**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU**

LUCIANA CRISTINA DE OLIVEIRA

**Caracterização dos limiares dos potenciais evocados auditivos de
estado estável nos primeiros seis meses de vida**

**BAURU
2012**

LUCIANA CRISTINA DE OLIVEIRA

**Caracterização dos limiares dos potenciais evocados auditivos de
estado estável nos primeiros seis meses de vida**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia.

Área de concentração: Processos e Distúrbios da Comunicação

Orientadora: Profa. Dra. Kátia de Freitas Alvarenga

BAURU

2012

Ol4c

Oliveira, Luciana Cristina de
Caracterização dos limiares dos potenciais
evocados auditivos de estado estável nos primeiros
seis meses de vida / Luciana Cristina de Oliveira. –
Bauru, 2012.
94p. : il. ; 30cm.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de
Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientadora: Profa. Dra. Kátia de Freitas
Alvarenga

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a
reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos
fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Comitê de Ética da FOB-USP
Protocolo nº: 122/2010
Data: 24/11/2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

À minha mãe **Angela**, ao meu pai **Murilo**, aos meus irmãos: **Ana**, **Antônio**, **Cláudia**, **Paulo** e **Sílvia**, por estarem sempre presentes em meu pensamento, fazendo com que eu me torne profissional e, pessoalmente, melhor e mais feliz a cada dia.

Aos meus sobrinhos **Murilo**, **Hugo**, **João**, **Lorenzo**, **Marina** e **Bruno**, minha inspiração e alegria.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

A minha mãe **Angela** e minha irmã **Ana**, pelo constante apoio e incentivo, que estão me permitindo traçar minha trajetória profissional, de acordo com os meus sonhos e ideais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, **Profa. Dra. Kátia de Freitas de Alvarenga**, pela sua confiança, incentivo, paciência, atenção, dedicação, carinho e ensinamentos.

À **Faculdade de Odontologia de Bauru**, em especial aos **professores do Departamento de Fonoaudiologia da FOB-USP**, por sua dedicação, em despertar em nós - seus alunos - o interesse em aprofundar os nossos conhecimentos de alunos e futuros Mestres em Fonoaudiologia.

Ao **Prof. Dr. Orozimbo Alves Costa Filho**, pelos momentos de aprendizado voltados a ciência da Audiologia

À **Profa. Dra. Alcione Ghedini Brasolotto**, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Fonoaudiologia do Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, pela sua dedicação e atenção aos Pós-Graduandos da Fonoaudiologia.

Às **Profas. Dra. Débora Viviane Ferrari e Dra. Regina Tangerino de Souza Jacob**, pela disponibilidade em esclarecer dúvidas sobre a utilização do equipamento para a medida do *REDD*, na fase inicial deste estudo.

Ao **Prof. Dr. Manoel Henrique Salgado** da Faculdade de Engenharia da UNESP, de Bauru pelo tratamento estatístico dos dados desta pesquisa.

Ao **Prof. Dr. João Cândido Fernandes** da Faculdade de Engenharia da UNESP, de Bauru pelos ensinamentos na área de psicoacústica.

Às **Profas. Dra. Maria Angelina de Souza Nardi Martinez e Dra. Lilian Cássia Bórnica Jacob-Corteletti**, pelas considerações na banca de qualificação.

À **Profa. Dra. Maria Inês Pegoraro-Krook**, pelo apoio e incentivo na realização do Mestrado.

A minha amiga e colega **Eliene Silva Araújo**, pelo auxílio na coleta de dados, pelo companheirismo nos momentos difíceis e agradáveis deste estudo.

Aos meus colegas de Mestrado e amigos, em especial, **Ana Lívia, Jéssica, Lidiane, Juliana, Cora, Gabriela, Elisabete, Silmara, José Luis, João Victor, Maurício, Leno, Leila e Augusto**, que também foram companheiros de estudo em vários momentos desta pesquisa.

Aos meus cunhados: **Lúcio, Paulo, Divair, Marlize e Enilda** pelo incentivo e apoio em realizar este estudo.

Ao meu namorado **Fábio**, por sua compreensão, incentivo, apoio e carinho neste estudo.

À **Raquel Sampaio Agostinho-Pesse**, pelo seu carinho inato, pela sua amizade e incentivo para realizar esta pesquisa.

Às fonoaudiólogas da Clínica de Fonoaudiologia da USP: **Raquel, Luciane, Patrícia, Tatiana, Taís, Josilene e Fabiana** pelo carinho, paciência e compreensão nos atendimentos clínicos dos pacientes da pesquisa.

A minha prima **Michele Guimarães**, pela amizade, compreensão e companheirismo neste estudo.

À **Patrícia Simonetti**, pelo material concedido.

Aos funcionários da Clínica de Fonoaudiologia da USP: **Karen, Thiago, Lucas, Evandro, Éliton, Sidnei, Marlene, Ana Cláudia, Cláudia, Thiago e Wladimir**, por sua amizade, paciência, auxílio, parceria e atenção na recepção dos pacientes, organização de prontuário e do material desta pesquisa.

Às colegas de Clínica de Audiologia Infantil: **Fernanda, Juliana, Raquel, Elisne, Natália, Fernanda Granço, Letícia e Flávia**.

À **Guarda Universitária**, pelo apoio que permitiu a realização dos atendimentos em horários especiais, garantindo tranquilidade e segurança.

Às secretárias do Departamento de Fonoaudiologia: **Renata, Karina e Daniela**, pela paciência e compreensão dispensadas a nós, alunos da Pós-Graduação em Fonoaudiologia.

Aos **pais dos neonatos e lactentes**, que compareceram aos atendimentos colaborando para que os conhecimentos sobre este estudo fossem alcançados.

À **diretoria do Hospital Maternidade Santa Isabel**, que possibilitou realizar o contato com as mães num primeiro momento para a realização da pesquisa.

À **FAPESP**, pela bolsa concedida.

*“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas...
Que já têm a forma do nosso corpo...
E esquecer os nossos caminhos que nos levam sempre aos
mesmos lugares...”*

*É o tempo da travessia...
E se não ousarmos fazê-la...
Teremos ficado... para sempre...
À margem de nós mesmos...”*

Fernando Pessoa

RESUMO

Introdução: Os limiares do potencial evocado auditivo de estado estável (PEAEE) em neonatos e lactentes até o sexto mês de vida auxiliam a prever os limiares psicoacústicos em um período que os mesmos não respondem precisamente a testes comportamentais. **Objetivo:** Caracterizar os limiares dos PEAEE relacionadas à idade em neonatos e lactentes a termo, a fim de averiguar a influência do processo maturacional na resposta elétrica do sistema auditivo. **Metodologia:** Estudo transversal, no qual foram avaliados 60 neonatos e lactentes divididos em três grupos: GI - zero a um mês e 29 dias, n=20; GII - dois a três meses e 29 dias, n=20; GIII - quatro a seis meses, n=20. O PEAEE foi pesquisado utilizando-se tons puros nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 100% em amplitude e 20% em frequência, com modulação de 91,406, 93,750, 96,094 e 98,437 Hz, respectivamente, na intensidade variando de 60 a 0 dB NA, apresentados por meio de fones de inserção ER-3A, de forma simultânea e monoaural; eletrodos em F_z (ativo), O_z (referência) e F_{pz} (terra); ganho de 50000, filtro passa banda 1-300 Hz, 6 dB/oitava. O *Real-Ear to Dial Difference (REDD)* foi mensurado no conduto auditivo externo (CAE) usando-se um microfone sonda de silicone do equipamento *Hearing aid Analyzer FONIX FP 35 (Frye Electronics)*. **Resultados:** Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos para os valores de REDD apenas na frequência de 4 kHz, o que não foi observado para os limiares dos PEAEE. Com relação à variável frequência portadora, observou-se diferença significativa tanto para o REDD quanto para o PEAEE, com associação entre os mesmos, ou seja, os limiares dos PEAEE decresceram para o intervalo de frequência de 0,5 a 2,5 kHz e cresceram quando a frequência aumentou para 4 kHz ocorrendo o inverso no REDD. **Conclusão:** A caracterização dos limiares dos PEAEE nos primeiros seis meses de vida demonstrou que um mesmo limiar pode ser utilizado como referência de normalidade para esta faixa etária, com valores distintos para as diferentes frequências portadoras. A influência da amplificação do CAE nos limiares dos PEAEE deve ser considerada, havendo a possibilidade de a mesma mascarar a influência do processo maturacional na resposta elétrica do sistema auditivo.

Palavras-chave: Potenciais evocados auditivos. Audição. Tronco Encefálico.

ABSTRACT

Characterization of the thresholds of Auditory Steady State evoked potentials in the first six months of life

Introduction: The thresholds of the auditory steady-state evoked potentials (ASSEP) in newborns and infants up to the sixth month of life help to predict the psychoacoustic thresholds in a period in which they do not precisely respond to behavioral tests. **Objective:** To characterize the thresholds of ASSEP related to age in term newborns and infants, so as to verify the influence of the maturational process on the hearing system's electric response. **Methodology:** A cross-sectional study which assessed 60 newborns and infants divided into three groups: GI - zero to a month and 29 days, n=20; GII – two to three months and 29 days, n=20; GIII – four to six months, n=20. The ASSEP research used pure tones in the carrier frequencies of 0,5, 1, 2 and 4 kHz modulated 100% in amplitude and 20% in frequency, with a modulation of 91,406, 93,750, 96,094 and 98,437 Hz, respectively, in the intensity, ranging from 60 to 0 dB NA, presented through ER-3A insertion phones, simultaneous and mono-aurally; electrodes in F_z (active), O_z (reference) and F_{pz} (ground); gain of 50000, pass band filter 1-300 Hz, 6 dB/octave. The *Real-Ear to Dial Difference* (REDD) was measured in the external auditory canal (EAC) by using a silicone probe microphone of the *Hearing aid Analyzer FONIX FP 35 equipment* (Frye Electronics). **Results:** A statistically significant difference was seen among the groups for REDD values only in the frequency of 4 kHz, but not observed for ASSEP thresholds. In relation to the carrier frequency variable, a significant difference was observed for both REDD and ASSEP, with association among them, that is, the ASSEP thresholds decreased for the frequency interval 0,5 to 2,5 kHz and increased when the frequency was 4 kHz, the opposite occurring for REDD. **Conclusion:** The characterization of ASSEP thresholds in the first six months of life showed that the same threshold can be used as a normality reference for this age range, with distinct values for the different carrier frequencies. The influence of EAC amplification in the ASSEP thresholds should be taken into account, since it may mask the influence of the maturational process on the auditory system's electric response.

Keywords: Auditory Evoked Potentials. Hearing. Brainstem.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURAS

Figura 1 -	Posicionamento do lactente com a sonda e fone de inserção...	56
Figura 2 -	Dois diferentes tamanhos de fones para neonatos e lactentes com sonda unida pelo filme plástico.....	56
Figura 3 -	Sonda posicionada a 4 mm do fone unidos pelo filme plástico.....	56
Figura 4 -	Resposta cumulativa de 50% e 90% dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz.....	62
Figura 5 -	Modelo polinomial quadrático demonstrando o comportamento dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável e dos valores de <i>Real-Ear to Dial Difference</i> , considerando as frequências analisadas.....	63

- QUADROS

Quadro 1 -	Estudos com PEAAE descritos na literatura específica.....	40-43
Quadro 2 -	Tamanho do conduto auditivo humano segundo a idade em meses.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise comparativa entre as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, dos valores de <i>Real-Ear to Dial Difference</i> e dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável.....	61
Tabela 2 -	Análise estatística descritiva dos valores de <i>Real-Ear to Dial Difference</i> e dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz.....	61
Tabela 3 -	Correlação entre os valores de <i>Real-Ear to Dial Difference</i> e limiares do potencial evocado auditivo de estado estável para as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz.....	62

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

(iPWT)	Inter Ponderado de Fase
(PWT)	Ponderado de Fase
(r)	Coeficiente de correlação
$\mu\Omega$	microhm
AD	Analógico Digital
AM	Amplitude Modulada
AM²	Modulada em Amplitude e Exponencialmente
ASSR	Auditory Steady-State Response
ATL	Audiometria Tonal Limiar
DA/NA	Dessincronia Auditiva/Neuropatia Auditiva
dB n NA	Decibel Nível normal de Audição
dB NA	Decibel Nível de Audição
dB NPS	Decibel Nível de Pressão Sonora
dB	Decibel
EEG	Eletroencefalograma
EOEDP	Emissões Otoacústicas Evocadas Produto de Distorção
EOE-t	Emissões Otoacústicas Evocadas por Estímulos Transientes
<i>FFT</i>	<i>Fast Fourier Transformation</i>
FM	Frequência Modulada
GI	GRUPO I (Faixa etária de zero a 1 mês e 29 dias)
GII	GRUPO II (Faixa etária de 2 a 3 meses e 29 dias)
GIII	GRUPO III (Faixa etária de 4 a 6 meses)
Hz	Hertz
kHz	Quilohertz

KΩ	Quilohm
M²	Exponencialmente Modulada
mm	Milímetros
MM	Modulação Mixada
mmho	Milímetros de h ohm
ms	Milissegundos
n	Número
nV	Nanovolt
OD	Orelha Direita
OE	Orelha Esquerda
p	Coeficiente de significância
PEAEE	Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável
PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
REDD	<i>Real-Ear Dial to Difference</i>
SN 10	<i>Slow Negative 10</i>
SNR	Relação Sinal/Ruído
TAN	Triagem Auditiva Neonatal
TANU	Triagem Auditiva Neonatal Universal
VRA	<i>Visual Reinforcement Audiometry</i>
Ya	Admitância Acústica
Ω	ohm

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA ORELHA EXTERNA	25
2.2	ESTUDOS COM OS PEAE	28
3	PROPOSIÇÃO	45
4	MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1	SELEÇÃO DA CASUÍSTICA.....	51
4.1.1	Casuística	52
4.2	ESTÍMULO E EQUIPAMENTO	53
4.3	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	53
4.4	PROCEDIMENTO	53
4.4.1	Calibração do estímulo <i>in situ</i>	55
4.5	ANÁLISE DOS DADOS	57
5	RESULTADOS	59
6	DISCUSSÃO	65
7	CONCLUSÕES	71
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICES	83
	ANEXOS	91

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A audição é o sentido primordial para o desenvolvimento pleno da linguagem oral e escrita, possibilitando uma adequada comunicação do indivíduo na sociedade. Evidências científicas demonstram que a criança com deficiência auditiva, mesmo de grau profundo, tem a possibilidade de desenvolver a linguagem oral de forma semelhante à criança com audição normal, caso a intervenção inicie-se até o sexto mês de idade (YOSHINAGA-ITANO, 1998).

Neste contexto, é consensual que a triagem auditiva neonatal é o principal meio para a identificação da deficiência auditiva logo ao nascimento, o que possibilitará o diagnóstico e a intervenção ocorrendo, no período em que o sistema nervoso encontra-se no seu máximo de plasticidade neuronal, ou seja, as estruturas estão se especializando em suas funções frente à estimulação, no caso, a estimulação auditiva. No Brasil, um grande avanço na saúde auditiva infantil ocorreu com a aprovação da lei nº 12.303 sancionada em 02 de agosto de 2010 que dispõe sobre a obrigatoriedade da realização da triagem auditiva neonatal em hospitais e maternidades públicas do País (BRASIL, 2010).

Como consequência, espera-se uma mudança significativa no perfil da população que chegará para atendimentos nos Serviços de Saúde Auditiva, e o fonoaudiólogo terá que definir a presença ou não da deficiência auditiva, em uma faixa etária em que, geralmente, a criança não apresenta desenvolvimento motor, cognitivo e de linguagem para responder precisamente para os métodos comportamentais de avaliação da audição.

No processo de avaliação audiológica infantil, o *Joint Committee on Infant Hearing* (2007) recomenda que sejam utilizados procedimentos de avaliação comportamental, eletroacústicos e eletrofisiológicos para registrar e diagnosticar, com precisão, o grau, a configuração e o tipo de perda auditiva até os três meses de idade.

Considerando que a base do processo terapêutico da criança deficiente auditiva é a determinação do limiar, os métodos eletrofisiológicos como os Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE) gerados por estímulos

transientes e contínuos são imprescindíveis na avaliação audiológica infantil, pois possibilitam prever os limiares psicoacústicos.

A pesquisa dos PEATE com estímulo clique ou *tone burst* (frequência específica) já é consagrada na literatura da área. Na última década, atenção tem sido dada à pesquisa do Potencial evocado auditivo de estado estável¹ (PEAEE) na população pediátrica, com o uso de tons modulados entre 75 a 110 Hz, por não sofrer interferência do sono (COHEN; RICKARDS; CLARK, 1991; LINS; PICTON, 1995) e menor influência do processo maturacional quando comparado ao PEAEE a 40 Hz (AYOGI, 1994).

O PEAEE é evocado por um estímulo sonoro que gera uma atividade elétrica no sistema auditivo, provavelmente na mesma região do tronco encefálico responsável pela geração da onda V e o *SN10* (*Slow Negative 10*) no PEATE (LINS, 2002). A estimulação sonora rápida impossibilita que o sistema nervoso volte ao estado de repouso normal, gerando uma sobreposição de respostas neurais contínuas denominadas de estado estável, cuja principal característica é a mesma forma do estímulo sonoro contínuo apresentado ao indivíduo (STAPELLS et al., 1984; LINS, 2002; VENEMA, 2004).

As vantagens do PEAEE quando comparado ao PEATE baseiam-se na possibilidade de realizar a pesquisa dos limiares eletrofisiológicos de forma binaural, multifrequencial e com análise objetiva da resposta, que não diminui a responsabilidade do profissional na determinação precisa do limiar, mas sim reduz a subjetividade de análise. Outro aspecto importante refere-se à intensidade máxima de apresentação do estímulo, tão forte quanto 120 dB NA, o que possibilita a caracterização da audição residual da criança.

Inúmeros estudos realizados com crianças e adultos têm mostrado uma correlação significativa dos limiares propostos pelos PEAEE com os limiares psicoacústicos (DIMITRIJEVIC et al., 2002; LINS, 2002; LUTS; WOUTER, 2005; SCHMULIAN; SWANEPOEL; HUGO, 2005), contudo a frequência de 0,5 Hz continua sendo a de menor correlação (PEREZ-ABALO et al., 2001; SWANEPOEL;

¹ Na literatura internacional da área, constata-se inúmeras denominações para o mesmo procedimento tais como: *Amplitude Modulation Following Response (AMFR)*-Resposta Seguindo a Modulação de Amplitude; *Envelope Following Response (EFR)*-Resposta Seguindo o Envelope; *Steady-State Evoked Potential (SSEP)*-Potencial Evocado de Estado Estável; *Auditory Steady-State Response (ASSR)*-Resposta Auditiva de Estado Estável; *Steady-State Response (SSR)*-Resposta de Estado Estável. No presente estudo, optou-se por utilizar a terminologia Potenciais evocados auditivos de estado estável, mas em estudos anteriores do grupo, a terminologia utilizada foi Resposta Auditiva de Estado Estável (RAEE).

HUGO; ROODE, 2004; MAANEN; STAPELLS, 2005; PICTON et al., 2005; VANDER WERFF; BROWN, 2005), resultado que difere do descrito por Duarte (2007) ao utilizar a modulação exponencial para a amplitude, associada à modulação de frequência.

Proporcionalmente, poucas são as pesquisas realizadas com a população de neonatos² e lactentes³. Os resultados obtidos até o momento demonstraram que os limiares auditivos normais registrados nesta população, principalmente nos primeiros meses de vida, se comportam diferentemente dos limiares normais obtidos em faixas etárias maiores devido à imaturidade periférica e central do sistema auditivo.

A imaturidade das estruturas periféricas pode afetar diretamente o nível para estimulação auditiva, sendo que a mudança anatômica do Conduto Auditivo Externo (CAE), com a idade, é a de maior relevância, uma vez que a orelha média tem pouca influência neste achado. Contudo, trata-se de uma variável que, como constatado na literatura, pode ser controlada a partir do momento em que se conhece o efeito do tamanho do CAE na intensidade que está sendo apresentada. Assim, determinar como a intensidade do estímulo comporta-se CAE, com a variação de sua cavidade, é de suma importância para que a análise dos limiares do PEAAE seja precisa.

² Neonato: é o Descritor Científico para recém-nascido até um mês de vida. Disponível em <http://www.bitmr.br/php/decsws>

³ Lactente: Descritor Científico para criança de um a 23 meses. Disponível em <http://www.bitmr.br/php/decsws>

2 REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA ORELHA EXTERNA

Segundo Simonetti (2004), as características da orelha externa de neonatos e lactentes são de extrema importância, uma vez que as mensurações, tanto dos limiares psicoacústicos quanto eletrofisiológicos, que são determinados por meio de fones de inserção, sofrem influências das propriedades morfofisiológicas e acústicas desta estrutura.

Segundo Shaw (1974), a cabeça, o tronco e a orelha externa transformam o campo sonoro dando, a ele direcionalidade e ganho acústico às frequências altas. O CAE apresenta um formato de cone aberto em uma extremidade e fechado na outra extremidade, e transforma-se num ressonador, produzindo diferentes picos de frequência sendo mais importantes aquelas que ocorrem quando $\frac{1}{4}$ do comprimento da onda sonora é igual ao comprimento do meato. O ganho acústico ocorre por volta de 2600 Hz que seria a primeira ressonância da orelha externa, que se mantém até a frequência de 5 kHz quando aparece a segunda ressonância devido aos efeitos da concha auricular.

Segundo Bernarde, Navarro e Pereira (2002), a orelha externa tem um papel fundamental na transmissão do estímulo acústico, não só como fator de interligação entre meio externo (ambiente) com o meio interno, mas também como uma unidade de proteção e ressonância da orelha, entre outras propriedades.

Marcoux e Hansen (2003) descreveram que o CAE é um complexo ressonador sonoro que modifica a amplitude espectral característica da onda sonora que entra neste conduto. O resultado impresso por ele é dependente da forma, volume, comprimento e propriedades do tecido circundante. Sabe-se que os condutos mais curtos e menores das crianças, quando não ocluídos, resultam em uma frequência de ressonância maior do que a do adulto (KRUGER, 1987).

A média de amplificação de ressonância encontrada por volta de 3 a 4 kHz em adultos não está presente nesta faixa de frequência em crianças muito pequenas, levando a piores limiares obtidos em campo livre. Por outro lado,

neonatos têm uma ressonância de amplificação nas frequências entre 4 e 7 kHz (WESTWOOD; BAMFORD, 1995).

Saunders, Doan e Cohen (1993) estudaram a contribuição da orelha média na condução do som para o desenvolvimento auditivo por meio de uma revisão sistemática sobre estudos a este respeito em diferentes espécies de vertebrados. A diferenciação da estrutura celular e a emergência das partes componentes da orelha interna têm sido traçadas e correlacionadas com o aparecimento de vários fenômenos fisiológicos da orelha interna. Estes eventos do desenvolvimento também têm sido correlacionados com a maturação da atividade neural da área auditiva do sistema nervoso central e com os reflexos comportamentais (RÜBSAMEN, 1992). Estas relações de estrutura ou função formam a base da compreensão para o desenvolvimento da audição.

A cóclea executa um grande número de funções, uma das quais é a detecção de sons com diferentes frequências e intensidades. Este aspecto da audição é tipicamente definido pela curva de audibilidade. A maturação da sensibilidade auditiva ocorre de duas maneiras: a princípio, há uma expansão na gama de frequências onde mais estímulos acústicos podem eliciar uma resposta. A seguir, há uma melhora na sensibilidade em que níveis de pressão sonora menores são capazes de eliciar respostas fisiológicas ou comportamentais (RUBEL, 1984).

O NPS dentro do CAE do lactente modifica-se com aumento do tamanho do CAE em função do crescimento do indivíduo como um todo. Para saber o NPS real que está chegando dentro do conduto auditivo do neonato, por meio de fones de inserção e verificar como as modificações acústicas desta cavidade interferem na intensidade do som, é necessário realizar as medidas com microfone sonda e fones de inserção acoplados, calculando a diferença entre a intensidade do estímulo apresentado no visor do equipamento e o NPS real mensurado no conduto auditivo, ou seja, o *Real-Ear to Dial Difference (REDD)*. Alguns estudos têm realizado estas medidas, porém, não foi encontrado na literatura pesquisada estudos que tiveram este enfoque em neonatos e lactentes.

Alguns estudos a seguir, embora não estejam relacionados a lactentes ou a PEAAE, são importantes como parâmetro de comparação do presente estudo com relação aos procedimentos e resultados encontrados, pois utilizaram semelhantes medidas com microfone sonda.

Munro e Lazenby (2001) analisaram a validade do equipamento *AUDIOSCAN* para mensurar o *REDD* em 16 adultos na faixa etária entre 22 a 41 anos, com média de 27 anos. Foram avaliadas somente as orelhas direitas de oito homens e oito mulheres com tom puro emitido pelo audiômetro *KAMPLEX KC* na intensidade de 70 dB. O equipamento fez uma varredura nas frequências de 2,5 a 6 kHz. As medidas foram realizadas duas vezes com o fone de inserção acoplado no molde auricular: de espuma como *EAR-LINK* e o do molde auricular de acrílico de cada indivíduo. A média do *REDD* variou em função da frequência em torno de 12 dB $\pm 1,7$ para o fone e $\pm 2,7$ para o molde tipo esqueleto. Os resultados demonstraram que não houve uma diferença estatisticamente significativa entre a primeira e a segunda mensuração do *REDD* por frequência, tanto com o molde quanto com o fone. Os autores concluíram que medidas de *REDD* podem ser usadas na prática clínica para estimar um NPS válido na orelha real, quando esta mensuração não puder ser realizada diretamente.

Sininger, Abdala e Cone-Wesson (1997) pesquisaram a sensibilidade auditiva absoluta de recém-nascidos, verificando os limiares do PEATE comparados aos limiares psicoacústicos e eletrofisiológicos de adultos com audição normal. Esses potenciais foram eliciados com estímulos cliques e *tone burst* em 0,5, 1,5, 4,0 e 8,0 kHz. Os estímulos foram calibrados por meio do microfone sonda posicionado no CAE próximo à membrana timpânica, o que permitiu controlar as diferenças nas características de ressonância entre CAE de lactentes e adultos. Os limiares do PEATE também foram determinados em relação aos limiares psicoacústicos (nNA) e próximos ao limiar psicoacústicos ao nível de sensação (NS) individual para os pacientes adultos. Os limiares eletrofisiológicos infantis, mensurados em pico equivalente de NPS para todos os estímulos, foram elevados de 3 a 25 dB em relação aos limiares dos adultos e foram mais elevados para os estímulos de alta frequência. Esta elevação dos limiares maior para estímulos de alta frequência faz com que os autores acreditem na imaturidade neural para estímulos de alta frequência do sistema auditivo de neonatos.

Simonetti (2004) realizou um estudo, por meio de medidas com microfone sonda, sobre as implicações da ressonância da orelha externa na seleção e características eletroacústicas de aparelhos de amplificação sonora individual em 32 neonatos na faixa etária de zero a 18 meses. A autora constatou que a ressonância

da orelha de neonatos é diferente de adultos e que há uma relação inversa entre a frequência de ressonância e a idade do neonato. Os valores médios encontrados foram de intensidade do estímulo e a frequência de ressonância foram: 14,84 dB em 5644 Hz para o grupo de zero a três meses; 21,11 dB em 4155 Hz para o grupo de quatro a sete meses e 23,22 dB em 3672 Hz para o grupo de oito a 18 meses. Observou também ausência de diferença estatisticamente significativa entre os três grupos, apesar de responderem de uma forma diferente em cada um dos grupos.

Bagatto et al. (2006) descreveram que medidas com microfone sonda têm sido cada vez mais utilizadas na população pediátrica. Para tanto, estudaram uma técnica para realizar as medidas de *RECD*, com microfone sonda em 30 lactentes com idade entre dois a seis meses. Para manter a estabilidade da sonda ao fone de ouvido os autores propuseram uma técnica de uni-los com um filme plástico. Os autores concluíram que as medidas de *RECD*, utilizando esta técnica, são fidedignas quando a sonda se estende de 2 a 4 mm da oliva ou a 11 mm da entrada do conduto auditivo.

2.2 ESTUDOS COM OS PEAE

A pesquisa dos PEAE com tons modulados entre 80 a 100 Hz tem se apresentado como um procedimento promissor para auxiliar na predição dos limiares psicoacústicos, com inúmeros estudos demonstrando a correlação significativa entre o limiar eletrofisiológico proposto pelo PEAE e o comportamental obtido na audiometria comportamental. Contudo, na literatura da área, existem poucos estudos voltados à população infantil, que apresenta suas particularidades quanto à anatomofisiologia do sistema auditivo e o processo maturacional das estruturas.

A seguir, estão descritos alguns estudos realizados com neonatos e lactentes que subsidiarão a discussão desta pesquisa.

Rickards et al. (1994) avaliaram a aplicabilidade dos PEAE, na triagem auditiva neonatal, utilizando tons sinusoidalmente modulados 100%, em amplitude, e em 20%, em frequência em neonatos nascidos a termo e sem fatores de risco para deficiência auditiva. Os objetivos foram o de determinar a modulação de frequências nas quais as respostas auditivas fossem detectadas de forma mais eficaz; estimar as

latências das respostas para esta modulação de frequência e determinar os limiares de neonatos, em três frequências portadoras 0,5, 1,5 e 4 kHz modulados em 72, 85 e 97 Hz, respectivamente. Os recém-nascidos foram avaliados quando tinham idade entre um a sete dias de vida, com idade gestacional entre 36 a 42 semanas e sem fatores de risco associado. O número de indivíduos envolvidos neste estudo foi estabelecido de acordo com cada objetivo a ser atingido: 63 neonatos para o primeiro objetivo no qual os estímulos das frequências portadoras eram moduladas 10 vezes, entre 40-190 Hz, em intervalos de 10-30 Hz; no segundo objetivo, 29 neonatos foram avaliados, com modulação para 72 Hz, 85 Hz e 97 Hz nas três frequências portadoras de 0,5, 1,5 e 4 kHz, respectivamente, e, no último, 245 neonatos, nos quais se pesquisou os limiares para as frequências portadoras anteriormente descritas. O estímulo sonoro foi eliciado monoauralmente por fones de inserção do tipo ER-3A, modulado identicamente em amplitude e frequência e com o ruído ambiental controlado não ultrapassando 39 dB (A). Os autores concluíram que os PEAAE são um método apropriado para triagem auditiva neonatal, pois, quando registrados em altas modulações (60-100 Hz), são consistentemente detectados para as frequências portadoras de 0,5, 1,5 e 4 kHz com média das latências entre 11 a 15 ms; que as respostas obtidas em neonatos no PEAAE foram: 41,36 para 0,5 kHz, 24,41 para 1,5 kHz 34,51 dB NA e similares em latências e médias aos limiares das resposta obtidas em adultos para o PEATE por frequência específica; o fato de a detecção das respostas ser totalmente automática diminui as possibilidades de interpretações errôneas dos resultados tornando-se útil seu uso por profissionais com pouco treinamento; que sons modulados sinusoidalmente tem boa especificidade para audiometria por frequência específica, oferecendo possibilidade para detectar e quantificar perdas auditivas e finalmente, o tempo utilizado para detectar a resposta é normalmente menor quando comparado com o PEATE frequência específica.

Lins et al. (1996) avaliaram o quanto os PEAAE, obtidos para estímulos múltiplos modulados de 75 a 110 Hz e apresentados de forma binaural, são precisos e realizáveis como audiometria objetiva em 56 adultos e 51 lactentes. Os grupos foram separados em adultos com audição normal, lactentes a termo, adultos simulando perda auditiva e adolescentes com perda auditiva já diagnosticada. Os tipos de estímulos utilizados foram: monoaural único para 1 kHz apresentado

somente na orelha direita; monoaural combinado e combinado binaural. Os limiares dos PEAAE de adultos foram comparados com os respectivos limiares comportamentais. Em adultos normais, os limiares do PEAAE a tons de 0,5, 1, 2 e 4 kHz foram de 14 ± 11 , 12 ± 11 , 11 ± 8 e 13 ± 11 dB respectivamente, acima dos limiares comportamentais aéreos, e 11 ± 5 , 14 ± 8 , 9 ± 8 e 10 ± 10 dB NPS acima dos limiares comportamentais ósseos. Nos lactentes, em um ambiente silencioso, os limiares foram de 45 ± 13 , 29 ± 10 , 26 ± 8 e 29 ± 10 dB NPS. Em adolescentes com perdas auditivas conhecidas, os PEAAEs tiveram um coeficiente de correlação com os limiares comportamentais (r) de: 0,72, 0,70, 0,76 e 0,9 para, 0,5, 1, 2 e 4 kHz, respectivamente. Os autores concluíram que os PEAAEs, em tons modulados, de 75 a 110 Hz são fidedignos e confiáveis, podendo ser utilizados para realizar a audiometria objetiva com especificidade de frequência.

Cone-Wesson et al. (2002) realizaram dois estudos com os PEAAE para verificar a possibilidade de utilizar este procedimento na realização da Triagem Auditiva Neonatal Universal (TANU). No primeiro estudo, foi realizada a pesquisa do PEAAE em 82 neonatos, sendo que, em 45 deles, o exame foi realizado entre a 36^a e 45^a hora, após o nascimento, e, em 37, entre quatro e 120 dias, em média, 13^o dia de vida. Todos os neonatos apresentaram respostas normais para PEATE clique, Emissões Otoacústicas Evocadas por Estímulos Transientes (EOE-t) e Emissões Otoacústicas Evocadas Produto de Distorção (EOAEDP). No primeiro estudo, o objetivo foi analisar qual o efeito da frequência portadora e do nível do estímulo na habilidade de obter uma resposta estatisticamente significativa ('Passa') na triagem auditiva, utilizando um algoritmo de detecção automática (coerência de fase ao quadrado PC^2). Foram obtidos limiares dos PEAAE para as frequências de 0,25, 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados em 87, 76, 83, 89 e 93 Hz, respectivamente. Taxas de presença foram maiores que 90% para tons de amplitude modulados em níveis maiores que 69 dB NPS. No segundo estudo, o efeito da modulação das frequências nos PEAAE para 0,5 e 2 kHz foi avaliado em neonatos a termo e pré-termo estudo. Foram formados dois grupos, 19 neonatos a termo (38 a 41 semanas) e 11 pré-termo (23 a 34 semanas de gestação). Os autores obtiveram maiores taxas de 'Passa', para tons modulados em amplitude entre 74-106 Hz para a frequência de 2 kHz, comparadas com as taxas de 'Passa', para tons modulados em amplitude de 58-90 Hz para a frequência de 0,5 kHz. Observaram que os neonatos pré-termo

tinham menores taxas de 'Passa' em ambas as frequências portadoras. Concluíram que uma sistemática investigação dos limiares dos PEAAE e o efeito da modulação de frequências em neonatos são necessários para adaptar esta técnica para triagem auditiva.

Savio et al. (2001) pesquisaram as modificações dos limiares eletrofisiológicos dos PEAAE múltiplos moduladas, em amplitude, em lactentes até um ano de idade a fim de caracterizar a maturação dos limiares dos da baixa e alta frequência pretendendo entender o desenvolvimento normal dos PEAAE e facilitar seu uso na técnica de audiometria na infância por frequência específica. Os autores realizaram a pesquisa dos limiares dos PEAAE, em 64 neonatos, nas faixas etárias de zero a 29 dias que constituíram o grupo 1-GI com n=25, de um a seis meses para o GII com n=26 e, sete a 12 meses para GIII com n=13, sem fator de risco para perda auditiva; compararam, então, os resultados obtidos nos PEAAE com a audiometria tonal limiar de 15 a 20 adultos, com audição normal. Os limiares eletrofisiológicos dos PEAAE foram obtidos por meio de tons múltiplos simultâneos modulados em amplitude (95%) para as frequências portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz em 95, 98, 101 e 105 Hz, respectivamente, apresentados monoauralmente por meio de fones TDH- 49, em intensidades que variaram entre 90 e 30 dB NPS. Como resultado, os autores constataram uma forte correlação da idade com as modificações dos limiares dos PEAAE múltiplos, na amplitude e detectabilidade durante o primeiro ano de vida. Houve um significativo aumento da detectabilidade dos limiares dos PEAAE com o aumento da idade e da frequência, ou seja, quanto maior a idade, maior foi a detectabilidade do som para todas as frequências. Não houve uma cumulativa resposta significativa para 30 dB n NA de 91,8%, 97,9%, 77,5% e 89,7% em 0,5, 1, 2 e 4 kHz respectivamente. Eles observaram que, os limiares para as respectivas frequências em neonatos de zero a 29 dias diminuiu de 16, 22, 19 e 23, para 9; 12; 7 e 9 dB n NA para lactentes de sete a 12 meses e que amplitude das respostas é diretamente proporcional à idade e à frequência, sendo as maiores mudanças de amplitude observadas nos primeiros seis meses de vida, com maior variação para a frequência de 1kHz.

Os autores também comentaram que as modificações no desenvolvimento maturacional das respostas auditivas, tanto no PEATE como nos PEAAE, estão correlacionadas, pois são geradas pelas mesmas estruturas do tronco

encefálico e se é evidente uma melhora nos limiares do PEATE, semelhante diferença deve ser observada nos PEAE. Para explicar a relação da presença de respostas às frequências graves antes que nas agudas, os autores relatam que alguns estudos com animais demonstram esta mesma relação, sugerindo um gradiente desenvolvimental tonotópico, semelhante ao ocorrido em animais, da baixa para alta frequência da responsividade aos estímulos acústicos. Tal acontecimento, também poderia estar correlacionado ao efeito de supressão de dois tons eliciados, simultaneamente, em ambas as orelhas. Esses autores consideraram este procedimento preciso, mas observaram que piores limiares auditivos em neonatos possam estar relacionados com o ruído ambiental ocorrido em sua pesquisa, que poderia estar aumentando as respostas em até 10 dB. Os autores concluíram que as modificações maturacionais nos limiares dos PEAE, para estímulos múltiplos, foram evidentes entre o nascimento e o 12º mês de vida, hipotetizando um gradiente de desenvolvimento.

Rance e Rickards (2002) realizaram um estudo retrospectivo com 211 lactentes, avaliados na Clínica Escola de Audiologia da Universidade Melbourne, Austrália, a fim de verificar a correlação entre os limiares dos PEAE com os limiares do *Visual Reinforcement Audiometry* (VRA) obtidos posteriormente. Essas crianças tinham de um a oito meses de idade quando realizaram a avaliação fisiológica e seis a 14 meses de idade quando realizaram a avaliação auditiva comportamental. Os registros dos PEAE foram realizados com os lactentes em sono natural, seguindo os parâmetros de teste, tais como: frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz moduladas 100% em amplitude e 10% em frequência, em 90 Hz. Os estímulos foram apresentados por meio de fones de inserção ou supra-aurais e eletrodos posicionadas em F_z (ativo), lóbulo ou mastóide ipsilaterais (referência) e mastóide contralateral (terra); as respostas foram determinadas pela coerência de fase na probabilidade de ocorrência de 99% ($p < 0,01$). O VRA foi realizado por meio de fones supra-aurais ou de inserção, nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz. Para a análise dos dados, foram realizadas 809 comparações entre os limiares eletrofisiológicos e comportamentais (277 para a 0,5 kHz; 260 para 1 kHz; 140 para 2 kHz e 137 para 4 kHz). Os casos em que houve ausência dos limiares fisiológicos ou comportamentais na intensidade máxima do equipamento foram excluídos da análise de correlação, sendo analisados em separado. Os resultados demonstraram

alta correlação ($r > 0,05$) entre os limiares dos PEAAE e VRA nos indivíduos que apresentaram perda auditiva acima de 60 dB NA. Em crianças cujos limiares eram melhores que 60 dB NA, os PEAAE foram entre 10 e 15 dB mais elevadas que as encontradas na avaliação comportamental VRA. Os autores concluíram a importância de aplicação de fórmulas de regressão para estimar os limiares de lactentes menores de três a seis meses de idade com limiares inferiores a 60 dB NA.

John et al. (2004) examinaram o PEAAE evocados em modulação por amplitude (AM), mixada (MM), exponencial (M^2) e frequência (FM) em 50 neonatos com três dias de vida e 20 neonatos e lactentes entre três e 15 semanas de vida. Os autores hipotetizavam que os estímulos sonoros quando modulados em MM e M^2 evocavam respostas maiores que aqueles sons modulados por AM ou FM e que esse aumento seria rápido e facilmente detectável quando comparado com os dois primeiros. Os PEAAE foram registrados em 0,5, 1, 2 e 4 kHz moduladas entre 78 e 95 Hz, apresentadas, simultaneamente, em ambas as orelhas, em 50 dB NPS. Gravações de 12 minutos foram obtidas para cada três tipos de modulação: 100% AM, MM (100% AM e 20% FM) e AM^2 . Avaliaram, em seis neonatos, respostas para 20% FM que foram também registradas. Observaram, em lactentes pré-termo, que estímulos modulados em MM e AM^2 produziram respostas 15% maiores que em estímulos modulados em AM. Para respostas moduladas em AM, MM e AM^2 , as porcentagens foram: 67%, 73% e 76%. Respostas de estímulo moduladas em FM foram evidentes em neonatos com amplitude reduzida pela metade das respostas obtidas para estímulos modulados em AM. Respostas em neonatos a termo, em média, foram 32% maiores que as dos neonatos pré-termo, demonstrando uma alta incidência de respostas significantes comparando com grupo de pré-termo. Para estímulos AM, MM, e AM^2 , houve uma alta porcentagem de respostas significantes que foram respectivamente: 82%, 82% e 84%. Para ambos os grupos, a porcentagem, além de respostas significantes, decresceu na frequência de 0,5 kHz demonstrando menor amplitude e menor detecção que nas respostas para outras frequências. Os autores concluíram que as respostas para tons modulados em MM e AM^2 foram maiores que aquelas evocadas por tons modulados em AM. Ao usar estímulos, MM e AM^2 , foi possível aumentar número de exames com efetividade dos PEAAE em neonatos. Respostas para 50 dB NPS foram mais facilmente detectáveis para lactentes a termo que pré-termo.

Rance et al. (2005) realizaram um estudo retrospectivo do período de 1998 a 2003, dos PEAEs em 575 lactentes com pesquisa dos limiares auditivos por meio desse procedimento antes terceiro mês de vida. Dos indivíduos pesquisados, 285 apresentavam audição normal, 271 apresentavam perda auditiva sensorio-neural, e 19 Dessincronia Auditiva/Neuropatia Auditiva (DA/NA). As frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz foram moduladas em 74 Hz, 81 Hz, 88 Hz e 95 Hz, respectivamente, em 100% de amplitude e 10% de frequência. Os limiares auditivos comportamentais foram estabelecidos na idade apropriada destas crianças por meio do VRA realizado em sala acusticamente tratada, entre o 6º e 23º mês de vida (média 9,8 meses), com apresentação máxima do estímulo auditivo em 120 dB NA para todas as frequências. Para os 285 indivíduos com audição normal a média de valores de PEAE variou de 22 para 30 dB NA, ou seja, foram significativamente maiores quando comparados aos estudos que usaram PEATE frequência específica sugerindo a necessidade de mais pesquisas sobre esse assunto. Os autores também constataram que crianças com perda auditiva sensorio-neural apresentam limiares dos PEAE com alta correlação com os limiares comportamentais, afirmando que este procedimento foi uma técnica bastante sensível na quantificação das perdas severas e profundas. Além disto, sua utilização foi adequada para determinar os limiares auditivos nos meses logo após o nascimento de neonatos, pois ofereceu informações acuradas sobre os limiares auditivos, oferecendo subsídios importantes para a adaptação de aparelhos e intervenção precoce nos casos de surdez. Porém, os autores consideraram que este procedimento não é indicado para prever o audiograma comportamental nos casos de DA/NA. Os autores comentaram ainda que interpretações dos limiares eletrofisiológicos necessitavam de entendimento clínico abrangente do tipo de perda auditiva que afeta o indivíduo, pois ao realizar a pesquisa dos PEAE, não é possível diferenciar a perda auditiva entre periférica (coclear) ou perdas auditivas centrais (retrococleares). Além disto, é importante considerar os achados de PEAE em conjunto com os outros resultados obtidos sobre as funções do sistema auditivo, como nas emissões otoacústicas, do microfonismo coclear e as observações comportamentais.

Perez-Abalo et al. (2005) compararam a eficácia diagnóstica e o valor prognóstico dos limiares dos PEAE obtidos com estímulos múltiplos com os obtidos

no PEATE clique em um programa de Triagem Auditiva Neonatal (TAN) para crianças com risco de perda auditiva. Realizaram, inicialmente, a pesquisa dos limiares do PEATE clique nas frequências de 0,5 a 2 kHz e dos PEAAE com estímulo múltiplo, em uma casuística de 508 lactentes aos três meses de idade, com reavaliação na idade de três e quatro anos, por meio da Audiometria Tonal Limiar (ATL). Embora os dois métodos tenham demonstrado um bom desempenho (sensibilidade 100% e especificidade 92-95%), os autores concluíram que os limiares do PEAAE estímulo múltiplo são melhores que os limiares do PEATE clique para identificar perdas auditivas em frequências graves; além disso, o PEAAE com estímulo múltiplo predisse os limiares auditivos com mais precisão que com o PEATE clique. Os autores concluíram que o PEAAE estímulo múltiplo proporcionam informações valiosas para o diagnóstico e tratamento dos lactentes previamente detectados por um programa de triagem e, no futuro, podem também ser úteis como prova de triagem auditiva.

Rance e Tomlin (2006) realizaram uma pesquisa longitudinal com grupo de 20 neonatos a termo (39 a 41 semanas período gestacional), com audição normal e sem nenhum fator de risco para perda auditiva. O objetivo do estudo foi acompanhar o processo maturacional da audição dos recém-nascidos, pesquisando os limiares auditivos por meio do PEAAE. A coleta de dados foi feita em quatro fases: 5º dia após o nascimento, 2ª, 4ª e 6ª semana de vida. Pesquisaram os limiares auditivos apenas em duas frequências portadoras: 0,5 e 4 kHz modulados em 74 Hz e 95 Hz, respectivamente. A amplitude foi modulada em 100% e a frequência portadora em 10%. Foi aferido o ruído ambiente que variou entre 45,6 e 46,1 dB NPS. Pesquisaram os limiares eletrofisiológicos em apenas uma orelha em cada indivíduo, aleatoriamente: 10 na orelha direita e o restante na orelha esquerda. Para confirmação da normalidade de audição, realizaram pesquisa por meio das EOE-t e PEATE frequência específica 0,5 e 4 kHz em intensidade de 20 dB NA. Foi realizada calibração *in situ* do nível do estímulo sonoro no conduto auditivo dos lactentes. Posteriormente, pesquisaram os limiares do PEAAE estimulando apenas uma frequência de cada vez até estabelecer o limiar da mesma e em seguida a outra frequência. A partir da análise dos resultados, os autores concluíram que: os limiares do PEAAE obtidos em lactentes são relativamente mais altos que os obtidos com adultos e crianças normais; que o registro do estímulo *in situ* revela sons

drasticamente diferentes dos esperados para adultos (de 6,5 em 0,5 Hz e 15 dB para 4 kHz); houve uma diminuição de aproximadamente de 5 a 6 dB na medida do sinal no conduto auditivo entre a zero e a 6ª semana de coleta de dados; houve também um significativo efeito frequência nesta pesquisa, ou seja, as subseqüentes datas de coletas mostraram que a frequência de 0,5 kHz apresentava limiares maiores de PEAAE. Os autores supõem que mudanças maturacionais afetam a transmissão da energia sonora da frequência baixa na orelha média da criança. A calibração mensurada do estímulo acústico na orelha dos lactentes é diferente dos limiares obtidos em adultos com audição normal. Os autores também comentaram que as mudanças dos limiares do PEAAE em neonatos e recém-nascidos também podem ser atribuídas ao resultado do desenvolvimento do tronco encefálico e que os limiares dos PEAAE não estão maduros, em lactentes, no segundo mês de vida.

Calil, Lewis e Fiorini (2006) descreveram os limiares do PEAAE, em 14 lactentes ouvintes, na faixa etária entre dois e 19 meses, com ou sem fator de risco para deficiência auditiva. O estímulo complexo contendo as frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz foram modulados, respectivamente, em 77, 85, 93 e 101 Hz na orelha esquerda e 79, 87, 95 e 103 Hz na orelha direita. Os eletrodos foram posicionados em C_z (terra), F_z (ativo) e M₁ e M₂ (referência), fones de inserção do tipo ER-3A. Como resultado, foi encontrado que a frequência de 0,5 kHz apresenta níveis de respostas maiores tendo menor correlação com a audiometria tonal quando comparado aos resultados obtidos nas frequências de 1, 2, 4 kHz. Concluíram que a utilização do PEAAE é viável em lactentes e crianças pequenas possibilitando predizer o perfil audiométrico em ambas as orelhas, simultaneamente, e que o tempo de registro dos limiares é compatível com o de outros exames eletrofisiológicos.

Maanen e Stapells (2009) estudaram os limiares dos PEAAE para estímulos múltiplos modulados em 80 Hz em neonatos e crianças, divididas em dois grupos de acordo com a faixa etária: grupo 1 com 22 lactentes com idade inferior a seis meses (mediana de 3,1 meses), e grupo 2 com 32 crianças maiores ou igual a 6 meses (mediana de 28,8 meses). Três objetivos foram apresentados: 1. Estabelecer dados normativos dos limiares do PEAAE em um grupo de 54 crianças sem perda auditiva para PEATE frequência específica; 2. Estimar o tempo de gravação para obter respostas significativas (presença) dos limiares dos PEAAE

estímulo múltiplo e, 3. Comparar as respostas obtidas simultaneamente em dois canais ipsi e contralaterais da orelha estimulada. Estímulos foram apresentados em ambas as orelhas com fone de inserção ER-3A, nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz moduladas em 81,05491, 88,86719, 96,67969 e 105,4859 para a orelha direita, e 77,14844, 84,96094, 92,77344 e 105,5859 Hz para a orelha esquerda. A intensidade de apresentação do estímulo sonoro variou de zero para 70 dB NA. Os autores concluíram que 90% das crianças avaliadas apresentavam limiares dos PEAAE em 49, 45, 36 e 32 dB NA para as frequências pesquisadas, não havendo diferença estatisticamente significativa das mais jovens com as mais velhas. Recomendaram que, para triagem auditiva, os limiares aéreos dos PEAAE normais devem ser de 50, 45, 40, 40 dB NA, em 0,5, 1, 2 e 4 kHz, respectivamente com estímulo múltiplo. O tempo médio para estabelecer a resposta foi de cinco minutos para oito frequências.

Ribeiro, Carvallo e Marcoux (2010) realizaram pesquisa dos limiares dos PEAAEs por estímulos múltiplos em 48 neonatos: 21 indivíduos a termo (≥ 38 semanas de idade gestacional), e 28 pré-termos (menores que 35 semanas gestacionais). Os autores pretendiam obter os limiares dos PEAAEs dos lactentes a fim de investigar o processo maturacional dessas respostas, por meio de uma comparação de limiares entre os grupos, identificando qual deles tinham respostas mais maduras e qual deles requeria singular consideração ao estimar os limiares pelo audiograma comportamental. Ainda tinham como objetivos secundários fazer uma análise posterior do sinal e de qual razão sinal-ruído seria melhor para determinar os limiares dos PEAAE para utilizar com neonatos pré-termos e a termo e qual método contribuiria para a elevação dos limiares de quaisquer grupos. Como resultados, obtiveram significantes diferenças entre os limiares dos neonatos pré-termos e a termo nas frequências de 0,5 kHz e 4 kHz. Similar ruído e relação sinal-ruído foi observada entre ambos os grupos, durante os registros de várias frequências, intensidades e tempo de teste, que não foram afetados, utilizando mais testes de conservação estatística ou pequenos incrementos de intensidade aos limiares auditivos. Os resultados indicaram que os limiares dos PEAAE podem ser mensurados com efetividade em neonatos pré-termos e a termo. Entretanto, os dados indicaram que houve uma significativa imaturidade das estruturas que contribuíram para as respostas em 0,5 e 4 kHz que permaneceram nos bebês pré-

termo. Os autores recomendaram a inclusão em outros estudos as medidas de calibração destes limiares auditivos *in situ*, durante o período pré-termo e a termo para assegurar que o componente maturacional dos limiares possa ser apropriadamente quantificado e controlado e, assim, obter-se-ia um diagnóstico e, consequentemente, uma terapia precisa.

Linares, Costa Filho e Martinez (2010) realizaram um estudo prospectivo de corte contemporâneo com corte transversal comparativo, em crianças, na faixa etária entre um e sete anos de idade, para correlacionar os achados dos resultados dos PEAEs com outros exames audiológicos. A amostra foi constituída de 23 crianças com perda auditiva neurossensorial bilateral. Os exames realizados foram Otoscopia, Timpanometria na modalidade acústica de Admitância Acústica (Ya) com frequência de sonda de 226 Hz, medidas reflexos acústicos contralaterais nos estímulos em 0,5, 1, 2 e 4 kHz para predição do limiar auditivo a partir destas respostas, audiometria de reforço visual; PEATE *tone burst* e clique e PEAEs nas frequências portadoras 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados entre em amplitudes entre 75 a 101 Hz na OE e de 79 a 103 Hz na OD e VRA. Os dados dos PEAEs foram submetidos à análise do *Fast Fourier Transformation* e à análise angular a cada 20 coletas, utilizando o coeficiente de significância de $p < 0,05$ método estatístico do equipamento considera a relação sinal ruído e relação sinal ruído *side-bins* maior que 6,13; amplitude do sinal maior que 0.0125 e amplitude do ruído menor que 0,05. Os autores encontraram uma correlação entre os PEAEs e o VRA entre 0,73 a 0,93; para o PEATE clique (2 e 4 kHz) variou de 0,83 a 0,89, para o *tone burst*, de 0,73 a 0,93. A correlação entre o PEAE e a regra de predição do limiar auditivo foi moderada. Os autores concluíram que houve uma correlação entre O PEAE e o VRA, assim como para PEATE clique e *tone burst* já o reflexo acústico pode ser utilizado apenas para acrescentar informações ao diagnóstico audiológico.

Choi, Purcell e John (2011) realizaram a análise das fases nas quais os PEAEs foram evocados por tons modulados exponencialmente e detectados. Foram avaliados 44 recém-nascidos, com até o 3 dias após o nascimento, e 15 lactentes na faixa etária de 3 a 15 semanas de vida. Estes autores hipotetizavam que as fases do PEAEs iriam mostrar mudanças ordenadas com a taxa modulação/frequência de portadora e que essa estabilidade poderia ser usada com técnicas estatísticas de fase de polarização para aumentar a detecção de resposta.

As respostas múltiplas das quatro frequências portadoras foram moduladas nas taxas entre 78 e 95 Hz em 50 dB SPL e registradas simultaneamente. Os dados foram analisados com especial atenção para a fase e sua possível exploração na detecção de resposta usando teste t ponderado de fase (PWT) e o teste t inter ponderado de fase (iPWT). Uma análise secundária comparou as durações de teste fixo, e os dados foram avaliados no final da gravação após cada varredura. Constataram que não houve diferença estatisticamente significativa entre as fases para os dois grupos e que as fases nas quais houve maior incidência de resposta foram: 63% (109/172), 84% (144/172) e 99% (170/172) os valores de fase foram: $\pm 30^\circ$, $\pm 45^\circ$ e $\pm 90^\circ$. Valores de fase autonormativos foram ligeiramente mais próximos de fases reais medidas, que os valores normativos da população. Comparado com o teste F, com duração fixa, a técnica iPWT foi um pouco melhor (71,7% *versus* 77,1% de detecção). Comparado com o teste F, com duração variável de teste, o tempo de teste foi reduzido utilizando a técnica de iPWT média ponderada normal e por 4 e 2,9 varreduras (66 e 48 segundos), respectivamente, enquanto as taxas de falsos-positivos foram mantidas. Comparado com os testes que contou com a razão F e um tempo fixo de 12,3 minutos, usando tempos de teste variável e a abordagem iPWT resultou em uma redução para metade do tempo de teste, e melhorou um pouco as taxas de detecção dos PEAAE comparável (66,7% *versus* 72,5%). Uma diferença inter orelhas de fase média de 52° foi encontrada, o que não foi explicado pelas taxas de modulação usadas para a esquerda/direita. Convertendo fase à latência apresentaram resultados semelhantes aos estudos anteriores. Concluíram que o uso da análise da resposta pela fase pode resultar na redução no tempo de teste com o aumento da detecção das respostas.

O Quadro 1, a seguir, apresenta estudos com PEAAE descritos na literatura específica.

ESTUDO	IDADE	FREQ. PORT.	MODULAÇÕES	LIMIARES	EQUIPAMENTO	TRANSDUTOR	ORELHA	ESTÍMULO	DETECÇÃO DA RESPOSTA
Rickards et al. (1994)	1-7 dias	0,5 kHz	72 Hz	41,36 dB NA ou 53 dB NPS	NÃO CONSTA	FONE DE INSERÇÃO	MONO	MÚLTIPLO AM100% FM20%	TESTE DE COERÊNCIA DE FASE
		1,5 kHz	85 Hz	24,41 dB NA ou 31 dB NPS					
		4 kHz	97 Hz	34,51 dB NA ou 44 dB NPS					
Lins et al. (1996)	1-10 meses	0,5 kHz	77 Hz OD	45 ± 13 dB NPS	NÃO CONSTA	FONE DE INSERÇÃO	MONO	NÃO CONSTA	TÉCNICA DE T2 e F
		1 kHz	85 Hz OD	29 ± 10 dB NPS					
		2 kHz	93 Hz OD	26 ± 8 dB NPS					
		4 kHz	101 Hz OD	29 ± 10 dB NPS					
	3-11 meses	0,5 kHz	77 OD/ 81 OE	58 ± 12 dB NPS	NÃO CONSTA	FONE DE INSERÇÃO	BI	NÃO CONSTA	TÉCNICA DE T2 e F
		1 kHz	85 Hz OD/ 89 Hz OE	43 ± 13 dB NPS					
		2 kHz	93 OD Hz/ 97 OE Hz	39 ± 13 dB NPS					
		4 kHz	101 Hz OD/ 105 Hz OE	40 ± 13 dB NPS					
Rance e Rickards (2002)	1-8 meses	0,5 kHz	NÃO CONSTA	50 dB NA	IBM TXT (COMPUTADOR GERA ESTÍMULO E ANALISA A RESPOSTA)	FONES TDH39 OU DE INSERÇÃO	MONO	ÚNICO 100% AM 10% FM	TESTE DA COERÊNCIA DE FASE
		1 kHz		50 dB NA					
		2 kHz		45 dB NA					
		4 kHz		55 dB NA					

continua

continuação

ESTUDO	IDADE	FREQ. PORT.	MODULAÇÕES	LIMIARES	EQUIPAMENTO	TRANSDUTOR	ORELHA	ESTÍMULO		DETECÇÃO DA RESPOSTA					
Sávio et al. (2004)	0-29 dias	0,5 kHz	95 Hz	16 dB ± 11 dBnNA	AUDIX	FONES TDH39	MONO	MÚLTIPLO 95% AM		TESTE HOTELING T2 (HT2) (ANÁLISE SINAL/RUÍDO)					
		1 kHz	98 Hz	22 dB ± 12 dBnNA											
		2 kHz	101 Hz	19 dB ± 12 dBnNA											
		4 kHz	108 Hz	23 dB ± 13 dBnNA											
	1-6 meses	0,5 kHz	95 Hz	16 dB ± 9 dBnNA											
		1 kHz	98 Hz	15 dB ± 11 dBnNA											
		2 kHz	101 Hz	13 dB ± 13 dBnNA											
		4 kHz	105 Hz	15 dB ± 11 dBnNA											
	7-12 meses	0,5 kHz	95 Hz	9 dB ± 9 dBnNA											
		1 kHz	98 Hz	12 dB ± 10 dBnNA											
		2 kHz	101 Hz	7 dB ± 8 dBnNA											
		4 kHz	105 Hz	9 dB ± 7 dBnNA											
Jonh et al. (2004)	3 dias	0,5 kHz	78,13 OD	80.08 OE	46 dBnNA	MASTER	FONE DE INSERÇÃO ER-3A	MONO	MÚLTIPLO 100% AM M2 100% AM +20 % FM FM 100%AM +20%FM M2 20%FM	ANÁLISE DA AMPLITUDE					
		1 kHz	83,01 OD	84,96 OE	50 dBnNA										
		2 kHz	86,91 OD	89,84 OE	47 dBnNA										
		4 kHz	91,80 OD	94,73 OE	44 dBnNA										
	3-15 dias	0,5 kHz	78,13 OD	80,08 OE	45 dBnNA	MASTER	FONE DE INSERÇÃO ER-3A	MONO		ANÁLISE DA AMPLITUDE					
		1 kHz	83,01 OD	84,96 OE	50 dBnNA										
		2 kHz	86,91 OD	89,84 OE	47 dBnNA										
		4 kHz	91,80 OD	94,73 OE	44 dBnNA										

continua

continuação

ESTUDO	IDADE	FREQ. PORT.	MODULAÇÕES	LIMIARES	EQUIPAMENTO	TRANSDUTOR	ORELHA	ESTÍMULO	DETECÇÃO DA RESPOSTA
Rance e Tomlin (2005)	<3 meses	0,5 kHz	NÃO CONSTA	32,3 dBnNA $\pm$ 7,5	ERA SYSTEMS OU AUDERA	FONES SUPRAURAIIS E FONE DE INSERÇÃO	MONO	ÚNICO 100% AM 10% FM	TESTE DA COERÊNCIA DE FASE
		1 kHz		32,5 dBnNA $\pm$ 6,6					
		2 kHz		24,3 dBnNA $\pm$ 6,3					
		4 kHz		28,1 dBnNA $\pm$ 7,5					
Rance e Tomlin (2006)	1-7 (5º dia)	0,5 kHz	74 Hz	46,0 dBnNA $\pm$ 11,4	GSI AUDERA	FONES DE INSERÇÃO	MONO	100% AM 10% FM	TESTE DE COERÊNCIA DE FASE
		4 kHz	95 Hz	38,5 dBnNA $\pm$ 11,0					
	2 semanas	0,5 kHz	74 Hz	39,5 dBnNA $\pm$ 6,9					
		4 kHz	95 Hz	34,2 dBnNA $\pm$ 9,8					
	4 semanas	0,5 kHz	74 Hz	41,5 dBnNA $\pm$ 6,7					
		4 kHz	95 Hz	38,2 dBnNA $\pm$ 9,2					
	6 semanas	0,5 kHz	74 Hz	39,7 dBnNA $\pm$ 7,3					
		4 kHz	95 Hz	32,2 dBnNA $\pm$ 7,9					
Calil, Lewis e Fiorini (2006)	2-19 meses (OD)	0,5 kHz	79 Hz	38,6 dB NPS $\pm$ 11,8	SMART EP MARCA INTELIGENT HEARING SISTEM (IHS)	FONES DE INSERÇÃO	BI MAIORIA DAS VEZES MONO	MÚLTIPLO MODULAÇÃO DA AMPLITUDE	ANÁLISE DA AMPLITUDE E DA FASE DE FORMA AUTOMÁTICA DO SOFTWARE CONSIDERANDO: SNR>6,13 DB; SNR SIDE BINS>6,13; AMPLITUDE DO SINAL>0,0125 AMPLITUDE DO RUÍDO>0,05
		1 kHz	87 Hz	28,6 dB NPS $\pm$ 7,2					
		2 kHz	95 Hz	29,3 dB NPS $\pm$ 7,3					
		4 kHz	103 Hz	28,3 dB NPS $\pm$ 4,9					
	2-19 meses (OE)	0,5 kHz	77 Hz	37,1 dB NPS $\pm$ 9,9					
		1 kHz	85 Hz	29,3 dB NPS $\pm$ 11,6					
		2 kHz	93 Hz	26,8 dB NPS $\pm$ 11,2					
		4 kHz	101 Hz	25,0 dB NPS $\pm$ 7,3					

continua

conclusão

ESTUDO	IDADE	FREQ. PORT.	MODULAÇÕES		LIMIARES	EQUIPAMENTO	TRANSDUTOR	ORELHA	ESTÍMULO	DETECÇÃO DA RESPOSTA
Maanen e Stapells (2009)	≤6 meses	0,5 kHz	81,05 Hz OD	77,15 Hz OE	37,1 dB NA ± 9,9	SMART EP-ASSR	FONES DE INSERÇÃO	BI	MÚLTIPLO	ANÁLISE DA VARIÂNCIA ESTATÍSTICA F DE FFT.A RAZÃO F COMPUTADA ENTRE A AMPLITUDE DA RESPOSTA PARA A MODULAÇÃO DA FREQUÊNCIA E A AMPLITUDE DO RUÍDO AMBIENTE DO EEG
		1 kHz	88,87 Hz	84,96 Hz	29,3 dB NA ± 11,6					
		2 kHz	96,68 OD Hz	92,77 OD Hz	26,8 dB NA ± 11,2					
		4 kHz	105,47 OD Hz	100,58 OD Hz	25,0 dB NA ± 7,3					
	>6 meses	0,5 kHz	81,05 OD		39,0 dB NA ± 7,4					
		1 kHz	88,87 OD		33,1 dB NA ± 4,6					
		2 kHz	96,68 OD		29,3 dB NA ± 7,3					
		4 kHz	105,47 OD		24,3 dB NA ± 10,1					
Ribeiro, Carvallo e Marcoux (2010)	<35 semanas	0,5 kHz	91,40		44,30 dB NPS ± 9,88	MASTER SOFTWARE-BIO-LOGIC VERSÃO 2.04.100	FONES DE INSERÇÃO ER-3A	MONO	MÚLTIPLO 100% AM 20% FM	A) ANÁLISE DE UM MÍNIMO DE 10 SWEEPS FORAM COLETADOS E PELO MENOS 2 SWEEPS CONSECUTIVOS COM RAZÃO F DE SIGNIFICÂNCIA DE $p \leq 0,01$ B) NÍVEL DE RUÍDO $\leq 5nV$ OBTIDOS DE 32 A 40 SWEEPS
		1 kHz	93,75		27,80 dB NPS ± 6,79					
		2 kHz	96,09		26,77 dB NPS ± 6,09					
		4 kHz	99,09		32,87 dB NPS ± 6,12					
	≥35 semanas	0,5 kHz	91,40		49,11 dB NPS ± 9,44					
		1 kHz	93,75		26,38 dB NPS ± 6,59					
		2 kHz	96,09		26,74 dB NPS ± 7,57					
		4 kHz	99,09		35,90 dB NPS ± 8,23					

Quadro 1 - Estudos com PEAAE descritos na literatura específica

3 PROPOSIÇÃO

3 PROPOSIÇÃO

Caracterizar os limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável em neonatos e lactentes a termo, a fim de averiguar a influência do processo maturacional na resposta elétrica do sistema auditivo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4 MATERIAL E MÉTODOS

Estudo transversal realizado na Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, com a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Odontologia de Bauru-USP, processo nº122/2010 (Anexo A).

4.1 SELEÇÃO DA CASUÍSTICA

Participaram do estudo neonatos e lactentes com idade gestacional ≥ 37 semanas sem qualquer fator de risco para deficiência auditiva definidos pelo *Joint Committee on Infant Hearing* (2007), o que inclui síndromes associadas à perda auditiva, histórico familiar de perda auditiva permanente, anormalidades congênitas, desordens neurológicas ou infecções congênitas, Meningite bacteriana e hiperbilirrubinemia que requeira exangüíneo transfusão.

A Clínica de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru é o serviço de referência do Programa de Triagem Auditiva Neonatal do Hospital Maternidade Santa Isabel da cidade de Bauru, com 300 nascimentos/mês com abrangência de 87% dos recém-nascidos vivos (BEVILACQUA et al., 2010), desenvolvendo, assim, um programa voltado à saúde auditiva dos neonatos e lactentes. Neste contexto, são avaliados os recém-nascidos que falharam na triagem auditiva neonatal sem e com indicador de risco para deficiência auditiva. O convite para participar do estudo foi realizado da seguinte forma:

- na idade de zero a 2 meses: no Hospital Maternidade Santa Isabel, após a realização da triagem auditiva com resultado 'Passa', e;
- nas demais faixas etárias: por meio de contato telefônico, após a análise do banco de dados do serviço que, atualmente, contém em torno de 20500 lactentes que foram submetidos à triagem auditiva neonatal e em torno de 1100 cadastrados que fizeram avaliação audiológica no Serviço de Alta Complexidade.

O critério de inclusão no presente estudo foi definido para cada grupo como descrito a seguir:

- Grupo I: 0 a 1 mês 29 dias

Apresentar, na triagem auditiva, resultado 'Passa', ou seja, emissões otoacústicas evocadas transientes com relação sinal/ruído ≥ 6 dB e reprodutibilidade $\geq 70\%$ em três bandas de frequência não consecutivas, incluído 4 kHz, com pico do estímulo clique em 80 dB NPS. A timpanometria com sonda de 1 kHz foi realizada no dia da pesquisa dos PEAEs, considerando orelha média normal quando se obteve curva timpanométrica com pico de máxima complacência até 0,6 mmho (MARGOLIS, 2003) ou curva classificada segundo o método de Marchant (1986) adaptado por Baldwin (2006) associada à otoscopia normal realizada pelo médico otorrinolaringologista.

- Grupos II (2 meses a 3 meses e 29 dias) e III (4 meses a 5 meses e 29 dias)

Nestes grupos, além do resultado 'Passa' na triagem auditiva neonatal, as emissões otoacústicas evocadas transientes deveriam estar presentes antes da pesquisa dos PEAEs, ou seja, a relação sinal/ruído ≥ 3 dB e reprodutibilidade $\geq 50\%$ nas bandas de frequência de 1, 2, 3, 4 e 5 kHz, com pico do estímulo clique em 80 dB NPS. A presença das emissões otoacústicas com amplitude normal sugere funcionalidade de orelha externa e/ou média.

Para todos os grupos, foi questionado sobre o desenvolvimento geral da criança e problemas de saúde. A integridade neural foi considerada presente quando se obteve o registro dos PEAEs, nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, na intensidade de 60 dB NA.

4.1.1 Casuística

A casuística foi formada por 60 participantes divididos em três faixas etárias para estudo: GI: 0 a 1 mês e 29 dias (n=20); GII: 2 a 3 meses e 29 dias (n=20); GIII: 4 a 6 meses (n=20).

4.2 ESTÍMULO E EQUIPAMENTO

O PEAAE foi pesquisado por meio do sistema MASTER (*Multiple Auditory Steady-State Response*), versão 2.04.i00 e marca *Bio-Logic Systems Corp.* Foram utilizados tons puros nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz modulados 100% em amplitude e 20% em frequência, com as frequências de modulação propostas no protocolo do equipamento de 91,406, 93,750, 96,094 e 98,437 Hz multifrequencial para os estímulos apresentados de forma monoaural, por meio de fones de inserção ER-3A, com a sequência de início da pesquisa intercalada considerando a orelha, a fim de descartar a influência desta variável na análise dos dados.

4.3 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

Foram utilizados eletrodos descartáveis, com gel, posicionados em F_z (eletrodo ativo), O_z (referência) e F_{pz} frente (terra), sendo que a impedância dos mesmos foi mantida abaixo de 5 K Ω e o equilíbrio da impedância intereletrodos menor ou igual a 2 K Ω . O registro do eletroencefalograma foi coletado, utilizando-se ganho de 50000, filtro passa banda 1-300 Hz, 6 dB/oitava e velocidade de conversão analógica digital (AD) de 1 kHz. Cada varredura consistiu de 16 períodos contendo 1024 pontos cada, que foram constantemente analisados e rejeitados quando o valor de amplitude excedeu $\pm 40 \mu V$.

4.4 PROCEDIMENTO

O exame foi realizado em cabina acústica com a criança em sono natural, com todos os procedimentos realizados, preferencialmente, em uma sessão ou em duas procurando respeitar a faixa etária.

A pesquisa do limiar eletrofisiológico foi realizada, iniciando-se na intensidade de 60 dB NA, seguida da intensidade de 30 dB NA com posteriores diminuições de 10 dB até a intensidade na qual a resposta não fosse obtida

($p \geq 0,1$). Retornava-se à pesquisa dos limiares nas frequências que não haviam apresentado resposta, mantendo o modo multifrequencial, mas nas intensidades intermediárias.

Considerou-se presença de resposta quando houve resultado significativo ($p \leq 0,05$), no mínimo, em quatro varreduras consecutivas, com pelo menos metade da varredura prevista. No caso de ausência de resposta, foi apresentado o total de varreduras previstas para aquela intensidade. A menor intensidade pesquisada foi zero dB NA, sendo considerado limiar quando a resposta estivesse presente em nível de significância $p \leq 0,05$ (RIBEIRO; CARVALLO; MARCOUX, 2010).

Para classificar as respostas obtidas como positiva ou falso positiva utilizaram-se os critérios determinado por Duarte (2007):

- limiar presente, antecedido por duas ou mais ausências foi considerado ausente, ou falso positivo;
- limiar presente, antecedido por uma ausência de resposta ou limiar duvidoso foi considerado presente, ou seja, foi considerado limiar real;
- limiar duvidoso antecedido de uma presença foi considerado presente;
- dois limiares duvidosos consecutivos antecidos de limiar presente foram considerados presentes.

Cada varredura foi analisada automaticamente utilizando o espectro de frequências resultante do FFT, que consiste na verificação da amplitude do PEAAE em uma frequência de modulação específica comparada às adjacentes (60 bins de frequências para baixo e 60 bins de frequências para cima da resposta), e analisada pelo teste F com intervalo de confiança de 95% (LINS; PICTON, 1995).

Nos casos em que a criança acordou durante a avaliação e não dormiu novamente, foi agendado o outro horário de avaliação, no máximo uma semana, respeitando a faixa etária.

4.4.1 Calibração do estímulo *in situ*

O NPS dentro do CAE do lactente modifica-se com aumento do tamanho do mesmo em função do crescimento do indivíduo como um todo. Para capturar o NPS real dentro do CAE, de acordo com as modificações acústicas desta cavidade, é necessário realizar as medidas com microfone sonda com fones de inserção acoplados e determinar a diferença entre a intensidade do estímulo apresentado no *dial* do equipamento e o NPS real mensurado no conduto auditivo do neonato, ou seja, o *Real-Ear to Dial Difference (REDD)*.

Assim, o nível de pressão sonora gerado dentro do CAE da criança, frente ao estímulo apresentado, foi obtido no início do teste, para os estímulos modulados nas frequências portadoras de 0,5, 1, 2 e 4 kHz na intensidade de 60 dB NA, os mesmos utilizados para a pesquisa dos PEAE.

O equipamento *Hearing aid Analyzer FONIX FP 35 (Frye Electronics)*, utilizado para realizar medidas em ouvido real, é composto por um sistema de duplo microfone (sonda e de referência) e de uma caixa de som acoplada a um computador. Para a referida medida, a caixa de som foi desativada, a fim de que o sistema de microfones captasse apenas o som proveniente de uma fonte externa, neste caso, do sistema MASTER (*Multiple Auditory Steady-State Response*). Para o monitoramento, o tubo de silicone flexível de 1,1 mm foi introduzido no CAE, fixado ao fone por filme plástico (Figuras 1, 2 e 3) e o posicionamento do mesmo respeitou o tamanho do conduto auditivo dos bebês segundo cada faixa etária. Os tamanhos dos condutos auditivos seguiram os padrões de Keefe et al. (1993) conforme o quadro abaixo:

Idade	Diâmetro do conduto auditivo	Comprimento do conduto	Profundidade de inserção da sonda
1 mês	4,4 mm	14,0 mm	3 mm (GI 0-2 meses)
3 meses	5,4 mm	16,5 mm	4 mm (GII 2-4 meses)
6 meses	6,3 mm	17,5 mm	5 mm (GIII 4-6 meses)

Fonte: Keefe et al. (1993)

Quadro 2 - Tamanho do conduto auditivo humano segundo a idade em meses

Figura 1 - Posicionamento do lactente com a sonda e fone de inserção

Figura 2 - Dois diferentes tamanhos de fones para neonatos e lactentes com sonda unida pelo filme plástico

Figura 3 - Sonda posicionada a 4 mm do fone unidos pelo filme plástico

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Foi realizada análise descritiva dos dados obtidos por meio de medidas de tendência central, como média, e a medida de variabilidade pelo desvio padrão. A análise inferencial foi realizada por meio do teste de Análise de Variância Multivariada (MANOVA) com as frequências 0,5, 1, 2 e 4 kHz como medidas repetidas e grupos de idades (GI, GII e GIII) como fator grupo. *Epsilon de Huynh-Feldt* foi utilizado para ajustar medidas repetidas quando necessário. Foi adotado um nível de significância de $\leq 0,05$ (ou 5%) para a rejeição da hipótese de nulidade como preconizado para os ensaios biológicos.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

A análise estatística demonstrou que, para os valores de *REDD*, existe diferença significativa apenas na frequência de 4 kHz quando comparado GI com GII e GIII. Além disso, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos para os limiares dos PEAAE (Tabela 1). Desta forma, para as análises seguintes, não foi considerado o fator idade, considerando, assim, um único grupo.

Tabela 1 - Análise comparativa entre as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, dos valores de *Real-Ear to Dial Difference* e dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável

Frequência kHz	<i>REDD</i> dB NPS Média (1)	PEAAE dB NA Média (1)	Grupo	<i>REDD</i> dB NPS Média (2)	PEAAE dB NA Média (2)
0,5	10,64A	38,83A	GI	12,08a	37,00a
			GII	9,39a	38,75a
			GIII	10,45a	40,75a
1	13,742B	26,00B	GI	14,78b	23,50b
			GII	12,95b	30,50b
			GIII	13,49b	24,00b
2	20,77C	15,58C	GI	20,54c	17,75c
			GII	21,09c	14,75c
			GIII	20,69c	14,25c
4	16,95D	20,83D	GI	19,73a	22,25d
			GII	16,72bc	19,75d
			GIII	14,40c	20,50d

(1) Entre os níveis de frequência, médias seguidas de letras maiúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significativa

(2) Dentro de cada nível de frequência, médias seguidas de letras minúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significativa

A análise estatística descritiva dos valores de *REDD* e dos limiares dos PEAAE, nas frequências avaliadas, encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise estatística descritiva dos valores de *Real-Ear to Dial Difference* e dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz

Análise Estatística Descritiva								
<i>REDD</i>					PEAAE			
	X	DP	IC 95%		X	DP	IC 95%	
			Inferior	Superior			Inferior	Superior
0,5	10,64	0,76	9,12	12,16	38,83	1,71	35,41	42,25
1	13,74	0,52	12,70	14,80	26,00	1,43	23,13	28,87
2	20,78	0,42	19,94	21,61	15,58	1,0	13,58	17,58
4	16,95	0,45	16,04	17,86	20,83	1,05	18,72	22,94

A correlação entre os valores de *REDD* e limiares dos PEAE para as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz está descrita na Tabela 3.

Tabela 3 - Correlação entre os valores de *Real-Ear to Dial Difference* e limiares do potencial evocado auditivo de estado estável para as frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz

Coeficiente de Correlação de <i>Pearson</i>			
0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
p=0,058	p=0,063	p=0,113	p=0,096

A Figura 4 demonstra o percentual cumulativo da presença dos PEAE para cada frequência portadora pesquisada no grupo avaliado.

Figura 4 - Resposta cumulativa de 50% e 90% dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz

Na Figura 5 encontra-se o modelo polinomial quadrático demonstrando o comportamento dos limiares dos PEAAE e dos valores de *REDD*, considerando as frequências analisadas.

Figura 5 - Modelo polinomial quadrático demonstrando o comportamento dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável e dos valores de *Real-Ear to Dial Difference*, considerando as frequências analisadas

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, a literatura voltada à avaliação audiológica infantil tem apresentado a pesquisa dos PEAE como um método promissor, devido às inúmeras vantagens deste procedimento. Contudo, a sua aplicação clínica ainda é muito restrita, pois ao contrário dos PEATE com estímulo clique e *tone burst* que já foi amplamente estudado, pouco se conhece sobre os efeitos do processo maturacional do sistema auditivo periférico e central nos limiares dos PEAE, e, conseqüentemente, sobre o padrão de normalidade a ser utilizado para as diferentes faixas etárias.

Sabe-se que o volume do conduto auditivo externo aumenta de forma significativa com a idade devido à mudança no tamanho da estrutura (KEEFE et al., 1993), com implicações diretas no nível de pressão sonora do som que irá estimular a cóclea. Quanto menor o conduto auditivo externo, maior será a amplificação do nível de pressão sonora do estímulo apresentado (SIMONETTI, 2004). Desta forma, conhecer a magnitude desta amplificação é fundamental, pois independente do tipo de transdutor utilizado, observa-se que, ao se calibrar estímulos em acopladores, subestima-se o nível de intensidade que realmente está estimulando o sistema auditivo da criança, especialmente para clique e estímulos a partir de 4 kHz (SININGER; ABDALA; CONE-WESSON, 1997).

Assim, alguns estudos assumiram como metodologia medir *in situ* o nível de intensidade do estímulo para análise dos limiares dos PEAE; contudo, não foram encontrados na literatura pesquisada trabalhos que tenham medida a variação do nível de pressão sonora do estímulo no conduto auditivo externo (*REDD*) de neonatos e lactentes, mas sim a diferença do nível de intensidade do estímulo obtido no acoplador e a obtida *in situ* (*RECD*).

Apesar da diferença de métodos, é possível fazer uma discussão comparativa entre os estudos quando consideradas as características de amplificação que ocorre no conduto auditivo externo.

No presente estudo, a variação do *REDD*, de acordo com a idade, foi observada apenas para a frequência de 4 kHz quando comparado o GI com os demais, GII e GIII (Tabela 1). A ocorrência de maior amplificação no conduto auditivo

externo nos dois primeiros meses de vida foi descrita por Rance e Tomlin (2006) e Bingham, Jenstad e Shahnaz (2009); contudo, neste último, este fato foi constatado apenas nas frequências de 1,5 e 2 kHz. Com relação ao achado na frequência de 4 kHz, sabe-se que esta frequência é justamente a de ressonância do conduto auditivo externo para a faixa etária de um mês, evidenciado pelos achados de Keefe et al. (1994) que descreveram que a ressonância do conduto auditivo externo encontra-se na faixa de frequência de 2 a 6 kHz na faixa etária de um a 24 meses, com diminuição para 4,4 kHz na idade de um mês, chegando a 2,9 kHz na idade de 24 meses, o que pode justificar os resultados obtidos, pois a maior amplificação ocorre na frequência de ressonância do conduto auditivo externo.

Na análise do *REDD* considerando o total de neonatos e lactentes avaliados, a frequência demonstrou ser uma variável determinante, uma vez que houve diferença estatisticamente significativa nos valores de *REDD* obtidos em 0,5, 1, 2 e 4 kHz (Tabelas 1 e 2), com maior amplificação no CAE na frequência de 2 kHz seguido de 4, 1 e 0,5 kHz. Os estudos diferem entre si quanto à distribuição decrescente das frequências considerando-se a magnitude da amplificação; entretanto, de maneira geral, há uma concordância de que, nos primeiros anos de vida, maior amplificação ocorre nas frequências altas quando comparadas às frequências baixas (RICKARDS et al., 1994; LINS et al., 1996; RANCE; RICKARDS, 2002; JOHN et al., 2004; SÁVIO et al., 2004; CALIL; LEWIS; FIORINI, 2006; RANCE; TOMLIN, 2006; MAANEN; STAPPELLS, 2009; RIBEIRO; CARVALLO; MARCOUX, 2010).

Com relação aos limiares dos PEAE, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as três faixas etárias, ou seja, as modificações anatômicas do sistema auditivo periférico e possível processo maturacional das estruturas auditivas centrais, que ocorrem nos primeiros seis meses de vida, não refletiram nos limiares dos PEAE. Como constatado no Quadro 1, dentre os estudos desenvolvidos com semelhante faixa etária, alguns apresentaram resultados similares (RANCE; TOMLIN, 2006; MAANEN; STAPPELLS, 2009), e outros encontraram que a idade é uma variável importante, mesmo quando analisado os primeiros meses de vida (SÁVIO et al., 2001; JOHN et al., 2004) ou faixa etária mais ampla (LEVI et al., 1993; RICKARDS et al., 1994; CONE-WESSON et al., 2002; JOHN et al., 2004; LUTS et al., 2006; RANCE et al., 2006).

Contudo, os achados do presente estudo sugerem que, na prática clínica, nos primeiros seis meses de vida, pode ser utilizado o mesmo limiar do PEAE como referência de normalidade.

Na Figura 4, que apresenta os limiares dos PEAE estimados em 50% na função de regressão, observa-se que o limiar mais elevado encontra-se na frequência de 0,5 kHz e há uma diminuição à medida que a frequência aumenta, achado semelhante ao descrito por Maanen e Stapells (2009). Contudo, a frequência de 2 kHz foi a de menor limiar (LINS et al., 1996; RANCE; RICKARDS, 2002; JONH et al., 2004).

Neste estudo, os limiares de 50% obtidos foram de 35, 25, 15 e 20 dB NA nas frequências de 0,5, 1, 2 e 4 kHz, respectivamente, e a maior parte da casuística, em 90%, apresentou limiares em 60, 40, 25 e 30 dB NA, mantendo a mesma sequência de frequências. Embora existam estudos que avaliaram o PEAE em neonatos e lactentes, a discussão comparativa dos limiares é dificultada pela ampla variedade na metodologia, envolvendo diferentes equipamentos, frequências de modulação, unidade de calibração do estímulo (nível de pressão sonora ou nível de audição), tempo de estimulação e ambiente de teste.

Entretanto, existe o consenso ao se demonstrar que a frequência de 0,5 kHz é a que apresenta maior limiar (RICKARDS et al., 1994; LINS et al., 1996; RANCE, RICKARDS, 2002; JOHN et al., 2004; CALIL, LEWIS, FIORINI, 2006; RANCE, TOMLIN, 2006; MAANEN, STAPPELLS, 2009; RIBEIRO, CARVALLO, MARCOUX, 2010). Possíveis explicações para tal achado consistem na menor sincronia neural para esta frequência (LINS et al., 1996; RANCE et al., 2005); mudanças maturacionais da orelha externa/média (NAEVE et al., 1992; CHANG et al., 1993; KEEFE et al., 1993) e a existência de níveis mais altos de ruído nesta frequência (RICKARDS et al., 1994; SÁVIO et al., 2004).

Não foi observada correlação significativa entre os valores de *REDD* e os limiares dos PEAE (Tabela 3), ou seja, maiores amplificações no CAE não implicaram, necessariamente, obtenção de menores limiares, considerando cada frequência analisada. Todavia, a existência de associação entre as variáveis pode ser observada por meio de um modelo polinomial quadrático, como mostrado na Figura 5, o qual tem um coeficiente de determinação R^2 significativo ($p < 0,05$). O limiar do PEAE decresce para o intervalo de frequência de 0,5 a 2,5 kHz e cresce

quando a frequência aumenta para 4 kHz. No *REDD*, ocorre o inverso, quando a frequência aumenta de 0,5 a 2,5 a amplificação no CAE também aumenta, sendo que a partir da frequência de 2,5 kHz a mesma diminui.

Desta forma, não se pôde excluir a influência da amplificação do CAE no limiar do PEAAE na faixa etária estudada, o que reforça o descrito por Rance e Tomlin (2006) e Maanen e Stapells (2009), que a imaturidade na sincronia neural que elevaria os limiares em neonatos pode ser compensada pelo maior NPS devido à amplificação do conduto auditivo externo nesta população.

Neste sentido, ressalta-se que o audiólogista deve considerar que a intensidade fornecida no *dial* do equipamento não reflete, com exatidão, o nível de intensidade que está estimulando o sistema auditivo dos neonatos e lactentes. Assim, os limiares dos PEAAE obtidos durante a avaliação audiológica fornecem informações sobre a normalidade e grau da perda auditiva sensorial; porém, não devem ser utilizados como valor único no processo de regulação do aparelho de amplificação sonora individual, o que reforça a necessidade de medidas complementares *in situ*.

7 CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

A caracterização dos limiares dos PEAAE, nos primeiros seis meses de vida, demonstrou que um mesmo limiar pode ser utilizado como referência de normalidade para esta faixa etária, com valores distintos para as diferentes frequências portadoras. A influência da amplificação do CAE nos limiares dos PEAAE deve ser considerada, havendo a possibilidade de a mesma mascarar a influência do processo maturacional na resposta elétrica do sistema auditivo.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- AOYAGI, M. et al. Pure-tone threshold prediction by 80-Hz amplitude-modulation following response. **Acta Otolaryngol Suppl**, Yamagata, Supplement 511, p. 7-14, 1994.
- BAGATTO, M. P. et al. Evaluation of a probe-tube insertion technique for measuring the real-ear-to-coupler difference (RECD) in young infants. **J Am Acad Audiol**, Ontario, v. 17, n. 8, p. 573-581, Sep. 2006.
- BALDWIN, M. Choice of probe tone and classification of trace patterns in tympanometry undertaken in early infancy. **Int J Audiol**, London v. 45, n. 7, p. 417-427, Jul. 2006.
- BERNARDE, G. E. C.; NAVARRO, P. L.; PEREIRA, R. G. Anatomia cirúrgica da orelha. In: CAMPOS, C. A. H.; COSTA, H. O. O. **Tratado de Otorrinolaringologia**. São Paulo: Ed. Roca, 2002. v. 1 Fundamentos, Cap. 32, p. 406-420.
- BEVILACQUA, M. C. et al. The universal newborn hearing screening in Brazil: from identification to intervention. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**, Bauru, v. 74, n. 5, p. 510-515, May 2010.
- BINGHAM, K.; JENSTAD, L. M.; SHAHNAZ, N. Longitudinal changes in real-ear to coupler difference measurements in infants. **J Am Acad Audiol**, Vancouver, v. 20, n. 9, p. 558-568, Oct. 2009.
- BRASIL. Lei Ordinária nº 12303 de 02 agosto de 2010. Dispõe sobre a obrigatoriedade de realização do exame denominado Emissões Otoacústicas Evocadas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 03 ago. 2010.
- CALIL, D. B.; LEWIS, D. R.; FIORINI, A. C. Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes. **Revs Dist Com**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 391-401, dez. 2006.
- CHOI, J. M.; PURCELL, D. W.; JOHN, M. S. Phase stability of auditory steady state responses in newborn infants. **Ear Hear**, Ontario, v. 32, n. 5, p. 593-604, Set./Out. 2011.

COHEN, L. T.; RICKARDS, F. W.; CLARK, G. M. A comparison of steady-state evoked potentials to modulated tones in awake and sleeping humans. **J Acoust Soc Am, Parkville**, v. 90, n. 5, p. 2467-2479, Nov. 1991.

CONE-WESSON, B. et al. The auditory steady-state response: clinical observations and applications in infants and children. **J Am Acad Audiol**, Tucson, v. 13, n. 5, p. 270-282, May 2002.

DIMITRIJEVIC, A. et al. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. **J Am Acad of Audiol**, Ontario, v. 13, n. 4, p. 205-224, Apr. 2002.

DUARTE, J. L. **A utilização da resposta auditiva de estado estável para estimar limiares auditivos em indivíduos com perda auditiva neurossensorial**. 2007. 118 p. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2007.

FEIGIN J. A. et al. Probe-tube microphone measures of ear-canal sound pressure levels in infants and children. **Ear Hear**, Omaha, v. 10, n. 4, p. 254-258, Aug. 1989.

JOHN, M. S. et al. Recording steady-state responses in young infants. **Ear Hear**, Toronto, v. 25, n. 6, p. 539-553, Dec. 2004.

JOINT COMMITTEE ON INFANT HEARING. **Executive summary of joint committee on infant hearing year 2007**. Position statement principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. Disponível em: <<http://www.jcih.org/ExecSummFINAL.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2010.

KEEFE, D. H. et al. Ear-canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults. **J Acoust Soc Am**, Seattle, v. 94, n. 5, p. 2617-2638, Nov. 1993.

KEEFE, D. H. et al. Pressure transfer function and absorption cross section from the diffuse field to the human infant ear canal. **J Acoust Soc Am**, Seattle, v. 95, n. 1, p. 355-371 Jan. 1994.

KRUGER, B. An update on the external ear resonance in infants and young children. **Ear Hear**, New York, v. 8, n. 6, p. 333-336, Dec. 1987.

KRUGER, B.; RUBEN, R. J. The acoustic properties of the infant ear. A preliminary report. **Acta Otolaryngol**, v. 103, n. 5-6, p. 578-585, May/Jun. 1987.

- LEVI, E. C.; FOLSOM, R. C.; DOBIE, R. A. Amplitude-modulation following response (AMFR): Effects of modulation rate, carrier frequency, age, and state. **Hear Res**, Seattle, v. 68, n. 1, p. 42-52, Jun. 1993.
- LINARES, A. E.; COSTA FILHO, O. A.; MARTINEZ, M. A. N. S. Auditory steady state response in pediatric audiology. **Braz J Otorhinolaryngol**, São Paulo, v. 76, n. 6, p. 723-728, Nov./Dez. 2010.
- LINS, O. G. **Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral**. 2002. 112 f. Tese (Doutorado em Medicina) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.
- LINS, O. G. et al. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. **Ear Hear**, Toronto, v. 17, n. 2, p. 81-96, Apr. 1996.
- LINS, O. G.; PICTON, T. W. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, Toronto, v. 96, n. 5, p. 420-432, Sep. 1995.
- LINS, O. G.; PICTON, T. W. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol**, Toronto, v. 96, n. 5, p. 420-432, Sep. 1996.
- LUTS, H.; DESLOOVERE, C.; WOUTERS, J. Clinical application of dichotic multiple-stimulus auditory steady-state responses in high-risk newborns and young children. **Audiol Neurotol**, Leuven, v. 11, n. 1, p. 24-37, Oct. 2006.
- LUTS, H.; WOUTERS, J. Comparison of MASTER and AUDERA for measurement of auditory steady-state responses. **Int J Audiol**, Leuven, v. 44, n. 4, p. 244-253, Apr. 2005.
- MAANEN, A. V. M.; STAPELLS, D. R. Normal multiple auditory steady-state response thresholds to air-conducted stimuli in infants. **J Am Acad Audiol**, Vancouver, v. 20, n. 3, p. 196-207, Mar. 2009.
- MAANEN, A. V.; STAPELLS, D. R. Comparison of multiple auditory steady-state responses (80 Hz versus 40 Hz) and low cortical potentials for threshold estimation in hearing-impaired adults. **Int J Audiol**, Hamilton, v. 44, n. 11, p. 613-624, Nov. 2005.
- MARCHANT, C. D. et al. Objective diagnosis of otitis media in early infancy by tympanometry and ipsilateral acoustic reflex thresholds. **J Pediatr**, v. 109, n. 4, p. 590-595, Oct. 1986.

- MARCOUX, A.; HANSEN, M. Ensuring accuracy of the pediatric hearing aid fitting. **Trends Amplif**, Denmark, v. 7, n. 1, p. 11-27, 2003.
- MARGOLIS, R. H. et al. Tympanometry in newborn infants -- 1 kHz norms. **J Am Acad Audiol**, Minneapolis, v. 14, n. 7, p. 383-392, Sep. 2003.
- MUNRO, K. J.; LAZENBY, A. Use of the 'real-ear to dial difference' to derive real-ear SPL from hearing level obtained with insert earphones. **Br J Audiol**, Southampton, v. 35, n. 5, p. 297-306, Jul. 2001.
- NAEVE, S. L. et al. Effect of ear-canal air pressure on evoked otoacoustic emissions. **J Acoust Soc Am**, Minneapolis, v. 91, n. 4, p. 2091-2095, Apr. 1992.
- PEREZ-ABALO, M. C. et al. Diagnóstico e intervención de los trastornos de la audición: una experiencia cubana de 20 años. **Rev Neurol**, Cuba, v. 41, n. 9, p. 556-563, nov. 2005.
- PEREZ-ABALO, M. C. et al. Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing-impaired children and normal-hearing subjects. **Ear Hear**, Havana, v. 22, n. 3, p. 200-211, Jun. 2001.
- PICTON, T. W. et al. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol**, Toronto, v. 16, n. 3, p. 140-156, Mar. 2005.
- RANCE, G. et al. Hearing threshold estimation in infants using auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol**, Melbourne, v. 16, n. 5, p. 291-300, May 2005.
- RANCE, G.; RICKARDS, F. W. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. **J Am Acad Audiol**, v. 13, n. 5, p. 236-245, 2002.
- RANCE, G.; TOMLIN, D. Maturation of auditory steady-state responses in normal babies. **Ear Hear**, Melbourne, v. 27, n. 1, p. 20-29, Feb. 2006.
- RIBEIRO, F. M.; CARVALLO, R. M.; MARCOUX, A. M. Auditory steady-state evoked responses for preterm and term neonates. **Audiol Neurotol**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 97-110, Aug. 2010.
- RICKARDS, F. W. et al. Auditory steady-state evoked potentials in newborns. **Br J Audiol**, Melbourne, v. 28, n. 6, p. 327-337, Dec. 1994.

RUBEL, E. W. Ontogeny of auditory system function. **Annu Rev Physiol**, v. 46, p. 213-229, 1984.

RÜBSAMEN, R. Postnatal development of central auditory frequency maps. **J Comp Physiol A**, Bochum, v. 170, n. 2, p. 129-143, Feb. 1992.

SAUNDERS, J. C.; DOAN, D. E.; COHEN, Y. E. The contribution of middle-ear sound conduction to auditory development. **Comp Biochem Physiol Comp Physiol**, Philadelphia, v. 106, n. 1, p. 7-13, Sep. 1993.

SÁVIO, G. et al. The low and high frequency auditory steady state responses mature at different rates. **Audiol Neurotol**, Habana, v. 6, n. 5, p. 279-287, Sep./Oct. 2001.

SCHMULIAN, D.; SWANEPOEL, D. E.; HUGO, R. Predicting pure-tone thresholds with dichotic multiple frequency auditory steady state responses. **J Am Acad Audiol**, Pretoria, v. 16, n. 1, p. 5-17, Jan. 2005.

SHAW, E. A. Transformation of sound pressure level from the free field to the eardrum in the horizontal plane. **J Acoust Soc Am**, v. 56, n. 6, p. 1848-1861, Dec. 1974.

SIMONETTI, P. Anatomy and physiology of the external ear: implications for hearing aid fitting in infants. **Pro Fono**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 209-216, May/Aug. 2004.

SININGER Y.S.; ABDALA C.; CONE-WESSON B. Auditory threshold sensitivity of the human neonate as measured by the auditory brainstem response. **Hear Res**, Los Angeles, v. 104, n. 1-2, p. 27-38, Feb. 1997.

STAPELLS, D. R. et al. Human auditory steady state potentials. **Ear Hear**, v. 5, n. 2, p. 105-113, Mar./Apr. 1984.

SWANEPOEL, D.; HUGO, R.; ROODE, R. Auditory steady-state responses for children with severe to profound hearing loss. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg**, Pretoria, v. 130, n. 5, p. 531-535, May 2004.

VANDER WERFF, K. R.; BROWN, C. J. Effect of audiometric configuration on threshold and suprathreshold auditory steady-state responses. **Ear Hear**, Iowa City, v. 26, n. 3, p. 310-326, Jun. 2005.

VENEMA, T. A clinician's encounter with the auditory steady-state response (assr): an introduction to assrs and their implication in real-world fitting environment. **Hear Rev**, Alberta, v. 11, n. 5, p. 22-28, 2004.

WESTWOOD, G. F.; BAMFORD, J. M. Probe-tube microphone measures with very young infants: real ear to coupler differences and longitudinal changes in real ear unaided response. **Ear Hear**, Manchester, v. 16, n. 3, p. 263-273, Jun. 1995.

YOSHINAGA-ITANO, C. et al. Language of early- and later-identified children with hearing loss. **Pediatrics**, Boulder, v.102, n. 5, p.1161-1171, Nov.1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Valores do REDD para cada neonato e/ou lactente, considerando a frequência e o período de avaliação

	GI				GII				GIII			
	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
1	13,13	3,58	20,72	19,99	7,35	12,81	24,29	16,49	6,18	12,52	18,90	16,59
2	19,70	17,05	13,53	24,92	8,33	11,19	16,92	15,79	3,89	10,63	22,22	11,99
3	3,61	19,86	27,27	26,22	7,61	9,74	19,14	16,38	10,45	10,71	24,99	14,55
4	20,25	16,26	21,30	21,91	2,63	8,44	16,32	20,65	2,47	7,81	19,81	17,08
5	9,90	11,96	20,10	20,62	5,36	11,18	21,10	17,38	9,17	15,05	19,08	17,52
6	3,74	9,95	12,67	19,50	15,52	12,64	23,29	12,64	16,29	17,51	20,58	11,70
7	7,29	15,00	18,73	22,64	11,35	12,13	20,89	17,93	18,01	15,20	17,99	14,01
8	7,62	14,09	17,23	9,67	5,79	13,41	19,56	20,79	21,08	20,58	23,98	16,03
9	24,89	21,78	22,13	21,33	19,21	22,49	27,67	26,87	10,04	11,96	23,78	15,55
10	14,72	13,83	17,09	16,31	5,47	14,16	22,47	16,50	9,18	16,60	19,85	13,18
11	20,04	19,14	23,44	22,27	9,14	13,10	15,93	16,55	11,56	8,07	20,32	12,73
12	20,81	15,01	20,03	23,04	19,36	16,43	21,97	18,60	8,07	9,91	20,73	14,16
13	7,68	15,70	17,82	23,23	17,16	17,69	22,95	17,59	15,18	16,31	12,07	22,45
14	9,11	12,15	21,01	14,74	19,22	15,58	20,76	15,08	15,88	19,78	22,47	14,68
15	15,48	17,85	23,60	21,44	5,94	10,41	17,28	11,53	3,54	6,56	19,57	11,30
16	5,92	12,38	26,41	13,80	11,43	15,63	22,28	13,21	14,20	9,36	18,18	13,72
17	6,01	14,67	24,97	15,61	2,33	8,54	21,37	16,67	5,77	13,40	20,27	10,24
18	3,19	11,17	20,71	15,49	5,96	11,44	22,58	14,70	4,31	8,70	22,59	11,27
19	12,90	15,21	19,63	19,74	5,46	13,98	23,80	13,43	12,06	18,46	23,34	17,18
20	15,59	19,02	22,43	22,26	3,23	8,05	21,33	15,61	11,68	20,74	23,22	12,16

APÊNDICE B – Limiares dos PEAAE em dB NA para cada neonato e/ou lactente considerando a frequência e o período de avaliação

	GI				GII				GIII			
	0,5 kHz	1 kHz	2kHz	4 kHz	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
1	30	20	10	20	30	20	10	20	40	20	10	10
2	40	20	20	20	60	60	20	15	40	40	15	30
3	30	30	15	15	35	35	5	15	60	15	20	20
4	30	20	20	30	25	15	10	10	20	20	10	10
5	60	40	40	30	60	35	25	25	30	30	10	15
6	60	20	15	15	30	20	10	20	30	20	10	15
7	30	35	15	15	25	25	10	20	40	20	15	25
8	40	30	20	30	25	25	10	25	30	20	15	25
9	30	10	10	15	35	50	10	10	45	40	35	40
10	30	20	10	10	35	20	5	15	50	35	15	15
11	10	10	20	20	45	35	20	25	50	35	15	30
12	60	10	5	35	50	30	15	10	60	25	5	15
13	30	20	20	10	45	40	25	20	30	5	10	20
14	25	15	15	15	30	25	25	25	35	40	15	20
15	25	25	10	25	45	45	15	20	25	10	10	20
16	25	20	15	15	60	35	15	35	50	25	20	15
17	55	50	40	35	35	15	15	15	30	15	15	20
18	60	35	10	15	40	25	15	15	35	20	0	15
19	20	10	15	45	40	40	20	35	55	20	15	25
20	50	30	30	30	25	15	15	20	60	25	25	25

APÊNDICE C – Resultado da análise estatística para a utilização de variância multivariada

O teste de *Mauchly's* indica que não há igualdade nas variâncias das diferenças entre cada dois níveis dos quatro fatores. Desta forma foi feito o ajuste dos valores por meio do teste *Epsilon de Huynh-Feldt*, confirmando a significância do Efeito Principal *REDD* (valor de $p=0,001$) e da Interação *REDD x Idade* (valor de $p<0,05$).

Teste de *Mauchly's* de esfericidade

Efeito entre sujeitos	<i>Mauchly's</i>	Qui-Quadrado Aproximado	df	p
<i>REDD</i>	0,685	21,110	5	0,001*

* $p<0,05$

Teste do Efeito entre os Participantes

Fonte (Origem)	F	p
<i>REDD</i>	85,955	0,000*
<i>REDD x Idade</i>	2,596	0,026*

* $p<0,05$

APÊNDICE D – Comparação dos valores de *Real-Ear to Dial Difference* entre os diferentes grupos, de acordo com cada frequência avaliada (Comparação par a par)

REDD	Idade	Idade	p
0,5	GI	GII	0,463
		GIII	1,000
	GII	GIII	1,000
1	GI	GII	0,475
		GIII	0,955
	GII	GIII	1,000
2	GI	GII	1,000
		GIII	1,000
	GII	GIII	1,000
4	GI	GII	0,027*
		GIII	0,000*
	GII	GIII	0,127

*p<0,05

APÊNDICE E – Comparação dos valores dos Limiares dos Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável entre os diferentes grupos, de acordo com cada frequência avaliada (Comparação par a par)

PEAEE	Idade	Idade	p
0,5	GI	GII	1,000
		GIII	1,000
	GII	GIII	1,000
1	GI	GII	0,153
		GIII	1,000
	GII	GIII	0,208
2	GI	GII	0,675
		GIII	0,474
	GII	GIII	1,000
4	GI	GII	1,000
		GIII	1,000
	GII	GIII	1,000

ANEXOS

ANEXO A – Ofício de aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FOB-USP

Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia de Bauru
Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-901 – C.P. 73
PABX (0XX14)3235-8000 – FAX (0XX14)3223-4679

Comitê de Ética em Pesquisa (14)3235-8356
mferrari@fob.usp.br

Processo nº 122/2010

Bauru, 29 de novembro de 2010.

Senhora Professora,

Informamos que após o envio da documentação solicitada referente ao projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em **Processo Maturacional dos Limiares das respostas auditivas de Estado Estável em Recém Nascidos a termo e Pré-terno com Audição Normal**, de autoria Luciana Cristina de Oliveira, sob sua orientação, foi novamente analisado e considerado **APROVADO** por este Colegiado, em reunião realizada no dia **24 de novembro de 2010**.

Solicitamos que ao término do trabalho, seja enviado a este Comitê um relatório final para novo parecer, o qual será utilizado para publicação científica.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Flávio Augusto Cardoso de Faria
Coordenador

Profª Drª Kátia de Freitas Alvarenga
Docente do Departamento de Fonoaudiologia.

ANEXO B – Ofício de aprovação das alterações do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FOB-USP

Universidade de São Paulo Faculdade de Odontologia de Bauru Comitê de Ética em Pesquisa
<p>Proc. CEP nº 122/2010 Bauru, 31 de agosto de 2012.</p>		
<p>Senhora Professora,</p>		
<p>Informamos que, após documentação encaminhada a este Comitê de Ética em Pesquisa, referente às alterações solicitadas na pesquisa, incluindo alteração do título de <i>Caracterização dos limiares das respostas auditivas de estado estável nos primeiros seis meses de vida</i>, para <i>Caracterização dos limiares dos potenciais evocados auditivos de estado estável nos primeiros seis meses de vida</i>, de autoria de Luciana Cristina de Oliveira, sob sua orientação, referidas alterações foram novamente analisadas por um Relator e aprovadas em reunião deste Colegiado realizada no dia 31 de agosto de 2012.</p>		
<p>Atenciosamente,</p>
 Profª Drª Maria Teresa Atta Vice- Coordenadora		
<p>Profª Drª Kátia de Freitas Alvarenga Docente do Departamento de Fonoaudiologia</p>		
<hr/>		
<p>Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-101 – C.P. 73 e-mail: cep@fob.usp.br – Fone/FAX (0xx14) 3235-8356 http://www.fob.usp.br</p>		