

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO  
PUC-SP

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

**Estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> na avaliação  
eletrofisiológica da audição: resultados clínicos em  
neonatos, lactentes e crianças**

DOUTORADO EM FONOAUDIOLOGIA

SÃO PAULO  
2012

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

**Estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> na avaliação eletrofisiológica da audição: resultados clínicos em neonatos, lactentes e crianças**

DOUTORADO EM FONOAUDIOLOGIA

Tese apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do Título de Doutor em Fonoaudiologia, sob orientação da Professora Doutora Doris Ruthi Lewis.

São Paulo  
2012

---

R696e

Rodrigues, Gabriela Ribeiro Ivo

Estímulos CE-chirp® e narrow band CE-chirps® na avaliação eletrofisiológica da audição: resultados clínicos em neonatos, lactentes e crianças / Gabriela Ribeiro Ivo. – São Paulo, 2012.

Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia. Área de Concentração: Clínica Fonoaudiológica. Linha de Pesquisa: Audição na Criança.

Orientadora: Profª. Drª. Doris Ruthi Lewis.

1. Potenciais evocados auditivos. 2. Audição. 3. Recém-nascidos. I. Lewis, Doris Ruthi. II. Título.

---

CDU: 78.087.68

---

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

ESTÍMULOS *CE-CHIRP*<sup>®</sup> E *NARROW BAND CE-CHIRPS*<sup>®</sup> NA AVALIAÇÃO  
ELETROFISIOLÓGICA DA AUDIÇÃO: RESULTADOS CLÍNICOS EM  
NEONATOS, LACTENTES E CRIANÇAS

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Doris Ruthi Lewis

---

Profa. Dra. Carla Gentile Matas

---

Profa. Dra. Fernanda Cristina Leite Magliaro

---

Profa. Dra. Katia de Freitas Alvarenga

---

Profa. Dra. Maria Angelina Nardi de Souza Matinez

---

Profa. Dra.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

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

---

Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues  
São Paulo, março de 2012

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia

Coordenadora do Curso de Pós-Graduação

Profa. Dra. Leslie Piccolotto Ferreira

Vice-coordenadora do Curso de Pós-Graduação

Profa. Dra. Doris Ruthi Lewis



## AGRADECIMENTOS

A todas as mães que permitiram a participação de seus filhos neste estudo. Muitos deles ainda tão pequenos, com poucas horas de vida... Muito obrigada pela compreensão. Meu agradecimento especial àquelas que retornaram nas primeiras semanas após o parto, muitas vezes com dificuldades, para que um dos objetivos fosse atingido.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dóris Ruthi Lewis, orientadora, por todo o aprendizado compartilhado durante a especialização, o mestrado e o doutorado. Obrigada pela confiança sempre depositada no meu trabalho e por todas as oportunidades, frutos desta confiança.

Ao querido Bue Kristensen, por toda a paciência e atenção às minhas questões durante o desenvolvimento deste estudo.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carla Gentile Matas, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Cristina Leite Magliaro, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Katia de Freitas Alvarenga e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Angelina Nardi de Souza Martinez, pela melhor banca de qualificação que eu poderia ter tido. Discutir os resultados deste estudo com vocês foi um momento de muito aprendizado.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Cláudia Fiorini, por todas as contribuições na pré-qualificação deste projeto e a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Lopes Fávero, por todas as contribuições na primeira qualificação.

Ao Programa de Estudos Pós Graduated em Fonoaudiologia da PUCSP, à linha de pesquisa Audição na Criança e ao Centro Audição na Criança/DERDIC/PUCSP e às pessoas com as quais convivi nesses espaços ao longo desses anos.

Meu carinho especial à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Beatriz Cavalcanti de Albuquerque Caiubi Novaes e a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Léslie Picolloto Ferreira. Obrigada pelo suporte em momentos difíceis.

À minha turma de doutorado, a primeira turma de doutorado em Fonaudiologia da PUCSP: Ana Carolina de Assis Moura Ghirardi, Camila Miranda Loiola, Enio Lopes Mello, Fernanda Prada Machado, Isabela Freixo Cortes-Andrade, Marta Cecília Rabinovitsch Gertel, Renata de Souza Lima Figueiredo e Thelma Regina da Silva Costa. Talvez tenhamos sofrido um pouco por termos sido os primeiros... Mas o importante é que no final crescemos juntos! Obrigada pelo apoio e carinho de todos.

Meu agradecimento especial às minhas companheiras de doutorado da linha de pesquisa "Audição na Criança": Isabela Freixo Cortes-Andrade, Renata de Souza Lima Figueiredo, Mabel Gonçalves Almeida e Maria Carolina Versolatto Cavanaugh. Quando paro para recordar todos os apuros pelos quais já passamos, os bons e maus momentos em cada congresso que estivemos juntas, todas as lágrimas e gargalhadas compartilhadas seja nos corredores da PUC, do CeAC ou na mesa de um bar, eu só tenho a certeza de que a companhia de vocês foi indispensável durante estes anos! Obrigada pelo apoio, amizade, colo e carinho despendidos.

Às colegas do mestrado da linha de pesquisa "Audição na Criança": Andréia Parnoff Stadulni, Bárbara Cristina S. Rosa, Daniela Veronese Bento, Laysa Nathália Favacho Barbosa, Michele Picanço do Carmo, Nayara Thaís de Oliveira Costa, Paloma Luara, Leydiane Castro, Lia Auer Hoshi, Sabrina Lima Peixoto e Taise Argolo Sena. Foi um prazer trabalhar com vocês! Obrigada pelo apoio, por todos os momentos de descontração e pelas experiências compartilhadas.

O meu carinho especial às queridas Hélen Kooper Brasil e Kely Cordeiro de Carvalho-Torres. Obrigada pela solidariedade em momentos tão difíceis! Vocês são muito especiais!

À querida Natália Ramos, pela ajuda na coleta dos dados. Obrigada por me acompanhar ao Amparo Maternal na fase final da coleta de dados, quando eu já não tinha mais força e disposição.

À Marilei, Caio e Eduardo, secretários do CeAC e à Virgínia, secretária do PEPG em Fonaudiologia. Muito obrigada por estarem sempre tão disponíveis seja para o

agendamento dos pacientes, seja para resolver meus problemas de ordem acadêmica.

Ao meu marido, Fernando Damião do Nascimento Filho, pelo apoio incondicional, pelo carinho, pela paciência e por sua capacidade de me trazer paz ao final de cada dia.

A toda minha família que não mediu esforços para que eu chegasse até mais esta etapa profissional.

Aos meus poucos e bons amigos: Leandro Ribeiro Negreiros e Monica Ribeiro da Silva-Brandão. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro melhoram tudo o que tenho produzido na vida. Amo vocês! Obrigada por se fazerem presentes mesmo tão distantes!

A FAPESP pelos recursos concedidos para o desenvolvimento deste estudo.

“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)

## RESUMO

### **Estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> na avaliação eletrofisiológica da audição: resultados clínicos em neonatos, lactentes e crianças**

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 neurosensorial, 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 neurosensorial. 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

### ***CE-chirp*<sup>®</sup> and narrow band *CE-chirps*<sup>®</sup> stimuli in electrophysiological assessment of hearing: clinical outcomes in neonates, infants and children**

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.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Stacked ABR .....	27
Figura 2 - Esquema comparativo da ativação da membrana basilar pela onda sonora com os estímulos clique e chirp .....	28
Figura 3 - Espectro acústico dos estímulos clique e CE-chirp®: Espectro acústico dos estímulos clique e <i>CE-chirp</i> ® .....	32
Figura 4 - Representação dos estímulos CE-chirp® e narrow band CE-chirps® .....	33
Figura 5 - Distribuição normal da latência em função da intensidade observada no registro do PEATE com os estímulos clique e CE-chirp® (n=40) .....	48
Figura 6 - Registro do PEATE com os estímulos CE-chirp® e clique em um <i>neonate</i> com 43 horas de vida (orelha direita) .....	50
Figura 7 - Distribuição normal da latência em função da intensidade observada no registro do PEATE-FE com os estímulos toneburst e narrow band CE-chirp®, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz .....	54
Figura 8 - Box-plots para a amplitude da onda V com os estímulos <i>narrow band CE-chirp</i> ® e <i>toneburst</i> , para cada intensidade nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz .....	57
Figura 9 - Registro do PEATE-FE com os estímulos <i>narrow band CE-chirp</i> ® e <i>toneburst</i> nas frequências de 500 Hz e 2000 Hz, em um lactente de 2 meses (orelha esquerda) .....	58
Figura 10 - Registro do PEATE-FE com os estímulos <i>narrow band CE-chirp</i> ® e <i>toneburst</i> nas frequências de 1000 Hz e 4000 Hz, em um lactente de 2 meses (orelha esquerda) .....	59

Figura 11 Box-plot dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAEE a <i>narrow band CE-chirps</i> ® (dB nNA) nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	60
Figura 12 - Presença cumulativa (%) dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAEE, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	62
Figura 13 - Box-plot dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAEE a <i>narrow band CE-chirps</i> ® (dB nNA), nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz em neonatos e adultos.....	63
Figura 14 - Comparação dos níveis mínimos de resposta observados no registro do PEATE-FE e PEAEE nas quatro avaliações, nas frequências de 500 e 2000 Hz.....	65
Figura 15 - Exemplo do registro do PEATE-FE e PEAEE com o estímulo <i>narrow band CE-chirp</i> ®, na frequência de 500 Hz em um dos sujeitos do estudo .....	66
Figura 16 - Exemplo do registro do PEATE-FE e PEAEE com o estímulo <i>narrow band CE-chirp</i> ®, na frequência de 2000 Hz em um dos sujeitos do estudo .....	67
Figura 17 - Distribuição da idade das crianças do estudo.....	68
Figura 18 - Diagramas de dispersão comparando os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e PEAEE, nas crianças com perda auditiva sensorineural .....	70
Figura 19 - Diagramas de dispersão comparando os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAEE e na avaliação auditiva comportamental nas crianças com perda auditiva sensorineural.....	72

Figura 20 - Diagramas de dispersão comparando os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e na avaliação auditiva comportamental nas crianças com perda auditiva sensorioneural . 73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas para a latência (ms) da onda V no registro do PEATE com os estímulos clique e CE-chirp®.....	47
Tabela 2 - Estatísticas descritivas para a amplitude ( $\mu$ V) da onda V no registro do PEATE com os estímulos clique e CE-chirp®.....	47
Tabela 3 - Wave resolution of peak I, III and V in the high level for click and CE-chirp® stimuli .....	49
Tabela 4 - Estatísticas descritivas para a latência da onda V observada no registro do PEATE-FE com os estímulos <i>toneburst e narrow band CE-chirp®</i> nas frequências de 500 e 2000 Hz.....	51
Tabela 5 - Estatísticas descritivas para a latência da onda V observada no registro do PEATE-FE com os estímulos <i>toneburst e narrow band CE-chirp®</i> nas frequências de 1000 e 4000 Hz.....	52
Tabela 6 - Estatísticas descritivas para a amplitude da onda V ( $\mu$ V) com os estímulos <i>toneburst e narrow band CE-chirp®</i> , nas frequências de 500 e 2000 Hz.....	55
Tabela 7 - Estatísticas descritivas para a amplitude da onda V ( $\mu$ V) com os estímulos <i>toneburst e narrow band CE-chirp®</i> , nas frequências de 1000 e 4000 Hz.....	56
Tabela 8 - Estatísticas descritivas para os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAE (dB nHL), nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	60
Tabela 9 - Estatísticas descritivas para o nível mínimo de resposta (dBnNA) em 500 Hz.....	64

Tabela 10 - Estatísticas descritivas para o nível mínimo de resposta (dBnNA) em 2000 Hz.....	64
Tabela 11 - Diferença média e o desvio padrão entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e PEAAE.....	69
Tabela 12 - Diferença média e o desvio padrão entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE e na avaliação auditiva comportamental .....	71
Tabela 13 - Diferença média e o desvio padrão observados entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e na avaliação auditiva comportamental, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.....	72

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
2.1 Geral.....	22
2.2 Específicos .....	22
2.2.1 Estudo 1 .....	22
2.2.2 Estudo 2 .....	22
2.2.3 Estudo 3 .....	22
2.2.4 Estudo 4 .....	23
2.2.5 Estudo 5 .....	23
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>24</b>
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
4.1 Preceitos éticos .....	34
4.2 Local.....	34
4.3 Critérios de inclusão .....	35
4.4 Material.....	35
4.5 Estudo 1 .....	36
4.6 Estudo 2 .....	38
4.7 Estudo 3 .....	40
4.8 Estudo 4 .....	42
4.9 Estudo 5 .....	44
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
5.1 Estudo 1 .....	47
5.3 Estudo 3 .....	59
5.4 Estudo 4 .....	63
5.5 Estudo 5 .....	68
<b>6 DISCUSSÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>74</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>85</b>
<b>8 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>86</b>
<b>9 ANEXOS</b> .....	<b>91</b>
Anexo I – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da PUC-SP.....	91
Anexo II – Termo de consentimento livre e esclarecido .....	92

---

## 1 INTRODUÇÃO

---

Com a triagem auditiva neonatal (TAN), crianças cada vez menores são encaminhadas para diagnóstico audiológico, aumentando a necessidade de avaliações mais objetivas e precisas, principalmente no que se refere às estimativas de limiares nas frequências específicas, para posterior seleção e adaptação dos dispositivos de amplificação sonora. Devido à impossibilidade de se obter respostas auditivas comportamentais confiáveis em crianças abaixo de seis meses de idade, o diagnóstico audiológico é pautado em exames eletroacústicos e, principalmente, eletrofisiológicos, os quais possibilitam uma estimativa da audição (Gravel, Hood, 2001).

O Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico por Frequência Específica (PEATE-FE) é o atual método eletrofisiológico recomendado para estimar os limiares auditivos em crianças com idade inferior a seis meses. É capaz de prever os limiares auditivos por especificidade de frequência em sujeitos com audição normal ou com diferentes graus de perdas auditivas (Stapells, 2000a; 2000b; JCHI, 2007).

Apesar dessas recomendações, o uso clínico do PEATE-FE por via aérea e via óssea permanece como uma técnica subutilizada. A avaliação eletrofisiológica infantil ainda consiste basicamente na realização do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) com o estímulo clique (PEATE-clique) (Windmill, Windmill, 2006).

Na última década, os Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável (PEAEE) vêm sendo apontados como promissores para estimar os limiares auditivos de neonatos e crianças, superando algumas limitações dos potenciais evocados auditivos até então registrados no domínio do tempo. A detecção automática das respostas determinada por testes estatísticos, somada à possibilidade de pesquisar os limiares em quatro frequências e em

ambas as orelhas, simultaneamente, reduziu os riscos da interpretação subjetiva e tornou o registro desses potenciais mais rápido. Os tons modulados em amplitude são os estímulos mais utilizados para evocá-los, no entanto, muitos estudos têm sido desenvolvidos a fim de estabelecer uma estimulação mais eficaz, capaz de resultar em respostas mais próximas do limiar auditivo (Lins, Picton, 1995; Jonh *et al.*, 2002a; Stapells *et al.*, 2005).

Potenciais evocados auditivos são historicamente registrados com o estímulo clique, que, em virtude de seu início abrupto e composição de banda larga, acredita-se ativar uma ampla região da cóclea de forma sincrônica (Dau *et al.*, 2000).

No entanto, estudos têm apontado que a resposta da cóclea ao clique pode não ser totalmente sincronizada. Ao viajar pela membrana basilar, a onda sonora desencadeia o auge da estimulação primeiramente na região basal da cóclea, correspondente às altas frequências e, tardiamente, na região apical, que corresponde às frequências baixas. Isto resulta em um padrão assíncrono de disparos das fibras nervosas ao longo da cóclea, pois as diferentes regiões de frequência não são despolarizadas ao mesmo tempo (Dau *et al.*, 2000; Elberling *et al.*, 2007; Fobel, Dau, 2004; Shore, Nuttall, 1985).

Estas observações revelaram pontos negativos do estímulo clique no registro dos PEATE, mas, também, sugeriram aspectos que podem ser modificados na construção de novos estímulos.

Nesta perspectiva, alternativas para o clique têm sido desenvolvidas, objetivando uma ativação neuronal simultânea das diferentes regiões de frequência ao longo da membrana basilar e, conseqüentemente, o registro de respostas com maior amplitude (Dau *et al.*, 2000; Elberling *et al.*, 2007; Fobel, Dau, 2004; Shore, Cullen, 1984; Shore, Nuttall, 1985).

Atualmente denominado *chirp*, este estímulo foi primeiramente desenvolvido com base em equações que consideram as propriedades mecânicas da cóclea (Shore, Cullen, 1984; Shore, Nuttall, 1985), posteriormente baseados em registros de PEATE a *tonebursts* (Neely *et al.*, 1988) e, mais recentemente, em equações relacionadas a bandas derivadas da latência do registro do PEATE em humanos (Elberling, Don, 2008).

O desenvolvimento do estímulo *chirp* demonstra que o tempo de viagem do som na cóclea pode ser compensado no registro dos potenciais evocados auditivos. E, também, contrasta a hipótese geral de que o clique é o melhor estímulo para evocar respostas eletrofisiológicas por estimular uma região maior da cóclea, resultando em uma boa sincronia neural pela ação conjunta de um maior número de fibras nervosas (Dau *et al.*, 2000).

*Chirps* de frequência específica foram posteriormente desenvolvidos e testados experimentalmente, apresentando ondas V com maiores amplitudes que as obtidas com *tonebursts* no registro do PEATE-FE (Bell, Allen, Lutman, 2002).

Sabe-se que o registro desses potenciais com o estímulo *toneburst* sofre diminuição da amplitude e aumento do tempo de latência das repostas para as frequências graves, principalmente em 500 Hz. A localização do feixe de fibras correspondente a esta frequência, no ápice da cóclea, e conseqüentemente a dispersão de energia da onda sonora até atingir essa região na membrana basilar são os responsáveis por esses achados. O resultado é uma onda V com menor amplitude e morfologia mais abaulada, dificultando, muitas vezes, sua identificação (Stapells *et al.*, 1995).

Wegner e Dau (2002) registraram PEATE-FE em baixas frequências com maiores amplitudes de onda V utilizando *chirps* de banda limitada do que com a utilização de *tonebursts*.

Esses resultados são promissores e podem ser valiosos para aplicações clínicas, particularmente no registro dos potenciais evocados auditivos registrados no domínio do tempo, no qual os estímulos clique e *toneburst* têm sido utilizados até o momento, e a interpretação das respostas depende da identificação visual das ondas por parte do examinador.

Com o advento dos PEAAE para estimar a audição, têm sido relatadas respostas mais elevadas em 500 Hz, fato também justificado pela localização do feixe de fibras correspondente a esta frequência, no ápice da cóclea. Por esse motivo, vários estudos vêm explorando estímulos para obter respostas com amplitudes maiores que as resultantes da estimulação com tons modulados em amplitude, geralmente utilizados para obter esses potenciais (Lins *et al.*, 1996; John *et al.* 2001; Dimitrijevic *et al.*, 2002; John *et al.* 2002; Picton *et al.*, 2003).

Claus Elberling e um grupo de pesquisadores vêm desenvolvendo uma série de estudos, com o objetivo de obter estímulos que compensem o tempo gasto pela onda sonora ao viajar pelas diferentes regiões de frequência da cóclea, de modo que todas elas possam ser estimuladas, simultaneamente. Esses estímulos foram desenvolvidos a partir de equações baseadas no tempo de atraso do som na cóclea, calculado a partir de bandas derivadas da latência do registro do PEATE em humanos. Patenteados como *CE-chirp*<sup>®</sup>, estes estímulos de banda larga (*CE-chirp*<sup>®</sup>) e de frequência específica (*Narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>), foram construídos com base em modelos aproximados do tempo de viagem do som na cóclea humana (Elberling *et al.*, 2007).

Estudos experimentais mostraram que *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foram mais eficazes no registro dos PEAAE em adultos ouvintes que os outros estímulos até agora empregados para evocar esses potenciais; além disso, o tempo gasto para a detecção das respostas é menor, uma vez que estas apresentam grandes amplitudes à estimulação com *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>

(Stürzebecher *et al.*, 2006; Cebulla, Stürzebecher, Elberling, 2006; Elberling *et al.*, 2007).

No entanto, potenciais evocados por *chirps* foram experimentalmente investigados em adultos com audição normal, com um número restrito de estudos. Não há estudos em neonatos, lactentes ou crianças, assim como em sujeitos com perda auditiva. São necessárias pesquisas de natureza clínica para avaliar a possibilidade de sua utilização nessa prática.

Como estudos que abordem as aplicações clínicas do *chirp* no registro dos potenciais evocados auditivos são escassos, ainda não é claro como esses estímulos podem ser aplicados à prática clínica, especialmente em grupos específicos de pacientes, como neonatos, lactentes e crianças. A utilização dos estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *Narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> seria viável de aplicação na prática clínica infantil?

Uma continuação natural dos estudos até então realizados com estes estímulos é sua aplicação na prática clínica, relatando, minuciosamente, os resultados encontrados. Assim, o objetivo desta tese foi analisar os resultados da utilização dos estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *Narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> em diferentes procedimentos de potenciais evocados auditivos em crianças.

## 2.1 Geral

Investigar os resultados clínicos dos estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> na avaliação eletrofisiológica da audição de crianças com audição normal e perda auditiva sensorial.

## 2.2 Específicos

### 2.2.1 Estudo 1

Comparar os parâmetros (latência e amplitude) dos registros do PEATE com o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> aos registros obtidos com o estímulo clique em diferentes intensidades, em neonatos a termo, com audição normal.

### 2.2.2 Estudo 2

Comparar os parâmetros (latência e amplitude) dos registros do PEATE-FE com os estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> aos registros obtidos por *tonebursts* em diferentes intensidades, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, em lactentes com audição normal.

### 2.2.3 Estudo 3

Estabelecer níveis mínimos de resposta para as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz no registro dos PEAE evocados por *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, em neonatos ouvintes.

#### **2.2.4 Estudo 4**

Comparar a maturação das respostas dos PEATE-FE e PEAEÉ evocados por narrow band CE-chirps® em um mesmo sujeito, durante as seis primeiras semanas de vida (nascimento, duas, quatro e seis semanas).

#### **2.2.5 Estudo 5**

Comparar os níveis mínimos de resposta obtidos no registro dos PEAEÉ a *narrow band CE-chirps*®, com os níveis mínimos de resposta obtidos no registro dos PEATE-FE e com os limiares auditivos comportamentais nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, em crianças com perda auditiva sensorioneural.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

---

Neste capítulo são apresentadas as teorias referentes ao atraso da onda sonora em sua viagem pela cóclea e abordados os primeiros estudos sobre a utilização do estímulo *chirp* para compensá-lo. E, posteriormente, o contexto histórico dos estudos que deram origem aos estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>. Vale ressaltar que os termos originalmente utilizados pelos autores foram respeitados.

O movimento da membrana basilar em humanos foi teorizado e, mais tarde, observado por Von Békésy (1940). O autor desenvolveu uma teoria de como a onda sonora viaja pela membrana basilar atingindo os diferentes componentes de frequência ao longo da cóclea. As observações foram feitas no *post mortem* de ouvidos humanos e revelaram a onda viajante como Békésy havia previsto. No entanto, essa explicação mecânica de separação de frequências ao longo da cóclea não poderia ser suficiente para explicar a alta sintonia de frequência observada em experimentos psicoacústicos.

Em 1948, Thomas Gold apresentou uma nova e perturbadora hipótese: para alcançar, simultaneamente, tão alta sensibilidade e seletividade de frequência, só poderia haver, na cóclea, um ativo amplificador biológico. Gold discutiu sua teoria com Békésy e outros pesquisadores, mas ninguém levou sua ideia a sério (Gold T, 1989).

A teoria de Gold só pôde ser comprovada muitos anos mais tarde, com a descoberta das emissões otoacústicas, que foi o próximo grande passo para entender como a onda sonora viaja na cóclea. Alguns experimentos de Kemp em animais mostraram que a membrana basilar apresentava a mesma amplificação e afinações de frequências, como já haviam mostrado alguns experimentos psicoacústicos, além de provar a existência de um

amplificador coclear baseado em um processo ativo da cóclea (Kemp D, Brown A, 1983).

Como o amplificador coclear é ativo apenas em sujeitos em vida, foi necessário o desenvolvimento de métodos que pudessem calcular o tempo gasto pela onda sonora em sua viagem pelas diferentes regiões de frequência na membrana basilar. Vários modelos descrevem esta viagem: modelos baseados em propriedades mecânicas da cóclea (de Boer, 1980), modelos baseados nas latências do PEATE com *tonebursts* (Neely *et al.*, 1988), modelos baseados na latência das emissões otoacústicas evocadas (Shera e Guinan, 2000) e modelos baseados em bandas derivadas da latência do PEATE (Don *et al.*, 1998; Fobel e Dau, 2004; Elberling *et al.*, 2007).

Quando um estímulo transiente, por exemplo, um clique, atinge a membrana basilar, a onda sonora resultante leva um tempo considerável para chegar, a partir da base, ao ápice da cóclea. O pico da resposta ocorre milésimos de segundos mais tarde nas regiões de baixa frequência do que nas de alta frequência. Por este motivo, as diferentes unidades neurais ao longo da cóclea não são estimuladas ao mesmo tempo, resultando em disparo assíncrono dos neurônios. É preciso mais tempo para que a região de baixa frequência possa alcançar o deslocamento máximo atingido na base da cóclea, de modo que todos os neurônios ao longo da membrana basilar despolarizem de forma simultânea (Békésy, 1960; Kiang *et al.*, 1965; Kiang, 1975).

Atualmente, os pesquisadores demonstram grande interesse no desenvolvimento de métodos que possam compensar o atraso da onda sonora ao viajar pelas diferentes regiões de frequência na cóclea. Essa compensação pode ser feita de duas maneiras: fora da cóclea (*Stacked ABR*) e dentro da cóclea, pelo estímulo *chirp*. Ambas têm como objetivo final

aumentar a amplitude das respostas eletrofisiológicas no registro dos potenciais evocados auditivos (Don *et al.*, 2009; Elberling *et al.*, 2010).

O método original proposto para compensar o tempo de viagem do som na membrana basilar fora da cóclea foi primeiramente descrito por Don *et al.* (1994), sendo atualmente conhecido como *Stacked ABR* - termo que representa a soma da atividade neural gerada a partir de cinco regiões da cóclea em resposta a um clique com mascaramento de ruído rosa com um filtro passa alto. Trata-se de uma técnica que busca a compensação após o registro do PEATE (Don, 2005).

*Stacked ABR* é uma técnica que busca essa compensação após o registro do PEATE. As respostas são registradas e a compensação é feita, em seguida, no computador, utilizando-se os registros obtidos. O termo *Stacked ABR* representa a soma da atividade neural gerada a partir de cinco regiões da cóclea, em resposta a um clique com mascaramento de ruído rosa com um filtro passa alto (Don M, 2005).

A **Figura 1** mostra como é formado o *Stacked ABR*. A técnica consiste em mudar e alinhar os picos da onda V das respostas derivadas de frequências das cinco regiões da cóclea, para, em seguida, somá-las ou “empilhá-las”. O resultado é uma onda composta da atividade de todas as regiões da cóclea, que apresenta uma grande amplitude.

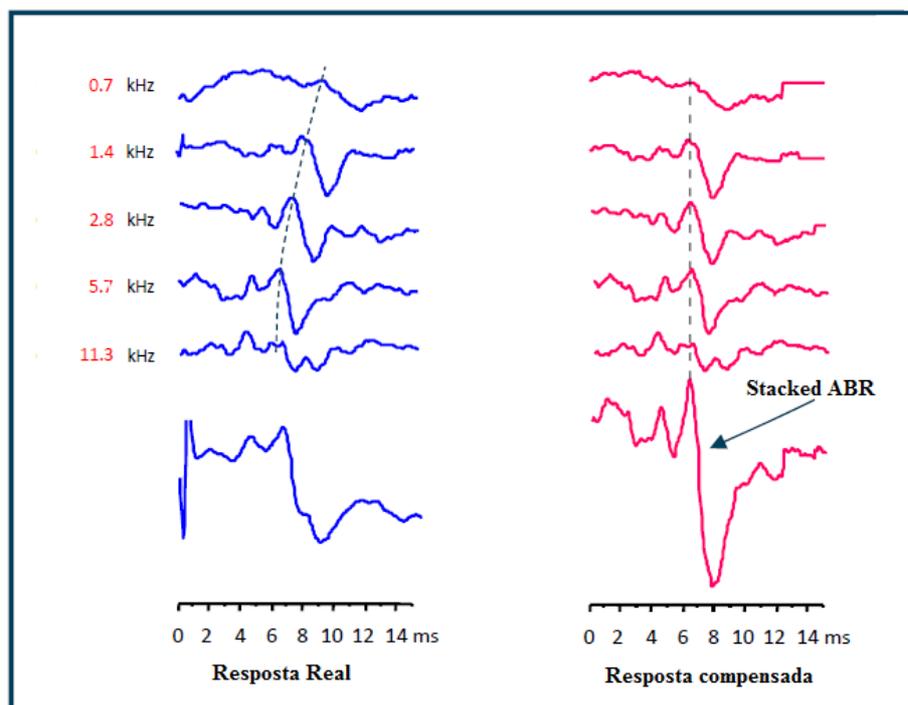


Figura 1 - Stacked ABR  
 Fonte: Adaptado de Don M (2005).

Embora o *Stacked ABR* demonstre claramente que a compensação do tempo de viagem do som na cóclea produz uma maior amplitude de resposta, o método é impraticável na rotina clínica, devido ao tempo consumido no registro das bandas derivadas para, em seguida, somá-las (Don *et al.*, 2009; Elberling *et al.*, 2007).

Por outro lado, a utilização do *Stacked ABR* tem apresentado resultados promissores na detecção de pequenos tumores nas vias auditivas que não podem ser observados no registro do PEATE-clique (Don *et al.*, 2005).

Ao contrário do *Stacked ABR*, o desenvolvimento do estímulo *chirp* busca compensar o tempo de viagem do som na cóclea, antes do registro do PEATE, ou seja, o *design* do estímulo é configurado para que todas as células ao longo da membrana basilar despolarizem ao mesmo tempo (Don, 2005).

A Figura 2 ilustra a diferença da apresentação de um clique e um *chirp* na membrana basilar. Nota-se que os neurônios despolarizam em tempos diferentes para as diferentes regiões de frequência, quando o estímulo utilizado é o clique. Em contrapartida, a despolarização é simultânea quando o *chirp* é utilizado. O resultado é uma maior amplitude de resposta com estímulo *chirp*, quando comparado com o clique.

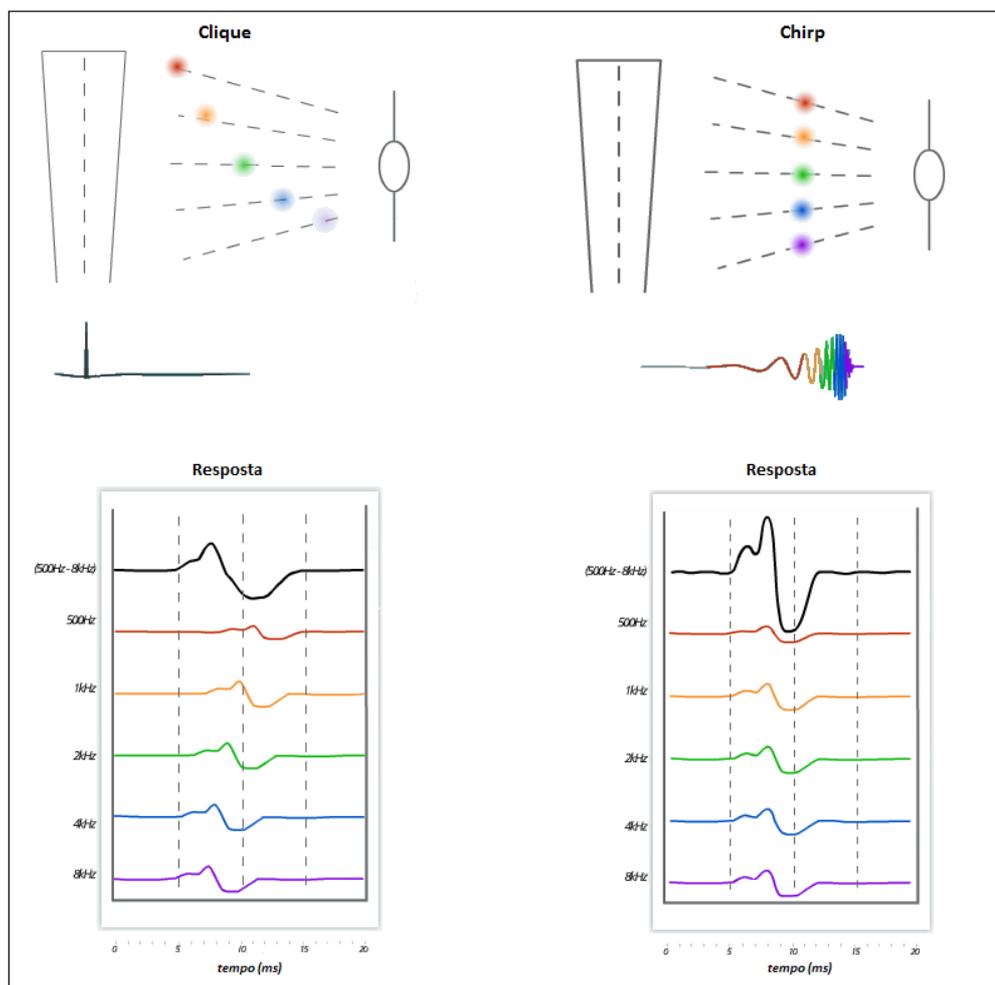


Figura 2 - Esquema comparativo da ativação da membrana basilar pela onda sonora com os estímulos clique e chirp

Fonte: Disponível em [http://interacoustics.com/eprise/main/\\_images/swf/click\\_vs\\_chirp.swf](http://interacoustics.com/eprise/main/_images/swf/click_vs_chirp.swf)

O conceito de *chirp* foi aplicado pela primeira vez em eletrofisiologia da audição, por Shore e Nuttall (1985). Esses autores utilizaram um estímulo exponencialmente crescente em frequência, com o objetivo de ativar,

simultaneamente, todas as fibras do nervo auditivo, ao longo da membrana basilar, no registro do potencial de ação composto do nervo auditivo em cobaias. O resultado foi uma maior amplitude dos picos N1-P1, levando os autores à conclusão de que a criação de um estímulo com energia espectral, baseada na dispersão temporal de viagem da onda sonora na cóclea, aumentaria a sincronia do potencial de ação composto do nervo auditivo.

Em 1990, Lütkenhöner e colaboradores desenvolveram um *chirp* baseado no tempo de viagem do som na cóclea, obtido através do registro do PEATE a *tonebursts*. Quando comparados ao clique, os registros do PEATE com o *chirp* resultaram em respostas com maiores amplitudes, levando os autores a acreditar que elas eram o resultado de uma maior sincronização neural, em resposta ao estímulo desenvolvido.

Dau *et al.* (2000), baseados no modelo linear da cóclea de Boer (1980), desenvolveram um *chirp* calculado a partir do inverso do atraso da onda sonora em sua viagem pela cóclea, que eles chamaram de *M-chirp*. As respostas do PEATE a esse estímulo resultaram em maiores amplitudes de onda V, quando comparadas às respostas obtidas com o clique. Para os autores, a utilização deste *chirp* permitiu a inclusão das regiões de baixa frequência da cóclea, enquanto com o clique, a contribuição dessa região é pequena, dada a dispersão temporal da viagem do som na cóclea. Os autores, ainda, um estímulo oposto a este *chirp*, que resultou em amplitudes menores que as obtidas com o clique, comprovando que a sincronia dos neurônios ao longo da cóclea pode ser afetada com mudanças no *design* do estímulo, baseadas no tempo de viagem do som na cóclea.

*Chirps* de frequência específica, baseados no modelo do *M-chirp* desenvolvido por Dau (2000), foram desenvolvidos por Bell *et al.* (2002). Os autores utilizaram esses estímulos para estimar os níveis mínimos de resposta auditiva em 10 adultos ouvintes. Menores diferenças entre os níveis mínimos de resposta eletrofisiológica e os limiares tonais foram obtidas com

estes *chirps* do que aquelas relatadas com *tonebursts*. No entanto, essas diferenças não foram menores do que as relatadas quando os níveis mínimos de resposta foram evocados por *tonebursts* com *notched noise*. Os autores apontaram que a desvantagem desses *chirps* por eles construídos é que provocavam uma estimulação em uma região mais ampla da cóclea que os *tonebursts*, podendo, portanto, evocar respostas de regiões indesejadas de frequência na membrana basilar.

Em um estudo posterior, Fobel e Dau (2004) desenvolveram dois *chirps*, denominados O e A, e fizeram o registro das respostas do PEATE com eles, com o *M-chirp* (Dau *et al.*, 2000) e com o clique em nove adultos com audição normal. O *O-chirp* foi desenvolvido com base no modelo do atraso da onda sonora estimado pela latência das emissões otoacústicas. Para o *A-chirp*, utilizaram a estimativa do tempo de viagem do som na cóclea, baseados na latência do PEATE a *tonebursts* e o *M-chirp* foi o *chirp* desenvolvido por Dau *et al.* em 2000, baseado no modelo linear da cóclea. Todos os estímulos provocaram uma maior amplitude da onda V do que as evocadas pelo clique. No entanto, as diferenças encontradas entre o *M-chirp* e o *A-chirp*, em intensidades médias e fracas, demonstraram que o modelo utilizado no desenvolvimento do *O-chirp*, baseado na latência das emissões otoacústicas evocadas, não forneceu bons resultados. O *A-chirp* resultou em PEATE com maiores amplitudes de resposta, especialmente em intensidades fracas, levando os autores a acreditar que modelos do atraso da onda sonora na cóclea, baseados na latência do PEATE a *tonebursts*, poderiam ser valiosos para aplicações clínicas.

A patente *CE-chirp*<sup>®</sup> é o resultado de estudos sequenciais aos estudos de Dau, realizados por Claus Elberling (daí o nome CE = C de Claus e E de Elberling) e seus colaboradores (Stürzebecher *et al.*, 2006; Elberling *et al.*, 2007). Esses estudos buscaram um modelo de viagem da onda sonora na cóclea, sob o qual o estímulo pudesse ser desenvolvido e apresentasse maior correspondência com a cóclea humana.

Stürzebecher *et al.* (2006), com o objetivo de obter maiores amplitudes de resposta no registro dos PEAAE, desenvolveram estímulos de frequência específica capazes de compensar o tempo de viagem do som na cóclea, baseados no modelo de Boer (1980). Nesse estudo, os autores introduziram um novo *design*, combinando um método de detecção que utiliza vários harmônicos, denominado *q sample test*, com uma compensação do atraso da onda sonora ao atravessar a cóclea. Estes estímulos foram desenvolvidos adicionando vários cosenos nos intervalos de frequência da taxa de apresentação do estímulo. Além disso, uma tentativa de melhorar as condições para a detecção dos PEAAE em 500 Hz também foi investigada. Os resultados desse experimento em 70 adultos com audição  $\leq 10$  dB NA mostraram que o novo *design* ativou a mesma área sobre a membrana basilar que os estímulos tradicionalmente utilizados, mas proporcionou uma maior excitação sincrônica neural, de modo que foram obtidas melhores relações sinal-ruído que as obtidas pelos estímulos tradicionais. A introdução de uma frequência adicional em 500 Hz minimizou os riscos da detecção de artefatos e possibilitou a utilização do *q-sample test* na detecção das respostas. Os resultados mostraram a eficiência do novo *design*, que combina o método de detecção e utiliza vários harmônicos com uma compensação do atraso da onda sonora ao viajar na cóclea, visto que sua utilização, no registro dos PEAAE, melhorou significativamente a amplitude das respostas, resultando em uma melhor relação sinal-ruído, e assim, maiores taxas de detecção em um menor período de tempo.

Em um estudo seguinte, Elberling *et al.* (2007) utilizaram diferentes modelos do tempo de viagem do som na cóclea, com o objetivo de desenvolver *chirps* ideais para o registro de potenciais evocados. O tempo de viagem do som, na cóclea, foi estimado a partir de três modelos diferentes: um modelo que considerava as propriedades mecânicas da cóclea (*De Boer chirp*), um modelo baseado nas latências do PEATE a tonebursts (*Neely chirp*) e o último, baseado nas latências de bandas derivadas do PEATE. Os autores

concluíram que o modelo baseado nas latências de bandas derivadas do registro do PEATE deu origem a um *chirp* mais eficiente.

Este chirp foi chamado *CE-chirp*<sup>®</sup> e tem como base a equação de atraso do tempo de viagem do som na cóclea, calculada a partir dos dados de *stacked ABR* de Don *et al.* (1994). O *CE-chirp*<sup>®</sup> possui o mesmo espectro e a mesma calibração (peRETSPL) que um clique de 100µs, como mostra a Figura 3. A diferença está no tempo de apresentação dos componentes de frequência: baixos, médios e altos, a fim de fornecer uma estimulação simultânea das regiões de frequência na cóclea. Assim, como um clique é sempre apresentado em 0 ms, a apresentação do *CE-chirp*<sup>®</sup> antecede 0 ms.

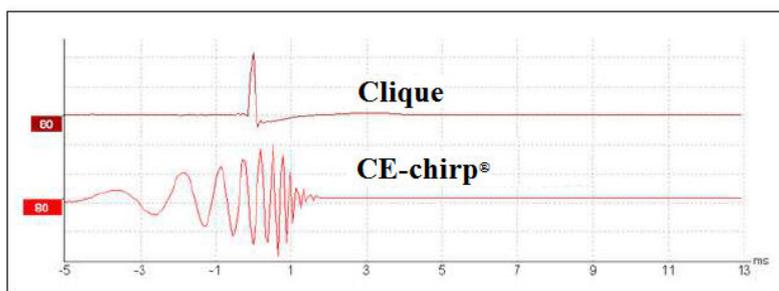


Figura 3 - Espectro acústico dos estímulos clique e *CE-chirp*<sup>®</sup>: Espectro acústico dos estímulos clique e *CE-chirp*<sup>®</sup>

Fonte: Adaptado de Don M, (2005).

A partir do *CE-chirp*<sup>®</sup>, foram construídos *chirps* de frequência específica, chamados *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>. Eles foram construídos a partir da decomposição do *CE-chirp*<sup>®</sup>, constituindo um subconjunto, como mostra a Figura 4.

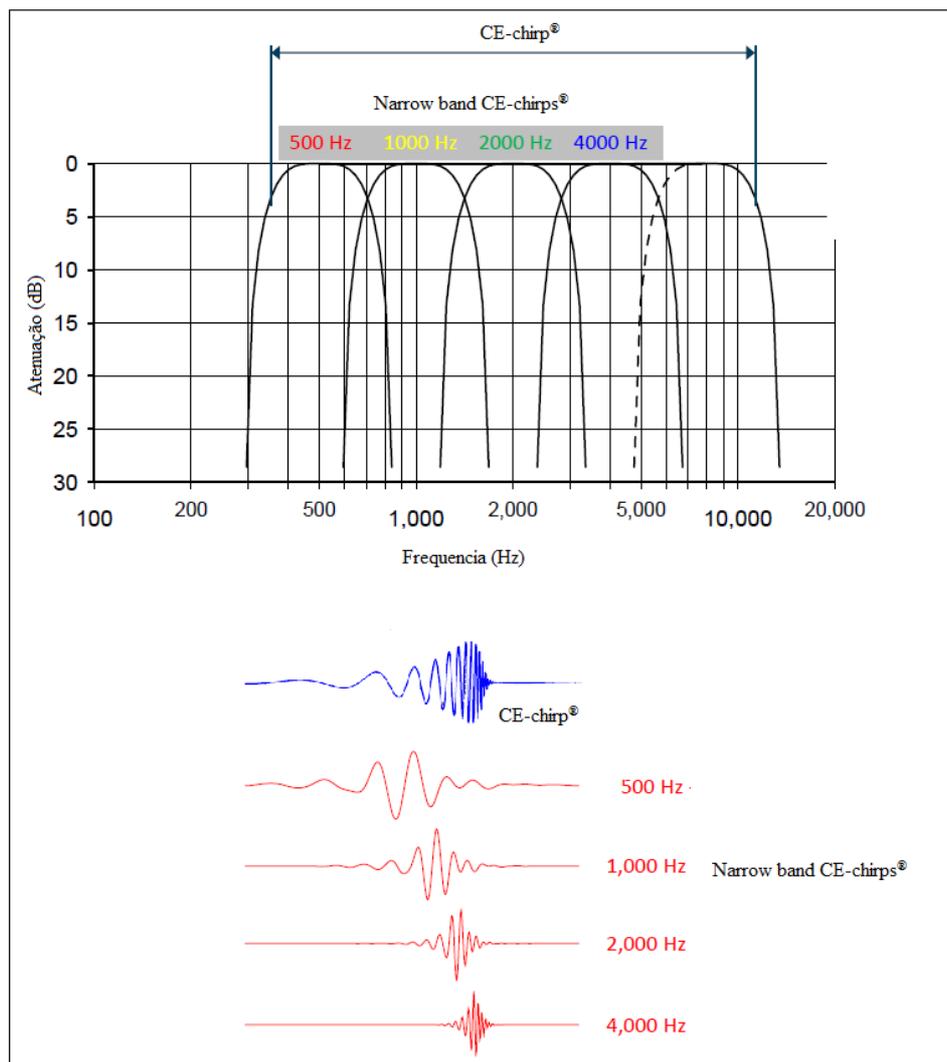


Figura 4 - Representação dos estímulos CE-chirp® e narrow band CE-chirps®  
 Fonte: Adaptado de Don M, (2005).

O *CE-chirp*® foi primeiramente implementado no módulo de PEAAE da plataforma Eclipse, da *Interacoustics*. Atualmente, os estímulos *CE-chirp*® e *narrow band CE-chirps*® estão disponíveis em alguns equipamentos de PEATE comercializados. No entanto, estudos de natureza clínica ainda não foram realizados com esses estímulos, não havendo, até então, nenhuma evidência para sua utilização na prática clínica.

## 4 METODOLOGIA

---

Com o intuito de atender a todos os objetivos específicos propostos, esta tese foi dividida em cinco estudos diferentes. Em um primeiro momento, será descrita a metodologia geral, referente a todos os estudos e, em seguida, informações metodológicas detalhadas sobre cada estudo serão apresentadas.

O presente estudo foi desenvolvido na linha de pesquisa “Audição na Criança”, do Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia da PUCSP, cujos objetivos visam à produção de conhecimento sobre a promoção à saúde auditiva, a utilização de novas tecnologias de identificação e diagnóstico de perdas auditivas, assim como estudos voltados à intervenção das crianças diagnosticadas.

### 4.1 Preceitos éticos

O estudo recebeu aprovação do Comitê de Ética da PUCSP (protocolo 316/2008) (Anexo I) e financiamento da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (2008/09716-0). Todos os responsáveis pelas crianças participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2).

### 4.2 Local

A pesquisa foi realizada em dois serviços diferentes: o Centro “Audição na Criança” (CeAC), serviço de alta complexidade em saúde auditiva da Divisão de Estudos e Reabilitação dos Distúrbios da Comunicação da PUCSP (DERDIC) e o Amparo Maternal, maternidade filantrópica de São Paulo, responsável por mais de 8.000 partos por ano e atendimento vinculado exclusivamente ao SUS.

As crianças com perda auditiva sensorineural e lactentes com audição normal, cujos pais permitiram sua participação neste estudo, foram convidados no CeAC. Já os responsáveis pelos neonatos receberam o convite para que eles participassem do estudo ainda na maternidade, no Programa de Triagem Auditiva Neonatal do Amparo Maternal.

#### **4.3 Critérios de inclusão**

Os grupos de neonatos e lactentes a termo, com audição normal, obedeceram aos seguintes critérios de inclusão:

- a) ausência de indicadores de riscos para a deficiência auditiva, segundo o JCIH (2007);
- b) resultado satisfatório (passa) na Triagem Auditiva Neonatal, por meio do registro das Emissões Otoacústicas Evocadas por Estímulo Transiente (EOAET), no dia da avaliação eletrofisiológica; e
- c) presença de resposta em 20 dBnNA no registro do PEATE-clique no dia da avaliação eletrofisiológica.

O grupo de crianças com perda auditiva obedeceu aos seguintes critérios de inclusão:

- a) diagnóstico de deficiência auditiva sensorineural definido pela equipe médica e fonoaudiológica da instituição; e
- b) presença de timpanometria tipo “A” com pico de máxima complacência ao redor de 0 daPa , cuja variação não excedeu -100 daPa (Jeger, 1970), no dia da avaliação eletrofisiológica.

#### **4.4 Material**

O equipamento que contém os estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> utilizados para registrar as respostas auditivas eletrofisiológicas foi o modelo *Eclipse EP25 ABR system*<sup>®</sup>, cedido pela *Interacoustics A/S* –

Dinamarca. O mesmo equipamento foi utilizado para o registro do PEATE-clique, critério de inclusão no estudo. Os parâmetros utilizados para esse registro foi: estímulo clique apresentado na taxa de repetição de 27.1Hz, na polaridade alternada, por meio de fones de inserção ER-3<sup>a</sup>. Janela de 20 ms e filtros de 100Hz e 3000 Hz foram utilizados.

Os demais equipamentos utilizados neste estudo foram os disponíveis no CeAC e Amparo Maternal, descritos a seguir:

- a) Imitanciômetro modelo AT 235h, da marca *Interacoustics*;
- b) equipamento portátil automático de triagem auditiva, modelo *Otoport Screener*, da marca *Otodynamics*. Para considerar os resultados de passa/falha, a reprodutibilidade deve estar acima de (70%) e a relação entre as médias da amplitude da resposta e o ruído (relação S/R) maior ou igual a (3dB), nas frequências (1.0 e 1.5) e (relação S/R ) maior ou igual a (6dB), nas frequências (2,0, 3.0 e 4.0). Para obter resultado satisfatório (passa), é necessário um mínimo em três (3) bandas de frequências (sem serem consecutivas); e
- c) Audiômetro dois canais, modelo AC-36, da marca *Interacoustics*.

As informações metodológicas detalhadas sobre os procedimentos, realizados em cada estudo, serão apresentadas a seguir.

#### **4.5 Estudo 1**

Vinte e três mães receberam o convite para que seus filhos participassem do estudo, ainda na maternidade. Vinte e duas mães aceitaram, no entanto, em um neonato não foi possível registrar o PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*<sup>®</sup> em ambas as orelhas.

O grupo foi constituído por 20 neonatos, com idade variando de 20 a 81 horas (média 42±13 horas), sendo doze do sexo feminino e oito do sexo

masculino. Todos os neonatos apresentaram presença no registro das emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente, em pelo menos 03 bandas de frequência, e resposta em 20 dBnNA no registro do PEATE-clique. Ambas as orelhas foram avaliadas em todos os neonatos.

O registro do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*<sup>®</sup> foi realizado no equipamento *Eclipse EP25 ABR system*<sup>®</sup>, em uma sala silenciosa na maternidade. Os neonatos foram avaliados durante o sono natural e a pele foi preparada com a pasta abrasiva NuPrep<sup>™</sup> para a colocação dos eletrodos.

Foram utilizados eletrodos descartáveis da marca AMBU<sup>®</sup>, dispostos nas mastóides direita (A1) e esquerda (A2), e os eletrodos Cz e Terra na frente. O registro só foi realizado com a impedância dos eletrodos abaixo de 3 k $\Omega$ . Para o registro, foi utilizada uma janela de 20 ms e filtros de 100 a 3000 Hz. Durante o registro dos traçados, o equipamento realizava automaticamente uma estimativa do ruído residual. O critério adotado para interromper o registro foi o ruído residual abaixo de 40nV após 800 estímulos (Don, Elberling, 1994).

Vale ressaltar que o número de estímulos é uma medida relativa da qualidade do registro, pois depende muito da quantidade de ruído no processo de média. O ruído residual indica exatamente a quantidade de ruído presente no registro e capaz de dificultar a visualização da resposta; logo, não é uma medida relativa, mas uma indicação exata da situação da redução de ruído, obtido através de média. Assim, o ruído residual é um critério mais relevante para interromper o registro que o número de estímulos apresentados (Don, Elberling, 1994).

Os estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e clique foram apresentados na mesma polaridade e possuem o mesmo espectro de frequência (350-11,300Hz). Os dois

estímulos foram apresentados na polaridade alternada, em uma taxa de repetição de 27.1Hz, por meio de fones de inserção ER-3A.

O registro do PEATE iniciou com o estímulo clique na intensidade de 80 dBnNA. Em seguida, as respostas foram registradas nas intensidades de 60, 40 e 20 dBnNA. Após o registro com o estímulo clique, o registro com o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> foi iniciado, na mesma orelha, com as mesmas intensidades. Em seguida, o mesmo procedimento foi repetido na outra orelha.

O registro do PEATE com os dois estímulos foi obtido em ambas as orelhas testadas (n=40). As latências das ondas I, III e V foram determinadas pela identificação visual das ondas por um avaliador experiente. A amplitude da onda V foi analisada em todas as intensidades nos dois estímulos testados. A medida da amplitude foi obtida pela diferença calculada pelo *software* entre o pico positivo e negativo da onda V.

#### **4.6 Estudo 2**

Lactentes na faixa etária de 01 e 03 meses encaminhados para a realização da triagem auditiva no CeAC, por não terem sido submetidos à TAN, ainda na maternidade, foram convidados a participar deste estudo.

O grupo foi constituído por 40 lactentes com idades entre um e três meses (média  $2.6 \pm 12$  meses), sendo 21 do sexo feminino e 19 do sexo masculino. Todos os lactentes apresentaram ausência de indicadores de risco para a deficiência auditiva, segundo o JCIH (2007); resultado satisfatório (PASSA) no registro das emissões otoacústicas, evocadas por estímulo transiente e nível mínimo de 20 dBnNA no registro do PEATE-clique, antes do registro do PEATE-FE com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-Chirps*<sup>®</sup>.

Em 20 lactentes foi realizado o registro do PEATE-FE com os estímulos *tonebursts* e *narrow band CE-Chirps*<sup>®</sup>, nas frequências de 500 e 2000 Hz. Nos outros 20 lactentes, as frequências de 1000 e 4000 Hz foram avaliadas. Infelizmente, devido ao longo tempo de teste, não foi possível realizar o registro do PEATE-FE com os dois estímulos, nas duas orelhas de todos os sujeitos.

O equipamento utilizado para o registro foi o modelo *Eclipse EP25 ABR system*<sup>®</sup>. Os exames foram realizados em uma sala acusticamente tratada e o registro realizado durante o sono natural. A pele foi limpa com a pasta abrasiva NuPrep<sup>™</sup>, para a colocação dos eletrodos. Foram utilizados eletrodos descartáveis da marca AMBU<sup>®</sup>, dispostos nas mastóides direita (A1) e esquerda (A2), e os eletrodos Cz e Terra na frente. O registro só foi realizado com a impedância dos eletrodos abaixo de 3 k $\Omega$ . Para o registro foi utilizada uma janela de 20 ms e filtros de 100 a 3000 Hz. Durante o registro dos traçados, o equipamento realizava automaticamente uma estimativa do ruído residual. O critério adotado para interromper o registro foi o ruído residual abaixo de 40nV, após 800 estímulos (Don, Elberling, 1994).

Os 4 *tonebursts* e *narrow band CE-Chirps*<sup>®</sup> foram apresentados na polaridade alternada, por meio de fones de inserção ER-3<sup>a</sup>, na taxa de repetição de 27.1 Hz. Janela de 20 ms e filtros de 100Hz e 1500 Hz foram utilizados. O registro do PEATE-FE com os dois estímulos foi realizado nas intensidades de 80, 60, 40 e 20dBnNA.

O registro do PEATE-FE iniciou com o estímulo *toneburst*, na intensidade de 80 dBnNA. Em seguida, as respostas foram registradas nas intensidades de 60, 40 e 20 dBnNA. Após o registro com o estímulo *toneburst*, o registro com o estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> foi iniciado na mesma orelha, nas mesmas intensidades. Em seguida, o mesmo procedimento foi repetido na outra orelha, quando possível.

PEATE-FE com *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> e *toneburst* foram obtidos em 36 orelhas para 500Hz, 38 orelhas para 1000 Hz, 37 orelhas para 2000 Hz e 34 orelhas para 4000 Hz em todas as intensidades.

A latência da onda V foi determinada pela identificação visual por um avaliador experiente. A amplitude da onda V foi analisada em todas as intensidades nos dois estímulos testados. A medida da amplitude foi obtida pela diferença calculada pelo *software* entre o pico positivo e negativo da onda V.

### **4.7 Estudo 3**

PEAEE foram registrados nas duas orelhas de 30 neonatos a termo (14 mulheres e 16 homens), com uma média de 34.3 horas de vida, variando entre 24 e 48 horas de vida.

Todos os neonatos apresentaram ausência de indicadores de risco para a deficiência auditiva segundo, o JCIH (2007); resultado satisfatório (PASSA) no registro das emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente e nível mínimo de 20 dBnNA no registro do PEATE-clique antes do registro dos PEAEE.

Foram avaliados, também, por meio dos PEAEE, dez adultos (cinco homens e cinco mulheres), para que os resultados fossem comparados com os encontrados nos neonatos. A idade dos adultos variou de 23 a 30 anos (média 27 anos) e todos apresentavam limiares tonais  $\leq$  a 15 dBNA nas frequências de 250 a 8000 Hz. A timpanometria foi realizada antes da avaliação eletrofisiológica, para excluir componente condutivo.

O registro dos PEAEE foi realizado durante o sono natural nos neonatos e os adultos foram encorajados a relaxar e, se possível, dormir. A pele foi limpa com a pasta abrasiva NuPrep<sup>™</sup>, para a colocação dos eletrodos.

Foram utilizados eletrodos descartáveis da marca AMBU<sup>®</sup>, dispostos nas mastóides direita (A1) e esquerda (A2), e os eletrodos Cz e Terra na frente. O registro só foi realizado com a impedância dos eletrodos abaixo de 3 k $\Omega$ . O registro dos PEAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foi realizado no equipamento *Eclipse EP25 ABR system*<sup>®</sup>. Os estímulos *narrow band CE-chirps* são descritos em detalhes por Elberling *et al.* (2007a) e Elberling *et al.* (2007b).

Um estímulo constituído de 04 *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, portadores das frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, apresentados em diferentes taxas de repetição ao redor de 90 Hz, foram apresentados monoauralmente por meio de fones de inserção ER-3A. Optou-se por realizar o registro de forma monoaural, pois o registro geralmente foi realizado após as mamadas. Assim, para evitar acidentes, como engasgos, o neonato foi posicionado em decúbito lateral. Nos adultos, o registro também foi realizado de forma monoaural.

A pesquisa dos limiares eletrofisiológicos por meio dos PEAE iniciou na intensidade de 50 dBnNA. Caso as respostas fossem detectadas automaticamente pelo *software* em todas as frequências testadas, a intensidade da estimulação era diminuída para 30 dBnNA. Sem resposta em 30 dBnNA, a intensidade da estimulação aumentava 5 dB ou diminuía 5 dB, se a resposta estivesse presente. Os limiares eletrofisiológicos foram definidos como o nível mínimo de intensidade, no qual as respostas puderam ser automaticamente detectadas pelo *software*. A intensidade de estimulação nesse *software* pode ser controlada independente da frequência, permitindo que diferentes frequências sejam pesquisadas em diferentes intensidades, simultaneamente. Maiores detalhes sobre a detecção automática dos PEAE no *software* utilizado, são descritos por Cebula *et al.* (2006) e Stürzebecher *et al.* (2005).

#### 4.8 Estudo 4

Este estudo longitudinal compreendeu a avaliação auditiva, por meio de diferentes procedimentos de potenciais evocados auditivos, em quatro momentos: no nascimento, ainda na maternidade (semana 0); e na 2<sup>a.</sup>, 4<sup>a.</sup> e 6<sup>a.</sup> semanas de vida, quando os lactentes foram convidados a retornar para realização de nova avaliação eletrofisiológica.

Trinta e três neonatos nascidos a termo (entre 29 e 41 semanas) e sem indicadores de risco para a deficiência auditiva (JCIH, 2007) foram convidados a participar deste estudo, ainda na maternidade. As mães responsáveis receberam o convite ainda no alojamento conjunto, após a realização da triagem auditiva neonatal.

O pré-requisito para a realização da avaliação eletrofisiológica da audição em cada um dos quatro momentos foi a presença de respostas no registro das emissões otoacústicas evocadas por estímulo transiente em três bandas de frequência, descartando, desta forma algum componente condutivo. Na primeira avaliação (semana 0), a presença de resposta a 20 dBnNA no registro do PEATE com o estímulo clique foi considerada, juntamente com a presença das emissões otoacústicas evocadas, o critério de inclusão no estudo. Neste momento, a avaliação foi realizada em uma sala, destinada à equipe de triagem auditiva na maternidade. Na 2<sup>a.</sup>, 4<sup>a.</sup> e 6<sup>a.</sup> semanas, a avaliação foi realizada em um centro de referência em saúde auditiva de alta complexidade, em uma sala acusticamente tratada.

A avaliação eletrofisiológica da audição, ou seja, o registro dos PEAE e dos PEATE-FE com os estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, nas frequências de 500 e 2000 Hz, foi realizado no equipamento *Eclipse EP25 ABR system*<sup>®</sup>, da marca *Interacoustics*. Os exames foram realizados com as crianças em sono natural, acomodados no colo da mãe ou responsável. Foi avaliada somente uma orelha de cada criança, por meio de fones de inserção ER-3A. Os

eletrodos de referência foram dispostos nas mastóides direita (A2) e esquerda (A1), e os eletrodos ativo (Fz) e terra (Fpz) na frente. O registro só foi realizado com a impedância dos eletrodos abaixo de 3 k $\Omega$ .

Para o registro do PEATE-FE *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, foram apresentados na polaridade alternada, na taxa de 27.1 Hz, por meio de fones de inserção ER-3A. Filtros de 100 a 1500 Hz foram utilizados e, durante o registro, o equipamento realizava uma estimativa constante do ruído residual. O registro era interrompido quando, depois de 800 estímulos, o ruído residual apresentava-se abaixo de 40nV (Elberling, Don, 1984). A intensidade inicial foi 80 dBnNA e, em seguida, as respostas foram registradas nas intensidades de 60, 40 e 20 dBnNA. Não foram pesquisadas respostas abaixo de 20 dBnNA, com o intuito de não prolongar demasiadamente a avaliação. Quando não foi registrada resposta em 20 dBnNA, aumentou-se a intensidade em 10 dB, até que fosse identificada resposta. As respostas foram determinadas pela identificação visual da onda V e sua reprodutibilidade, por um avaliador experiente.

Após o registro do PEATE-FE, o registro do PEAEF foi iniciado na mesma orelha. Vale ressaltar que a estimulação simples foi utilizada, ou seja, as frequências de 500 e 2000 Hz foram pesquisadas separadamente. A intensidade inicial foi 50 dBnNA, seguida de 30 e 20 dBnNA. A identificação das respostas foi realizada automaticamente pelo equipamento. Nos dois exames, as respostas foram pesquisadas e confirmadas a passos de 10 dB.

Das 33 crianças avaliadas na semana 0, 18 retornaram na segunda semana, e, destas, em 15 foi possível a avaliação eletrofisiológica da audição, pois três apresentaram ausência de resposta no registro das emissões otoacústicas evocadas.

Quando a pesquisadora ligou confirmando o retorno para a 2<sup>a</sup>. semana, algumas mães relataram dificuldades de locomoção até o centro de

referência em saúde auditiva, onde seriam realizados os retornos na 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> semanas. Tentou-se realizar o exame na casa dos participantes, evitando, desta forma, a locomoção das mães e de seus bebês ainda com tão poucas semanas de vida. No entanto, nas quatro casas em que foi permitida a tentativa do registro dos exames, dificuldades, como artefatos elétricos, impediram o registro.

Das 15 crianças em que foi possível o registro na 2<sup>a</sup>. semana, sete retornaram para avaliação na 3<sup>a</sup>. e 4<sup>a</sup>. semanas. No entanto, uma criança apresentou componente condutivo na 3<sup>a</sup>. semana, restando, então, somente seis crianças avaliadas nos quatro momentos.

#### **4.9 Estudo 5**

Durante o período de coleta de dados, as 68 crianças diagnosticadas com perda auditiva sensorineural no CeAC, foram convidadas a participar do estudo e os responsáveis concordaram com a participação.

Toda a avaliação eletrofisiológica da audição foi realizada com as crianças em sono natural. Muitas vezes, o registro do PEATE-FE e do PEAAE não pode ser concluído no mesmo dia, pois as crianças despertavam do sono. Essas crianças foram convidadas a retornar. A timpanometria foi realizada em todas as sessões, com o objetivo de excluir qualquer componente condutivo nessas crianças. O registro do PEATE-FE e do PEAAE foi possível em 59 crianças.

No CeAC, o diagnóstico de perda auditiva sensorineural é fechado com base na avaliação otorrinolaringológica e na bateria de testes audiológicos, que inclui a avaliação auditiva comportamental, o registro do PEATE-FE por via aérea e via óssea, a timpanometria e o registro das emissões otoacústicas evocadas.

O equipamento utilizado para o registro dos PEATE-FE e PEAEF foi o modelo *Eclipse EP25 ABR system*<sup>®</sup>. Os exames foram realizados em uma sala acusticamente tratada. A pele foi limpa com a pasta abrasiva NuPrep<sup>™</sup>, para a colocação dos eletrodos. Foram utilizados eletrodos descartáveis da marca AMBU<sup>®</sup>, dispostos nas mastóides direita (A1) e esquerda (A2), e os eletrodos Cz e Terra na frente. O registro só foi realizado com a impedância dos eletrodos abaixo de 3 k $\Omega$ . Para o registro do PEATE-FE, foi utilizada janela de 20 ms e filtros de 100 a 1500 Hz. Durante o registro dos traçados, o equipamento realizava automaticamente uma estimativa do ruído residual. O critério adotado para interromper o registro foi o ruído residual abaixo de 40nV, após 800 estímulos (Don, Elberling, 1994).

*Tonebursts* de 500, 1000, 200 e 4000 Hz foram apresentados na polaridade alternada, por meio de fones de inserção ER-3<sup>a</sup>, na taxa de repetição de 27.1 Hz. O limiar eletrofisiológico foi pesquisado a passos de 5 dB e determinado como a menor intensidade na qual uma onda V replicável pode ser identificada por um avaliador experiente.

Um estímulo constituído de 4 *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> portadores das frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz apresentados em diferentes taxas de repetição ao redor de 90 Hz foi apresentado bilateralmente. A pesquisa do limiar eletrofisiológico foi definida a passos de 5 dB e determinado como a menor intensidade na qual as respostas puderam ser automaticamente detectadas pelo sistema.

Tanto no registro dos PEATE-FE como no registro do PEAEF, a intensidade máxima pesquisada foi 100 dBnNA (saída máxima do equipamento). Maiores detalhes sobre a detecção automática dos PEAEF no *software* utilizado são descritas por Cebula *et al.* (2006) e Stürzebecher *et al.* (2006).

A audiometria de reforço visual (VRA) foi realizada em 35 crianças com fones de inserção ER-3A. Nas outras 19 crianças, a audiometria lúdica

condicionada foi realizada. Em 15 crianças as respostas comportamentais não puderam ser obtidas no momento da avaliação eletrofisiológica, dada a idade delas. As respostas foram pesquisadas a passos de 5 dB e o limiar foi definido como o mínimo de intensidade no qual uma resposta consistente pode ser obtida.

O audiômetro utilizado foi o modelo AC-33 da Intaracoustics e a audiometria de reforço visual ou a audiometria lúdica condicionada foi realizada por um segundo pesquisador, que não teve acesso aos dados eletrofisiológicos (estudo cego).

As respostas obtidas no registro dos PEAE *a narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, foram comparadas com as obtidas no registro dos PEATE-FE e na audiometria comportamental, em cada frequência pesquisada.

Quando as respostas foram ausentes na intensidade máxima do equipamento (10dBnNA), no registro dos PEAE ou dos PEATE-FE, essa comparação não foi incluída na análise dos dados. No entanto, esses dados foram representados no gráfico de dispersão, adicionando um valor (+5dB) à intensidade máxima.

## 5 RESULTADOS

## 5.1 Estudo 1

Para cada estímulo e intensidade, a latência média, a amplitude média e o desvio padrão correspondente foram calculados e são apresentados na Tabela 1 (latência) e na Tabela 2 (amplitude).

Tabela 1 - Estatísticas descritivas para a latência (ms) da onda V no registro do PEATE com os estímulos clique e CE-chirp®

Latência	80 dBnNA		60 dBnNA		40 dBnNA		20 dBnNA	
	Clique	CE-chirp®	Clique	CE-chirp®	Clique	CE-chirp®	Clique	CE-chirp®
Média	6,59	6,16	6,94	6,81	7,58	7,75	8,43	8,78
Mediana	6,60	6,24	7,04	6,73	7,60	7,73	8,40	8,70
Desvio Padrão	0,25	0,40	0,74	0,37	0,28	0,36	0,40	0,40
n	40	40	40	40	40	40	40	40
Intervalo de Confiança	0,08	0,13	0,24	0,12	0,09	0,12	0,13	0,13
p-valor	<0,001		0,001		0,001		<0,001	

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas para a amplitude ( $\mu$ V) da onda V no registro do PEATE com os estímulos clique e CE-chirp®

Amplitude	80 dBnNA		60 dBnNA		40 dBnNA		20 dBnNA	
	Clique	CE-chirp®	Clique	CE-chirp®	Clique	CE-chirp®	Clique	CE-chirp®
Média	0,235	0,300	0,174	0,325	0,150	0,282	0,142	0,178
Mediana	0,229	0,290	0,172	0,318	0,148	0,267	0,117	0,158
Desvio Padrão	0,076	0,098	0,044	0,100	0,049	0,069	0,118	0,064
n	40	40	40	40	40	40	40	40
Intervalo de Confiança	0,024	0,031	0,014	0,032	0,015	0,022	0,038	0,020
p-valor	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	

Fonte: Dados da pesquisa.

O teste de Wilcoxon foi realizado comparando a amplitude da onda V, para cada intensidade, entre os estímulos clique e CE-chirp®. O registro do PEATE com o estímulo CE-chirp® apresentou ondas V com maiores

amplitudes que as observadas no registro do PEATE com o estímulo clique (Tabela 2).

De um modo geral, à medida que a intensidade do estímulo clique diminuiu, a amplitude da onda V no registro do PEATE também diminuiu. No entanto, quando o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> foi utilizado, a amplitude aumentou de 80 para 60 dBnNA, para, somente depois, diminuir proporcionalmente a intensidade.

Na Tabela 2, as latências da onda V obtidas com os estímulos clique e *CE-chirp*<sup>®</sup> foram comparadas em cada intensidade pelo teste de Wilcoxon. As diferenças entre as latências observadas com os dois estímulos foram significantes.

A Figura 5 apresenta a distribuição normal dos dados (n=40), em função da latência e da intensidade em cada estímulo.

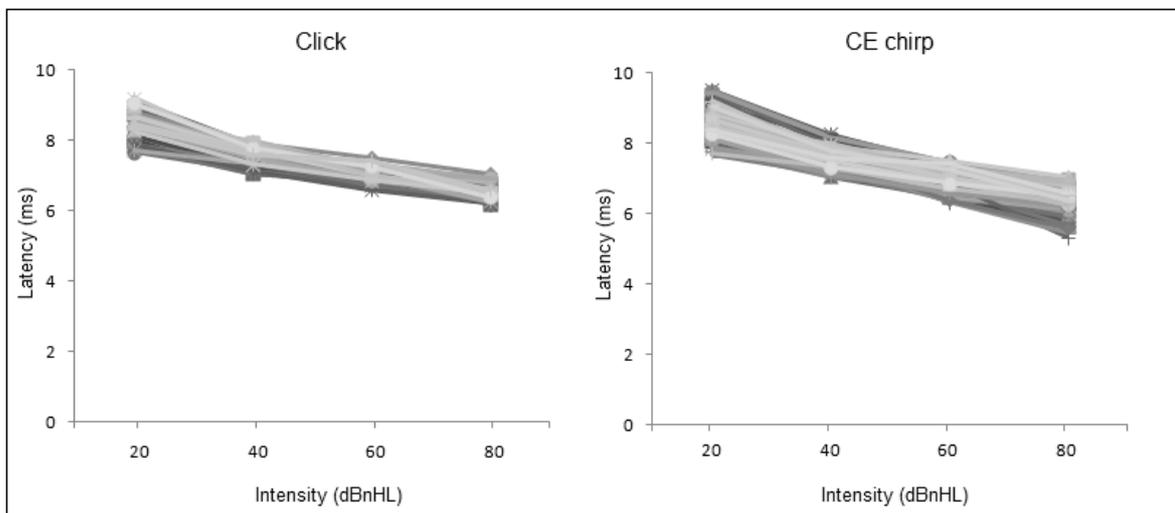


Figura 5 - Distribuição normal da latência em função da intensidade observada no registro do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*<sup>®</sup> (n=40)

Fonte: Dados da pesquisa.

É possível observar que as latências tendem a aumentar, à medida que a intensidade diminui com os dois estímulos. No entanto, em fortes intensidades (80 e 60 dBnNA) o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> apresenta, em média,

latências mais curtas que as observadas com o estímulo clique. Por outro lado, em fracas intensidades (40 e 20 dBnNA), as latências obtidas com o estímulo clique são mais curtas que as observadas com o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup>.

Quando a presença/ausência das ondas I, III e V foram analisadas em fortes intensidades nos dois estímulos testados, as ondas I e III tenderam a desaparecer com a utilização do estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> (Tabela 3).

Tabela 3 - Wave resolution of peak I, III and V in the high level for click and *CE-chirp*<sup>®</sup> stimuli

Intensidade(dB nNA)	Tipo de Estímulo	Onda					
		I		III		V	
80	Clique	40/40	(100%)	40/40	(100%)	40/40	100%
	<i>CE-chirp</i> <sup>®</sup>	23/40	(57%)	30/40	(75%)	40/40	100%
60	Clique	27/40	(65,5%)	36/40	(90%)	40/40	100%
	<i>CE-chirp</i> <sup>®</sup>	10/40	(25%)	20/40	(50%)	40/40	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 6 apresenta o registro do PEATE com os estímulos clique e *CE-chirp*<sup>®</sup> nas diferentes intensidades, em um dos sujeitos do estudo.

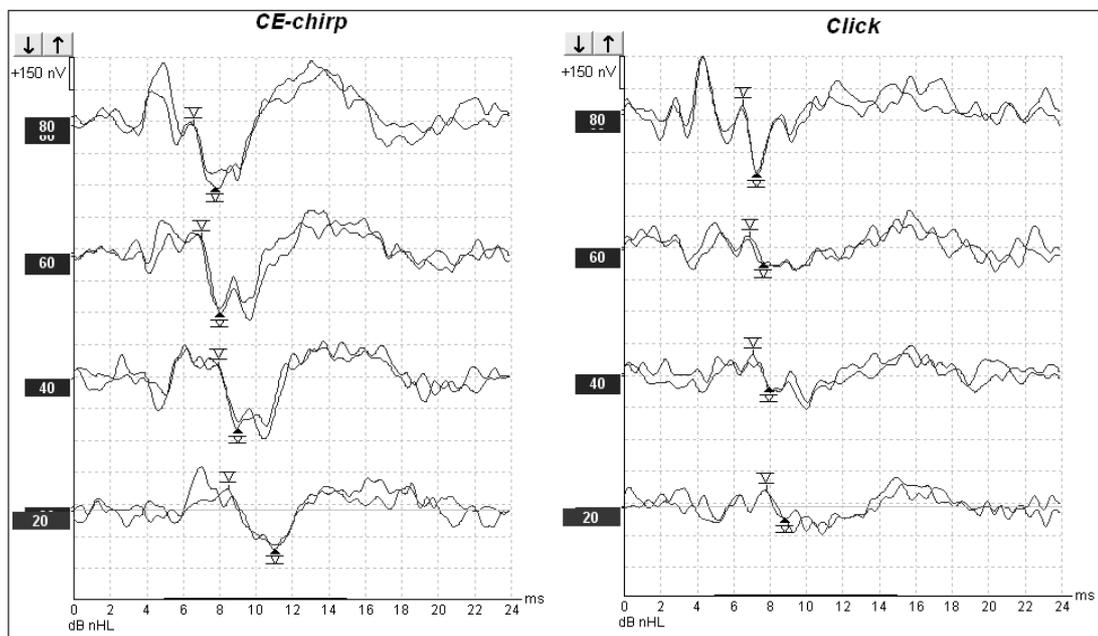


Figura 6 - Registro do PEATE com os estímulos CE-chirp® e clique em um *neonate* com 43 horas de vida (orelha direita)

Fonte: Dados da pesquisa.

## 5.2 Estudo 2

Em 500 e 2000 Hz, para cada estímulo e intensidade, a média, o desvio padrão e a diferença entre as latências observadas entre os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*® foram calculadas e são apresentados na Tabela 3. Na Tabela 4, os mesmos valores são apresentados para as frequências de 1000 e 4000 Hz.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas para a latência da onda V observada no registro do PEATE-FE com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> nas frequências de 500 e 2000 Hz

Intensidade (dB nNA)	Estímulo	n	500 Hz		2000 Hz		
			Média	Desvio Padrão	n	Média	Desvio Padrão
80	<i>Toneburst</i>	36	8,57	0,51	37	7,17	0,49
	<i>NB CE-chirp</i> <sup>®</sup>	36	2,91	0,53	37	5,57	0,74
	Diferença	36	5,66	0,44	37	1,60	0,45
60	<i>Toneburst</i>	36	9,76	0,69	37	7,82	0,57
	<i>NB CE-chirp</i> <sup>®</sup>	36	3,57	0,70	37	6,48	0,66
	Diferença	36	6,19	0,74	37	1,34	0,29
40	<i>Toneburst</i>	36	11,54	0,84	37	8,51	0,64
	<i>NB CE-chirp</i> <sup>®</sup>	36	5,26	0,97	37	7,42	0,76
	Diferença	36	6,28	1,30	37	1,09	0,27
20	<i>Toneburst</i>	36	13,19	0,89	37	9,56	0,49
	<i>NB CE-chirp</i> <sup>®</sup>	36	7,05	0,61	37	8,47	0,69
	Diferença	36	6,14	1,16	37	1,09	0,34

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando a diferença entre as latências nos dois estímulos (*toneburst* – *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>) em cada intensidade, todas as diferenças são positivas, indicando que a latência é maior quando o estímulo *toneburst* é usado.

As latências foram comparadas usando a análise de variância ANOVA e foi possível concluir que as latências com o estímulo *toneburst* são maiores que as latências com o estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>, em todas as intensidades testadas ( $p < 0,001$ ) em 500 e 2000 Hz.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas para a latência da onda V observada no registro do PEATE-FE com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> nas frequências de 1000 e 4000 Hz

Intensidade (dB nNA)	Estímulo	n	1000 Hz		4000 Hz		
			Média	Desvio padrão	n	Média	Desvio padrão
80	<i>Toneburst</i>	38	8,46	0,37	34	6,90	0,30
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	38	5,18	0,39	34	6,45	0,34
	Diferença	38	3,29	0,55	34	0,45	0,36
60	<i>Toneburst</i>	38	9,40	0,52	34	7,48	0,38
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	38	5,91	0,31	34	7,02	0,30
	Diferença	38	3,49	0,62	34	0,46	0,34
40	<i>Toneburst</i>	38	10,68	0,50	34	8,13	0,42
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	38	7,37	0,47	34	7,80	0,29
	Diferença	38	3,31	0,68	34	0,33	0,35
20	<i>Toneburst</i>	38	12,32	0,58	34	9,05	0,59
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	38	8,81	0,62	34	8,67	0,28
	Diferença	38	3,51	0,76	34	0,39	0,55

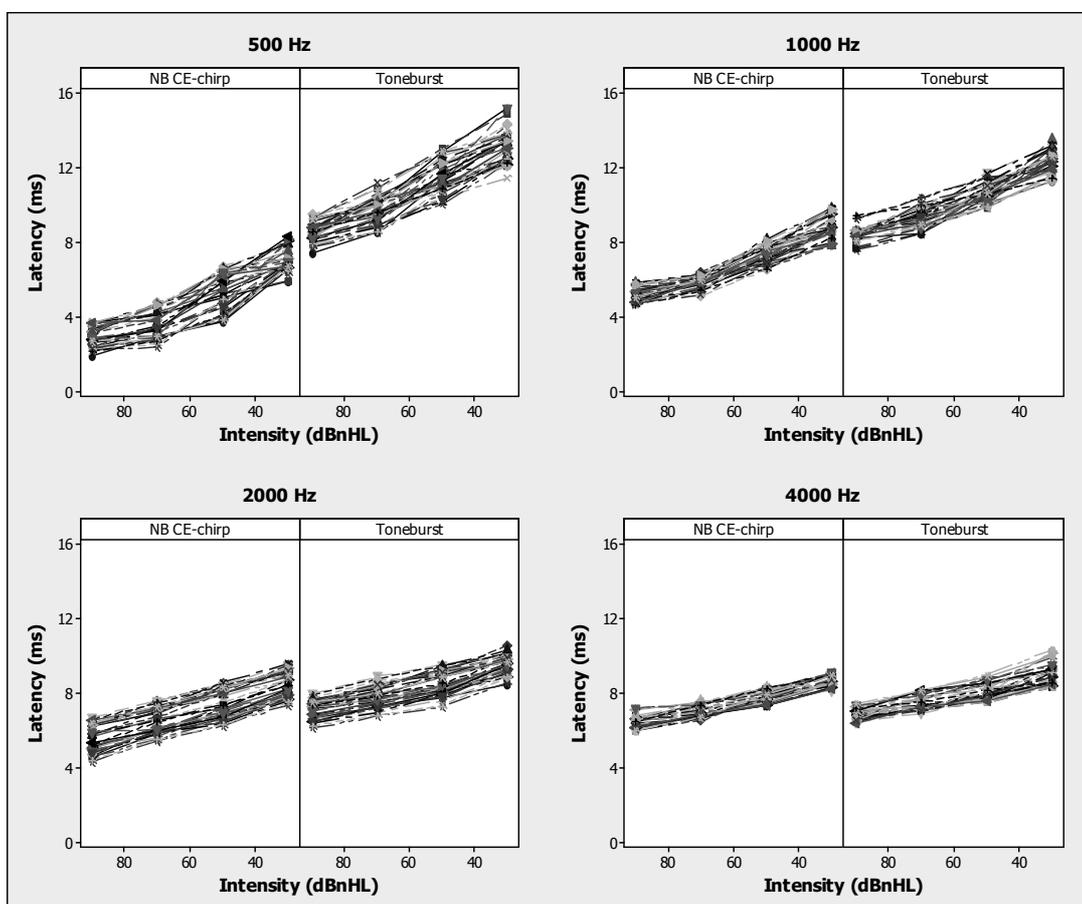
Fonte: Dados da pesquisa.

Similar à Tabela 3, a Tabela 4 mostra que a diferença entre a latência dos dois estímulos é positiva em todas as intensidades, de modo que as latências obtidas no registro do PEATE-FE com o estímulo *toneburst* são maiores que as observadas com o estímulo *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, nas frequências de 1000 e 4000 Hz.

Aplicando a análise ANOVA, as latências observadas com o estímulo *toneburst* foram mais longas que as latências observadas com o estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>, em todas as intensidades ( $p < 0,001$ ), em 1000 Hz. No entanto, ao contrário do que aconteceu nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, em 4000 Hz essa diferença não foi significativa.

Em 4000 Hz, as latências observadas com os dois estímulos foram similares. No entanto, a diferença média foi positiva, indicando que em até 50 % das orelhas, as latências com o estímulo *toneburst* foram mais longas que as latências com o estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>.

A Figura 7 apresenta a distribuição normal dos dados em função da latência para cada intensidade nos dois estímulos, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz.



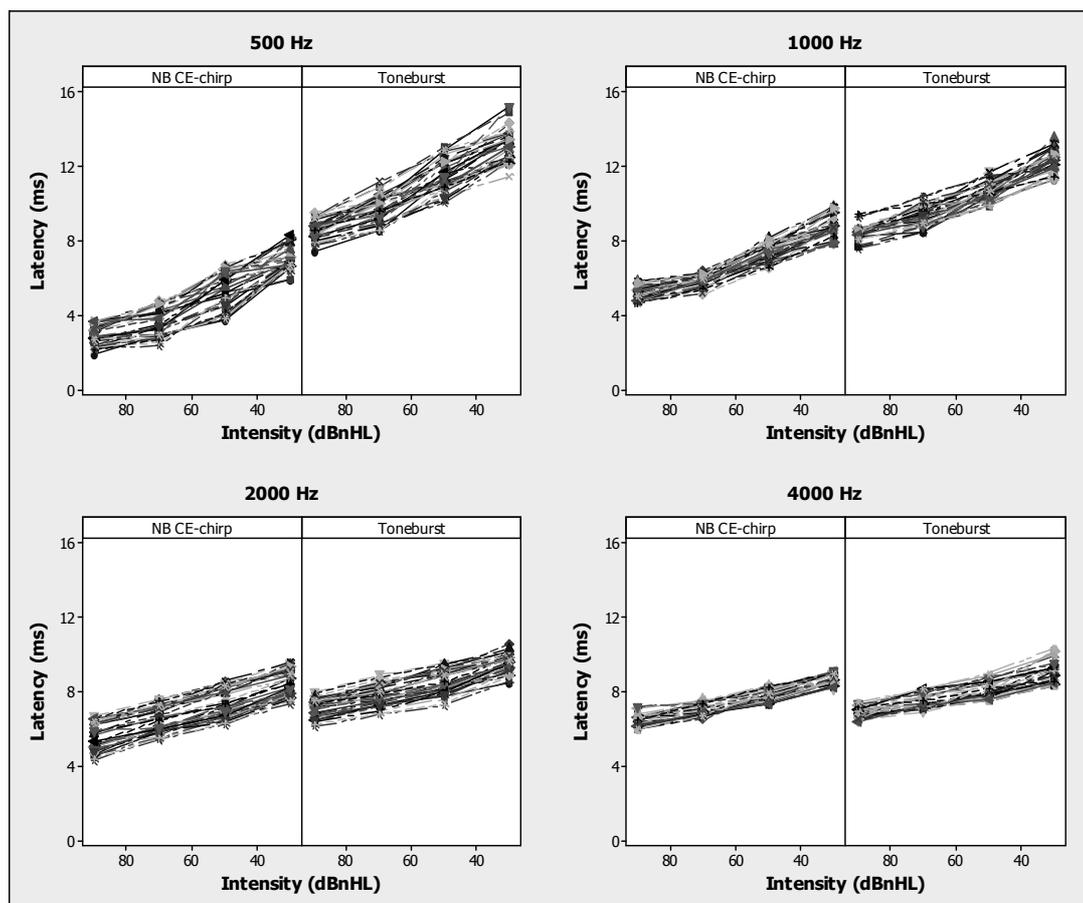


Figura 7 - Distribuição normal da latência em função da intensidade observada no registro do PEATE-FE com os estímulos toneburst e narrow band CE-chirp®, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz  
 Fonte: Dados da pesquisa.

As latências observadas com o estímulo *narrow band CE-chirp*®, nas frequências mais graves (500 e 1000 Hz), são mais curtas que as normalmente observadas com o estímulo *toneburst*, especialmente em fortes intensidades (80 dB nNA).

Nas frequências de 500 e 2000 Hz, para cada estímulo e intensidade, a amplitude média da onda V, o desvio padrão e a diferença entre a amplitude da onda V observados nos dois estímulos foram calculados (Tabela 5). Na

Tabela 6, os mesmos valores foram calculados para as frequências de 1000 e 4000 Hz.

Tabela 6 - Estatísticas descritivas para a amplitude da onda V (uV) com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>, nas frequências de 500 e 2000 Hz

Intensidade (dB nHL)	Estímulo	n	500 Hz		2000 Hz		
			Média	Desvio padrão	n	Média	Desvio padrão
80	<i>Toneburst</i>	36	0,304	0,094	37	0,290	0,083
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	36	0,225	0,062	37	0,263	0,115
	Diferença	36	0,079	0,092	37	0,028	0,138
60	<i>Toneburst</i>	36	0,181	0,054	37	0,240	0,073
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	36	0,189	0,076	37	0,306	0,072
	Diferença	36	-0,008	0,071	37	-0,066	0,070
40	<i>Toneburst</i>	36	0,133	0,028	37	0,153	0,034
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	36	0,168	0,041	37	0,250	0,062
	Diferença	36	-0,035	0,045	37	-0,097	0,051
20	<i>Toneburst</i>	36	0,109	0,019	37	0,125	0,032
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	36	0,148	0,044	37	0,166	0,043
	Diferença	36	-0,039	0,043	37	-0,041	0,043

Fonte: Dados da pesquisa.

Em 500 Hz, a amplitude com o estímulo *toneburst* foi maior que a amplitude observada com o estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> ( $p < 0.001$ ), em 80 dBnNA. Em 60 dBnNA, a diferença entre a amplitude observada com os dois estímulos não foi significativa ( $p = 0.495$ ); e em 40 e 20 dB nNA a amplitude da onda V com o estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> foi maior que a amplitude com o estímulo *toneburst* ( $p < 0.001$ ).

Em 2000 Hz não houve diferença entre a amplitude da onda V com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> ( $p = 0.776$ ), em 80 dB nNA. Nas outras intensidades, a amplitude da onda V com o estímulo *narrow band*

*CE-chirp*<sup>®</sup> foi maior do que aquela com o estímulo *toneburst* ( $p = 0.001$  para 60 dB nNA,  $p < 0.001$  para 40 dB nNA e  $p = 0.021$  para 20 dB nNA).

Tabela 7 - Estatísticas descritivas para a amplitude da onda V ( $\mu\text{V}$ ) com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>, nas frequências de 1000 e 4000 Hz

Intensidade (dB NA)	Estímulo	n	1000 Hz		4000 Hz		
			Média	Desvio Padrão	n	Média	Desvio Padrão
80	<i>Toneburst</i>	38	0,232	0,080	34	0,215	0,075
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	38	0,233	0,102	34	0,235	0,087
	Diferença	38	-0,001	0,089	34	-0,021	0,096
60	<i>Toneburst</i>	38	0,145	0,063	34	0,148	0,050
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	38	0,205	0,064	34	0,257	0,073
	Diferença	38	-0,060	0,091	34	-0,110	0,076
40	<i>Toneburst</i>	38	0,113	0,042	34	0,122	0,036
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	38	0,163	0,032	34	0,209	0,061
	Diferença	38	-0,050	0,049	34	-0,087	0,064
20	<i>Toneburst</i>	38	0,100	0,014	34	0,102	0,035
	<i>NB CE chirp</i> <sup>®</sup>	38	0,142	0,039	34	0,156	0,046
	Diferença	38	-0,042	0,041	34	-0,055	0,048

Fonte: Dados da pesquisa.

Na frequência de 1000 Hz, não houve diferença entre a amplitude da onda V entre os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>, na intensidade de 80 dB nNA ( $p = 0.940$ ). Nas intensidades de 60, 40 e 20 dB nNA, as amplitudes da onda V observadas com o estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> foram maiores que as amplitudes observadas com o estímulo *toneburst* ( $p < 0.001$ ).

Não houve diferença em 80 dB nNA entre a amplitude da onda V observada com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> ( $p = 0.217$ ), na frequência de 4000 Hz. Em contrapartida, a amplitude da onda V com o

estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> foi maior que com o estímulo *toneburst* ( $p < 0.001$ ) nas outras intensidades testadas.

A distribuição da amplitude da onda V com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>, para cada intensidade, são apresentadas no box-plot da Figura 8.

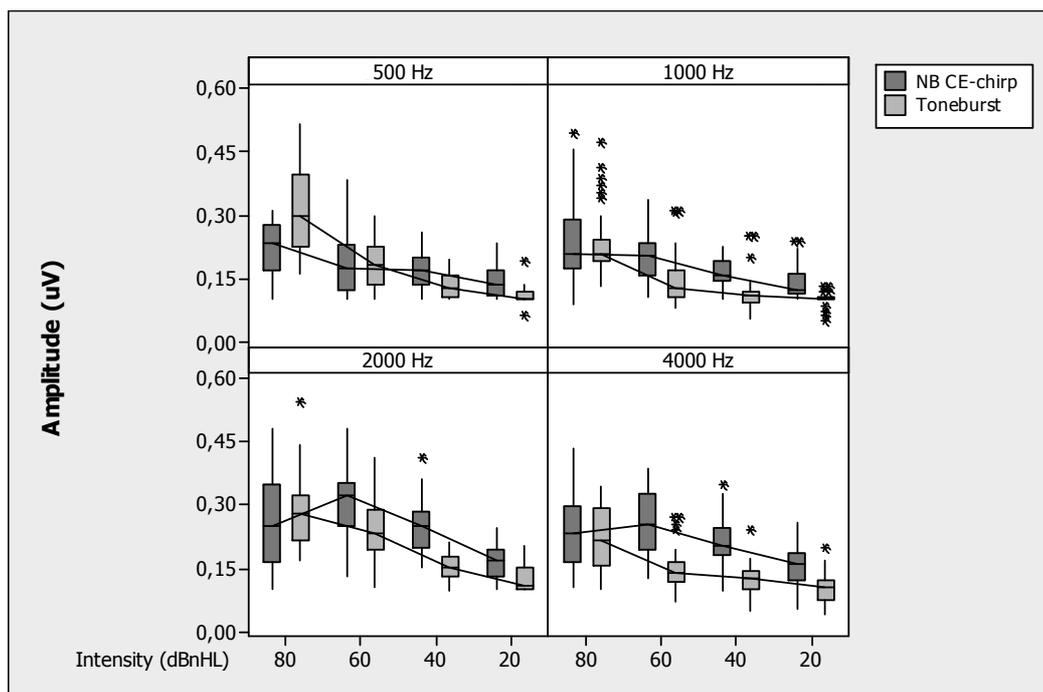


Figura 8 - Box-plots para a amplitude da onda V com os estímulos *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> e *toneburst*, para cada intensidade nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz. Fonte: Dados da pesquisa.

As Figuras 9 e 10 ilustram o registro do PEATE-FE com os estímulos *toneburst* e *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> em cada intensidade, em um dos sujeitos do estudo.

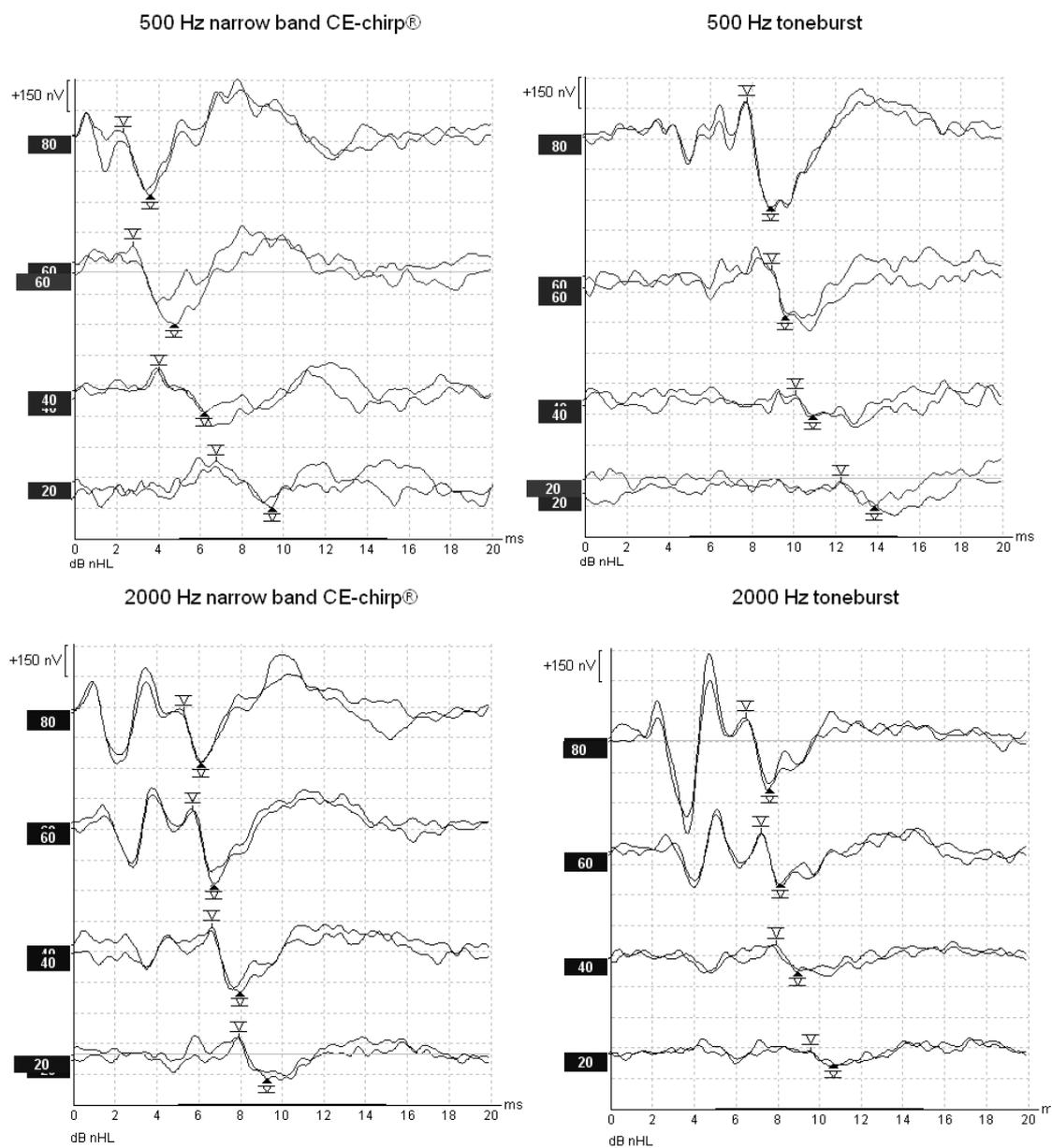


Figura 9 - Registro do PEATE-FE com os estímulos *narrow band CE-chirp*® e *toneburst* nas frequências de 500 Hz e 2000 Hz, em um lactente de 2 meses (orelha esquerda)  
 Fonte: Dados da pesquisa.

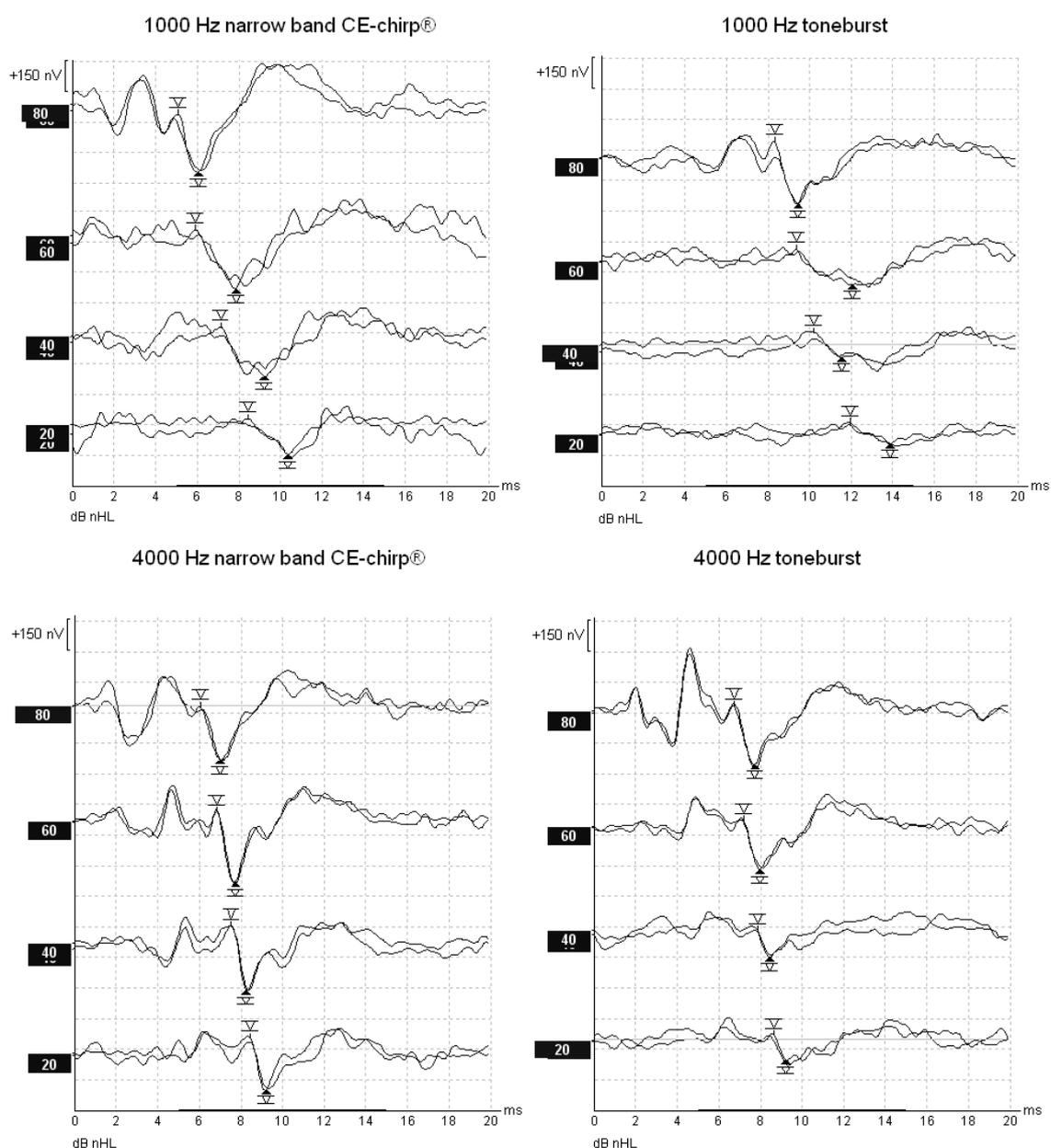


Figura 10 - Registro do PEATE-FE com os estímulos *narrow band CE-chirp®* e *toneburst* nas frequências de 1000 Hz e 4000 Hz, em um lactente de 2 meses (orelha esquerda)  
 Fonte: Dados da pesquisa.

### 5.3 Estudo 3

Como o registro dos PEAAE foi realizado de forma monoaural, foram necessários 21,2 ( $\pm 5$ ) minutos para estabelecer os níveis mínimos de resposta em cada orelha, com uma variação de 12 a 29 minutos.

A média e o desvio padrão dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE com *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz são apresentados na Tabela 7.

Tabela 8 - Estatísticas descritivas para os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE (dB nHL), nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz

Frequencia (Hz)	n	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
500	60	25,5	6,9	10	25	35
1000	60	17,8	7,3	5	15	35
2000	60	15,3	5,7	5	15	25
4000	60	16,3	6,8	5	20	30

Fonte: Dados da pesquisa.

A distribuição dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> em cada frequência testada, podem ser observados no box-plot da Figura 11.

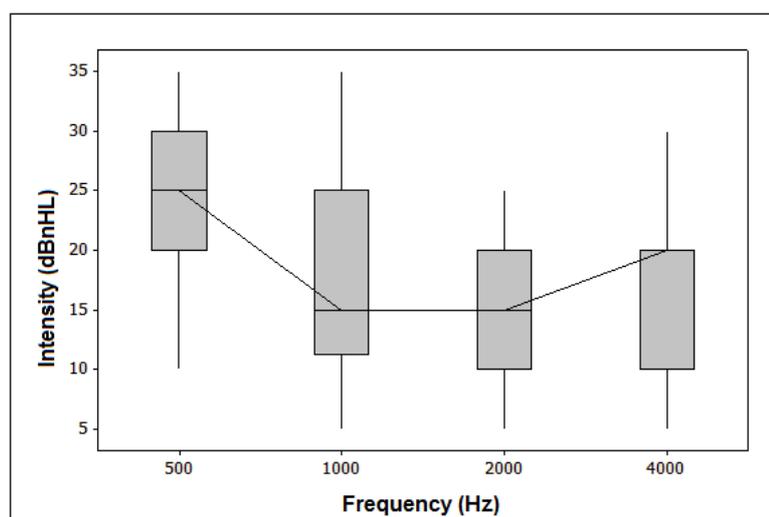


Figura 11 Box-plot dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> (dB nNA) nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz  
Fonte: Dados da pesquisa.

A análise de variância com medidas repetidas demonstrou que os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAE não foram iguais para todas as frequências testadas. Em 500 Hz, os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAE foram mais elevados que nas demais frequências ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAE, nas frequências de 1000 Hz e 2000 Hz ( $p = 0,173$ ) e 400 Hz ( $p = 0,609$ ). O mesmo aconteceu quando 2000Hz foi comparado com 4000 Hz ( $p = 0,845$ ).

A Figura 12 apresenta a porcentagem cumulativa da presença dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAE, em todos os neonatos. Os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAE foram estimados em 50 e 90% de presença. No percentil 50, os níveis mínimos de resposta auditiva foram 25, 15, 20 e 20 dB nNA para 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente. A linha pontilhada horizontal apresenta o percentil 90. Em geral, 90% dos neonatos apresentaram níveis mínimos de resposta auditiva no registro dos PEAE entre 35 - 20 dB nNA, nas frequências testadas.

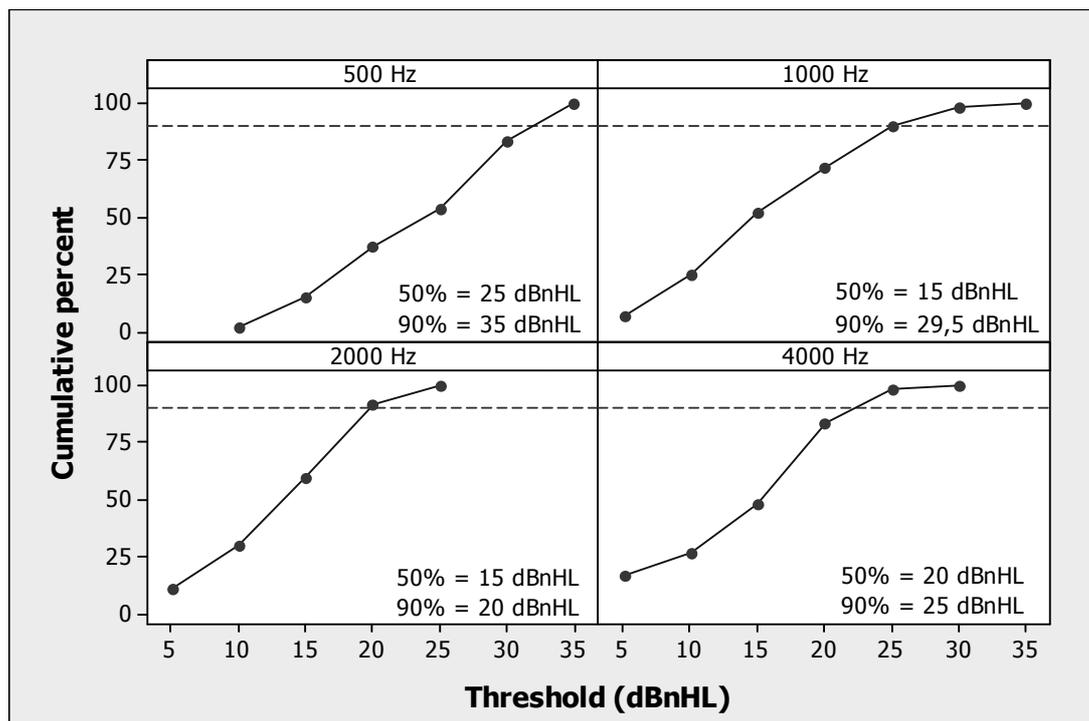


Figura 12 - Presença cumulativa (%) dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz  
 Fonte: Dados da pesquisa.

Os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE, nos neonatos, foram comparados com os observados em adultos. Níveis mínimos de resposta auditiva de 17.8 ( $\pm 7.3$ ), 15.8 ( $\pm 6.7$ ), 16.3 ( $\pm 4.3$ ) e 14.5 ( $\pm 11.8$ ) dB nNA foram observados para as frequências de 0.5, 1, 2 e 4 kHz, respectivamente nos adultos (n=20).

Não houve diferença entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE em neonatos e adultos nas frequências de 1000 Hz ( $p = 0.354$ ), 2000 Hz ( $p = 0.627$ ) e 4000 Hz ( $p = 0,229$ ). No entanto, em 500 Hz, as respostas em neonatos foram mais elevadas (piores) que as observadas em adultos ( $p < 0.001$ ).

A comparação da distribuição dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> em cada

frequência testada entre adultos e neonatos pode ser observada no box-plot da Figura 13.

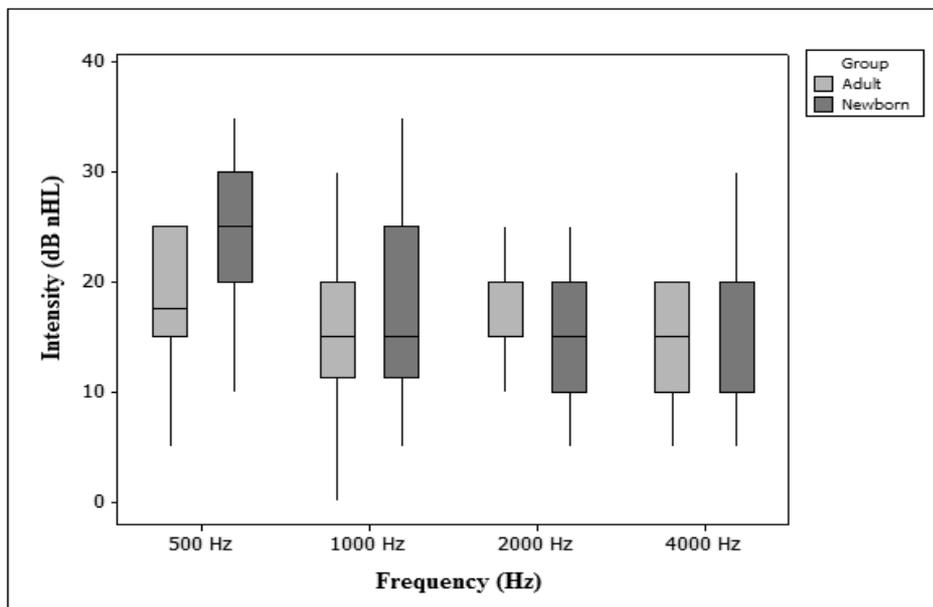


Figura 13 - Box-plot dos níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAEÉ a *narrow band CE-chirps*® (dB nNA), nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz em neonatos e adultos  
Fonte: Dados da pesquisa.

#### 5.4 Estudo 4

A idade média na primeira avaliação (semana 0) foi de 36.2 horas. Na 2ª. Semana, todas as crianças avaliadas apresentavam 14 dias e, na 4ª. e 6ª. Semanas, 28 e 42 dias, respectivamente.

Para cada semana, a média, o desvio padrão e a mediana foram calculados para os níveis mínimos de resposta observados no registro do PEATE-FE e PEAEÉ, nas frequências de 500 Hz (Tabela 1) e 2000 Hz (Tabela 9).

Tabela 9 - Estatísticas descritivas para o nível mínimo de resposta (dBnNA) em 500 Hz

	PEATE-FE (NMR em dBnNA)				PEAEE-FE (NMR em dBnNA)				
	n	Sem 0	Sem 2	Sem 4	Sem 6	Sem 0	Sem 2	Sem 4	Sem 6
Média	6	30	30	27,5	20	30	30	25	20
Mediana	6	30	30	30	20	30	30	25	20
Desvio padrão	6	0	0	5	0	0	0	5,8	0

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 10 - Estatísticas descritivas para o nível mínimo de resposta (dBnNA) em 2000 Hz

	PEATE-FE (NMR em dBnNA)				PEAEE-FE (NMR em dBnNA)				
	n	Sem 0	Sem 2	Sem 4	Sem 6	Sem 0	Sem 2	Sem 4	Sem 6
Média	6	30	30	27,5	20	30	30	25	20
Mediana	6	30	30	30	20	30	30	25	20
Desvio padrão	6	0	0	5	0	0	0	5,8	0

Fonte: Dados da pesquisa.

Os níveis mínimos de resposta obtidos nas semanas 0 e 6, em cada teste e frequência, foram comparados pelo teste de Wilcoxon. Observou-se que há diferença significativa entre as medianas na semana 0 e na semana 6 em 500 Hz no PEATE-FE ( $p=0,046$ ) e no PEAEE ( $p=0,046$ ) e no PEATE-FE ( $p=0,43$ ) e PEAEE ( $p=0,046$ ) em 2000 Hz.

A Figura 10 apresenta a comparação da mediana dos dois testes durante as quatro avaliações realizadas, nas frequências de 500 Hz e 2000 Hz.

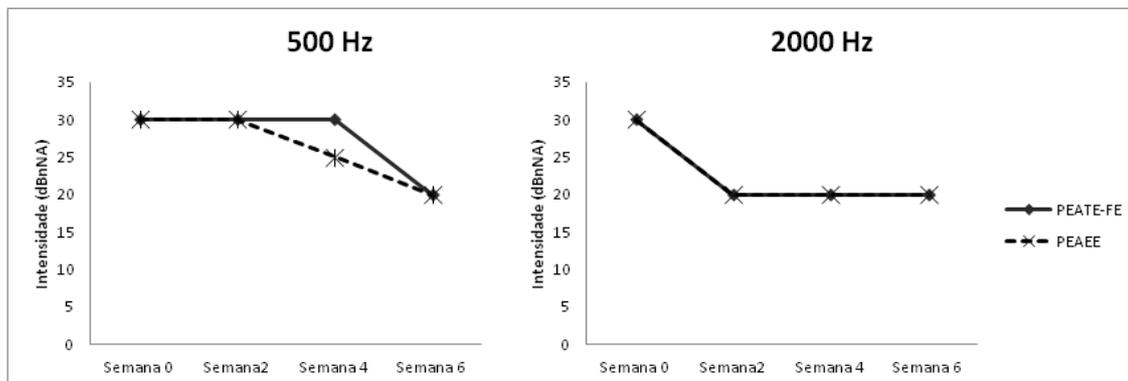


Figura 14 - Comparação dos níveis mínimos de resposta observados no registro do PEATE-FE e PEAE nas quatro avaliações, nas frequências de 500 e 2000 Hz  
Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que em 500 Hz, a diminuição (melhora) dos níveis mínimos de resposta acontece da 4<sup>a</sup>. para a 6<sup>a</sup>. semana, nos dois procedimentos de potenciais evocados auditivos, enquanto que em 2000 Hz esse fato é notável nos dois procedimentos, logo na 2<sup>a</sup>. semana.

O registro do PEATE-FE e do PEAE com os estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> de um dos sujeitos do estudo, nas frequências de 500 Hz e 2000 Hz, são apresentados nas Figuras 15 e 16 respectivamente.

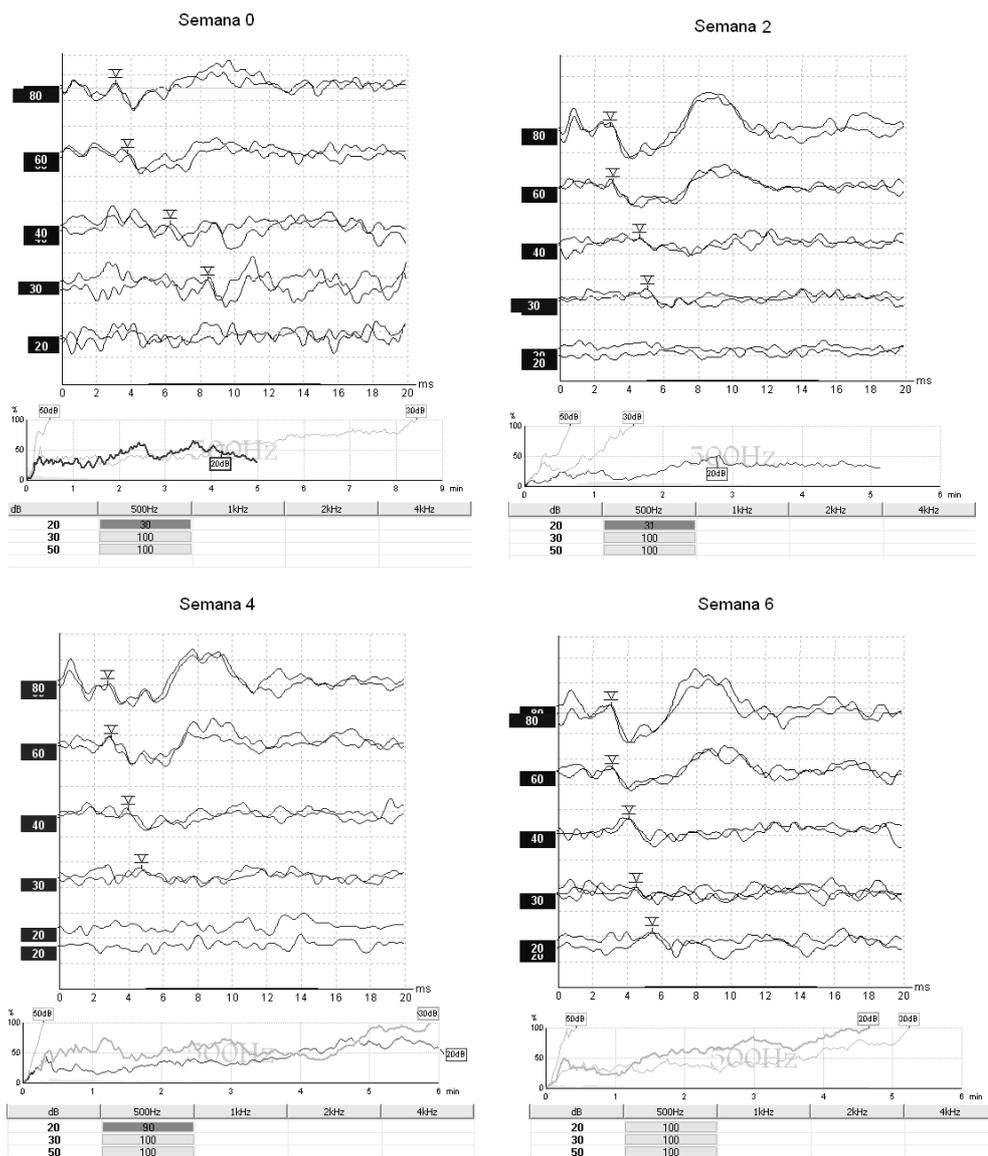


Figura 15 - Exemplo do registro do PEATE-FE e PEAE com o estímulo *narrow band CE-chirp*®, na frequência de 500 Hz em um dos sujeitos do estudo  
 Fonte: Dados da pesquisa.

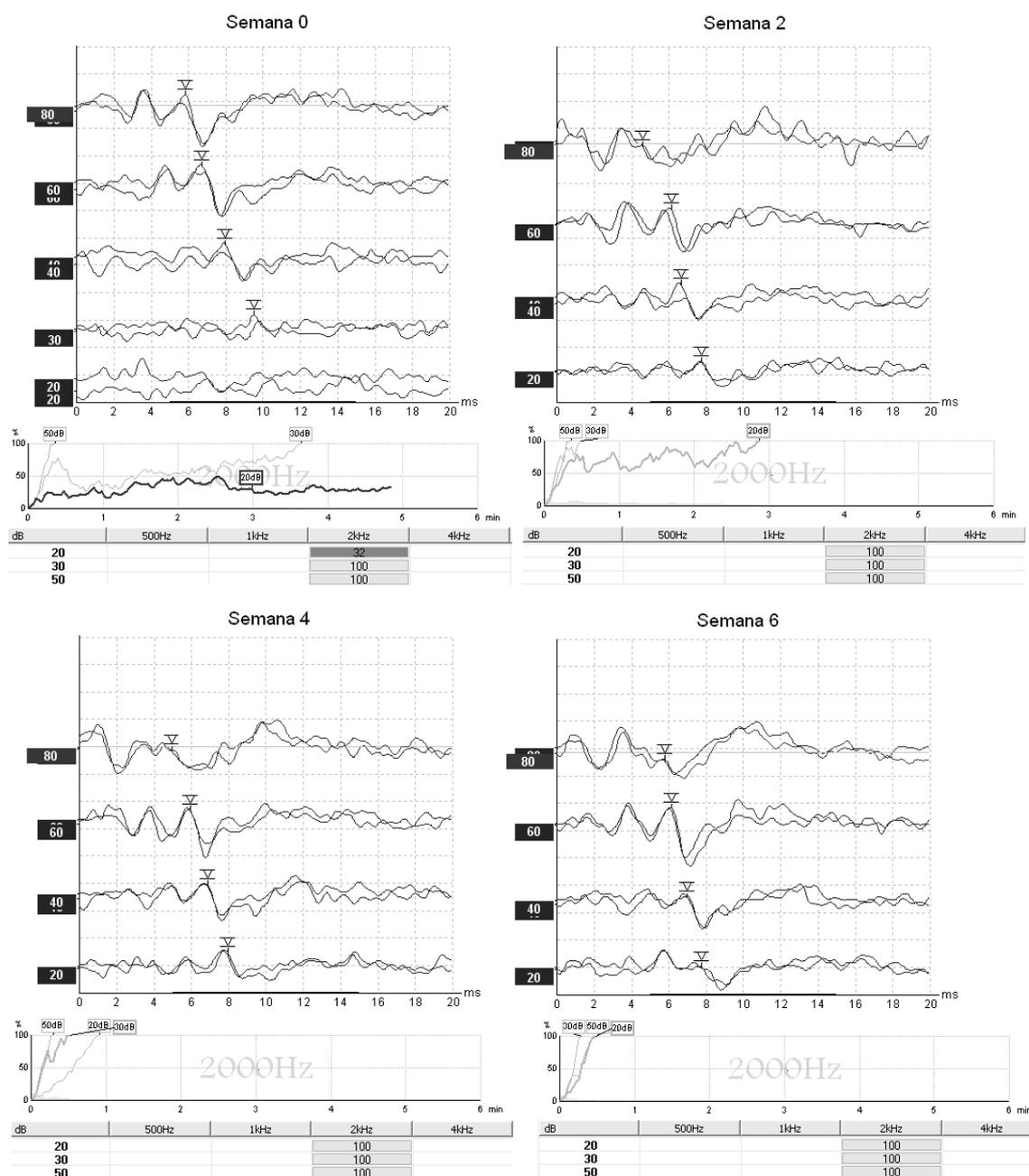


Figura 16 - Exemplo do registro do PEATE-FE e PEAE com o estímulo *narrow band CE-chirp*®, na frequência de 2000 Hz em um dos sujeitos do estudo

## 5.5 Estudo 5

Ao todo, 59 crianças (118 orelhas) com perdas auditivas de grau leve a moderado participaram deste estudo. Todas as crianças tinham idade entre 1 e 60 meses, com uma média de 19,5 meses ( $\pm$  16,3). Observe a Figura 17 para a distribuição da idade.

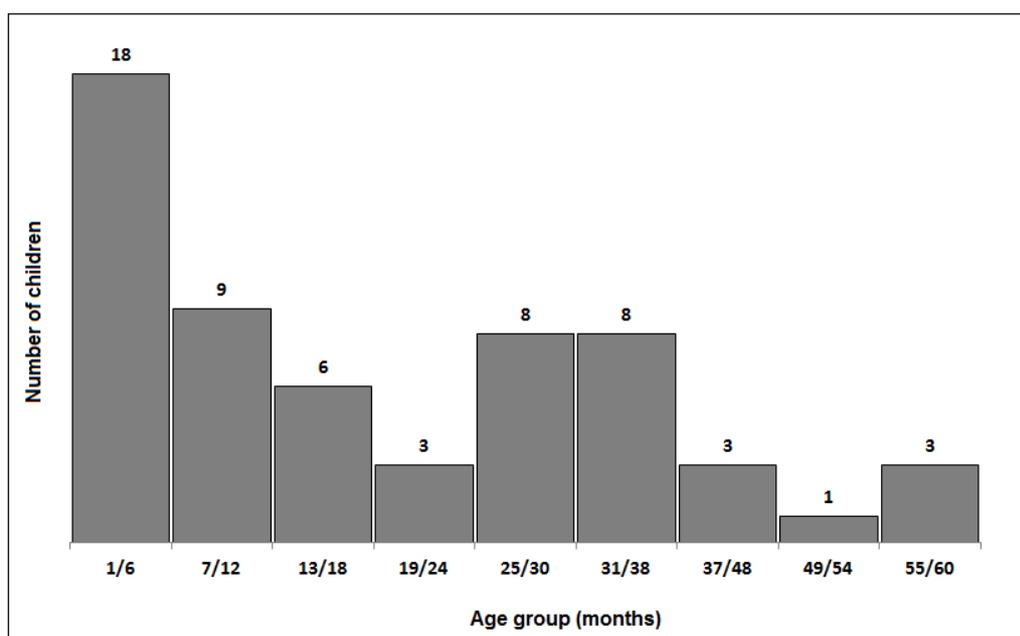


Figura 17 - Distribuição da idade das crianças do estudo  
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a classificação proposta pela British Society of Audiology (1988), das 118 orelhas avaliadas, oito foram classificadas como perda auditiva leve (25 a 40 dB NA), 23 como perda auditiva moderada (41 a 70 dB NA), 33 como perda auditiva severa (71-90 dB NA) e 54 foram classificadas como perda auditiva profunda (> 91 dB NA).

A diferença média e o desvio padrão (PEAEE- PEATE-FE) entre os níveis mínimos de resposta auditiva observada no registro dos PEATE-FE e PEAEE, para cada frequência, são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Diferença média e o desvio padrão entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e PEAE

Frequência		Diferença média	Desvio padrão
500	9	-5,26	7,86
1000	5	-3,57	6,25
2000	3	-0,61	3,90
4000	7	-0,37	4,99

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 18 apresenta os diagramas de dispersão comparando os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e PEAE em cada frequência testada. Coeficientes de correlação de Pearson foram calculados para cada frequência e os resultados observados (coeficientes acima de 0.90) indicam uma forte correlação entre os níveis mínimos de resposta auditiva observada no registro dos PEATE-FE e PEAE.

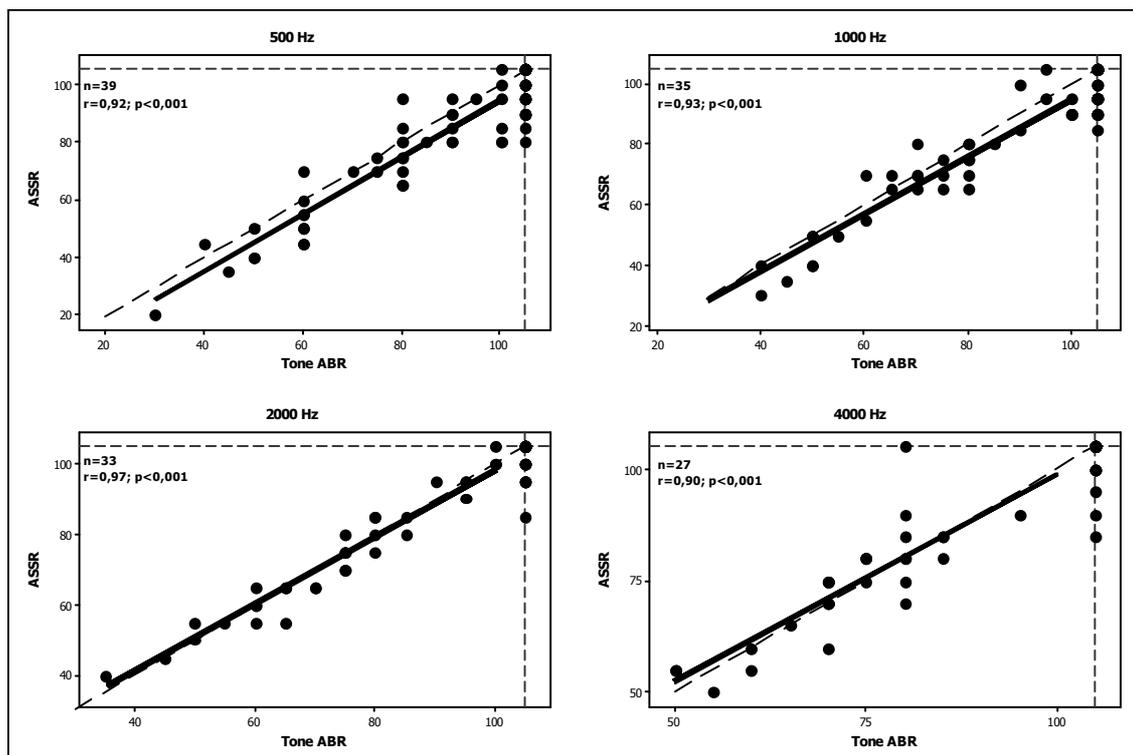


Figura 18 - Diagramas de dispersão comparando os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e PEAAE, nas crianças com perda auditiva sensorioneural  
 Fonte: Dados da pesquisa.

Foram realizadas 56 comparações entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE e na avaliação comportamental, na frequência de 500 Hz, 53 comparações na frequência de 1000 Hz, 41 comparações na frequência de 2000 Hz e 32 comparações na frequência de 4000 Hz. A diferença média e o desvio padrão entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE e na avaliação comportamental são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Diferença média e o desvio padrão entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAE e na avaliação auditiva comportamental

Frquência	N	Diferença média	Desvio Padrão
500	56	-1,16	6,25
1000	53	-2,02	7,62
2000	41	-2,32	7,42
4000	32	-0,31	8,32

Fonte: Dados da pesquisa.

Os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAE e na avaliação auditiva comportamental foram significativamente correlacionados ( $p = 0.001$ ) com coeficientes de Pearson de 0.97, 97, 0.92 e 0.81 nas frequências de 0.5, 1, 2 and 4 kHz, respectivamente (Figura 19).

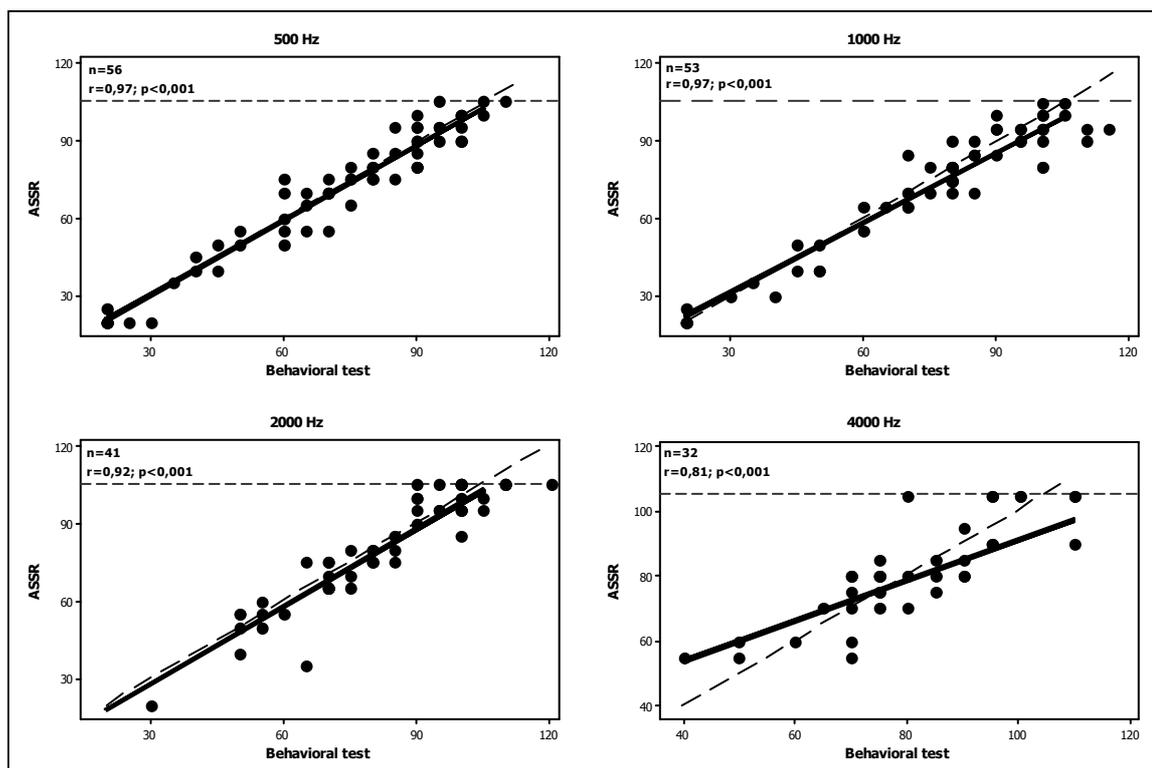


Figura 19 - Diagramas de dispersão comparando os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEAAE e na avaliação auditiva comportamental nas crianças com perda auditiva sensorioneural  
Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 12 apresenta a diferença média e o desvio padrão observados entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e na avaliação auditiva comportamental.

Tabela 13 - Diferença média e o desvio padrão observados entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e na avaliação auditiva comportamental, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz

Frequência	N	Diferença Média	Desvio Padrão
500	28	3,39	6,67
1000	27	-0,93	8,09
2000	25	-1,60	6,25
4000	21	-1,67	6,39

Fonte: Dados da pesquisa.

O coeficiente de Pearson indica fortes correlações entre os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e na avaliação auditiva comportamental em todas as frequências testadas (Figura 20).

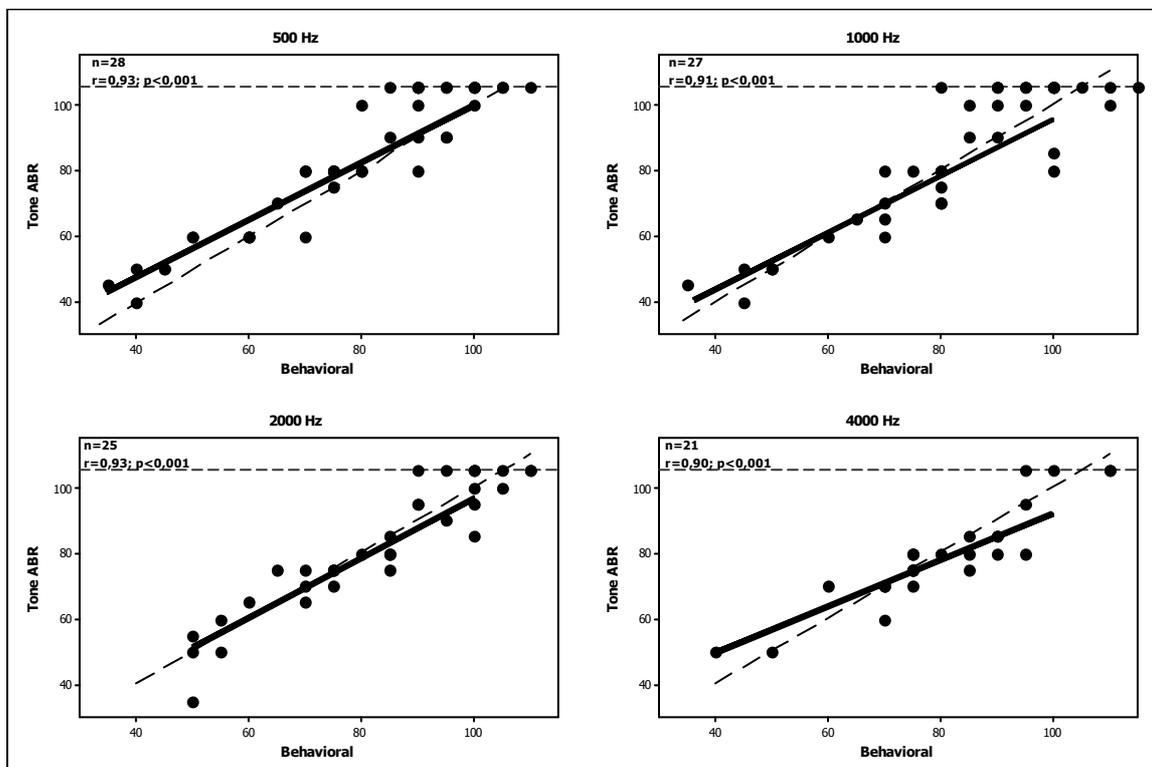


Figura 20 - Diagramas de dispersão comparando os níveis mínimos de resposta auditiva observados no registro dos PEATE-FE e na avaliação auditiva comportamental nas crianças com perda auditiva sensorioneural  
Fonte: Dados da pesquisa.

## 6 DISCUSSÃO GERAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Internacionalmente, o interesse em desenvolver um estímulo capaz de compensar o atraso da onda sonora em sua viagem pela cóclea, no registro dos potenciais evocados auditivos, tem aumentado gradativamente. Uma série de *chirps* foi desenvolvida, baseada em diferentes modelos teóricos. Estudos têm mostrado que ondas V com maiores amplitudes, e conseqüentemente, melhores relações sinal/ruído, são obtidas quando potenciais evocados auditivos são registrados com *chirps* (Dau *et al.*, 2000; Wegner, Dau, 2002; Fobel, Dau, 2004; Junius, Dau, 2005, Elberling *et al.*, 2007; Elberling, Don, 2008; Cebulla, Elberling (2010) Elberling *et al.*, 2010).

No entanto, estudos que abordem as aplicações clínicas do *chirp* para evocar estes potenciais são escassos, de modo que ainda não é claro como eles podem ser aplicados à prática clínica, especialmente em grupos específicos de pacientes, como neonatos, lactentes e crianças.

Estudos clínicos com o *chirp* não foram realizados e crianças, sejam elas com audição normal ou com perda auditiva, não foram sujeitos de nenhum estudo. Nesta tese, os resultados clínicos da utilização dos estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foram investigados em diferentes procedimentos de potenciais evocados na população infantil. Os resultados obtidos em neonatos, lactentes e crianças foram comparados com os obtidos pelos tradicionais estímulos utilizados.

Nossos objetivos específicos foram comparar o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> com o clique e os estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> com *tonebursts*, sob as mesmas circunstâncias no registro dos PEATE em neonatos e lactentes. A busca por um padrão de distribuição do nível mínimo de resposta auditiva no registro dos PEAE com *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foi investigada em neonatos a termo; assim como a correlação dos PEAE a *narrow band CE-*

*chirps*<sup>®</sup> com o tradicional método utilizado - PEATE-FE - em lactentes e crianças com perda auditiva sensorineural.

Os resultados obtidos apontam pontos positivos e negativos, que devem ser considerados para a utilização dos estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> na prática clínica, nos diferentes procedimentos de potenciais evocados.

No registro do PEATE em neonatos e lactentes com audição normal, latências mais curtas foram observadas com os estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, quando comparadas às latências obtidas com os respectivos clique e *tonebursts*, principalmente nas frequências graves. À medida que a frequência do estímulo *toneburst* aumentava, as latências do PEATE diminuía, comportamento correspondente à tonotopia coclear; enquanto, com o estímulo *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup>, as latências aumentavam proporcionalmente ao aumento da frequência.

Esses resultados são esperados quando consideramos o desenho do estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> e o fato dos estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> serem constituídos de derivações do estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup>. Estes estímulos foram construídos para estimular as diferentes regiões da membrana basilar simultaneamente, compensando o tempo de viagem do som na cóclea. Assim, os componentes de frequência baixa são apresentados antes dos componentes de frequência alta, ou seja, antes da referência zero da latência, de modo que latências mais curtas para estímulos de baixa frequência são realmente esperadas.

Resultados semelhantes foram observados por Cebulla e Elberling (2010) e Bell, Allen e Lutman (2002).

Latências mais curtas que as usualmente observadas no registro dos PEATE não constituem um problema para aplicações clínicas, todavia, padrões de normalidade para esses estímulos devem ser estabelecidos.

Em relação à amplitude da onda V, os resultados encontrados confirmam estudos anteriores, que relataram maiores amplitudes no registro do PEATE com o estímulo *chirp* do que com o estímulo clique (Stürzebecher *et al.*, 2006; Elberling *et al.*, 2007; Elberling, Don, 2008; Dau *et al.*, 2000; Fobel, Dau, 2004). Maiores amplitudes também foram observadas quando os estímulos *narrow band CE-chirp*<sup>®</sup> e os estímulos *toneburst* foram comparados nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, corroborando o estudo de Wegner e Dau (2002).

No registro do PEATE com *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, ondas V com maiores amplitudes foram observadas em todas as intensidades testadas, exceto em 80 dB nNA para todas as frequências e, também, em 60 dB nNA para 500 Hz, a qual não apresentou diferença significativa. Ondas V com maiores amplitudes também foram observadas em 60 dB nNA do que em 80 dB nNA, quando o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> foi utilizado.

Resultados semelhantes foram relatados por Fobel e Dau (2004) e Elberling e Don (2008). A amplitude da onda V, quando *chirps* são utilizados para evocar PEATE, sofre influência da intensidade de estimulação. Em fortes intensidades, as respostas para *chirps* não são melhores que para cliques e *tonebursts*.

Estudos sugerem que estes achados são decorrentes do fato de que, em fortes intensidades, há uma propagação mais ampla da onda sonora na cóclea, de modo que regiões que não deveriam responder são estimuladas, resultando em uma super estimulação que reduz a amplitude das respostas (Fobel, Dau, 2004; Elberling *et al.*, 2010; Elberling, Don, 2008).

Ondas V com maiores amplitudes são esperadas, uma vez que os estímulos *CE-Chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foram desenvolvidos para ativar as diferentes regiões da cóclea de forma simultânea, resultando em uma “maior sincronia neuronal” (Dau *et al.*, 2000; Fobel, Dau, 2004; Elberling *et al.*, 2007).

O termo “sincronia” tem sido amplamente usado em estudos sobre o *chirp* e, também, nos estudos de Claus Elberling e seus colaboradores, referindo-se ao fato de diferentes regiões da cóclea serem estimuladas simultaneamente. Para esses autores, maiores amplitudes de resposta observadas no registro do PEATE com *chirps* são resultado de uma maior sincronia dos neurônios da cóclea em respostas a estes estímulos (Stürzebecher *et al.*, 2006; Elberling *et al.*, 2007; Elberling, Don, 2008; Dau *et al.*, 2000; Fobel, Dau, 2004).

Um estudo recente chama atenção para o uso do termo “sincronia” no contexto dos resultados obtidos com o estímulo *chirp*. As maiores amplitudes de resposta obtidas com esse estímulo podem ser o resultado do recrutamento de um maior número de neurônios e, não necessariamente, uma maior sincronia (Petoe *et al.*, 2010).

Considerando o termo “sincronia”, acreditamos que, se uma maior sincronia neuronal resulta em maiores amplitudes para a onda V, este efeito deveria ser, também, observado nas ondas I e III. Nossos achados, em fortes intensidades, demonstraram que as ondas I e III tendem a desaparecer quando o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> é utilizado. Assim, optamos por pontuar que as maiores amplitudes da onda V obtidas com o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> e, também, com os estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, podem ser respostas a uma despolarização simultânea da cóclea e, não necessariamente, de uma maior sincronia, uma vez que esse não foi o objetivo deste estudo.

Enquanto o aumento de amplitude da onda V, facilitando sua identificação, é um ponto positivo para a utilização clínica do estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup>, a ausência das ondas I e III é uma importante limitação. Isso, no entanto, não parece ser um problema para a utilização dos estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, uma vez que estímulos de frequência específica são utilizados na pesquisa dos níveis mínimos de resposta auditiva. Maiores amplitudes podem favorecer a visualização da onda V por parte do avaliador, facilitando a identificação das respostas em intensidade próxima ao limiar auditivo.

A utilização do estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> pode ser particularmente interessante nos equipamentos de triagem auditiva neonatal, nos quais maiores amplitudes podem facilitar a detecção automática das respostas, reduzindo o tempo de teste. Bons resultados para essa finalidade já foram relatados por Cebula *et al.*, (2007) e Sena *et al.*, (2011).

O fato da intensidade ter relação direta com a amplitude da onda V, quando *chirps* são utilizados, levou Claus Elberling e seu grupo de pesquisadores a aprimorar o desenho do estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup>. Ao observar que *chirps* de curta duração foram mais efetivos em fortes intensidades e *chirps* de longa duração mais efetivos em fracas intensidades, Elberling *et al.* (2010) concluíram que não só o tempo de viagem do som na cóclea deveria ser considerado na construção de um *chirp*.

Com o objetivo de desenvolver um *chirp* mais eficiente para o registro do PEATE em humanos, Elberling e Don (2010) propuseram um novo modelo chamado "*direct approach*". Este modelo foi baseado em latências do PEATE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, registrados em diferentes intensidades em vários adultos ouvintes. Esses dados foram coletados em três clínicas localizadas em diferentes partes do mundo (América do Sul, América do Norte e Escandinávia).

O “*direct approach*” levou em consideração não somente o tempo de viagem do som na cóclea, mas, também, as diferentes intensidades, permitindo a construção de um novo modelo. Este novo modelo foi chamado *level specific CE-chirp*<sup>®</sup> e vem sendo testado (Kristensen, S. e Elberling, C. – dados não publicados), prometendo superar as limitações do *CE-chirp*<sup>®</sup>.

A rápida evolução de diferentes modelos de *chirps* é evidente na literatura. Isto é positivo, uma vez que o resultado final é atingir melhorias a serem utilizadas na prática clínica. Por outro lado, a disponibilidade de estímulos pouco testados e ainda em fase de desenvolvimento, em equipamentos comercializados, é um fator preocupante. A rápida e constante modernização dos equipamentos utilizados no registro dos potenciais auditivos, sem evidências antes de sua comercialização, pode trazer consequências desastrosas para a prática clínica.

Um exemplo é a polêmica sobre os PEAAE que surgiu com o estudo de Gorga *et al.* (2004). Esses autores mostraram que sujeitos com perdas auditivas profundas, que não respondiam à audiometria tonal na intensidade máxima do equipamento, apresentaram respostas presentes no registro dos PEAAE. Uma investigação mais detalhada sobre o sistema de registro desses PEAAE demonstrou que, 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 desapareceu.

Essa constatação levou a uma mudança imediata nos sistemas de PEAAE e pode ser tomada como exemplo para a utilização de novas tecnologias na prática clínica antes de evidências, assegurando sua utilização.

A utilização de *chirps* no registro de potenciais evocados auditivos registrados no domínio do tempo ainda é recente e demanda mais estudos de natureza clínica, que assegurem sua utilização. Assim, estudos como este podem contribuir com informações importantes para que modificações/adaptações sejam realizadas, visando aprimorar tecnologias que poderão, futuramente, ser incorporadas na rotina clínica.

Quando a utilização de *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foi investigada no registro de potenciais evocados auditivos registrados no domínio da frequência, níveis mínimos de resposta para os PEAAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> em neonatos com audição normal, obtidos para 90% dos sujeitos (35, 29.5, 20 e 25 dB nNA para 500, 1000, 2000 e 4000 Hz) foram menores (melhores) que os dados disponíveis na literatura e os recentes valores recomendados por Van Mannen A. e Stapells DR. (2009) como critério de normalidade no registro do PEAAE (50, 45, 40, e 40 dB NA para 500, 1000, 2000, e 4000 Hz respectivamente).

Os níveis mínimos de resposta obtidos, neste estudo, ainda apresentaram valores bem próximos aos valores sugeridos como critério de normalidade no registro do PEATE-FE em crianças pelo BCIHP (2008) (35 dB para 500 e 1000 Hz, 30 dB para 2000 Hz e 25 dB para 4000 Hz).

Estes dados são importantes para a prática clínica, uma vez que PEAAE com respostas elevadas em neonatos tem sido relatado, sugerindo cautela em sua utilização para a diferenciação de audição normal e perdas auditivas leves e moderadas (Cone-Wesson *et al.*, 2002; Luts *et al.*, 2006; Rance, Tomlin, 2006).

Os níveis mínimos de resposta menores (melhores) observados neste estudo podem ser resultado da utilização dos estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, cujo desenvolvimento objetiva compensar o tempo de viagem do

som na cóclea, para obter maiores amplitudes de resposta (Stürzebecher *et al.*, 2006).

Em geral, estudos têm relatado a importância de um tempo de coleta mais longo no registro do PEAE em neonatos e lactentes, pois apresenta menores amplitudes, dificultando a detecção dos níveis mínimos de resposta (Rickards *et al.*, 1994; Luts *et al.*, 2006; Picton *et al.*, 2005). Em contrapartida, o registro do PEAE de forma mais rápida, durante o sono, é necessário.

O tempo de teste neste estudo ( $21.2 \pm 5$  minutos) foi menor (melhor) que os relatados na literatura para neonatos (que pode chegar até 2 horas). A utilização dos estímulos *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, que prometem maiores amplitudes de resposta, somados ao método de detecção que inclui outros harmônicos na análise, podem ser os responsáveis por estes resultados (Stürzebecher *et al.*, 2006).

Considerando a população infantil, o registro dos PEAE em níveis mínimos de resposta próximos aos recomendados para o atual padrão ouro de avaliação nesta população e em um tempo hábil de teste durante o sono, são resultados promissores para a prática clínica.

Quando os níveis mínimos de resposta obtidos no registro dos PEAE com *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foram comparados aos níveis mínimos de resposta obtidos em adultos nas mesmas condições de teste, não houve diferença significativa, exceto em 500 Hz.

Resultado semelhante foi também observado em crianças de 1 a 10 meses de idade por Lins *et al.* (1996), quando comparado aos dados de adultos. A literatura, no entanto, tem mostrado que, quando comparados com adultos e crianças mais velhas, os níveis mínimos de

resposta para neonatos são significativamente mais elevados (piores) (Cone-Wesson *et al.*, 2002; Luts *et al.*, 2006; Rance, Tomlin, 2006).

As mudanças acústicas do meato acústico externo ou da orelha média e fatores maturacionais são apontados como possíveis responsáveis por esta diferença (Cone-Wesson *et al.*, 2002; Luts *et al.*, 2006; Rance e Tomlin, 2006).

Rance e Tomlin (2006) realizaram um estudo maturacional em 20 neonatos a termo, nas frequências de 500 Hz e 4000 Hz, no nascimento (semana 0) e na 2<sup>a.</sup>, 4<sup>a.</sup> e 6<sup>a.</sup> semanas de vida. Os autores observaram que os níveis mínimos de resposta diminuíram (melhoraram) aproximadamente 10 dB entre a semana 0 e a 6<sup>a.</sup> semana, de modo que fatores maturacionais devem ser considerados quando esta população é avaliada.

Considerando que a única diferença significativa entre os PEAEE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> em neonatos e adultos, observada neste estudo, foi na frequência de 500 Hz, realizou-se um estudo maturacional nas frequências de 500 e 2000 Hz, abordando o registro dos PEAEE e dos PEATE-FE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, com o objetivo de contribuir para o entendimento desta diferença e, também, de estabelecer o curso de desenvolvimento dos níveis mínimos de resposta dos PEAEE com esses estímulos.

O resultados demonstraram uma diferença significativa entre as medianas na semana 0 e na semana 6 em 500 Hz, no PEATE-FE ( $p=0,046$ ) e no PEAEE ( $p=0,046$ ) e no PEATE-FE ( $p=0,43$ ) e PEAEE ( $p=0,046$ ) em 2000 Hz; corroborando com o estudo de Rance e Tomlin (2006).

Na frequência de 500 Hz, a diminuição (melhora) dos níveis mínimos de resposta aconteceu da 4<sup>a.</sup> para a 6<sup>a.</sup> semana, nos dois procedimentos de potenciais evocados auditivos, enquanto que em 2000 Hz este fato foi notável nos dois procedimentos, logo 2<sup>a.</sup> semana.

Finalmente, analisando os resultados do PEAAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> em crianças com perda auditiva sensorineural, foram observadas fortes correlações entre estes e a avaliação auditiva comportamental. Resultados similares foram também observados por Linares *et al.*, (2010); Rodrigues e Lewis (2010); Duarte *et al.*, (2008); Han *et al.* (2006); Swanepoel, Hugo, Roode (2004); Luts *et al.*, (2004); Stueve, O'Rourke (2003); Rance, Rickards (2002); Cone-Wesson *et al.*, (2002).

Quando os níveis mínimos de resposta obtidos no registro do PEAAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foram comparados com os níveis mínimos de resposta obtidos no registro do PEATE-FE com *tonebursts*, coeficientes de correlação excedendo 0.90 foram observados para todas as frequências testadas.

Enquanto a literatura é rica em estudos que comparam os PEAAE com a avaliação auditiva comportamental, estudos que comparam os PEAAE com o PEATE-FE, atual padrão ouro para esta finalidade, são escassos. Fortes correlações entre as duas técnicas foram recentemente demonstradas por Rodrigues e Lewis (2010) (n=15) e Linares *et al.* (2010) (n = 23).

Neste estudo, uma população considerável foi avaliada (n = 59). As fortes correlações observadas na comparação dos PEAAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> com o atual padrão ouro para avaliação em crianças (PEATE-FE), somadas ao fato dos níveis mínimos de resposta obtidos como critério de normalidade para neonatos com audição normal serem bem próximos aos recomendados para o PEATE-FE, são resultados bastante promissores para se pensar na utilização dos PEAAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> na prática clínica. No entanto, para que isso venha ocorrer, mais dados sobre a utilização destes estímulos no registro dos potenciais evocados auditivos são necessários, a fim de se estabelecer evidências clínicas para sua utilização.

Nas últimas décadas assistimos as novas conquistas tecnológicas no campo audiológico. A descoberta das emissões otoacústicas evocadas, os equipamentos automáticos de triagem auditiva, os algoritmos automáticos para o registro dos potenciais evocados, os potenciais evocados auditivos de estado estável a múltiplos estímulos simultâneos. Todo este avanço tecnológico mudou a clínica audiológica.

Trouxe benefícios evidentes, mas, também, trouxe algumas consequências que merecem reflexão. O futuro da tecnologia, a julgar por seu progresso acelerado nos últimos anos, nos apresenta, a cada dia, novos equipamentos, patentes e novos recursos diagnósticos.

Nesta tese, a utilização dos estímulos *CE-chirp*<sup>®</sup> e *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foi investigada em diferentes procedimentos de potenciais evocados auditivos.

Os resultados observados no registro do PEATE contribuíram para o aprimoramento do estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup>. Os resultados também sugerem novos estudos com *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> em crianças com perda auditiva, buscando verificar se os achados serão favoráveis, como os obtidos neste estudo em crianças ouvintes, antes de sua utilização clínica.

Em contrapartida, no registro do PEAAE, a utilização de *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> apresentou excelentes resultados em neonatos e crianças com audição normal e perda auditiva sensorineural, abrindo uma possibilidade para se pensar na sua utilização na prática clínica.

É necessário que o fonoaudiólogo tenha em mente que todo exame tem suas limitações. E, assim, baseado em evidências clínicas, esteja preparado para utilizar todos os recursos tecnológicos de que dispõe atualmente. Cabe ao clínico saber quando utilizar novas tecnologias e ter uma noção clara das suas limitações e riscos.

## 7 CONCLUSÃO

---

- 1) O *CE-chirp*<sup>®</sup>, quando comparado ao estímulo clique, apresentou ondas V com maiores amplitudes e latências mais curtas. No entanto, as ondas I e III tenderam a desaparecer quando o estímulo *CE-chirp*<sup>®</sup> foi utilizado;
- 2) *Narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>, quando comparados a *tonebursts* nas frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz apresentaram ondas V com maiores amplitudes, exceto em intensidade fortes. As latências observadas para *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> foram mais curtas que as observadas para *tonebursts*, principalmente nas frequências graves;
- 3) Níveis mínimos de resposta no registro do PEAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> não apresentaram diferença, quando comparados aos registrados em adultos nas mesmas condições de teste, exceto na frequência de 500 Hz, na qual as respostas para os neonatos se mostraram mais elevadas (piores) que as observadas em adultos. Os níveis mínimos de resposta de 35, 30, 20 e 25 dB nNA podem ser considerados como critério de normalidade (90% de presença) nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente, para PEAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup>; e
- 4) Fortes correlações foram observadas entre os níveis mínimos de resposta obtidos no registro do PEAE a *narrow band CE-chirps*<sup>®</sup> e os observados no registro do PEATE-FE e, também, na avaliação auditiva comportamental em crianças com perda auditiva sensorioneural, fornecendo dados substanciais para sua utilização na prática clínica.

**8 REFERÊNCIAS**

Bell SL, Allen R, Lutman ME. An investigation of the use of band-limited chirp stimuli to obtain the auditory brainstem response *Int J Audiol.* 2002; 41(5): 271-78.

Boer E. Auditory physics: physical principles in hearing theory - I. *Phys Rep.* 1980; 62: 87-174.

British Columbia Early Hearing Program (BCEHP). Diagnostic audiology protocol [pdf document]. 2008. [acesso em 2012 Jan 1]. Disponível em: <http://www.phsa.ca/NR/rdonlyres/EAD072EA-OCOE-40C6-830A-557357C14DA5/32441/DAAGProtocols1.pdf>

Cebulla M, Stürzebecher E, Elberling C. Objective detection of auditory steady-state responses: comparison of one-sample and q-sample tests. *J Am Acad Audiol.* 2006; 17:93-103.

Cebulla M, Elberling C. Auditory Brain Stem Responses Evoked by Different Chirps Based on Different Delay Models. *J Am Acad Audiol.* 2010; 21:452-460.

Cebulla M, Stürzebecher E, Elberling C, Müller J. New click-like stimuli for hearing testing. *J. Am. Acad. Audiol.* 2007; 18: 725-738.

Cone-Wesson B, Dowell RC, Tomlin D, Rance G, Ming WJ. The auditory steady-state response: comparisons with the auditory brainstem response. *J Am Acad Audiol.* 2002; 13 (4):173-187.

Dau T *et al.* Auditory brainstem responses with optimized chirp signals compensating basilar-membrane dispersion. *J. Acoust. Soc. Am.* 2000; 107: 1530-40.

Dimitrijevic A *et al.* Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.* 2002; 13(4): 205-24.

Don M. The Staked ABR: an alternative screening tool for small acoustics tumors. 2005 [acesso em 10/01/2012]. Disponível em: [http://www.hearingreview.com/issues/articles/2005-08\\_03.asp](http://www.hearingreview.com/issues/articles/2005-08_03.asp)

Don M, Elberling C, Maloff E. Input and output compensation for the cochlear traveling wave delay in wide-band ABR recordings: Implications for small acoustic tumor detection. *J. Am. Acad. Audiol.* 2009; 20: 99-108.

Don M, Ponton CW, Eggermont JJ, Kwong B. The effects of sensory hearing loss on cochlear filter times estimated from auditory brainstem response latencies. *J. Acoust. Soc. Am.* 2008; 104:2280-2289.

Elberling C, Don M, Cebulla M, Stürzebecher E. Auditory steady-state responses to chirp stimuli based on cochlear traveling wave delay. *J Acoust Soc Am.* 2007; 122(5): 2772-85.

Elberling C, Don M. A direct approach for chirp design. *J. Acoust. Soc. Am.* 2010; 128( 5):295- 2964.

Elberling C, Don M. Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects. *J. Acoust. Soc. Am.* 2008; 124:3022-3037.

Elberling C, Callø J, Don M. Evaluating auditory brainstem responses to different chirp stimuli at three levels of stimulation. *J. Acoust. Soc. Am.* 2010; 128: 215-223.

Fobel O, Dau T. Searching for the optimal stimulus eliciting auditory brainstem responses in humans. *J. Acoust. Soc. Am.* 2004; 116:2213-2222.

Gold T. Historical background to the proposal 40 years ago of an active model for cochlear frequency analysis. *Cochlear Mechanisms: Structure, Function and Models*, JP Wilson, DT

Gorga MP, Neely ST, Hoover BM, Dierking DM, Beauchaine KL., Manning C. Determining the upper limits of stimulation for auditory steady-state response measurements. *Ear and Hearing*, 2004; 25(3): 302-307.

Gravel JS, Hood LJ. Avaliação audiológica infantil. In: Musiek FE, Rintelmann WF. *Perspectivas atuais em avaliação auditiva*. São Paulo: Ed. Manole, 2001.

Han D, Mo L, Liu H, Chen J, Huang L. Threshold estimation in children using auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 2006; 68(2): 64-8.

Human Auditory Potentials Laboratory (HAPLAB), University of British Columbia, Vancouver, B. C. Canada. 2007. [acesso em 10/01/2012]. Disponível em: <http://www.courses.audiospeech.ubc.ca/haplab/ASSR.html>

Hatton J, Stapells DR. The efficiency of the single - versus multiple stimulus auditory steady state responses in infants. *Ear & Hearing.* 2011; 32(3): 349-57.

Herdman AT, Stapells DR. Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. *Int J Audiol.* 2003; 42(5): 237-48.

Jerger I. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaringol.* 1970; (92): 324.

John MS, Dimitrijevic A, Picton TW. Auditory steady-state responses to exponential modulation envelopes. *Ear Hear.* 2002; 23(2), 106-17.

John MS, Dimitrijevic A, Van Roon P, Picton TW. Multiple auditory steady-state responses to AM and FM stimuli. *Audiol Neuro-Otol.* 2001; 6(1): 12-27.

Joint Committee on Infant Hearing. Position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics.* 2007; 120(4): 898-921.

Junius D, Dau T. Influence of cochlear traveling wave and neural adaptation on auditory brainstem responses. *Hear. Res.* 2005; 205: 53-67.

Kemp D, Brown A. An integrated view of cochlear mechanics nonlinearities observable from the ear cana. *Mechanics of Hearing.* 1983: 75- 82.

Kiang NYS. Discharge patterns of single fibers in the cat's auditory nerve. M.I.T. Research Monograph. 1965; 35.

Kiang NYS, Moxon EC, Kahn AR. The relationship of gross potentials recorded from the cochlea to single unit activity in the auditory nerve. 1976. In: Ruben RJ, Elberling C, Salomon G, editors. *Electrocochleography.* London: Plenum Pr, 1989. p. 299-305.

Linares, AE, Costa Filho OA, Martinez MANS. Auditory steady state response in pediatric audiology. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2010; 76(6): 723-8.

Lins OG *et al.* Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear.* 1996; 17: 81-96.

Lins OG, Picton TW. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1995; 96: 420-32.

Lütkenhöner B, Kauffmann G, Pantev C, Ross Munster B. Improving the synchronization of auditory brainstem evoked potentials through the use of a stimulus that compensates for cochlear delays. *Arch. Otolaryngol.* 1990; Supp. 2: 157-159.

Luts H, Desloovere C, Kumar A, Vandermeersch E, Wouters J. Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2006; 68(7): 915-926.

Luts H, Wouters J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state responses: the influence of test duration. *Int J Audiol.* 2004; 43: 471-478.

Neely ST, Norton SJ, Gorga MP, Jesteadt W. Latency of auditory brain-stem responses and otoacoustic emissions using toneburst stimuli. *J. Acoust. Soc. Am.* 1998; 83, 652-656.

Petoe MA, Bradley AP, Wilson WJ. On chirp stimuli and neural synchrony in the suprathreshold auditory brainstem response. *J. Acoust. Soc. Am.* 2010 July; 128(1): 235-246.

Picton T, John MS, Dimitrijevic A, Purcell D. Human auditory steady-state responses. *Int J Audiol.* 2003; 42: 177-219.

Picton TW *et al.* Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.* 2005; 16: 140-156.

Rance G, Rickards F. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. *J Am Acad Audiol.* 2002; 13(5): 236-245.

Rance G, Tomlin D. Maturation of auditory steady-state responses in normal babies. *Ear and Hearing*. 2006; 27(1): 20-29.

Rickards FW, Clark GM. Steady-state evoked potentials to amplitude-modulated tones. In Nodar RH, Barber C, editors. *Evoked Potentials II*. Boston: Butterworth, 1984. p. 163-168.

Rodrigues GRI, Lewis DR. Threshold prediction in children with sensorineural hearing loss using the auditory steady-state responses and tone evoked auditory brain stem response. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* . 2010; 74: 540–546.

Sena TA, Ramos N, Rodrigues GRI, Lewis DR. Análise do tempo de exame com dois procedimentos diferentes de PEATE automático. *Annais do 26º Eia*; 2011. p [acesso em 10/01/2012]. Disponível em: [http://www.audiologiabrasil.org.br/eiamaceio2011/anais\\_select.php?pg=post\\_er&cid=2889](http://www.audiologiabrasil.org.br/eiamaceio2011/anais_select.php?pg=post_er&cid=2889) .

Shera CA, Guinan JJ. Frequency dependence of stimulus frequency- emission phase: Implications for cochlear mechanics. In Wada H, Takasaka T, keda K, Ohyama K, editors. *Recent Developments in Auditory Mechanics*. Singapore: World scientific Press, 2000. p. 381-387.

Shore SE, Nuttall AL. High synchrony compound action potentials evoked by rising frequency-swept tonebursts. *J. Acoust. Soc. Am*. 1985; 78: 1286-95.

Small SA, Stapells DR. Artifactual responses when recording auditory steady-state responses. *Ear and Hearing*. 2004; 25(6): 611-623.

Stapells DR, Gravel JS, Martin BA. Thresholds for auditory brain stem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing or sensorineural hearing loss. *Ear Hear*. 1995; 16: 361-71.

Stapells DR, Herdman A, Small SA, Dimitrijevic A, Hatton J. Current status of the auditory steady-state responses for estimating an infant's audiogram. In Seewald RC. *A sound foundation through early amplification*. Chicago. Phonak. 2005. p. 43-59.

Stapells DR. Frequency-specific evoked potential audiometry in infants. In Seewald RC. *A sound foundation through early amplification*. Chicago: Phonak, 2000a. p. 13-31.

Stapells DR. Thresholds estimation by tone-evoked auditory brainstem response: a literature meta-analysis. *J Speech Lang Path Audiol*. 2000b; 4: 74-83.

Stueve MP, 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* 2003; 12(2):125-136.

Stürzebecher E, Cebulla M, Elberling C, *et al.* New efficient stimuli for evoking frequency-specific auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol.* 2006;17: 448-61.

Swanepoel D, Hugo R, Roode R. Auditory steady-state responses for children with severe to profound hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004; 130(5): 531-535.

Van Maanen A, Stapells DR. Normal multiple auditory steady-state response thresholds to air-conducted stimuli in infants. *Journal of the American Academy of Audiology.* 2009; 20(3): 196-207.

Wegner O, Dau T. Frequency specificity of chirp-evoked auditory brainstem responses. *J Acoust Soc Am.* 2002; 111:1318-29.

Windmill S, Windmill IM. The status of diagnostic testing following referral from universal newborn hearing screening. *J Am Acad Audiol.* 2006; 17: 367-380.

## Anexo I – 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 316/2008

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

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

Autor(a): Gabriela Ribeiro Ivo Rodrigues

**PARECER** sobre o Protocolo de Pesquisa, em nível de Tese de Doutorado, intitulado **Estímulos CE-chirp® e narrow band CE-chirps® na avaliação eletrofisiológica da audição: resultados clínicos em neonatos, lactentes e crianças**

**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.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido permite ao sujeito compreender o significado, o alcance e os limites de sua participação nesta pesquisa.

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 substanciado 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 15/12/2008, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº 316/2008.

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, 15 de dezembro de 2008.

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

Rua Ministro de Godói, 969 – Sala 63-C (Andar Térreo do E.R.B.M.) – Perdizes – São Paulo – SP – CEP: 05015-001  
Tel.: (0xx11) 36708466 – Fax: (0xx11) 36708466 – e-mail: [cometica@puccsp.br](mailto:cometica@puccsp.br)

