial definido pela equipe médica e fonoaudiológica da instituição;
- 2- Curvas timpanométricas do tipo A (JEGUER, 1970), bilateralmente, no dia da avaliação eletrofisiológica;
- 3- Emissões Otoacústicas Evocadas ausentes.

No período da coleta dos dados foram diagnosticados no CeAC 23 novos casos de perda auditiva neurossensorial com idade entre 1 e 36 meses. Destes, quatro apresentaram suspeita de Neuropatia Auditiva e dezenove, perda auditiva neurossensorial. Das crianças diagnosticadas com perda auditiva neurossensorial, duas apresentaram comprometimentos neurológicos associados à deficiência auditiva.

Foram excluídas deste estudo todas as crianças com suspeita de Neuropatia Auditiva e comprometimentos neurológicos associados à deficiência auditiva, restando então dezessete crianças com perda auditiva neurossensorial, das quais quinze participaram deste estudo, a partir da concordância de seus pais ou responsáveis.

4.3.2 Caracterização dos sujeitos

Participaram desse estudo quinze crianças na faixa etária de 2 a 36 meses (média 17 meses), totalizando 30 orelhas. O GRÁF.1 ilustra a distribuição por faixa etária das crianças que participaram deste estudo.

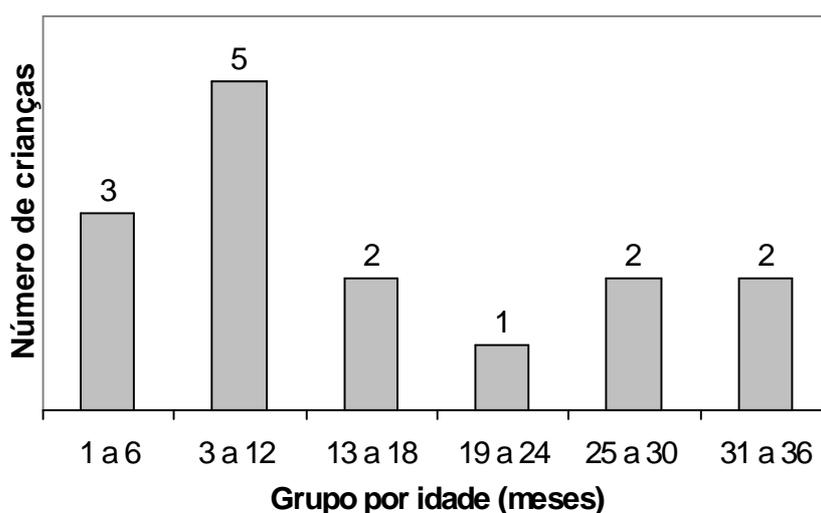


GRÁFICO 1 - Distribuição por faixa etária das crianças incluídas neste estudo
Fonte: Dados da pesquisa.

4.4 Coleta dos dados

A coleta dos dados foi realizada em dia e horário pré-agendados com os pais e/ou responsáveis, que foram orientados sobre a necessidade de as crianças adormecerem para a realização dos exames eletrofisiológicos, bem como sobre a necessidade de um período de tempo prolongado para efetivá-los. Os familiares também foram advertidos de que poderia ser necessário agendar alguns retornos para a conclusão da avaliação.

Em apenas uma criança os três exames eletrofisiológicos foram realizados no mesmo dia. As demais retornaram, no mínimo, duas e, no máximo, seis vezes para finalizar a avaliação eletrofisiológica.

4.4.1 Avaliação Comportamental

A audiometria comportamental foi realizada em uma sala acusticamente tratada. O equipamento utilizado foi um audiômetro modelo AC-33, marca *Interacoustics*, fones de inserção modelo ER-3A, uma caixa de reforço visual com bonecos iluminados e alguns brinquedos para distração.

Dependendo da idade da criança e de sua capacidade de resposta, optou-se por realizar uma audiometria de observação comportamental (*Behavior Observation Audiometry - BOA*) ou uma audiometria de reforço visual (*Visual Reinforcement Audiometry - VRA*). Foram pesquisados os limiares auditivos nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz por via aérea e via óssea, sempre que a criança assim o permitiu. A intensidade inicial pesquisada foi a julgada audível pela criança sob teste, e não excedeu 110 dB NA em todas as frequências testadas. Os limiares foram pesquisados a passos de 10 dB e confirmados a passos de 5 dB. O estímulo utilizado foi o *warble tone*, calibrado de acordo com a norma técnica ISO 389-1 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION

– ISO, 1998) e ISO 389-2 (ISO, 1994), e o nível mínimo de resposta comportamental foi a menor intensidade em que respostas consistentes foram obtidas e confirmadas.

4.4.2 Avaliação Eletrofisiológica

Assim como na audiometria comportamental, a obtenção dos níveis mínimos de resposta eletrofisiológica foi realizada numa sala acusticamente tratada.

O equipamento utilizado para a obtenção do nível mínimo de resposta por meio dos PEATE-clique, PEATE-FE e PEAAE foi o modelo “*SmartEP*” da marca *Intelligent Hearing Systems (IHS)*.

As crianças foram colocadas em uma maca ou, quando necessário, no colo do responsável, que foi então acomodado em uma cadeira com braços. A pele foi limpa com álcool, visando tirar a oleosidade para a colocação dos eletrodos de superfície. Os eletrodos de referência foram dispostos nas mastóides direita (A2) e esquerda (A1) e os eletrodos ativo (Fz) e terra (Fpz), na frente.

Os exames foram realizados em sono natural. Quando a criança acordava durante o procedimento ou permanecia em sono muito agitado, o exame era suspenso, e o responsável solicitado a tentar fazê-la dormir novamente. Não sendo possível, era marcado um retorno para dar continuidade à avaliação.

Muitas crianças tiveram dificuldade em adormecer na maca, sendo grande parte dos exames realizada com a criança adormecida no colo do responsável, o que dificultou a avaliação das duas orelhas simultaneamente no caso dos PEAAE.

4.4.2.1 Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE)

4.4.2.1.1 Estímulo

Para a pesquisa dos PEATE por via aérea (VA) e via óssea (VO), utilizou-se o estímulo clique. As características do estímulo utilizadas foram as sugeridos por Hood (1998) e adaptados para este estudo, como descrito na TAB. 3.

TABELA 3
Características do estímulo utilizado no registro do PEATE VA e VO

	VIA AÉREA	VIA ÓSSEA
Polaridade	condensada / rarefeita	alternada
Janela de análise	25 ms	25 ms
Duração	1000 μ sec	1000 μ sec
Taxa de repetição	27.7/seg	27.7/seg
Filtros	100 – 3000 Hz	100 – 3000 Hz

Fonte: Adaptado de HOOD (1998).

4.4.2.1.2 Registro

O nível mínimo de resposta foi pesquisado em ambas as orelhas. Houve um decréscimo de 20 em 20 dB nNA enquanto as respostas permaneceram presentes, e um acréscimo de 10 em 10 dB nNA quando elas se ausentaram. A intensidade máxima pesquisada para a VA foi de 90 dB nNA, e para a VO foi de 60 dB nNA, sendo o critério para determinar a presença de resposta a identificação visual da onda V e sua reprodutibilidade. O número mínimo de *sweeps* foi ajustado para 1000 *sweeps*.

4.4.2.2 Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por Frequência Específica (PEATE-FE)

4.4.2.2.1 Estímulo

Os estímulos utilizados foram *tonepipes* de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, sendo utilizadas as características sugeridas por Hood (1998) e adaptadas para este estudo, como descrito na TAB. 4.

TABELA 4
Características dos estímulos utilizados no registro do PEATE-FE

	FREQUÊNCIAS			
	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Polaridade	condensada	condensada	condensada	condensada
Janela de análise	24ms	24 ms	24ms	24ms
Duração	8000 μ sec	4000 μ sec	2000 μ sec	1000 μ sec
Ciclos	4	4	4	4
Envelope	<i>Blackman</i>	<i>Blackman</i>	<i>Blackman</i>	<i>Blackman</i>
Taxa de repetição	39.1/s	39.1/s	39.1/s	39.1/s
Filtros	30–1500 Hz	30–3000 Hz	30–3000 Hz	30–3000 Hz

Fonte: Adaptado de HOOD (1998).

4.4.2.2.2 Registro

O nível mínimo de resposta foi pesquisado nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz em ambas as orelhas. Houve um decréscimo de 20 em 20 dB nNA enquanto as respostas permaneceram presentes, e um acréscimo de 10 em 10 dB nNA quando elas se ausentaram. A intensidade inicial pesquisada era aquela julgada audível pelo sujeito com base na avaliação comportamental, sendo a identificação visual da onda V e sua reprodutibilidade o critério utilizado para a determinação de

presença de resposta. A intensidade máxima testada foi de 90 dB nNA, e o número mínimo de *sweeps* ajustado para 1000 *sweeps*.

4.4.2.3 Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável (PEAEE)

4.4.2.3.1 Estímulo

Cada estímulo utilizado consistiu da combinação múltipla simultânea de quatro *tonepipes* portadores das frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, nas frequências de modulação de, aproximadamente, 77, 85, 93 e 101 Hz na orelha esquerda e de 79, 87, 95 e 103 Hz na orelha direita.

4.4.2.3.2 Registro

O nível mínimo de resposta foi pesquisado nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz simultaneamente em ambas as orelhas. Houve um decréscimo de 10 em 10 dB NPS enquanto as respostas permaneceram presentes, e um acréscimo de 5 em 5 dB NPS quando elas se ausentaram. Quando não eram obtidas respostas em todas as frequências simultaneamente, aquela que não apresentava resposta era pesquisada isoladamente. Conforme as respostas eram observadas e mantinham-se presentes após duas varreduras consecutivas, com o ruído elétrico permanecendo menor que 0.05 μV , o exame era interrompido, essas frequências retiradas e a pesquisa nas demais frequências reiniciada, na mesma intensidade.

Cada estímulo múltiplo simultâneo foi apresentado bilateralmente por meio de fones de inserção ER-3A. Quando não era possível a pesquisa bilateral, esta era realizada unilateralmente. A intensidade inicial pesquisada foi aquela julgada

audível pelo sujeito com base na avaliação comportamental, sendo 110 dB NPS a intensidade máxima testada.

O número máximo de estímulos foi ajustado para 400 *sweeps*, com duração de 1.024 s cada, divididos em 20 varreduras de 20 *sweeps* cada uma. As amostras do EEG colhidas após 20 *sweeps*, ou seja, uma varredura, foram filtradas com filtro de 30-3000 Hz, amplificadas com um ganho de 1000.0 K e, em seguida, processadas utilizando uma taxa de conversão A/D de 20 kHz. Após cada varredura, a Transformação Rápida de Fourier (FFT) foi realizada automaticamente pelo *software*, mostrando o resultado obtido em um lote polar e em um espectro de frequências. O teste F calculou a probabilidade de a amplitude da resposta ser significativamente diferente da amplitude média do ruído de fundo na frequência de modulação, assim como da amplitude média do ruído de fundo nas *sidebins*. Quando a relação sinal-ruído era maior que 6.13 dB ($p = 0.05$) nas duas condições, o sinal era considerado uma resposta (HAN et al., 2006; MO; STAPELLS, 2008).

O sistema *SmartEP ASSR* determina a presença de resposta de uma forma semelhante à técnica utilizada pelo sistema *MASTER*, porém mais conservadora. Ambos os sistemas, embora semelhantes, apresentam duas diferenças principais. A primeira é que o *SmartEP ASSR* utiliza um menor número de *sidebins* de ruído quando comparado ao *MASTER* (10 versus 120), que garante um grau menor de liberdade para os resultados do teste F. A segunda diferença é que o *SmartEP ASSR* calcula duas medidas de ruído: a primeira usa o ruído das *sidebins* semelhante ao *MASTER*, e a segunda usa o ruído de fundo da frequência de modulação, calculado por uma estimativa realizada a partir da diferença de replicação de duas ondas no domínio do tempo. Essa estimativa extra de ruído tem sido usada para estimar o ruído residual nos PEATE (método Fsp), sendo que sua utilização na detecção dos PEAE é única. Como duas medidas da relação sinal-ruído são calculadas, ambas devem ser significativas para que o sistema decida se a resposta está ou não presente (MO; STAPELLS, 2008).

A FIG. 8 mostra a janela de análise do sistema *SmartEP ASSR* e as duas medidas da relação sinal-ruído realizadas pelo equipamento. Ambas devem ser maiores que 6.13 dB para que o sistema considere a presença de resposta.

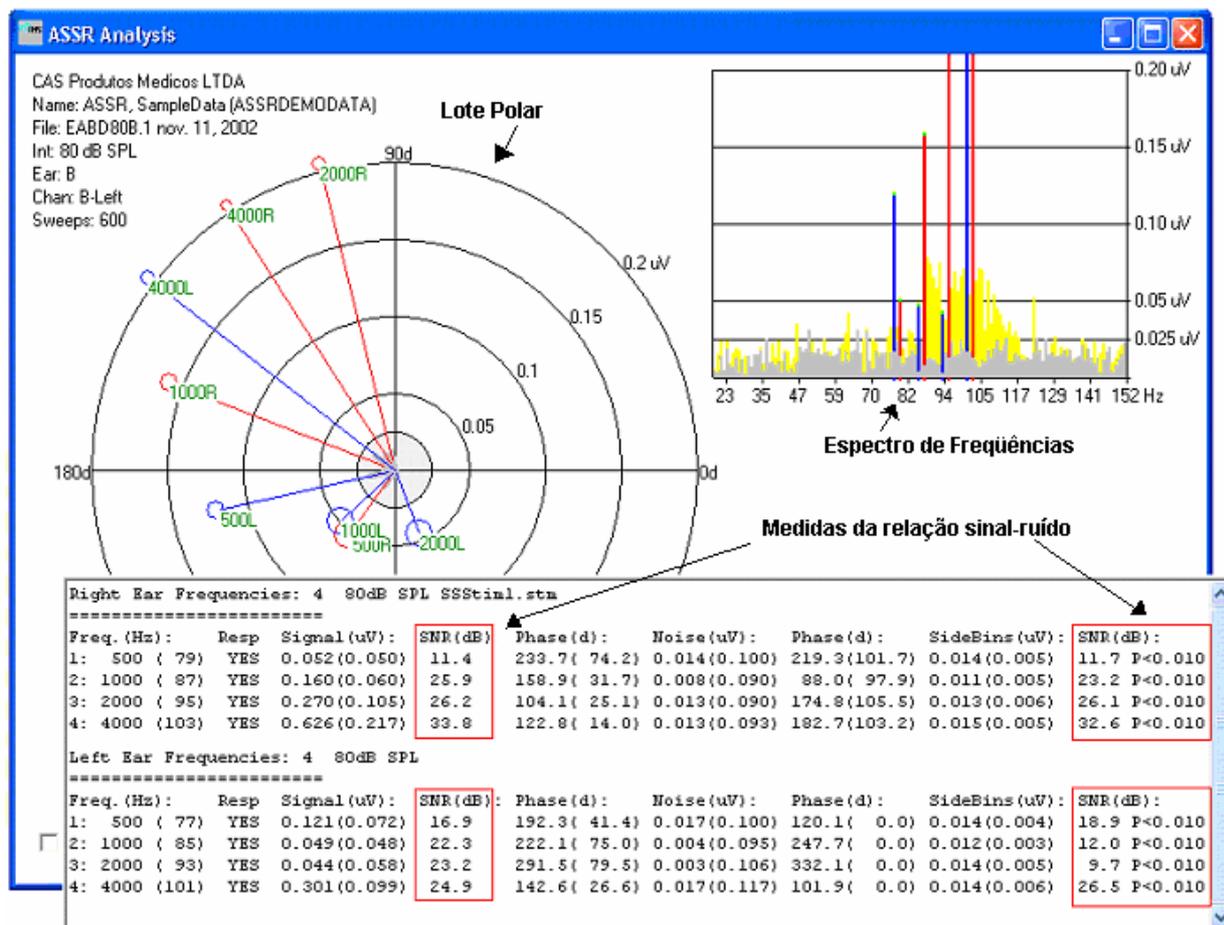


FIGURA 8 - Duas medidas da relação sinal-ruído realizadas pelo sistema *SmartEP ASSR*
Fonte: INTELIGENTE HEARING SYSTEMS, 2008.

TABELA 5
Parâmetros para o registro dos PEAE

CARACTERÍSTICAS DO ESTÍMULO	
Tipo de estímulo	<i>Tonepipes</i>
Frequências portadoras	500, 1000, 2000 e 4000 kHz
Taxas de repetição	77, 85, 93 e 101 (OE) e 79, 87, 95 e 103 (OD)
Número máximo de estímulos	400 <i>sweeps</i>
Envelope	<i>Blackman</i>
Intensidade máxima	110 dB NPS
Filtros	30 – 3000 Hz
REGISTRO DAS RESPOSTAS	
RSR	> 6.13 dB
RSR <i>sidebins</i>	> 6.13 dB
Amplitude do sinal	> 0.0125 μ V
Amplitude do ruído	< 0.05 μ V

Fonte: Dados da pesquisa.

4.5 Conversão dos resultados

Os resultados da VRA foram obtidos em dB NA. No caso dos PEATE-clique e PEATE-FE, pela possibilidade de o equipamento já registrar esses potenciais em dB nNa, não foi necessária nenhuma conversão para viabilizar as comparações.

Os PEAE foram registrados em dB NPS. O sistema *SmartASSR* fornece uma correção dada em dBcg - dB corrigido, baseada numa avaliação comportamental realizada em sujeitos ouvintes. No entanto, em função dos achados da literatura sobre a variabilidade da diferença entre os limiares comportamentais e as respostas dos PEAE em sujeitos ouvintes e sujeitos com perdas auditivas, não foi utilizado o dBcg fornecido pelo equipamento.

Os resultados dos PEAE foram transformados de dB NPS para dB NA de acordo com a norma ISO 389-2 para fones de inserção, com as correções de -6, -0, -3 e -6 dB, respectivamente para os tons de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, critério

semelhante ao adotado por Vander Werff et al. (2002) e Stueve e O'Rourke (2003); e igual ao adotado por Han et al. (2006), que também utilizaram o sistema *SmartASSR*.

Dessa forma, buscou-se superar as diferenças de calibração entre os exames, possibilitando sua comparação, uma vez que expressos em medidas semelhantes – dB nNA e dB NA, conforme sugerido por Stapells (2008).

4.6 Análise dos resultados

Os níveis mínimos de resposta (NMR) obtidos na VRA e no registro dos PEATE-clique, PEATE-FE e PEAEF foram comparados e analisados estatisticamente.

Para cada um dos exames realizados, a comparação entre os pares foi organizada da seguinte forma:

- 1 - PEAEF nas frequências 1, 2 e 4 kHz X PEATE-clique;
- 2 - PEAEF X PEATE-FE nas frequências 0.5, 1, 2 e 4 kHz;
- 3 - PEAEF X VRA nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz.

No estudo da concordância entre os valores obtidos em cada par de testes, foram construídos diagramas de dispersão das respostas, sendo a concordância medida por meio do coeficiente de correlação intraclassa (FLEISS, 1986).

Nos diagramas de dispersão foram representadas as retas cujos pontos representam igual resposta nos dois testes. Se os pontos que representam as respostas obtidas nos dois testes estão próximos a essa reta, temos indicação de concordância entre ambos. O coeficiente de correlação intraclassa varia de 0 a 1, sendo que, de forma geral, valores maiores que 0,81 indicam forte concordância entre as observações nos dois testes; valores entre 0,61 e 0,80 indicam boa

concordância; valores entre 0,40 e 0,60 indicam concordância moderada e valores inferiores a 0,39 indicam concordância fraca (FLEISS, 1986).

Na comparação entre a VRA e os PEAAE foram calculados os valores das estatísticas descritivas: média e desvio padrão dos níveis mínimos de resposta (NMR) dos testes e de suas diferenças.

Os testes PEATE-clique e PEATE-FE foram comparados com os PEAAE quanto à probabilidade de ocorrência de resposta. Para isso, foram construídas tabelas com as distribuições de frequências e porcentagens conjuntas desses testes, sendo as probabilidades de ocorrência de resposta comparadas por meio do teste de McNemar (ALTMAN, 1992).

Toda a análise foi feita por frequência, e nos testes de hipótese foi fixado nível de significância de 5%.

Os aplicativos estatísticos utilizados foram: Minitab versão 15 e SPSS versão 11.

5 Resultados e discussão

O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade dos PEAAE para estimar a audição residual de crianças com perda auditiva neurossensorial, comparando-os com os outros procedimentos disponíveis para esta avaliação.

Numa primeira fase, as respostas dos PEAAE foram comparadas com as dos PEATE-clique. Embora os PEATE-clique não forneçam a configuração audiométrica e sua comparação com os PEAAE seja bastante questionada (STAPELLS, 2005; 2008), os primeiros têm sido amplamente utilizados na clínica audiológica com essa finalidade, dentre outras aplicações, principalmente no Brasil, onde, em geral, a pesquisa dos limiares auditivos por meio dos PEATE-FE ainda não é uma realidade.

Com o intuito de superar algumas das limitações na comparação desses potenciais, a segunda fase deste estudo comparou os PEAAE com os PEATE-FE nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, atual padrão-ouro na avaliação de crianças que ainda não respondem a avaliação comportamental com procedimentos condicionados, segundo o JCIH (2007).

Já a terceira e última fase comparou os PEAAE com a VRA, padrão-ouro da clínica audiológica, sendo esta realizada apenas quando foi possível.

Os resultados dos quinze casos avaliados (30 orelhas) são apresentados na TAB. 6.

TABELA 6
Planilha dos resultados

Caso	Provável etiologia	Exame	Orelha Esquerda				Orelha Direita			
			500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	hereditariedade	PEAEE	54	60	57	59	49	55	52	64
		PEATE-FE	50	50	60	70	60	70	70	80
		PEATE			50				60	
		VRA	45	50	50	60	40	45	50	55
2*	anóxia	PEAEE	74	85	77	74	64	70	82	99
		PEATE-FE	70	70	70	90	60	60	70	80
		PEATE			70				70	
		VRA					55	60	80	95
3*	ototóxico	PEAEE	64	70	67	69	49	65	57	84
		PEATE-FE	80	70	70	80	70	70	70	80
		PEATE			70				70	
		VRA					70	70	70	100
4	meningite	PEAEE	84	80	82	79	79	90	107	89
		PEATE-FE	80	70	70	80	70	↓90	↓90	↓90
		PEATE			70				↓90	
		VRA	80	85	95	95	85	80	80	85
5*	desconhecida	PEAEE	64	85	92	89	74	80	77	74
		PEATE-FE	70	70	80	↓90	↓90	80	80	80
		PEATE			70				70	
		VRA								
6	hereditariedade	PEAEE	79	90	107	104	79	90	87	84
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	90	↓90	↓90	↓90
		PEATE			↓90				↓90	
		VRA	90	95	105	↓110	85	95	90	↓110
7	desconhecida	PEAEE	79	100	↓107	104	99	105	↓107	105
		PEATE-FE	80	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90
		PEATE			↓90				↓90	
		VRA	60	↓110	110	105	100	105	110	105
8*	anóxia	PEAEE	104	110	107	104	89	95	92	89
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	80	80	80	90
		PEATE			↓90				80	
		VRA					85	90	↓110	↓110
9*	genética	PEAEE	104	105	102	99	89	90	87	79
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90
		PEATE			↓90				90	
		VRA					85	90	85	90
10	desconhecida	PEAEE	104	100	↓107	↓104	104	100	87	↓104
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90
		PEATE			↓90				↓90	
		VRA	110	105	110	↓110	100	95	90	95
11*	ototóxico	PEAEE	99	100	97	94	104	100	107	94
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90
		PEATE			↓90				↓90	
		VRA	105	↓110	↓110	↓110				
12*	desconhecida	PEAEE	94	95	97	↓104	94	100	97	94
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90
		PEATE			↓90				↓90	
		VRA	100	↓110	↓110	↓110				
13	desconhecida	PEAEE	94	95	102	99	99	100	102	104
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90
		PEATE			↓90				↓90	
		VRA	100	100	↓110	↓110	↓110	↓110	↓110	↓110
14	hereditariedade	PEAEE	74	90	82	84	84	↓110	↓107	↓104
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90	↓90
		PEATE			↓90				↓90	
		VRA	80	85	90	↓110	100	↓110	↓110	↓110
15	hereditariedade	PEAEE	99	100	92	99	59	70	67	59
		PEATE-FE	↓90	↓90	↓90	↓90	60	60	60	70
		PEATE			↓90				60	
		VRA	110	110	↓110	↓110	60	60	70	70

PEAEE e VRA expressos em dB NA; PEATE e PEATE-FE expressos em dB nNa.

* Casos em que a VRA foi realizada em campo e os dados comparados com a melhor orelha.

♦ Caso em que não foi possível a realização da VRA, dada a idade da criança – 2 meses.

Fonte: Dados da pesquisa.

5.1 Comparação entre PEAAE e PEATE-clique

Os NMR dos PEATE-clique foram comparados com os NMR dos PEAAE nas frequências de 1, 2 e 4 kHz; e também com a média de 1-2, 1-4 e 1-2-4 kHz. As frequências de 1, 2 e 4 kHz dos PEAAE foram selecionadas porque o resultado dos PEATE-clique, em muitos casos, pode corresponder à melhor resposta entre 1 e 4 kHz (STAPELLS, 1989).

Foram realizadas doze comparações entre os pares. Os coeficientes de correlação intraclasse encontrados entre os PEATE-clique e os PEAAE são apresentados na TAB. 7.

TABELA 7
Coeficientes de correlação intraclasse observados entre os PEATE-clique (dB nNA) e os PEAAE (dB NA)

Frequência (kHz)	Coefficiente
1	0,70
2	0,64
4	0,49
1 e 2	0,69
2 e 4	0,63
1, 2 e 4	0,68

Fonte: Dados da pesquisa.

Os coeficientes encontrados apontam uma boa concordância entre os PEATE-clique e os PEAAE nas altas frequências, como já relatado por Vander Werff et al. (2002), Firszt et al. (2004) e Luts et al. (2004), autores que compararam os PEATE-clique com os PEAAE nas frequências de 2 e 4 kHz; e Stueve e O'Rourke (2003) e Swanepoel e Ebrahim (2008), que incluíram a frequência de 1 kHz na comparação.

No geral, as repostas dos PEAAE apresentaram-se mais elevadas que as dos PEATE-clique, como já relatado por Luts et al. (2004). Esses autores observaram que, para a frequência de 2 kHz, os limiares auditivos puderam ser previstos com uma precisão um pouco maior utilizando os PEATE-clique do que com os PEAAE. Esses achados também foram observados por Cone-Wesson et

al. (2002) para as frequências de 1 e 2 kHz. Possivelmente, esses achados estão relacionados à melhor sincronia neural para cliques que para tons modulados, e no caso desse estudo, *tonepipes*; e também ao método de detecção de respostas utilizado: PEAAE baseados em testes estatísticos, e os PEATE-clique na observação do avaliador (CONE-WESSON et al., 2002).

No presente estudo a melhor correlação entre PEATE-clique e PEAAE ocorreu na frequência de 1 kHz (0.70), seguida da média de 1-2 kHz (0.69) e da média de 1-2-4 kHz (0.68). A pior correlação foi com a frequência de 4 kHz (0.49). Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Swanepoel e Ebrahim (2008) em um grupo com perda auditiva neurossensorial.

Os coeficientes encontrados em estudos anteriores variaram de 0.77 a 0.95 (VANDER WERFF et al., 2002; FIRSZT et al., 2004; LUTS et al., 2004), sendo melhores do que os obtidos no presente estudo, que variaram de 0.49 a 0.70. Todavia, os coeficientes obtidos por Swanepoel e Ebrahim (2008) na população com perda auditiva neurossensorial foram, em média, inferiores aos obtidos neste estudo, estando entre 0.24 e 0.65.

A variabilidade entre os coeficientes obtidos nos diferentes estudos pode ser atribuída às diferentes metodologias empregadas, como também às configurações das perdas auditivas que constituíram as amostras. Como os PEATE-clique podem corresponder à melhor resposta entre 1 e 4 kHz (OATES; STAPPELLS, 1988), uma amostra constituída por um maior número de perdas auditivas com configurações descendentes, por exemplo, pode apresentar melhor correlação com os PEAAE para a frequência de 1 kHz.

Swanepoel e Ebrahim (2008) encontraram uma melhor correlação dos PEATE-clique com os PEAAE para as frequências de 2-4 kHz em sujeitos com audição normal e com perdas auditivas condutivas. No entanto, nos sujeitos com perdas auditivas neurossensoriais, a melhor correlação foi para a média de 1-4 kHz.

O clique, em geral, tem sua concentração de energia entre 2 e 4 kHz, indicando perdas auditivas para as altas frequências; mas, em casos de perdas auditivas descendentes, sua natureza de banda larga pode representar as

freqüências baixas (STAPELLS, 1989; SWANEPOEL e EBRAHIM, 2008). Os casos 1, 2 e 15, ilustrados na FIG. 9, são típicos exemplos dessa relação.

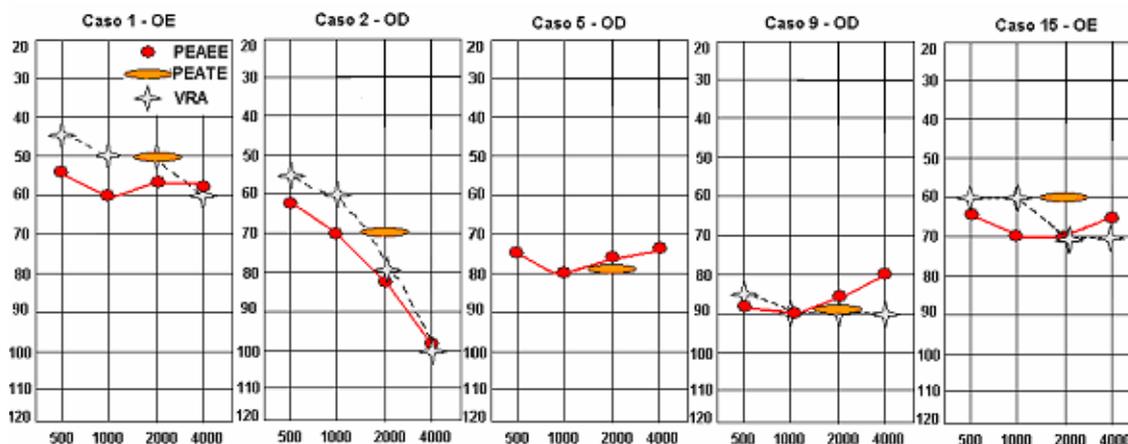


FIGURA 9 – Exemplos de casos da comparação PEATE-clique X PEAAE I
Fonte: Dados da pesquisa.

Vale ainda ressaltar que, embora os PEATE-clique sejam amplamente utilizados na rotina clínica para estimar os limiares auditivos, sua relação com os limiares comportamentais não é sempre exata. Estudos das décadas de 1970 e 1980 já relatavam correlações variando de 0.40 a 0.75 entre os resultados dos PEATE-clique e os limiares comportamentais (JERGER; MAULDIN, 1978; GORGA et al., 1985).

Para Stapells (2008), os PEATE-clique podem se correlacionar bem com as freqüências de 1, 2 e 4 kHz, mas não refletem com exatidão uma única porção da cóclea, sendo essa relação muito variável.

Cone-Wesson et al. (2002) mostraram fortes correlações entre PEATE-clique e PEAAE nas freqüências de 1, 2 e 4 kHz e também na freqüência de 0.5 kHz (0.78), demonstrando que os PEATE-clique podem estimar a audição residual em qualquer freqüência entre 0.5 e 4 kHz, e, portanto, ser comparados aos PEAAE em todas as freqüências.

Muitos estudos têm apontado uma vantagem dos PEAAE para estimar a audição residual em perdas auditivas de grau profundo que apresentam ausência

de respostas nos PEATE-clique (RANCE et al.,1998; FIRSZT et al., 2004; STUEVE; O'ROUKE, 2003).

Nos achados deste estudo os PEAAE indicaram uma quantidade residual de audição na ausência de registro dos PEATE-clique, como nos casos ilustrados na FIG. 10.

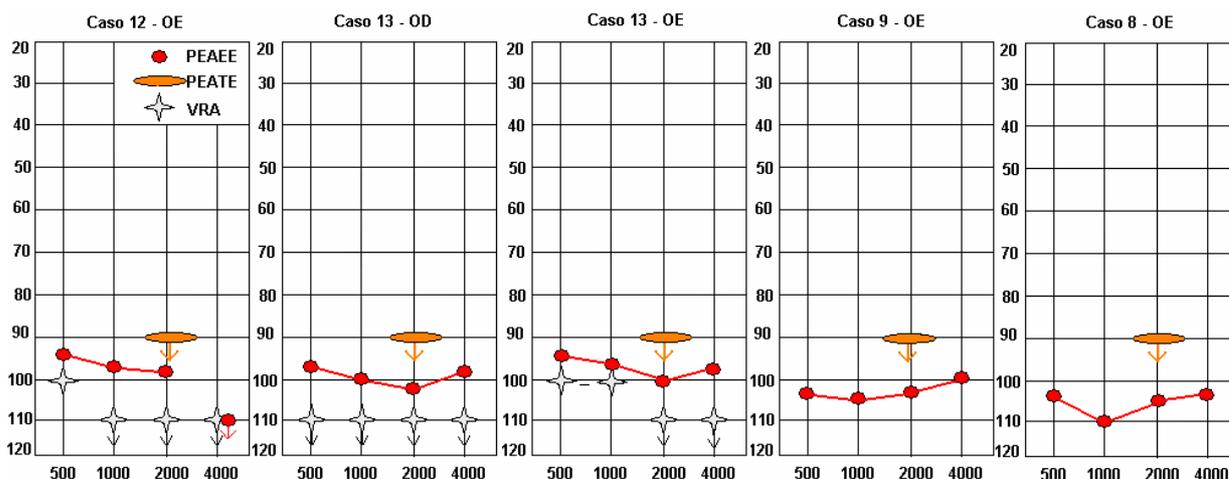


FIGURA 10 – Exemplos de casos da comparação PEATE-clique X PEAAE II
Fonte: Dados da pesquisa.

Quando comparados os dois testes quanto à probabilidade de resposta, os PEAAE apresentaram uma probabilidade maior que os PEATE-clique. Os resultados são apresentados na TAB. 8.

Para exemplificar a interpretação dessa tabela, considere-se a frequência de 1 kHz. Das 30 orelhas, uma (3,3%) apresentou resposta ausente nos PEAAE e nos PEATE-clique; dezessete (56,7%) apresentaram resposta presente nos PEAAE e ausente nos PEATE-clique, e doze (40%), resposta presente nos dois testes. Observando as marginais da tabela, nos PEATE-clique a resposta foi ausente em dezoito orelhas (60%) e presente em doze (40%); nos PEAAE a resposta foi ausente em uma orelha (3,3%) e presente em 27 (96,7%).

Abaixo de cada sessão da tabela encontra-se o p-valor obtido no teste de Mc Nemar, o qual compara as probabilidades de presença nos dois testes, considerando que ambos são aplicados nas mesmas orelhas. Nas três frequências foi obtido $p=0,000$, indicando que a probabilidade de ocorrência de

resposta presente nos dois exames não são iguais, sendo a probabilidade nos PEAAE maior que nos PEATE-clique.

TABELA 8

Distribuições de freqüências e porcentagens conjuntas da presença de resposta no PEAAE e PEATE nas freqüências de 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz

1000 Hz

PEATE	PEAAE		Total
	Ausente	Presente	
Ausente	1	17	18
	3,30%	56,70%	60,00%
Presente		12	12
		40,00%	40,00%
Total	1	29	30
	3,30%	96,70%	100,00%

p= 0,000

2000 Hz

PEATE	PEAAE		Total
	Ausente	Presente	
Ausente	4	14	18
	13,30%	46,70%	60,00%
Presente		12	12
		40,00%	40,00%
Total	4	26	30
	13,30%	86,70%	100,00%

p= 0,000

4000 Hz

PEATE	PEAAE		Total
	Ausente	Presente	
Ausente	4	14	18
	13,30%	46,70%	60,00%
Presente		12	12
		40,00%	40,00%
Total	4	26	30
	13,30%	86,70%	100,00%

p= 0,000

Fonte: Dados da pesquisa.

É de consenso que os registros dos PEATE-clique são limitados à pesquisa de fortes intensidades. O valor máximo de intensidade disponível em grande parte dos equipamentos é de 90 dB nNA, o que não é suficiente para mensurar de forma adequada as perdas auditivas de grau profundo (RANCE et al., 1998).

Já os estímulos de natureza contínua utilizados no registro dos PEAAE possibilitam a pesquisa dos limiares auditivos em intensidades superiores às dos PEATE-clique. No entanto, há relatos de artefatos e a suposta presença de respostas vestibulares quando os PEAAE são apresentados em fortes intensidades (GORGA et al., 2004; SMALL; STAPELLS, 2004).

Não há, até o momento, nenhum relato de artefatos em fortes intensidades com o sistema utilizado neste estudo. No entanto, pela impossibilidade da realização da VRA com fones de inserção em muitos casos, não se pode excluir a possibilidade de artefatos presentes, como nos casos 8 e 9 ilustrados na FIG.10, em que a VRA não foi realizada, ou nos casos 12 e 13, nos quais há respostas presentes nos PEAAE quando a VRA é ausente.

É evidente, porém, que nos casos em que as respostas dos PEATE-clique estiveram presentes, as respostas dos PEAAE indicaram melhor audição residual, como nos casos ilustrados na FIG. 9.

Há também que se destacar que alguns estudos têm sugerido que as decisões sobre encaminhamento para o implante coclear são reforçadas com a realização dos PEAAE, assim como a decisão a respeito da orelha em que será realizado o implante (FIRSZT et al., 2004; RANCE et al., 1998; STUEVE; O'ROURKE, 2003).

De fato, embora os PEAAE não sejam realizados rotineiramente na clínica aqui em foco, e mesmo este estudo sendo de caráter experimental, esses potenciais acrescentaram informações importantes. Interpretados em conjunto com os outros procedimentos, possibilitaram o encaminhamento para o implante coclear, como é o caso das crianças 8 e 9, que aguardam a cirurgia na orelha esquerda, e das crianças 11 e 12, também em espera para serem implantadas. Em todos esses casos a VRA não pôde ser realizada com fones de inserção.

Como bem ilustrado nos casos da FIG. 9, os resultados encontrados demonstram que os PEAAE podem fornecer estimativas da audição nas freqüências de 1, 2 e 4 kHz semelhantes às encontradas com os PEATE-clique, como já relatado por Vander Werff et al. (2002), Cone-Wesson et al., (2002), Stueve e O'Rourke (2003), Firszt et al. (2004), Luts et al. (2004) e Swanepoel e Ebrahim (2008).

Esses achados demonstram uma confiabilidade na condição dos PEAAE para estimar a audição nas altas freqüências, possibilitando sua utilização em crianças, quando a audiometria comportamental não é possível.

5.2 Comparação entre PEAAE e PEATE-FE

Os NMR dos PEAAE foram comparados com os NMR dos PEATE-FE nas freqüências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz. No total, 45 NMR dos PEAAE foram comparados com seus respectivos pares de PEATE-FE, sendo treze pares para 0.5 kHz, onze pares para 1 e 2 kHz e dez pares para 4 kHz.

Dado o pequeno número de casos em que a VRA pôde ser realizada nas crianças com respostas presentes nos PEATE-FE, a comparação deste com os limiares comportamentais não foi analisada estatisticamente. Os resultados dos PEAAE foram comparados com os dos PEATE-FE, apresentando-se, no geral, mais elevados. Entretanto, o contrário foi observado em duas orelhas (casos 1 e 3 da FIG. 11).

Há fortes evidências na literatura de que os PEATE-FE são registrados dentro de 10 a 20 dB dos limiares comportamentais (STAPELLS; GRAVEL; MARTIN, 1995; STAPELLS, 2000a). No entanto, estudos têm relatado que, em casos de perdas auditivas descendentes, os PEATE-FE podem superestimar os limiares auditivos, fornecendo uma estimativa equivocada da audição (STAPELLS et al., 1990; JOHNSON; BROWN, 2005).

Observando a FIG. 11, é notável a configuração descendente das perdas auditivas, o que coincide com os relatos de Johnson e Brown (2005) para esse tipo de configuração, segundo as quais as respostas dos PEAAE foram registradas mais próximas dos limiares comportamentais que as dos PEATE-FE.

Para Johnson e Brown (2005), esses achados refletem uma excitação mais ampla da cóclea pelos PEATE-FE que pelos PEAAE, dada a natureza rápida e curta dos *tonepips*, que estimulam uma região maior da cóclea, diferentemente de um tom puro modulado, que estimula uma região mais específica.

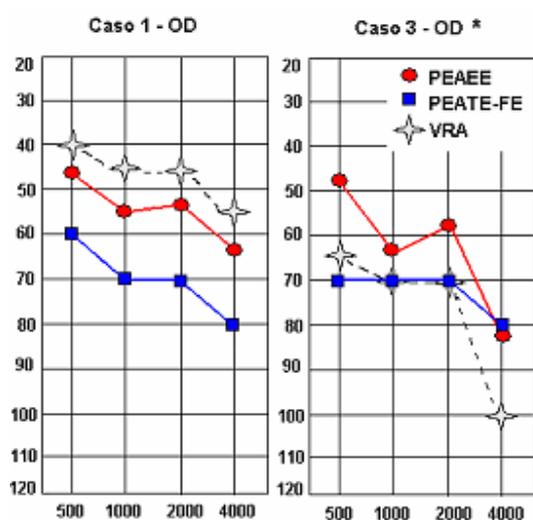


FIGURA 11 – Exemplos de casos da comparação PEATE-FE X PEAAE I
 Fonte: Dados da pesquisa.
 * VRA realizada em campo

Os resultados encontrados neste estudo para os PEAAE foram correlacionados com os resultados dos PEATE-FE nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz. Johnson e Brown (2005), ao correlacionarem seus achados, relataram maior dispersão nos resultados das perdas auditivas descendentes. Por esse motivo, e em razão do limitado número de casos do presente estudo, optou-se por realizar aqui a correlação com e sem as duas orelhas apresentadas acima, visando não comprometer os achados. Os resultados da correlação entre PEATE-FE e PEAAE são apresentados na TAB. 9, e os gráficos de dispersão são apresentados no GRÁF. 2.

TABELA 9
Coeficientes de correlação intraclassa observados entre os PEAE (dB NA) e PEATE-FE (dB nNA)

Frequência (kHz)	Coeficiente	Coeficiente (sem 2 orelhas)
0,5	0,69	0,77
1	0,51	0,60
2	0,54	0,66
4	0,44	0,50

Fonte: dados da pesquisa.

Os coeficientes de correlação intraclassa encontrados apontam uma concordância moderada entre PEAE e PEATE-FE nas frequências analisadas. Excluindo as duas orelhas, os valores dos coeficientes aumentam, e a concordância passa a ser boa.

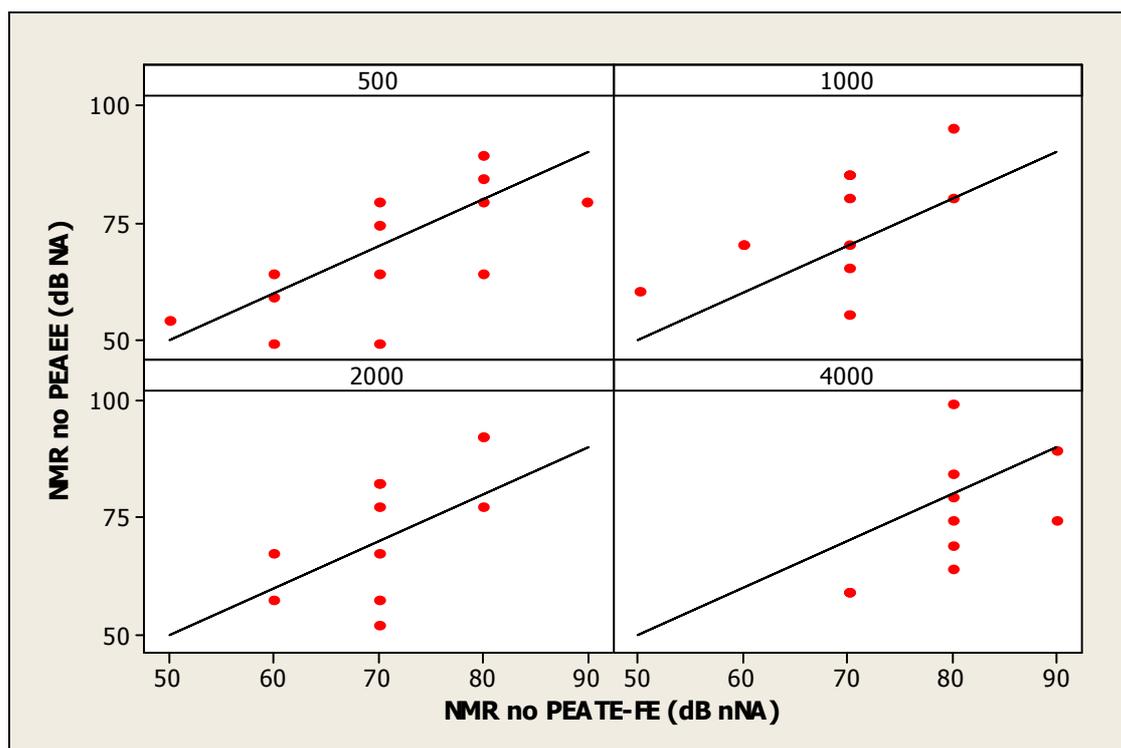


GRÁFICO 2 - Diagramas de dispersão dos NMR nos PEAE (dB NA) e nos PEATE-FE (dB nNA) nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz

Fonte: Dados da pesquisa.

Importante destacar que os poucos estudos que correlacionaram PEAAE com PEATE-FE em crianças com perda auditiva priorizaram somente as freqüências graves (AOYAGI et al., 1999; WANDER WERFF et al., 2002 e STUEVE; O'ROUKE, 2003).

Aoyagi et al. (1999) compararam os PEATE-FE e os PEAAE com os limiares comportamentais na freqüência de 1 kHz. O coeficiente obtido para os PEAAE e os limiares comportamentais ($r = 0.863$, $n = 169$) foi superior ao obtido pelos PEATE-FE ($r = 0.828$, $n = 93$). As duas técnicas – PEAAE e PEATE-FE –, entretanto, não foram diretamente comparadas.

PEAAE e PEATE-FE foram diretamente correlacionados na freqüência de 0.5 kHz por Vander Werff et al. (2002), mostrando uma forte concordância (0.86); e por Stueve e O'Rourke (2003) nas freqüências de 0.25 e 0.5 kHz, também indicando fortes concordâncias: 0.90 e 0.79, respectivamente.

O coeficiente encontrado neste estudo para a freqüência de 0.5 kHz (0.77) é muito próximo ao encontrado por Stueve e O'Rourke (2003): 0.79, mostrando boa concordância entre as duas técnicas para esta freqüência. Da mesma forma, os coeficientes obtidos, no presente estudo, para as freqüências de 1, 2 e 4 kHz (0.60, 0.66 e 0.50) apontam boas concordâncias entre as duas técnicas, com coeficientes próximos aos encontrados neste mesmo estudo na comparação dos PEAAE com os PEATE-clique (0.63 – 0.70).

Importante destacar também que a forma de registro desses potenciais pode ter influenciado a diferença entre os NMR obtidos pelas duas técnicas. A presença de resposta nos PEAAE foi determinada automaticamente pelo sistema e pesquisada a passos de 5 dB. Em contrapartida, os PEATE-FE foram registrados com base na observação do avaliador e obtidos a passos de 10 dB. Em média, a literatura aponta que os PEAAE são 2 dB mais elevados quando pesquisados a passos de 10 dB que quando pesquisados a passos de 5 dB (LUTS; WOUTERS, 2004). Porém, muito provavelmente isso não interferiu de forma significativa nos coeficientes aqui encontrados.

Já quanto ao método de detecção das respostas, Cone-Wesson et al. (2002) mostraram que, quando determinadas visualmente, as respostas

eletrofisiológicas encontram-se significativamente melhores que as detectadas automaticamente por testes estatísticos.

Outro fator que deve ser considerado diz respeito às diferentes unidades de calibração dos estímulos utilizados. Rance, Tomlin e Rickards (2006) observaram que, quando comparadas aos PEATE-FE em neonatos ouvintes, as respostas mais elevadas para os PEAAE eram, na verdade, resultados de artefatos de calibração.

Stapells (2008), através de pesquisa realizada por ele e por Herdman e ainda não publicada registraram PEAAE e PEATE-FE em lactentes na frequência de 2 kHz, detectados automaticamente e calibrados em dB peNPS, com níveis mínimos de respostas quase idênticos (PEAAE: 29 dB peNPS; PEATE-FE: 30 dB peNPS), mostrando que a forma de detecção e a calibração podem ser responsáveis pela diferença entre os achados das duas técnicas.

Levando em consideração esses dois importantes fatores aqui discutidos, e o fato de a detecção automática das respostas ser um dos maiores atrativos dos PEAAE, torna-se fundamental a realização de estudos que analisem a comparação entre PEATE-FE e PEAAE em crianças com perda auditiva, de modo que ambos os procedimentos sejam determinados automaticamente por testes estatísticos, utilizando a mesma calibração.

Um ponto positivo do presente estudo é que as duas técnicas foram registradas com o mesmo estímulo: *tonepipes*. Como a maior parte das pesquisas com PEAAE utiliza tons modulados em amplitude e/ou frequência, os resultados mais elevados dos PEAAE em comparação aos PEATE-clique e PEATE-FE têm sido justificados, muitas vezes, pela melhor sincronia neural para estímulos de rápida repetição que para tons modulados.

Neste estudo foram observadas respostas mais elevadas para os PEAAE, como os demais estudos já haviam apontado; porém, foi descartada a possibilidade de o responsável por essa diferença ser o estímulo, sendo mais provável que tenha relação com o método de detecção das respostas e com as diferentes calibrações, como já apontando por Cone-Wesson et al. (2002) e Rance, Tomlin e Rickards (2006).

Todavia, não se pode desconsiderar que a taxa de repetição dos *tonepipes* nos PEATE-FE foi de 39.1 Hz, enquanto a dos PEAEE variou de 77 a 103 Hz, de acordo com a frequência portadora. Portanto, a imaturidade do sistema auditivo ao processar estímulos a altas taxas de repetição não pode ser descartada, hipótese já levantada por Rance et al. (2006), em estudo sobre a maturação das respostas para as duas técnicas. Os autores demonstraram que as respostas dos PEAEE estão completamente amadurecidas aos 12 meses; porém, é importante lembrar que mais de 50% das crianças deste estudo apresentavam idade inferior a essa.

Mesmo com todas as divergências apontadas, quando comparadas, as duas técnicas mostraram-se capazes de fornecer estimativas razoavelmente precisas dos limiares comportamentais, como já apontado por Aoyagi et al. (1999) e Johnson e Brown (2005). A FIG. 12, apresentada a seguir, ilustra alguns casos.

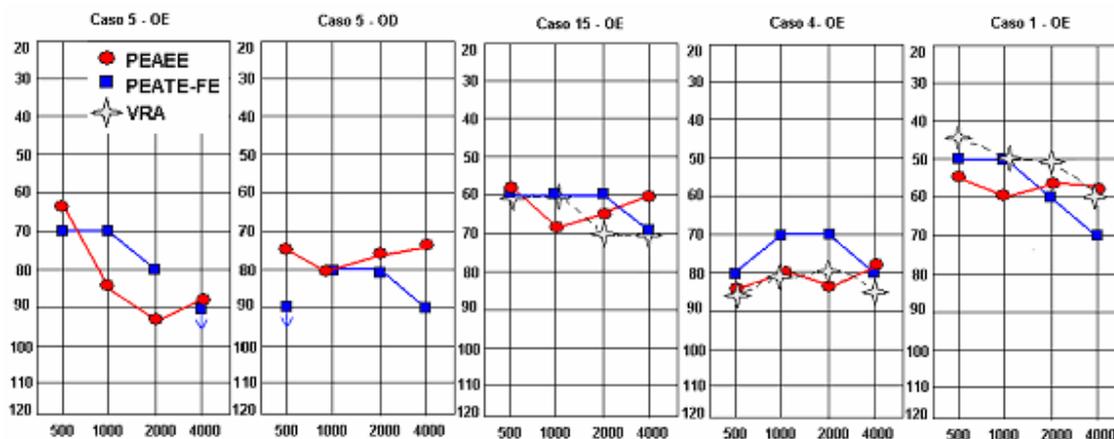


FIGURA 12 – Exemplos de casos da comparação PEATE-FE X PEAEE II
Fonte: Dados da pesquisa.

Um ponto que merece atenção é a pequena dimensão da amostra deste estudo. Apenas as perdas de grau leve a moderado puderam ser mensuradas pelos PEATE-FE. Devido à limitação de saída máxima do equipamento em 90 dB nNA, as perdas de grau severo/profundo não puderam ser registradas. Rance et al. (1998) apontam que não é de se estranhar que novas técnicas sejam desenvolvidas, dada a limitação dos PEATE-clique e dos PEATE-FE em quantificar a audição residual nas perdas severas e profundas. A FIG. 13 ilustra alguns casos.

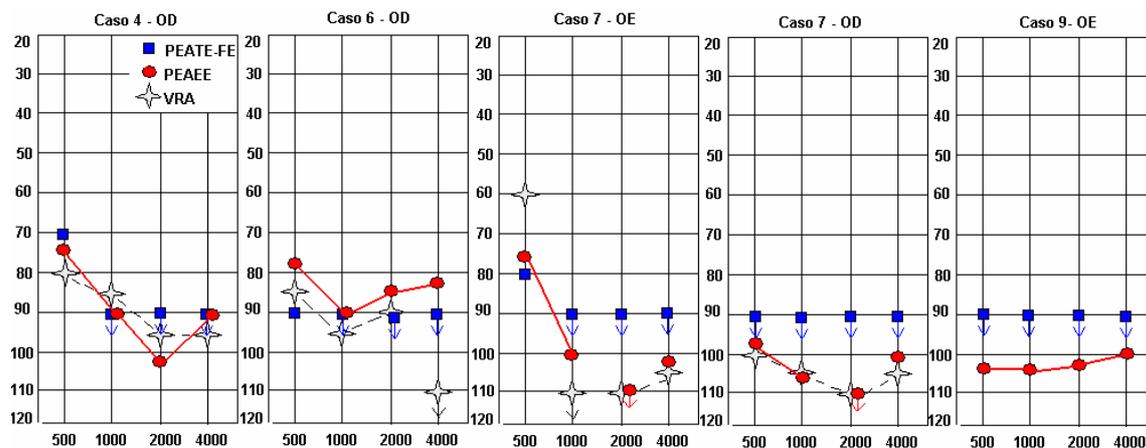


FIGURA 13 – Exemplos de casos da comparação PEATE-FE X PEAE III
Fonte: Dados da pesquisa.

No presente estudo, quando as duas técnicas foram comparadas quanto à presença de resposta, os PEAE apresentaram uma probabilidade significativamente maior que os PEATE-FE. Os resultados são apresentados na TAB. 10.

TABELA 10

Distribuições de freqüências e porcentagens conjuntas da presença de resposta nos PEAE e PEATE-FE nas freqüências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz

500 Hz			
PEATE-FE	PEAE		Total
	Ausente	Presente	
Ausente	0	17	17
		56,70%	56,70%
Presente	0	13	13
		43,30%	43,30%
Total	0	30	30
		100,00%	100,00%

$p= 0,000$

1000 Hz			
PEATE-FE	PEAE		Total
	Ausente	Presente	
Ausente	1	18	19
	3,30%	60,00%	63,30%
Presente		11	11
		36,70%	36,70%
Total	1	29	30
	3,30%	96,70%	100,00%

$p= 0,000$

2000 Hz			
PEATE-FE	PEAEE		Total
	Ausente	Presente	
Ausente	4	15	19
	13,30%	50,00%	63,30%
Presente		11	11
		36,70%	36,70%
	4	26	30
Total	13,30%	86,70%	100,00%

p= 0,000

4000 Hz			
PEATE-FE	PEAEE		Total
	Ausente	Presente	
Ausente	4	16	20
	13,30%	53,30%	66,70%
Presente		10	10
		33,30%	33,30%
	4	26	30
Total	13,30%	86,70%	100,00%

p= 0,000

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados da TAB. 10 podem ser interpretados de forma semelhante aos da TAB. 8. Os p-valores abaixo de cada sessão da tabela levam a concluir que a probabilidade de ocorrência de resposta nos PEAEE é maior que nos PEATE-FE.

É evidente, no entanto, que nos casos em que as respostas dos PEATE-FE estiveram presentes, as respostas dos PEAEE indicaram melhor audição residual, como nos casos ilustrados na FIG. 12.

Os resultados demonstram que os PEAEE fornecem estimativas da audição nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz semelhantes às dos PEATE-FE, como já relatado por Johnson e Brown (2005) e ilustrado nos casos da FIG. 12. Esses achados indicam que os PEAEE podem se tornar uma alternativa aos PEATE-FE para estimar a audição. Porém, é importante ressaltar que a amostra deste estudo era muito pequena, de forma que os resultados não podem ser generalizados.

Futuras comparações entre PEAEE e PEATE-FE, que incluam um número maior de crianças, com diferentes graus e tipos de perda auditiva, podem contribuir para maiores esclarecimentos.

5.3 Comparação entre PEAAE e VRA

No presente estudo oito crianças permitiram a realização da VRA com fones de inserção (casos número 1, 4, 6, 7, 10, 13, 14 e 15), possibilitando a avaliação das duas orelhas separadamente. E seis crianças (casos número 2, 3, 8, 9, 11 e 12) não permitiram a colocação dos fones, sendo a VRA realizada em campo livre. Nestes casos, os resultados obtidos foram comparados aos NMR dos PEAAE da melhor orelha. Uma criança de 2 meses de idade (caso número 5) não foi incluída na análise, dada a inconsistência de suas respostas na BOA, sendo que a VRA não pôde ser realizada posteriormente.

Os casos que não apresentaram resposta na intensidade máxima pesquisada foram excluídos da comparação. No geral, 60 NMR na VRA foram comparados com seus respectivos pares de PEAAE, sendo 21 pares para 0.5 kHz, dezessete para 1 kHz, doze para 2 kHz e dez pares para 4 kHz.

A diferença média e desvio padrão entre os dois exames para as frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz são apresentados na TAB. 11.

TABELA 11
Diferenças médias e desvios padrão observados entre os PEAAE (dB NA) e a VRA (dB NA)

Frequência (kHz)	N	Diferença Média (dB)	Desvio Padrão (dB)
0.5	21	-1,7	8,8
1	17	1,5	6,6
2	12	-0,1	6,9
4	10	-4,5	7,5

Fonte: Dados da pesquisa.

No geral, as diferenças médias entre os NMR das duas técnicas se apresentaram entre 2 e 4 dB, achados também relatados por Luts et al., (2004). A literatura aponta uma grande variabilidade entre os estudos: Rance et al (1995) relataram diferenças de 3 a 6 dB, com desvio padrão médio de 6.8 dB; Aoyagi et al. (1999), diferenças de 4 a 16 dB, com desvios padrão entre 2 e 15; Perez-Abalo

et al. relataram uma diferença média 5.13 dB. Rance e Briggs (2002), dependendo do grau de perda auditiva, encontraram desvios padrão variando entre 6 e 17 dB; e Swanepoel, Hugo e Roode (2004) observaram diferenças de 4 a 8 dB, com desvios padrão de 8 a 12 dB.

Neste estudo, a maior diferença média foi para a frequência de 4 kHz, enquanto a maioria dos estudos relata uma maior diferença para a frequência de 0.5 kHz, dada a tonotopia coclear. Luts e Wouters (2004) relataram diferenças maiores não só para 0.5 kHz, mas também para 4 kHz, embora os desvios padrão observados tenham sido muito parecidos em todas as frequências, assim como no presente estudo.

Os diagramas de dispersão no GRAF. 3 mostram uma relação linear entre os NMR dos PEAE e da VRA. É possível observar que os pontos se distribuem de maneira uniforme em torno da reta $NMR \text{ no PEAE} = NMR \text{ na VRA}$ em todas as frequências.

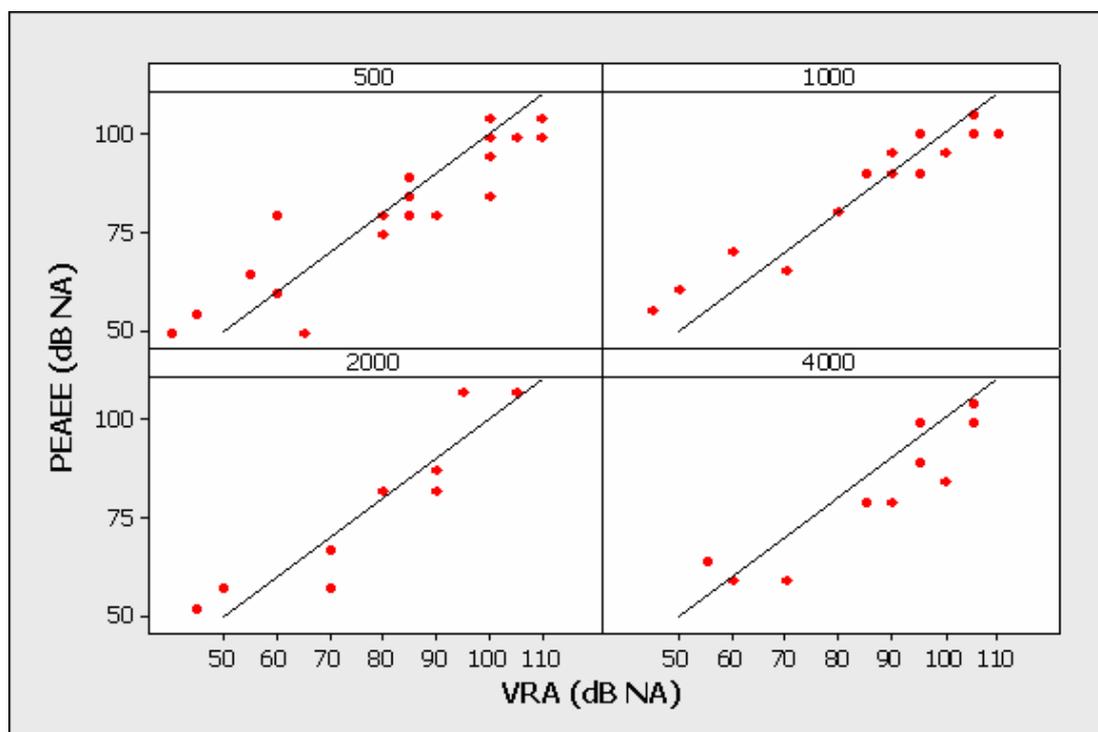


GRÁFICO 3 - Diagramas de dispersão dos NMR (dB NA) nos PEAE e na VRA nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz

Fonte: Dados da pesquisa.

Os coeficientes de correlação intraclasse observados na TAB. 12 apontam uma forte concordância entre os PEAAE e a VRA.

TABELA 12
Coeficientes de correlação intraclasse entre PEAAE (dB NA) e VRA (dB NA)

Frequência (kHz)	Coeficiente
0.5	0,90
1	0,93
2	0,93
4	0,89

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados encontrados são consistentes com os relatados anteriormente em estudos voltados para lactentes e crianças com perda auditiva neurossensorial que utilizaram a estimulação simples (RANCE et al, 1995, 1998; AOYAGI et al, 1999; RANCE; RICKARDS, 2002; RANCE; BRIGGS, 2002; CONE-WESSON et al., 2002; STUEVE; O'ROURKE, 2003; SWANEPOEL; SCHULIAN; HUGO, 2004). E também com os estudos de Perez-Abalo (2001); Luts et al., (2004); Rance et al., (2005) e Han et al., (2006), que fizeram uso da estimulação múltipla. Os casos ilustrados na FIG. 15 são típicos exemplos de que os PEAAE podem estimar o grau e a configuração da perda auditiva.

No geral, os coeficientes de correlação relatados na literatura variam entre 0.68 a 0.99. Embora exista essa variação, todos os estudos apontam uma forte concordância entre os dois exames. Os coeficientes encontrados no presente estudo são muito semelhantes aos relatados por Luts et al. (2004), cujo número de sujeitos também foi pequeno; e aos de Duarte et al. (2008), que avaliou uma população maior de crianças e adultos na faixa etária de 7 a 30 anos. Luts et al. (2004) apontam que, considerando o pequeno tamanho de sua amostra, os coeficientes encontrados foram elevados. No presente estudo, o pior coeficiente encontrado foi na frequência de 4 kHz, o que pode ser justificado pelo menor número de comparações realizadas (n=10).

Utilizando a estimulação simples (RANCE et al. 1998; RANCE; RICKARDS, 2002; RANCE; BRIGGS, 2002; SWANEPOEL; HUGO; ROODE, 2004), bem como a estimulação múltipla (RANCE et al., 2005), os estudos indicam que a diferença

entre os NMR comportamentais e os NMR dos PEAAE tende a ser menor à medida que o grau da perda auditiva piora, como também ocorre com o aumento da frequência portadora. No presente estudo, devido ao pequeno número de casos, não foi possível constatar esse fato estatisticamente. Todavia, observando atentamente os casos da FIG. 15, é possível notar tal relação.

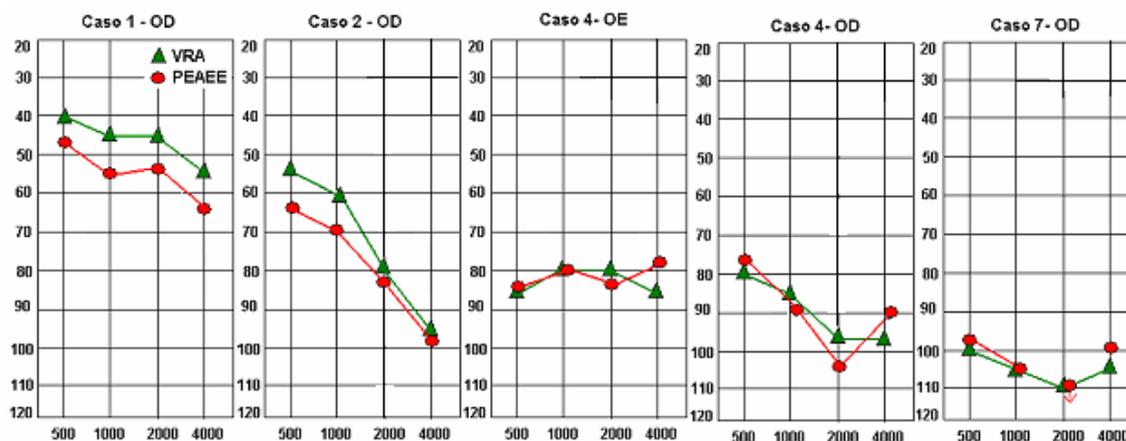


FIGURA 15 – Exemplos de casos da comparação PEAAE X VRA I
Fonte: Dados da pesquisa.

Em alguns casos a diferença entre os NMR dos PEAAE e da VRA resultou em um valor negativo (ver TAB. 11). Isso aponta que, em algum momento, os NMR dos PEAAE foram melhores que os da VRA. Esses achados também foram relatados por Cone-Wesson et al. (2002) e Han et al. (2006). Está bem estabelecido que os NMR eletrofisiológicos encontram-se acima dos limiares comportamentais (STAPPELLS, 2000a). No entanto, as respostas auditivas em lactentes e crianças baseados na VRA são variáveis, visto que, na avaliação comportamental de crianças, os NMR obtidos são mais elevados do que os verdadeiros limiares auditivos, dada a maturação das respostas com o desenvolvimento das habilidades auditivas e motoras.

Nozza e Wilson (1984) relataram que os NMR obtidos com a VRA em lactentes entre 6 a 12 meses de idade foram de 10 a 15 dB piores do que os obtidos em crianças maiores e adultos. Isso pode explicar por que em alguns

casos do presente estudo os NMR dos PEAAE foram superiores aos da VRA, como mostra a FIG. 16.

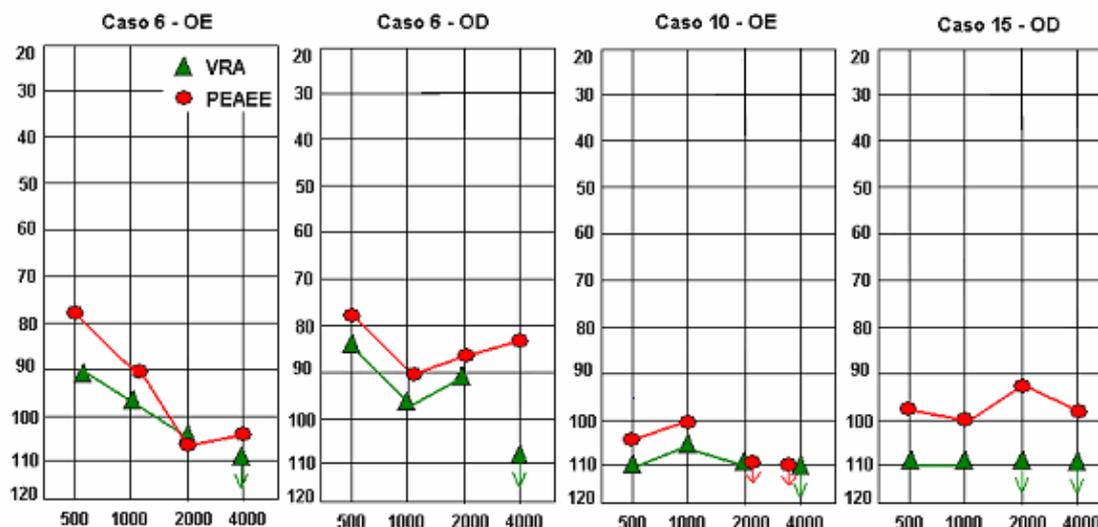


FIGURA 16 – Exemplos de casos da comparação PEAAE X VRA II
Fonte: Dados da pesquisa.

Embora apresentem tais variáveis, as respostas da VRA incluídas neste estudo foram consistentes e, a sua forte correlação com os PEAAE indica que, quando ainda não é possível realizar a VRA, os PEAAE podem fornecer informações precisas para que se possa dar início à seleção e adaptação dos AASI.

5.4 Aplicações Clínicas

Como foi possível constatar, quando comparados aos outros procedimentos eletrofisiológicos disponíveis para estimar a audição, e também a VRA, os PEAAE podem fornecer medidas bem semelhantes, demonstrando ser uma técnica viável para estimar os limiares auditivos de forma objetiva.

De forma geral, os coeficientes de correlação obtidos entre os PEAAE e os PEATE-clique, PEATE-FE e a VRA apontaram boas concordâncias entre as técnicas, como mostra a TAB. 13.

TABELA 13
 Coeficientes de correlação intraclasse entre PEAE (dB NA) e PEATE (dB nNA);
 PEATE-FE (dB nNA) e VRA (dB NA)

Variável	PEAE			
	0.5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
		0.70		
			0.64	
PEATE				0.49
		0.69		
			0.63	
		0.68		
PEATE-FE	0.77	0.60	0.66	0.50
VRA	0.90	0.93	0.93	0.89

Fonte: Dados da pesquisa.

Essas informações permitem inferir que os PEAE podem ser utilizados na clínica audiológica, quando não é possível obter respostas comportamentais fidedignas por parte de crianças.

Interessante observar, ainda, que a melhor concordância observada foi dos PEAE com a VRA, o que reforça o fato de que os PEAE possibilitam uma boa estimativa do audiograma e, desta forma, podem auxiliar na determinação da amplificação necessária para a adaptação do aparelho de amplificação sonora antes dos 6 meses de idade.

A programação dos aparelhos com tecnologia digital requer o ajuste da amplificação nas diferentes bandas de frequência, daí a necessidade de estimar a audição por especificidade de frequência, priorizando as de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, essenciais para a compreensão da fala.

Os casos ilustrados na FIG. 17 mostram claramente que as estimativas da audição obtidas pelos PEAE apresentam-se muito próximas daquelas obtidas pelos demais procedimentos utilizados.

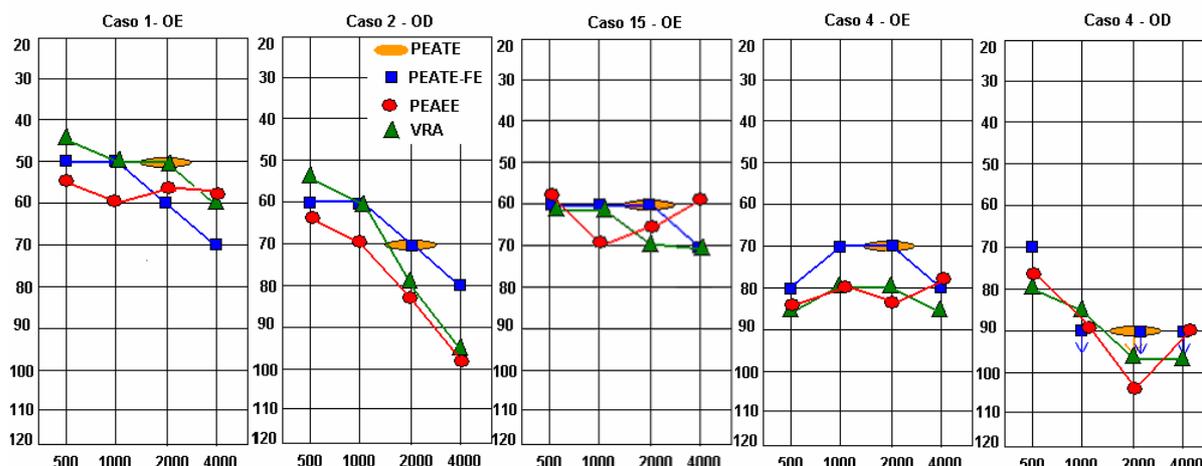


FIGURA 17 – Exemplos de casos da comparação PEAE X PEATE-clique / PEATE-FE/ VRA
Fonte: Dados da pesquisa.

Vários estudos têm apontado para a inclusão dos PEAE na prática clínica. De fato, tanto PEAE, como PEATE-clique e PEATE-FE têm se mostrado eficazes para estimar a audição de crianças com perda auditiva (RANCE et al, 1995, 1998, 2005; RANCE; RICKARDS, 2002; VANDER WERFF et al., 2002; CONE-WESSON et al., 2002; STUEVE; O'ROURKE, 2003; LUTS et al., 2004; HAN et al., 2006).

Após as comparações realizadas, faz-se necessário uma reflexão de qual seria a melhor técnica a ser utilizada na prática clínica.

Quando comparados aos PEATE-clique, os PEAE têm sido apontados como vantajosos pela possibilidade de estimar a audição por especificidade de frequência e de determinar a audição residual nos casos de perdas auditivas profundas (RANCE et al., 1998; WANDER WERFF et al., 2002; STUEVE e O'ROURKE, 2003; FIRSZT et al., 2004).

Os PEATE-clique, entretanto, também apresentam vantagens que devem ser consideradas quando se discute a aplicabilidade dos testes na prática clínica, pois acrescentam informações que não podem ser obtidas por meio dos PEAE, como já apontado por Luts et al., (2004); Han et al., (2006) e Duarte et al., (2008). Essas informações dizem respeito ao tipo de perda auditiva, se condutiva ou neural, e àquelas necessárias para o diagnóstico diferencial da neuropatia auditiva.

Por esse motivo, o ideal é a utilização em conjunto de PEATE-clique e PEAAE, da mesma forma que a logaudiometria é utilizada para confirmar os limiares para tons puros, como sugerido por Cone-Wesson et al. (2002).

Importante destacar também um outro aspecto evidenciado neste estudo. Como os registros não foram realizados sob sedação, muitas mães precisaram retornar várias vezes ao serviço, pois as crianças despertavam antes de finalizado o exame, ou o sono não era longo o suficiente para que todos os exames fossem concluídos num mesmo dia, o que aumentou o número de retornos.

Já que na prática clínica, muitas vezes, não é possível a realização dos dois testes no mesmo dia, uma possibilidade seria realizar os PEAAE durante o acompanhamento das crianças já diagnosticadas com perda auditiva. No caso deste estudo, os PEAAE eram realizados no início do processo de terapia diagnóstica, no intervalo entre o recebimento da orientação sobre a importância da protetização e a confecção da pré-moldagem, para posterior seleção e adaptação do AASI.

De fato, no conjunto dos resultados obtidos por meio dos PEATE-clique, o registro dos PEAAE tende a acrescentar dados importantes sobre a audição, em especial quando não é possível obter respostas comportamentais fidedignas, acrescentando dados à bateria de exames de crianças com perda auditiva e proporcionando o diagnóstico audiológico e a adaptação do AASI de forma mais precisa.

Já quando comparados aos PEATE-FE, tanto os PEAAE como os PEATE-FE têm demonstrado boa aplicabilidade clínica para estimar os limiares comportamentais em crianças e adultos com perda auditiva (AOYAGI et al., 1999; JOHNSON E BROWN, 2005).

Os PEATE-FE têm uma longa história clínica e fortes evidências, assegurando sua aplicação em crianças com perdas auditivas, enquanto os PEAAE têm sido apontados como uma alternativa, apresentando algumas vantagens, como a possibilidade de pesquisar os limiares nas duas orelhas simultaneamente e o método automático de detecção das respostas. Vale ainda ressaltar que a limitação da pesquisa de intensidades maiores que 90 dB nNA nos

PEATE-FE acrescenta outra vantagem aos PEAE, que têm se mostrado capazes de estimar a audição residual nas perdas profundas (RANCE et al., 1998; STAPPELLS, 2000a; WANDER WERFF et al., 2002; STAPPELLS et al., 2005).

Um fato a ser considerado é que, em muitas crianças, não é possível realizar os PEAE nas duas orelhas simultaneamente, como ocorreu na maioria dos casos deste estudo: muitas só adormeceram de lado na maca, ou só no colo da mãe; ou ainda tinham graus diferentes de perdas auditivas entre as orelhas, tornando inviável o registro bilateral dos PEAE, pois era necessário variar a intensidade da estimulação entre as orelhas e freqüências.

Em contrapartida, os registros dos PEATE-FE são, muitas vezes, difíceis de serem interpretados, principalmente nas freqüências baixas, estando vulneráveis a interpretação do examinador.

Embora os PEAE tenham sido desenvolvidos como uma alternativa aos PEATE-FE, visando superar as limitações deste, pensar na utilização dos PEAE pela exclusão dos PEATE-FE ainda é uma tarefa difícil, visto que a literatura é escassa no que se refere a crianças com perda auditiva.

Os resultados encontrados neste estudo mostraram que as duas técnicas forneceram estimativas dos limiares auditivos em crianças muito próximas, como já apontado por Aoyagi et al., (1999); e uma vantagem dos PEAE nos casos de perdas auditivas descendentes, como já relatado por Johnson e Brown (2005) em adultos.

Ainda assim, consideramos que enquanto não há a possibilidade de confirmação dos limiares comportamentais, os resultados ganham maior confiança quando determinados de forma objetiva, de modo que, os resultados obtidos neste estudo indicam que os PEAE tendem vir a ocupar um lugar na bateria audiológica infantil.

Porém, vale ressaltar que a possibilidade de se obter uma estimativa da audição não diminui a importância da aplicação da avaliação comportamental. A utilização dos potenciais evocados é muito útil para a conclusão do diagnóstico na faixa etária aqui em foco, embora a audiometria comportamental se mantenha como padrão-ouro na avaliação infantil.

Um teste subjetivo, no entanto, torna-se particularmente difícil quando o paciente é uma criança. Um método capaz de fornecer os limiares auditivos por especificidade de frequência de forma objetiva torna-se necessário nesta população. Bem correlacionados com as respostas comportamentais e eletrofisiológicas neste estudo, os PEAAE mostraram-se capazes de desempenhar um papel importante na avaliação das crianças que não conseguem responder à avaliação comportamental com procedimentos condicionados.

Assim, a utilização dos PEAAE nos primeiros anos de vida pode fornecer informações que possibilitarão ao fonoaudiólogo realizar a seleção e a adaptação do AASI de uma forma mais precisa, assegurando a intervenção precoce e, desta maneira, minimizando os atrasos no desenvolvimento de fala e linguagem ocasionados por uma perda auditiva congênita.

6 Conclusão

A partir dos resultados obtidos neste estudo, pela aplicação dos PEAEEm crianças com perda auditiva neurossensorial, pode-se concluir que:

1- Os PEAEEm apresentaram estimativas da audição para as frequências de 1, 2 e 4 kHz próximas às estimativas apresentadas pelos PEATE-clique;

2- Os PEAEEm forneceram estimativas da audição muito semelhantes às estimativas fornecidas pelos PEATE-FE nas frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, apresentando uma vantagem ao estimar a audição nos casos de perdas auditivas descendentes;

3- Os PEAEEm estimaram a audição com forte precisão quando comparados à VRA;

4- Desta forma, a aplicação dos PEAEEm pela estimulação múltipla é viável em lactentes e crianças com perda auditiva neurossensorial, possibilitando a estimativa da audição residual até que possam ser determinados os limiares comportamentais nessa população.

Referências

ALTMAN, D. G. *Practical statistics for medical research*. New York: Chapman & Hall, 1992.

AOYAGI, M. et al. Pure-tone threshold prediction by 80-Hz amplitude-modulation following response. *Acta Otolaryngol Suppl.*, n. 511, p. 7-14, 1994.

AOYAGI, M. et al. Reliability of 80-Hz amplitude-modulation following response detected by phase coherence. *Audiol Neuro Otol.*, n. 4, p. 28-37, 1999.

ATTIAS, J. et al. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensorineural hearing loss, or auditory neuropathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol.*, v.115, n. 4, p. 268-76, 2006.

BECK, D.L.; SPEIDEL, D.P.; PETRAK, M. Auditory Steady-State Response (ASSR): a beginner's guide. *Hearing review*, 2007. Disponível em: <http://www.hearingreview.com/issues/articles/2007-11_03.asp>. Acesso em: 03 out. 2008.

CEBULLA, M.; STÜRZEBECKER, E.; ELBERLING, C. Objective detection of auditory steady-state responses: comparison of one-sample and q-sample tests. *J Am Acad Audiol.*, n. 17, p. 93-103, 2006.

COHEN, L.T.; RICKARDS, F.W.; CLARK, G.M. A comparison of steady-state evoked potentials to modulated tones in awake and sleeping humans. *J Acoust Soc Am*, n. 90. p. 2467-79, 1991.

CONE-WESSON, B. Auditory Steady-State Responses (ASSR) in Pediatric Audiology. Arizona: The University of Arizona/ College of Science, 2003. Slides.

CONE-WESSON, B. et al. The auditory steady-state response: Comparisons with the auditory brainstem response. *J Am Acad Audiol.*, v.13, n. 4, p.173-87.2002

DELGADO R. E. et al. Fast infant audiogram determination using an intensity-ramping ASSR technique. In: IERASG BIENNIAL SYMPOSIUM, 20., June 10-4 2007, Bled, Slovenia. *Proceedings...* Slovenia: IERASG, 2007. Abstract.

DIMITRIJEVIC, A. et al. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.*, v.13, n. 4, p. 205-24, 2002.

DUARTE, J. L. et al. Auditory steady-state response in the auditory evaluation: clinical application. *Pró-Fono R At Ci.*, v. 20, n. 2, p. 105-10, 2008.

ELBERLING, C. et al. Auditory steady-state responses to chirp stimuli based on cochlear traveling wave delay. *J Acoust Soc Am.*, v.122, n. 5, p. 2772-85, 2007.

FERRARO, J. A.; DURRANT, J. D. Potenciais Auditivos Evocados: visão geral e princípios básicos. In: KATZ, J. *Tratado de audiologia clínica*. São Paulo: Manole, 1999. p. 315-336.

FIRSZT, J. B. et al. Auditory sensitivity in children using the auditory steady-state response. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.*, n.130, p. 536-40, 2004.

FLEISS, J. L. *The design and analysis of clinical experiments*. New York: John Wiley and Sons, 1986.

GALAMBOS, R.; MAKEIG, S.; TALMACHOFF, P. A 40- Hz auditory potential recorded from the human scalp. *Proceedings of the National Academy of Science*. v.78, n. 4, p. 2643-7, 1981.

GORGA, M. P. et al. Determining the upper limits of stimulation for auditory steady-state response measurements. *Ear Hear.*, v. 25, n. 3, p. 302-7, 2004.

GSI. *Auditory Steady-State Evoked Response: a new tool for frequency-Specific hearing assessment in infants and children*. [s.l.]: Grason-Stadler, Inc., 2001

HAN, D. et al. Threshold estimation in children using auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.*, v.68, n. 2, p. 64-8, 2006.

HERDMAN, A. T.; PICTON, T. W.; STAPELLS, D. R. Place specificity of multiple auditory steady state responses. *J Acoust Soc Am.*, v.112, p.1569-82, 2002.

HERDMAN, A.T. et al. Intracerebral sources of human auditory steady-state responses. *Brain Topografy.*, v.15, n. 2, p. 69-86, 2002.

HERDMAN, A. T.; STAPELLS, D. R. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal hearing subjects. *Scand Audiol.*, n.30, p.41-9, 2001.

_____. Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. *Int J Audiol.*, v.42, n.5, p. 237-48, 2003.

HOOD, L. J. *Clinical applications of the Auditory Brainstem Response: introduction and overview*. San Diego; London: Singular Publishing, 1998.

INTELIGENTE HEARING SYSTEMS. SmartEP-ASSR. USA, 2008. Disponível em: <http://www.intelligenthearingsystems.com/public_html/SmartEPASSR.asp>. Acesso em: 23 dez. 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 389-1: Acoustics - Reference zero for the calibration of audiometric equipment - Part 1: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones* 1998. Geneva, 1998. 8 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 389-2: Acoustics - Reference zero for the calibration of audiometric equipment - Part 2: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and insert earphones* 1994. Geneva, 1994. 7 p.

JERGER, I. Clinical Experience with Impedance Audiometry. *Arch Otolaringol* . v. 92, n. 311, 1970.

JOINT COMMITTEE ON INFANT HEARING (JCIH). Position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics*, v. 120, n. 4, p. 898-921, 2007.

JOHN, M. S. et al. Advantages and Caveats When Recording Steady-State Responses to Multiple Simultaneous Stimuli. *J Am Acad Audiol.*, v.13, n.5, p. 246-59, 2002.

JOHN, M. S.; DIMITRIJEVIC, A.; PICTON, T. W. Auditory steady-state responses to exponential modulation envelopes. *Ear Hear.*, v.23, n.2, p.106-17, 2002.

JOHN, M. S. et al. Multiple auditory steady-state responses (MASTER): Stimulus and recording parameters. *Audiol.*, n.37, p.59-82, 1998.

JOHN, M. S. et al. Multiple auditory steady-state responses to AM and FM stimuli. *Audiol Neuro-Otol.*, v.6, n.1, p.12-27, 2001.

JOHN, M. S. et al. Recording auditory steady-state responses in young infants. *Ear Hear.*, v. 25, n. 6, p.539-53, 2004.

JOHNSON, T. A.; BROWN, C. J. Threshold prediction using the auditory steady-state response and the tone burst auditory brainstem response: a within-subject comparison. *Ear Hear.*, n.26, p.559-76, 2005.

JOHN, M. S., PICTON, T. W. MASTER: a Windows program for recording multiple auditory steady-state responses. *Comput Methods Programs Biomed.*, n.61, p.25-50, 2000.

KAF, W. A. et al. Validity and accuracy of electric response audiometry using the auditory steady-state response: evaluation in an empirical design. *Int J Audiol.*, n. 45, p. 211-23, 2006.

LINDEN, R. D. et al. Human auditory steady-state evoked potentials during sleep. *Ear Hear.*, v.6, n.3, p.167-74, 1985.

LINS, O. G. *Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral*. Tese (Doutorado em Medicina) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.

LINS, O. G.; PICTON, T. W. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.*, n.96, p.420-32, 1995.

LINS, O. G. et al. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear.*, n.17, p.81-96, 1996.

LUTS, H. *Diagnosis of hearing loss in newborns: Clinical application of auditory steady-state responses*. Thesis (Doctor in de Medische Wetenschappen) - Faculty of Medicine, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, June 6, 2005.

LUTS, H. et al. Objective assessment of frequency specific hearing thresholds in babies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.*, v.68, n.7, p.915-26, 2004.

LUTS, H.; DESLOOVERE, C.; K.U.; WONTERS, J. Clinical application of dichotic multiple-stimulus auditory steady-state responses in high-risk newborns and young children. *Audiol Neurootol.*, v.11, n.1, p.24-37, 2006.

LUTS, H.; WOUTERS, J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state responses: the influence of test duration. *Int J Audiol.*, n.43, p.471-78, 2004.

MARTINEZ-BENEITO, P. et al. Steady state multi-frequency auditory evoked potentials as a technique to determine hearing threshold. *Acta Otorrinolaringol Esp.*, v.53, n.10, p.707-17, 2002.

MO, L.; STAPPELLS, D. R. The effect of brief-tone stimulus duration on the brain stem Auditory Steady-State Response. *Ear Hear.* n.29, p.121-33, 2008.

MOELLER, M. P. Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics.*; v.106, n.3, 2000. Disponível em: <<http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/106/3/e43>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

NOZZA, R. J; WILSON, W. R. Masked and unmasked pure-tone thresholds of infants and adults: development of auditory frequency selectivity and sensitivity. *J Speech Hear Res.*, n. 27, p. 613-22, 1984.

OATES, P.; STAPPELLS, D. R. Auditory brainstem response estimates of the pure-tone audiogram: current status. *Semin Hear.*, n.19, p. 61-85, 1998.

OKADA-YAMASHITA, M. M. C. P. *Potenciais evocados auditivos de estado estável: aplicação para estimativa do audiograma*. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo; São Paulo, 2007.

PEREZ-ABALO, M. C. et al. Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing-impaired children and normal hearing subjects. *Ear Hear.*, n.22, p.200-11, 2001.

PEREZ-ABALO, M. C. et al. Los potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias y su valor en la evaluación objetiva de la audición. *Auditio: Revista Electrónica de Audiología*, v. 2, 2003. Disponível em: <<http://www.auditio.com>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

PICTON, T. W. et al. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.*, v.16, n.3, p.140- 56, 2005.

PICTON, T. W. et al. Human auditory steady-state responses. *Int J Audiol.*, n.42, p.177-219, 2003.

PICTON, T. W.; DIMITRIJEVIC, A; JOHN, M. S. Multiple auditory steady-state responses. *Ann Otol Rhino Laryngol Suppl.*, n.111, p.16-21, 2002.

RANCE, G. et al. The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. *Ear Hear.*, v.16, n.5, p. 499-507, 1995.

RANCE, G. et al. Steady-state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent click-evoked auditory brain stem response. *Ear Hear.*, v.19, n.1, p.48-61, 1998.

RANCE, G. et al. Hearing threshold estimation in infants using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.*, n.16, p. 291-300, 2005.

RANCE, G.; BRIGGS, R. J. S. Assessment of hearing in infants with moderate to profound impairment: the Melbourne experience with auditory steady-state evoked potential testing. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.*, v.111, n.189, p. 22-8, 2002.

RANCE, G.; RICKARDS, F. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. *J Am Acad Audiol.*, v.13, n.5, p. 236-45, 2002.

RANCE, G.; TOMLIN, D. Maturation of auditory steady-state responses in normal babies. *Ear Hear.*, v. 27, n. 1, p. 20-9, 2006.

RANCE, G.; TOMLIN, D.; RICKARDS, F. W. Comparison of auditory steady-state response and tone-burst auditory brainstem responses in normal babies. *Ear Hear.*, n. 27, p. 751-62, 2006.

REGAN D. *Human brain electrophysiology: evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine*. New York: Elsevier; 1989.

REGAN, M. P.; REGAN, D. Nonlinear terms produced by passing amplitude-modulated sinusoids through a hair cell transduction function. *Biol Cybern.*, n. 69, p. 439-46, 1993.

RICKARDS, F. W. et al. Auditory steady-state in newborns. *Br J Audiol.*, n. 28, p. 327-37, 1994.

SÁVIO, G. C. et al. The low and high frequency steady state responses mature at different rates. *Audiol Neurootol.*, v. 6, n. 5, p. 279-87, 2001.

SININGER, I. S. Auditory brain stem response for objective measures of hearing. *Ear Hear.*, v. 14, n. 1, p. 23-30, 1993.

SMALL, S. A; STAPELLS, D. R. Artifactual responses when recording auditory steady-state responses. *Ear Hear.* v. 25, n. 6, p. 611-23, 2004.

STACH, B. A. The auditory steady-state response: a primer. *The Hearing Journal*, v. 55, n. 9, p. 10-8, 2002.

STAPELLS, D. Auditory brainstem response assessment of infants and children. *Semin Hear.*, n.10, p. 229-51, 1989.

STAPELLS, D. R. Frequency-specific evoked potential audiometry in infants. In: SEEWALD, R. C. *A sound foundation through early amplification*. Chicago: Phonak, 2000a. p. 13-31.

_____. Thresholds estimation by tone-evoked auditory brainstem response: A literature meta-analysis. *J Speech Lang Path Audiol.*, n. 4, p. 74-83, 2000b.

_____. Auditory Steady State Response. Vancouver: University of British Columbia, 2005. Disponível em: http://www.audiologyonline.com/interview/interview_detail.asp?interview_id=352 . Acesso em: 17 out. 2008. Entrevista.

_____. The 80-Hz Auditory Steady-State Response compared with other auditory evoked potentials. In: RANCE, G. *The Auditory Steady-State Response: generation, recording, and clinical application*. San Diego: Plural Publishing, 2008. p. 149-60.

STAPELLS, D. R. et al. Human auditory steady state potentials. *Ear Hear.*, v. 5, n. 2, p. 105-13, 1984.

STAPELLS, D. R. et al. Inconsistency of auditory middle latency and steady-state responses in infants. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.*, n. 71, p. 289-95, 1988.

STAPELLS, D. R., et al. Thresholds for short-latency auditory evoked potentials to tones in notched noise in normal-hearing and hearing-impaired subjects. *Audiol.*, n. 29, p. 262-74, 1990.

STAPELLS, D. R., GRAVEL, J., MARTIN, B. Thresholds for auditory brainstem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing or sensorineural hearing loss. *Ear Hear*, n. 16, p. 361-71, 1995.

STAPELLS, D. R. et al. Current status of the auditory steady-state responses for estimating an infant's audiogram. In: SEEWALD, R. C.; BANFORD, J. (Eds). *A sound foundation through early amplification*. Chicago: Phonak, 2005. p. 43-59.

STUEVE, M.P.; O'ROURKE, C. Estimation of hearing loss in children comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response, and behavioral test methods. *Am J Audiol.*, n. 12, p. 125-36, 2003.

STÜRZEBECKER, E. et al. Click-evoked ABR at high stimulus repetition rates for neonatal hearing screening. *Int J Audiol.*, v. 42, n. 2, p. 59-70, 2003.

STÜRZEBECKER, E. et al. New efficient stimuli for evoking frequency-specific auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.*, n.17, p. 448-61, 2006.

SUZUKI, T.; KOBAYASHI, K. An evaluation of 40-Hz event-related potentials in young children. *Audiol.*, n. 23, p. 599-604, 1984.

SWANEPOEL, D. W.; SCHULIAN, D.; HUGO, R. Establishing normal hearing with the dichotic multiple-frequency auditory steady-state response compared to an auditory brainstem response protocol. *Acta Otolaryngol.*; v. 124, p. 62-8, 2004.

SWANEPOEL, D. W.; HUGO, R.; ROODE, R. Auditory steady-state responses for children with severe to profound hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.*; v. 130, n. 5, p. 531-5, 2004.

SWANEPOEL, D. W.; STEYN, K. Short report: establishing normal hearing for infants with the auditory steady-state response. *S Afr J Commun Disord.*, n. 52, p. 36-39, 2005.

SWANEPOEL, D. W.; ERASMUS, H. Auditory steady-state responses for estimating moderate hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol.*, n. 264, p. 755-9. 2007.

SWANEPOEL, D. W.; EBRAHIM, S. Auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, v. 265, n. 7, 2008. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/n141612265qv384q/>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

TLUMAK, A. I.; RUBINSTEIN E.; DURRANT. J. D. Meta-analysis of variables that affect accuracy of threshold estimation via measurement of the auditory steady-state response (ASSR). *Int J Audiol.*, v. 46, n.11, p. 692-710, 2007.

TLUMAK, A. I.; DURRANT, J. D.; COLLET, L. 80 Hz auditory steady-state responses (ASSR) at 250 Hz and 12.000 Hz. *Int J Audiol.*, n. 46, p. 26-30, 2007.

VALDES, J. L. et al. Comparison of the statistical indicators for the automatic detection of 80 Hz auditory steady-state responses. *Ear Hear.*, n. 18, p. 420-29, 1997.

VANDER WERFF, K. R. et al. Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. *J Am Acad Audiol.*, n. 13, p. 227-35, 2002.

VENEMA, T. The ASSR revisited: a clinical comparison of two stimuli. *The Hearing Review*, 2005. Disponível em: <http://www.hearingreview.com/issues/articles/2005-06_04.asp>. Acesso em: 10 abr. 2007.

YOSHINAGA-ITANO, C. et al. Language of Early-and Later-identified Children With Hearing Loss. *Pediatrics*. v. 102, n. 5, p. 1161-71, 1998.

Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da PUC-SP



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA PUC-SP
SEDE CAMPUS MONTE ALEGRE

Protocolo de Pesquisa nº 113/2008

Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia da PUC-SP

Orientador(a): Profa. Dra. Doris Ruth Lewis

Autor(a): Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

PARECER sobre o Protocolo de Pesquisa, em nível de Dissertação de Mestrado, intitulado
Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com deficiência auditiva

CONSIDERAÇÕES APROVADAS EM COLEGIADO

Em conformidade com os dispositivos da Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996 e demais resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde (MS), em que os critérios da relevância social, da relação custo/benefício e da autonomia dos sujeitos da pesquisa pesquisados foram preenchidos.

A exposição do Projeto é clara e objetiva, feita de maneira concisa e fundamentada, permitindo concluir que o trabalho tem uma linha metodológica bem definida, na base do qual será possível retirar conclusões consistentes e, portanto, válidas.

No entendimento do CEP da PUC-SP, o Projeto em questão não apresenta qualquer risco ou dano ao ser humano do ponto de vista ético.

CONCLUSÃO

Face ao parecer consubstanciado apensado ao Protocolo de Pesquisa, o Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP – Sede Campus Monte Alegre, em Reunião Ordinária de 30/06/2008, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº 113/2008.

Cabe ao(s) pesquisador(es) elaborar e apresentar ao CEP da PUC-SP – Sede Campus Monte Alegre, os relatórios parcial e final sobre a pesquisa, conforme disposto na Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996, inciso IX.2, alínea “c”, do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde (MS), bem como cumprir integralmente os comandos do referido texto legal e demais resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde (MS).

São Paulo, 30 de junho de 2008.

Prof. Dr. Paulo Edgar Almeida Resende
 Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa da PUC-SP

Rua Ministro de Godói, 669 – Sala 63-C (Andar Térreo do E.R.B.M.) – Perdizes – São Paulo – SP – CEP: 05015-001
 Tel.: (0xx11) 35708466 – Fax: (0xx11) 36708466 – e-mail: cometica@pucsp.br

Anexo 2 – Autorização para início da pesquisa

São Paulo, 29 de novembro de 2007

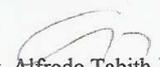
Para:
Pesquisadora — Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues
Orientadora — Profª Drª Dóris Ruth Lewis

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 Comparação entre os achados do potencial evocado auditivo de estado estável e audiometria tonal em crianças com deficiência auditiva*, que deverá ser encerrada ao final do tempo estipulado no projeto. Lembramos que ao término da pesquisa, duas cópias do trabalho (em CD) deverão ser entregues 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 3 – Termo de consentimento livre e esclarecido ao participante deste estudo

	PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia Comitê de Ética
---	--

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AO PARTICIPANTE DESTE ESTUDO

O seu filho está sendo convidado a participar da pesquisa que se intitula: “Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em Crianças com Perda Auditiva Neurosensorial”.

O objetivo deste trabalho é comparar os achados do potencial evocado auditivo de estado estável com a audiometria tonal em crianças com deficiência auditiva.

Caso autorize seu filho (a) a participar como sujeito desta pesquisa, ele (a) terá sua audição avaliada por meio de dois exames: a audiometria tonal e o potencial evocado auditivo de estado estável. No primeiro exame, com a criança acordada, serão colocados fones de inserção em seus ouvidos. Através desses fones, a criança ouvirá sons que começarão fortes e irão ficando cada vez mais fracos, visando pesquisar o nível mínimo de intensidade ao qual a criança é capaz de responder ao som. Já no segundo exame, em sono natural, serão colocados eletrodos de superfície na testa e atrás dos ouvidos da criança, que não machucam e nem causam qualquer desconforto e novamente fones de inserção nos ouvidos. Dessa vez, diferente da primeira que o resultado do exame depende da resposta da criança, ela não precisará responder ao som. A resposta será captada pelos eletrodos de superfície que se encontram na testa e atrás dos ouvidos e será o computador analisará a resposta.

A avaliação completa dos testes aplicados nesta pesquisa demorará em torno de 1 a 3 horas.

Os exames aos quais a criança será submetida não geram riscos médicos ou desconfortos. Seu filho (a) fará os testes acordado e em sono natural, em dia e hora marcada previamente. Se necessário, o exame receberá quantas interrupções o seu filho (a) quiser, para descansar ou se alimentar.

Não existem benefícios médicos diretos para o sujeito deste estudo. Porém, caso haja qualquer alteração nos exames a criança será encaminhada para atendimento médico adequado, gratuitamente, na instituição. Além disso, os resultados deste estudo podem ajudar os pesquisadores a realizar o diagnóstico diferencial de crianças com alterações de audição e melhor conduzir o tratamento e medidas de (re) habilitação necessárias.

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 a (a) Sr. (a) não terá nenhum custo adicional.

Os seus dados 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 a fonoaudióloga Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues pelo telefone (011) 99845184, no endereço: Rua Pedroso, nº 486, apto 42 Bela Vista São Paulo.

Eu, como pesquisadora 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 para mim, descrevendo o 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 esclarecimento permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo, ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste serviço.

Nome do paciente

Assinatura do responsável

_____/_____/_____
Data

Assinatura da testemunha

_____/_____/_____
Data

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

Assinatura do responsável pelo estudo

_____/_____/_____
Data

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)