

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO
COMPORTAMENTO**

**RESPOSTAS AUDITIVAS DE ESTADO ESTÁVEL EM
CRIANÇAS DE 6 A 48 MESES**

DANIELLE GOMES PINTO

RECIFE/2016

DANIELLE GOMES PINTO

**RESPOSTAS AUDITIVAS DE ESTADO ESTÁVEL EM
CRIANÇAS DE 6 A 48 MESES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para avaliação, para a obtenção do título de Doutor.

ORIENTADOR: Prof. Dr.º Otávio Gomes Lins

RECIFE/2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

P659r Pinto, Danielle Gomes.
 Respostas auditivas de estado estável em crianças de 6 a 48 meses /
 Danielle Gomes Pinto. – 2016.
 162 f.: il.; tab.; 30 cm.

 Orientador: Otávio Gomes Lins.
 Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS.
 Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do
 Comportamento. Recife, 2016.
 Inclui referências, apêndices e anexos.

 1. Diagnóstico. 2. Audição. 3. Criança. I. Lins, Otávio Gomes
 (Orientador). II. Título.

612.665 CDD (22.ed.)

UFPE (CCS2016-051)

DANIELLE GOMES PINTO

**RESPOSTAS AUDITIVAS DE ESTADO ESTÁVEL EM CRIANÇAS DE 6 A 48
MESES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para avaliação, para a obtenção do título de Doutor.

Aprovada em 29/02/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr. Marcelo Moraes Valença

Universidade Federal de Pernambuco

Prof Dr. Otávio Gomes Lins (Presidente da banca)

Universidade Federal de Pernambuco

Profa Dra. Cleide Fernandes Teixeira

Universidade Federal de Pernambuco

Prof Dra. Ilka do Amaral Soares

Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas - UNCISAL

Prof Dr. Sílvio José Vasconcelos

Universidade Maurício de Nassau

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar sempre forças apesar do cansaço de seguir lutando pelo meu crescimento pessoal;

Ao Profº Dr. Otávio Gomes Lins, pelos ensinamentos prestados e por sempre me impulsionar a crescer intelectualmente;

À minha família e amigos pelo apoio e compreensão;

À Fga Katia Albuquerque e ao Serviço de Audiologia do Hospital Agamenon Magalhães pelo apoio inestimável;

Ao Departamento de Fonoaudiologia da UFPE, lugar em que sempre encontrei auxílio e força para alcançar meu crescimento profissional;

“Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena
Acreditar no sonho que se tem
Ou que seus planos nunca vão dar certo
Ou que você nunca vai ser alguém”

Renato Russo

RESUMO

A utilização de métodos de avaliação que possam refletir uma estimativa abrangente e confiável da audição vem assumindo grande importância para o pleno desenvolvimento infantil, nos âmbitos, social, cognitivo e linguístico. A resposta auditiva de estado estável é um procedimento eletrofisiológico que possibilita avaliar ao mesmo tempo limiares auditivos com especificidade por frequências e por orelha. O objetivo deste estudo foi verificar como os limiares eletrofisiológicos obtidos pela RAEE podem estimar os limiares auditivos comportamentais obtidos pelo exame padrão ouro, a audiometria de reforço visual, em crianças com audição normal e perda auditiva de diversos graus, averiguando assim a aplicabilidade clínica da RAEE na avaliação audiológica infantil. Foram avaliadas 41 crianças de ambos os sexos (28 crianças do sexo masculino e 13 do sexo feminino) com uma faixa etária compreendida entre 18 e 48 meses. Obtiveram-se os limiares auditivos de toda amostra mediante a RAEE em múltiplas frequências de forma binaural, e dos limiares da VRA com fones supra aurais do tipo TDH-39. Foram pesquisadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz em ambos os métodos de avaliação e avaliadas as orelhas separadamente, totalizando 82 orelhas, sendo 20 com audição normal e 62 com perda auditiva. Os limiares foram analisados para calcular suas correlações e outras variáveis. Os resultados encontrados neste estudo demonstram que os limiares não variam significativamente com a idade nem com o sexo. Em média, foram observados limiares eletrofisiológicos maiores que os limiares comportamentais. Ao utilizar os limites de concordância estabelecidos, foi possível verificar após a correção do viés, uma discrepância entre a RAEE e VRA de até ± 10 dB. Os achados sugerem que a RAEE possibilita a determinação dos limiares auditivos objetivamente, com uma considerável correlação com os limiares psicoacústicos. Recomenda-se, entretanto, a realização de novos estudos brasileiros que visem o estabelecimento de critérios mínimos necessários para o planejamento e aplicação de protocolos com fins de padronização, contribuindo com a validação diagnóstica.

Palavras-chave: Diagnóstico. Audição. Criança.

ABSTRACT

The use of evaluation methods that can reflect a reliable estimate of hearing thresholds have gain a lot of importance and impact on social, cognitive and linguistic child development. The auditory steady state response is an eletrophysiologic procedure able to estimate auditory thresholds with specificity of ear and frequency. The objective of the following study was to verify how the thresholds obtained by ASSR can estimate the thresholds obtained by the VRA in children with normal hearing and hearing loss of different degrees. Were evaluated 41 children of both sex (28 boys and 13 girls), on ages between 18 and 48 months. The thresholds were obtained with ASSR with multiple and simultaneous stimulation on frequencies of 500, 1000, 2000 and 4000Hz. The thresholds were obtained with VRA on each ear separately on frequencies of 500, 1000, 2000 and 4000Hz with TDH-39 phones. Were evaluated 82 ears, 20 with normal hearing and 62 with hearing loss. The correlation between the thresholds was calculated. The findings of this study demonstrate that the thresholds did not have a statistic relevant relation with variables of age and sex. Considering the mean, the eletrophysiological thresholds were higher than the behavioral. Using the coherence limits established, after the correction of the bias, was found a discrepancy between ASSR and VRA thresholds of ± 10 dB. These findings suggest ASSR can determinate hearing thresholds objectively and with a high correlation with psychoacoustic thresholds obtained by the behavioral method. We recommend, however that another Brazilian studies be made, so it can be established a minimum criteria necessary for the planning and application of pattern protocols, contributing with diagnostic validation of ASSR technique.

Key-words: Diagnosis. Hearing. Child.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da casuística de acordo com a idade (média, desvio-padrão, valores mínimos, medianas e valores máximos) e o sexo da amostra (n=41)

Tabela 2 - Estatísticas descritivas dos limiares obtidos por VRA para cada frequência (n=82)

Tabela 3 - Estatísticas descritivas dos limiares obtidos por RAEE para cada frequência (n=82)

Tabela 4 - Estatísticas descritivas das diferenças entre os limiares da RAEE e da VRA para cada frequência (n=82)

Tabela 5 – Intervalos de confiança 95% (IC95) para os resíduos (n=82)

Tabela 6 - Estimativas dos modelos de regressão linear simples por frequência

Tabela 7- Tabela de contingência, comparação dos achados da RAEE e da VRA (n=82)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fisiologia das Respostas Auditivas de Estado Estável. Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 2 – Respostas Auditivas de Estado Estável representadas em amplitude e fase. Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 3 – Frequências de modulação e portadoras do estímulo e a avaliação por frequência específica. Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 4 – Teste estatístico de coerência de fase (teste T^2). Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 5 – Teste estatístico F. Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 6, extraída de Rance et al, 2005. Limiares obtidos nas RAEE e no VRA nas frequências de 500 a 4000Hz, em crianças normais e com perdas de diversos graus. Demonstra que à medida que aumenta o grau da perda diminui a diferença entre o limiar comportamental e eletrofisiológico.

Figura 7, extraída de Rodrigues, Lewis, Fichino, 2010. Comparação dos achados de limiar das RAEE, PEATE clique e VRA para indivíduos com perda profunda

Figura 8 – Audiometria de reforço visual com fones. Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 9- Posicionamento dos eletrodos durante pesquisa das RAEE, Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 10 - Representação da pesquisa do limiar eletrofisiológico através da RAEE, Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 11 - Captação da resposta e marcação automática no gráfico. Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 12 – Gráfico resultado RAEE (ASSR). Fonte: Própria autora, Recife, 2016

Figura 13 - Perfis individuais dos limiares obtidos a RAEE e a VRA (n=41)

Figura 14 – Gráficos de regressão linear simples correlacionando achados da RAEE e da VRA nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASSR – Auditory Steady State Responses

ANSI – American National Standards Institute

AASI – Aparelho de Amplificação Sonora Individual

CCS – Centro de Ciências da Saúde

cm- Centímetro

CMV - Citomegalovírus

CNS – Conselho Nacional de Saúde

COR – Resposta de Orientação Condicionada

DATASUS – Base de dados Nacional do SUS

dB – Decibel

dB HL – Decibel Hearing Level

dB NA – Decibel Nível de Audição

dB NPS – Decibel Nível de Pressão Sonora

dB SPL – Decibel Sound Pressure Level

EEG – Eletroencefalograma

EOAs – Emissões Otoacústicas

ER-3A- Fone de inserção

FFT - Fast Fourier Transformation

FM – Frequência Modulada

Fz – Eletrodo posicionado na fontanela

Hz – Hertz

ISO – International Organization for Standardization

KHz – Quilo-hertz

K Ω - Kilohoms

MASER – Multiple Auditory Steady-State Response

M1 – Eletrodo posicionado na mastóide esquerda

M2- Eletrodo posicionado na mastóide direita

min - Minutos

NHSP Clinical Group – National Hearing Screening Programmes Clinical Group

nV- Nanovoltz

PEATE – Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico

PEATE-click - Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com click

PEATE-FE - Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico Frequência Específica

RAEE – Resposta Auditiva de Estado Estável

seg - Segundos

SSEP – Steady-State Evoked Potential

SSR – Steady-State Response

SUS – Sistema Único de Saúde

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TDH-39 – Fone supra aural

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

VRA – Visual Reinforcement Audiometry/Audiometria de Reforço Visual

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	13,14
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15-19
REVISÃO DE LITERATURA.....	20-50
OBJETIVOS.....	51,52
MATERIAL E MÉTODO.....	53-70
RESULTADOS.....	71-83
DISCUSSÃO.....	84-99
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100-102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103-109
ANEXOS.....	110-112
APÊNDICES.....	113-162

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

Esta Tese foi elaborada conforme a “Proposta para apresentação de dissertação/tese dos programas de Pós-Graduação do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da UFPE”, baseado em Souza (2002) e se encontra estruturada da seguinte forma:

1. Apresentação;
2. Considerações iniciais;
3. Objetivos;
4. Revisão da literatura
5. Metodologia;
6. Resultados;
7. Discussão;
8. Conclusão;
9. Referências Bibliográficas

Encontram-se nos Apêndices os artigos publicados durante a execução desta tese para consulta:

APÊNDICE D

- Um artigo de revisão sistemática de literatura, formatado de acordo com a Revista Jornal Brasileiro de Otorrinolaringologia, intitulado: Respostas Auditivas de Estado Estável e avaliação comportamental em crianças de 6 a 48 meses: uma revisão sistemática da literatura.

APÊNDICE E

- Um artigo original que será traduzido e enviado a revista Audiology, após as sugestões da banca, intitulado: Audiometria por reforço visual e Respostas Auditivas de Estado Estável em crianças com audição normal e perda auditiva sensorrioneural.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1 INTRODUÇÃO

A audição é um dos sentidos primordiais a vida do ser humano. A prevalência da perda auditiva supera a das demais doenças detectáveis na triagem neonatal, com cerca de 30/10000 casos (NATIONAL CENTER FOR HEARING ASSESSMENT AND MANAGEMENT, 2003).

Considerando-se que o contingente populacional brasileiro se encontra, atualmente, ao redor 190 milhões de habitantes, e tendo, em 2010, segundo o DATASUS (base de Dados do Sistema Único de Saúde – SUS), 2.644.014 milhões de nascidos vivos, espera-se que teríamos tido, no país, só em 2010, cerca de 8.000 novos casos de perda auditiva (DA SILVA; LEWIS, 2013).

A perda de audição pode ter um impacto negativo no desenvolvimento cognitivo, social e emocional do indivíduo (PUPO; BALIEIRO; FIGUEIREDO, 2008). Os sinais da perda auditiva em crianças muito pequenas são sutis e de difícil detecção. A necessidade da criação de programas de triagem que propiciassem a detecção da perda auditiva o mais cedo possível surgiu em decorrência da detecção da perda auditiva ocorrer geralmente por volta dos 2 anos de idade, quando os pais notam que a criança não fala (NOVAES ET AL, 2012).

Diversas são as recomendações para definir e regulamentar a triagem auditiva neonatal, entre eles destaca-se o *Joint Comittee of Infant Hearing (JCIH)*, que vem divulgando e estudando a triagem desde meados de 1970.

Este órgão recomenda a detecção, diagnóstico e intervenção o mais cedo possível para crianças com perda auditiva, através de uma ação integrada e interdisciplinar entre estado e nação. Todas as crianças com perda auditiva congênita ou neonatal devem ser identificadas antes dos 3 meses de idade e medidas de intervenção devem ser iniciadas antes dos 6 meses de idade (JCIH, 2000; 2007).

Tem sido recomendada, para avaliar a audição em recém-nascidos e crianças pequenas, a utilização de um conjunto de procedimentos, os quais estão inseridos no programa de saúde auditiva, que é composto de três etapas (JCIH, 2000, 2007; COMITÊ BRASILEIRO SOBRE PERDAS AUDITIVAS NA INFÂNCIA, 2001; BRASIL,2012):

1) **Triagem auditiva** – realizada até um mês de idade através das emissões otoacústicas (Emissões Otoacústicas - EOAs e/ou do Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico - PEATE);

2) **Diagnóstico** – (até os três meses) havendo alteração de resposta na etapa anterior, encaminha-se a criança para uma avaliação médica otorrinolaringológica, e exames auditivos complementares: Imitanciometria, EOA, PEATE – click (potenciais evocados auditivos de tronco encefálico com estímulo tipo click) e frequência específica (PEATE – FE), e avaliação das respostas comportamentais;

3) **Intervenção** – deve ser iniciada antes dos seis meses de idade e consiste na amplificação sonora, implante coclear, bem como atendimento à criança e à família

Atualmente, a pesquisa de potenciais evocados auditivos de tronco encefálico (PEATE) que avalia a integridade da via auditiva, tornou-se procedimento consagrado na prática clínica por se tratar de um método de avaliação com grande sensibilidade, rapidez e objetividade na capacidade técnica de registrar os potenciais elétricos (RAMOS;ALMEIDA;LEWIS, 2013). A pesquisa das emissões otoacústicas (EOAs), por sua vez, é considerada, o exame padrão ouro para triagem auditiva neonatal, permitindo avaliar a integridade das células ciliadas externas da cóclea (JCIH,2007; RAMOS, 2013).

Entretanto, os testes objetivos do PEATE - Click e das EOAs que vêm sendo comumente utilizados nos Programas de Saúde Auditiva, apresentam algumas limitações. Ambos não determinam o status audiométrico do sujeito sob teste, ou seja, não determinam

limiar para cada frequência testada, informação imprescindível à programação de próteses e do implante coclear em caso de detecção de perda auditiva (OLIVEIRA ET AL, 2015).

Vale ressaltar que é possível a utilização de estímulos tonais breves, com frequência específica (“tones pips” ou “tones bursts”), para a obtenção dos limiares para diversas frequências na avaliação auditiva por PEATE –FE (RODRIGUES; LEWIS, 2010; RAMOS; ALMEIDA; LEWIS, 2013). Entretanto, a dificuldade na padronização dos estímulos e da detecção das respostas, somados ao longo tempo gasto na determinação dos limiares eletrofisiológicos de cada frequência em cada orelha separadamente, são fatores que trazem desvantagens ao uso do PEATE-FE (RODRIGUES; LEWIS, 2010).

Além disso, outra limitação da técnica PEATE é que, embora a pesquisa de limiares eletrofisiológicos por meio desta técnica seja objetiva (por não requerer respostas comportamentais por parte do paciente), a análise da ausência/ presença de resposta depende da interpretação (subjetiva) de um profissional treinado (RAMOS; EDIGAR; SIH, 2012).

Quando um bebê atinge a idade cronológica/desenvolvimento de 5 ou 6 meses, observando-se controle de tronco e cervical, a técnica de audiometria com reforço visual proposta por Lidén e Kankkunen (1969) pode ser utilizada como método viável na avaliação auditiva (FARIAS ET AL, 2014). A VRA ou audiometria de reforço visual é considerada técnica padrão ouro na avaliação comportamental da sensibilidade auditiva em crianças pequenas (entre 6 meses e 30 meses de idade) capaz de precisar limiares auditivos comportamentais entre 500 e 4000Hz (BECK ET AL, 2014).

Na prática clínica, observa-se que, às vezes, a criança não aceita a colocação dos fones, sendo assim, necessário realizar o teste em campo livre. Desta forma, é difícil a detecção da perda auditiva unilateral, assim como a definição do grau da perda auditiva bilateral assimétrica, visto que são registradas as respostas da melhor orelha (RODRIGUES; LEWIS, 2010).

Além disso, em populações de difícil testagem ou com algum comprometimento no desenvolvimento cognitivo, a realização da VRA não se torna viável, podendo ocasionar resultados não confiáveis (VERSOLATTO-CAVANAUGH ET AL, 2009). Outra questão relatada na literatura é que na avaliação de crianças abaixo de 1 ano de idade, o condicionamento para realização da técnica é mais difícil e as respostas podem não ser confiáveis (LEE ET AL, 2008; DIDONÉ ET AL, 2011).

Nestas situações torna-se imprescindível a utilização de técnicas objetivas, eletrofisiológicas. E, mesmo quando respostas comportamentais confiáveis são obtidas, as técnicas objetivas podem fornecer informações adicionais importantes.

A Resposta Auditiva de Estado Estável, caracteriza-se por uma técnica nova, que se propõe a detectar limiares eletrofisiológicos por frequência específica de forma objetiva, não necessitando do condicionamento do paciente (Farias et al, 2014).

Avalia as frequências de 500 a 4000 Hz, as chamadas frequências de fala, por concentrarem a energia da maioria dos fonemas da fala, fundamentais ao diagnóstico e reabilitação auditiva na programação de prótese e implante coclear. Propicia uma avaliação confiável, completa e consideravelmente rápida (possibilita uma estimulação bilateral e simultânea de frequências), fatores essenciais para a intervenção o mais cedo possível nos casos de identificação de perda auditiva na infância (LINS, 2002; SANTOS, 2010).

De forma que foi objetivo do presente estudo observar a possibilidade do uso das Respostas Auditivas de Estado Estável na avaliação de crianças entre 6 e 48 meses de idade com audição normal e com diferentes graus de perda auditiva, a partir da observação da concordância com os achados da técnica padrão-ouro, a Audiometria de Reforço Visual (VRA).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Com o advento da Triagem Auditiva Neonatal tem se preconizado o diagnóstico da perda auditiva até os 3 meses de idade e a intervenção até os 6 meses de idade (JCIH, 2007). O diagnóstico audiológico é realizado por meio de técnicas comportamentais e eletrofisiológicas (DA SILVA; LEWIS, 2013).

As técnicas comportamentais têm o viés de necessitarem do condicionamento e da participação ativa do paciente durante sua execução o que acaba por demandar um maior tempo de avaliação, além de serem influenciadas por questões como o desenvolvimento cognitivo e maturacional do indivíduo sob teste (VERSOLATTO-CAVANAUGH ET AL, 2009).

De forma que as técnicas eletrofisiológicas, por serem de caráter objetivo (não necessitando da participação ativa do paciente em sua execução), têm ganhado espaço na avaliação audiológica infantil, por demandarem um tempo menor de avaliação com manutenção de sua especificidade (RODRIGUES; LEWIS, 2010).

A busca por técnicas específicas, sensíveis e rápidas são fatores essenciais para a intervenção o mais cedo possível nos casos de identificação de perda auditiva na infância, aspectos que favorecem um menor impacto no desenvolvimento de linguagem oral e escolar (PUPO; BALIEIRO; FIGUEIREDO, 2008).

Os exames eletrofisiológicos têm importância particular na avaliação da integridade do sistema auditivo em bebês e crianças pequenas, uma vez que possibilitam, com maior precisão, o diagnóstico da deficiência auditiva nessa faixa etária. A utilização desses exames tanto como medida principal ou como confirmação de outros testes, é particularmente útil nesta população (GRIZ ET AL, 2015).

2.1 Diagnóstico da Perda Auditiva na Infância

A detecção e a intervenção sobre a perda auditiva o mais cedo possível e prioritariamente dentro do período crítico de desenvolvimento da fala, linguagem e cognição, que ocorre até por volta dos 2 anos de idade, melhoram o desempenho individual independente da magnitude da perda auditiva (PUPO; BALIEIRO; FIGUEIREDO, 2008).

Portanto, é recomendável que todas as crianças sejam submetidas à triagem auditiva até um mês de idade, e que todas as crianças com deficiência sejam identificadas antes dos três meses de idade. Crianças com perda auditiva confirmada devem receber intervenção adequada no mais tardar aos seis meses de idade (JCIH, 2000; JCIH, 2007).

Os sinais de perda auditiva são de difícil detecção pela simples observação do comportamento da criança em seu cotidiano. Estudos sugerem que pais de crianças sem fatores de risco suspeitaram inicialmente da perda auditiva apenas aos 15 meses de idade, sendo a perda confirmada por volta de 22 meses de idade, de forma que se dependesse dessa simples observação a identificação se faria tardiamente e a intervenção, caso necessário, também, caso esses responsáveis fossem procurar os serviços de diagnóstico apenas após a percepção do comportamento auditivo alterado (RAMOS; EDIGAR; SIH, 2012).

Desde a introdução da triagem auditiva neonatal universal, a idade média de detecção da perda auditiva diminuiu para dois a três meses de idade para crianças com perda auditiva congênita (DA SILVA; LEWIS, 2013). No entanto, a perda auditiva em crianças pode ser de início tardio, progressiva ou adquirida. Por essa razão, a presença de um ou mais indicadores de risco (Quadro 1) demanda uma avaliação audiológica completa

entre 24 e 30 meses, independentemente dos resultados da triagem neonatal (NOVAES ET AL, 2012).

Quadro 1. “Joint Committee on Infant Hearing” 2007 da Academia Americana de Pediatria: Indicadores de Risco Associados à Perda Auditiva Congênita, de Início Tardio* ou Progressiva na Infância.

Preocupação do responsável* em relação a atrasos na audição, fala, linguagem ou desenvolvimento
História familiar* de perda auditiva permanente na infância 3. Permanência em Unidade de Terapia Intensiva Neonatal por mais de cinco dias, ou qualquer um dos seguintes fatores, independente da duração: oxigenação extracorpórea por membrana*
Ventilação assistida, exposição à medicamentos ototóxicos (gentamicina e tobramicina) ou diuréticos de alça (furosemida), ou hiperbilirrubinemia que requer exsanguíneo-transfusão
Infecções intrauterinas, tais como CMV*, herpes, rubéola, sífilis ou toxoplasmose
Anomalias craniofaciais, incluindo as que envolvem a orelha e conduto auditivo externo, e as anomalias do osso temporal
Achados físicos, tais como mecha de cabelo branco, associados a uma síndrome que curse com perda auditiva neurosensorial ou condutiva permanente
Síndromes associadas com perda auditiva progressiva ou de início tardio*, como neurofibromatose, osteopetrose e síndrome de Usher; outras síndromes frequentemente identificadas incluem Waardenburg, Alport, Pendred e Jervell e Lange-Nielsen
Doenças neurodegenerativas*, como síndrome de Hunter, ou neuropatias sensório-motoras, como ataxia de Friedreich e síndrome de Charcot-Marie-Tooth
Infecções pós-natais com cultura positiva associadas à perda auditiva neurosensorial*, incluindo meningite bacteriana e viral (sobretudo herpes vírus e varicela) confirmada
Traumatismo crânio-encefálico, especialmente fratura da base do crânio/osso temporal* requerendo hospitalização

Quimioterapia*
Otite média recorrente ou persistente por pelo menos três meses

Fonte: Joint Committee on Infant Hearing Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics* 2007;120: 898–921

Além disso, todas as crianças devem receber um acompanhamento contínuo das habilidades auditivas (Quadro 2) e de comunicação (Quadro 3) adequados à idade, independente dos indicadores de risco ou resultados da triagem auditiva (RAMOS; EDIGAR; SIH, 2012).

Qualquer preocupação dos pais sobre a audição ou atraso na comunicação deve ser valorizada. A identificação de qualquer anormalidade deve ser proativa e consistente para o diagnóstico o mais cedo possível (DA SILVA; LEWIS, 2013).

A observação regular dos marcos de desenvolvimento e habilidades auditivas, assim como da condição da orelha média deve ser realizada periodicamente. A fala e a linguagem apresentam evolução rápida nos primeiros três anos de idade, desta forma, não é apropriado esperar mais do que três meses para obter uma avaliação audiológica para afastar a possibilidade de existência de perda auditiva (NOVAES ET AL, 2012).

Quadro 2. Desenvolvimento Auditivo Normal na Infância Idade (Meses)

0–4 meses Deve reagir à sons altos, acalma se à voz da mãe, interromper atividades momentaneamente durante a apresentação de som em níveis de conversação
5–6 meses Deve localizar corretamente o som apresentado em um plano horizontal, iniciar a imitar sons em repertório próprio da fala ou pelo menos vocalizar reciprocamente com um adulto
7–12 meses Deve localizar corretamente o som apresentado em qualquer plano, deve responder ao nome, mesmo quando falado baixo
13–15 meses Deve apontar em direção a um som inesperado ou objetos familiares ou pessoas quando solicitado
16–18 meses Deve seguir instruções simples, sem gestos ou indicações visuais; pode ser treinado para alcançar um brinquedo interessante, quando um som é apresentado
19–24 meses Deve apontar para partes do corpo quando solicitado; com cerca de 21 meses podem ser treinados para realizar audiometria condicionada

Fonte: Matkin ND. *Pediatr Rev* 1984;6:151.

Quadro 3. Critérios para Encaminhamento para Crianças com Atraso da Fala de acordo com a idade (meses)

Aos 12 meses ainda não balbucia ou imita voz
Aos 18 meses não fala palavras isoladas
Aos 24 meses Vocabulário de palavras únicas \leq 10 palavras
Aos 30 meses Vocabulário com menos de 100 palavras, sem evidência de combinação de 2 palavras; ininteligível
Aos 36 meses Vocabulário com menos de 200 palavras; não utiliza frases telegráficas; clareza <50%

Aos 48 meses Vocabulário com menos 600 palavras; não utiliza frases simples; clareza $\leq 80\%$
--

Fonte: Matkin ND. *Pediatr Rev* 1984;6:151.

Os sinais para suspeição de perda auditiva são distintos a cada etapa do desenvolvimento da criança. Até a idade de três anos, os pais relatam frequentemente desatenção, resposta irregular ao som, ou atraso na fala. De três a seis anos de idade, a queixa é de que a fala não é clara ou é distorcida. Após seis anos de idade a criança já refere dificuldade de aprendizado associada. Entretanto, vale ressaltar que o atraso ou atipia das habilidades de comunicação na infância pode ser devido à perda auditiva, mas também pode estar relacionado a outras alterações como: afasia, retardo mental, transtornos dentro do espectro do autismo e transtornos comportamentais e afetivos, sendo o diagnóstico diferencial essencial para uma intervenção adequada (RAMOS; EDIGAR; SIH, 2012).

Em vez da avaliação auditiva informal baseada na informação dos pais ou na avaliação comportamental informal no consultório médico, a avaliação audiológica formal é a única forma de certificar-se da audição normal, uma vez que os sinais de perda auditiva na infância são sutis e podem ser confundidos com alterações do desenvolvimento. A avaliação da audição na infância pode ser obtida, prioritariamente, através dos seguintes métodos (DA SILVA; LEWIS, 2013):

Medidas comportamentais:

- Audiometria comportamental sem reforço: observação das reações de bebês em perante estímulos sonoros de diversas características tais como tambores, pratos, sinos e chocalhos, entre outros. Indicada desde o nascimento até seis meses de idade;

- Audiometria comportamental com reforço visual: localização da fonte sonora em um alto-falante ou fones de ouvido, reforçada por um estímulo visual atraente. Indicada para lactentes jovens com idade superior a seis meses de idade ou com distúrbios neurológicos ou psiquiátricos;

- Audiometria condicionada: após três anos de idade: apresentação do som por meio de fones de ouvido ou alto-falante, observando-se o encaixe de um brinquedo em decorrência do ouvir do estímulo por parte da criança sob teste.

Medidas objetivas/Eletrofisiológicas:

- Emissões otoacústicas transientes: podem ser realizadas após o nascimento, avaliam a função coclear, mais especificamente das células ciliadas externas.

- Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico: Avalia o funcionamento da via auditiva, capaz de determinar o limiar eletrofisiológico.

No entanto, as estimativas comportamentais da sensibilidade auditiva nem sempre podem ser obtidas em crianças pequenas e, além disso, geralmente não avaliam cada orelha separadamente (CORREA ET AL, 2012). Desta forma, a bateria inicial de testes audiológicos para confirmar a perda auditiva em crianças deve incluir medidas eletrofisiológicas/objetivas, seguidas por métodos comportamentais adequados a idade da criança avaliada.

2.2 Audiometria de reforço visual

A avaliação comportamental como o próprio nome sugere tem como objetivo avaliar a função auditiva da criança por meio de uma resposta comportamental, seja para determinação do seu limiar auditivo (sensibilidade auditiva) ou para verificar se os comportamentos auditivos da criança estão compatíveis com a sua faixa etária. (DIDONÉ ET AL, 2011)

Na avaliação do comportamento auditivo, são apresentados às crianças sons instrumentais e/ou sons de fala foneticamente balanceados, esperando-se como resposta mudança no comportamento frente ao som. Entretanto, a desvantagem deste procedimento é que crianças com perdas auditivas discretas a moderadas podem ser tomadas como normais. Por outro lado, crianças com audição normal, mas que apresentem distúrbios comportamentais e cognitivos podem ser classificadas erroneamente como deficientes auditivas (NOVAES ET AL, 2012).

Quando um bebê atinge a idade cronológica/desenvolvimento de 5 ou 6 meses, observando-se controle de tronco e cervical, a técnica de audiometria com reforço visual proposta por Lidén e Kankkunen (1969) pode ser utilizada como método viável na avaliação auditiva, até os 3 anos de idade (DIDONÉ ET AL, 2011; HOSHINO ET AL, 2013).

A VRA é uma das principais técnicas comportamentais para avaliar a sensibilidade auditiva em crianças pequenas (HOSHINO ET AL, 2013). Este método é uma modificação da resposta de orientação condicionada (COR) de Suzuki e Ogiba (1960). Tem como princípio o condicionamento operante estímulo-resposta visual, avaliando-se, quantitativamente, a sensibilidade auditiva em diferentes frequências (CAVANAUGH ET AL, 2009).

A técnica consiste na apresentação de um tom puro modulado (warble), nas frequências de 500 a 4000Hz, por meio de alto-falantes, em fones supra auriculares, em fones de inserção ou ainda através de vibradores ósseos, ou em campo livre. Sendo associada a resposta de busca

da fonte sonora (movimento de cabeça) um reforço visual, por meio da ativação e iluminação de um brinquedo animado tridimensional (NOVAES ET AL,2012).

Para tanto, é necessário o condicionamento do indivíduo sob teste, ou seja, treinar a criança para que a todo momento que o estímulo auditivo seja ofertado, a resposta de busca de fonte sonora ocorra, sendo em consequência, o reforço visual, ofertado pelo examinador. Portanto, é fundamental que o comportamento de busca não ocorra em resposta ao estímulo visual, pois este estímulo serve apenas como reforço ao comportamento de busca da fonte sonora (DIDONÉ ET AL, 2011).

A VRA comumente é realizada em campo livre, pois, na maioria das vezes, durante a situação de teste, a criança não aceita a colocação dos fones. Com a apresentação do estímulo por meio de campo livre há impossibilidade de detecção de perda auditiva unilateral, assim como a definição do grau da perda auditiva bilateral assimétrica, por serem registradas apenas as respostas da melhor orelha (CORREA ET AL, 2012).

Além disso, em populações de difícil testagem ou com algum comprometimento no desenvolvimento cognitivo e, até, dependendo do desenvolvimento maturacional do indivíduo sob teste, a realização da Audiometria de Reforço Visual não se torna viável, devido a necessidade de condicionamento e da participação ativa do paciente durante a avaliação, podendo ocasionar resultados não confiáveis (LEE ET AL, 2008; DIDONÉ ET AL, 2011).

Há, portanto, algumas situações em que se deve aplicar técnicas de caráter objetivo a fim de avaliar a audição do sujeito sob teste de forma mais precisa. E mesmo em situações em que a avaliação comportamental trouxer resultados confiáveis, nada elimina o uso de técnicas eletrofisiológicas a fim de agregar dados ao diagnóstico audiológico (BRASIL, 2012).

2.3 Respostas Auditivas de Estado Estável

Técnica descrita inicialmente por Aoyagi et al (1994), as Respostas Auditivas de Estado Estável (RAEE) são respostas eletrofisiológicas a tons modulados em amplitude e/ou frequência que podem ser registradas por eletrodos de superfície, tal como os demais potenciais evocados corticais ou de tronco cerebral.

A resposta de 40Hz é a versão do estado estável dos potenciais de média latência. Infelizmente a resposta de 40Hz não é confiável em recém-nascidos (LINS ET AL, 2002), provavelmente devido ao fato do córtex auditivo e suas conexões não estarem completamente desenvolvidos nesta faixa etária, além de serem atenuados durante o sono e sob o efeito de anestesia (COSETTI; ROLAND, 2010).

A faixa entre 70 e 100 Hz tem se mostrado mais efetiva por gerar respostas confiáveis em sujeitos adormecidos (RANCE; TOMLIN, 2006; LEE ET AL, 2008). A fisiologia do potencial evocado de estado estável se diferencia na cóclea. O som causa polarização e despolarização das células ciliadas internas, mas somente a despolarização produz potenciais de ação nas fibras nervosas auditivas, assim a saída da cóclea contém um padrão retificado do estímulo acústico. Esta retificação faz com que a resposta gerada por um estímulo contínuo, modulado em amplitude, possa ser detectada como um pico espectral na frequência de modulação (LINS ET AL, 2002; KORCZAK ET AL, 2012).

As RAEE podem ser gravadas com estímulos específicos por frequência ou estímulos de banda larga (não específicos por frequência). Os estímulos de banda larga incluem cliques, ruído, ruído de amplitude modulada e chirps, sendo este tipo de estimulação utilizado em protocolos de triagem, devido ao fato de gerarem respostas de maior amplitude em um curto tempo de estimulação (PINTO, 2012).

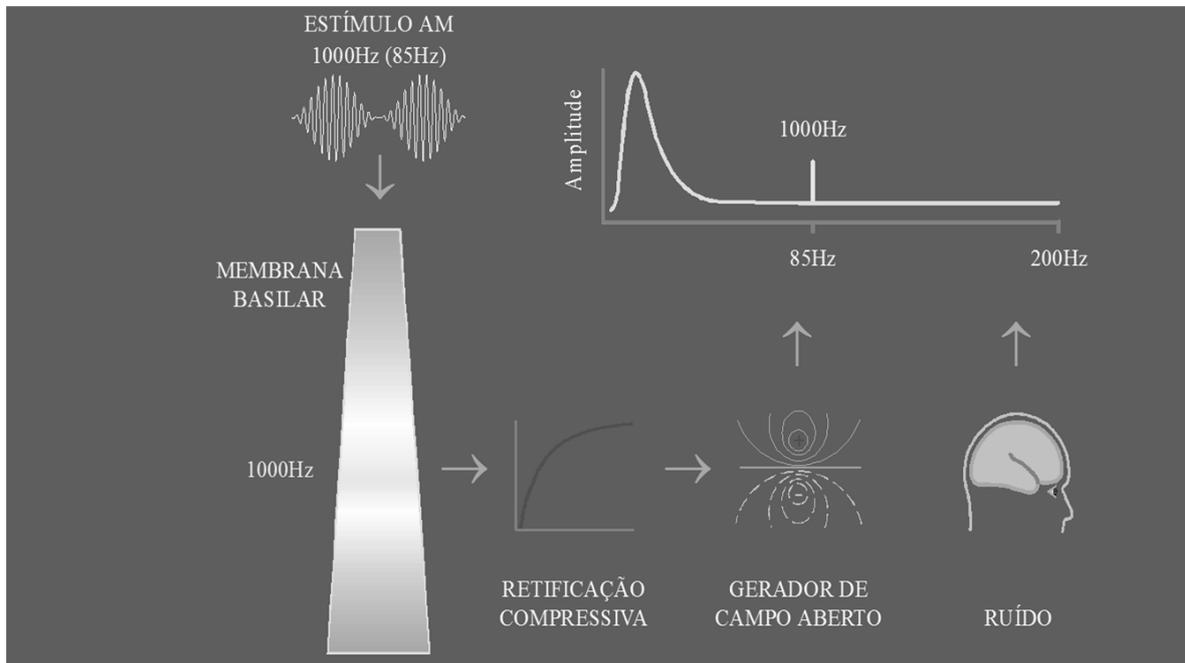
Os estímulos específicos em frequência vêm sendo utilizados na prática clínica em protocolos de caráter diagnóstico que visam precisar limiares auditivos para cada frequência

testada e correspondem aos cliques filtrados, chirps de banda limitada, ruído de banda estreita, tonepipes, ruído de banda estreita de amplitude modulada e tons puros de amplitude modulada e ou frequência modulada (RODRIGUES; LEWIS, 2010).

Esta especificidade é possível pela própria fisiologia do funcionamento do sistema auditivo. Um sinal acústico complexo formado por múltiplas portadoras, moduladas em amplitude, onde para cada tom haja uma frequência de modulação específica estimula diferentes regiões da membrana basilar, de forma a ativar um grupo de células ciliadas para cada uma das frequências portadoras (GHANNOUM ET AL, 2009).

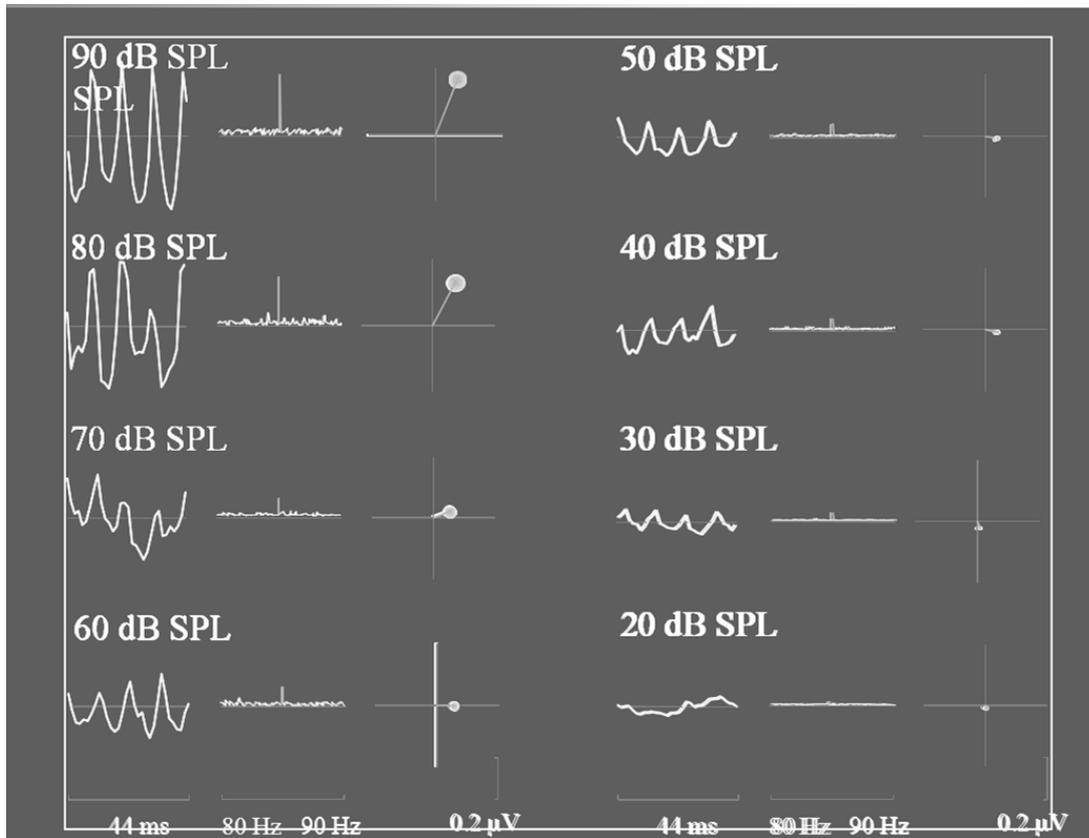
Os tons modulados são retificados no ouvido interno de forma independente gerando componentes espectrais diferenciados que são representados por uma série de picos correspondentes às frequências de modulação. Estes componentes que não estão presentes no conteúdo espectral dos estímulos são usados para acessar a resposta coclear de cada frequência estimulada (Figura 1) (PICTON; VAN ROON; JOHN, 2007; PICTON, VAN ROON, JOHN, 2009; COSETTI; ROLAND, 2010).

Figura 1 – Fisiologia das Respostas Auditivas de Estado Estável. Fonte: Própria autora, Recife, 2016



As respostas de estado estável são caracterizadas em amplitude e fase. O espectro de resposta usualmente mostra apenas a informação de amplitude. A fase pode ser representada por um gráfico polar, que mostra a amplitude como vetor com sua origem em zero e a fase como o ângulo entre este vetor e o eixo x (Figura 2)(RODRIGUES; LEWIS, 2010; KORCZAK ET AL, 2012).

Figura 2 – Respostas Auditivas de Estado Estável representadas em amplitude e fase. Fonte: Própria autora, Recife, 2016



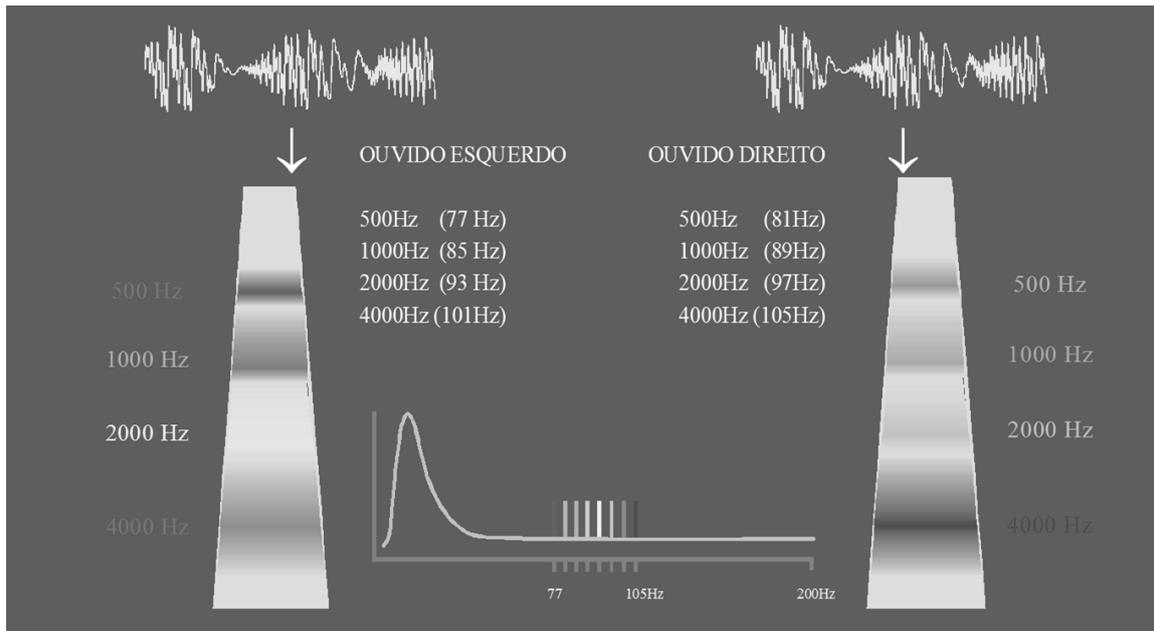
As frequências de modulação funcionam como marcadores do estímulo, a energia se concentra na portadora e em frequências que correspondem a mais e menos a frequência de modulação. Os tons de amplitude modulada dispersam menos energia pelo espectro favorecendo a avaliação por frequência específica (500 a 4000Hz).

(PICTON; VAN ROON; JOHN, 2007; PICTON, VAN ROON, JOHN, 2009; COSETTI; ROLAND, 2010)

Estes tons contêm energia apenas na frequência da portadora e duas bandas separadas da portadora pela frequência de modulação. A frequência modulada pode ser adicionada à amplitude modulada para oferecer um espectro de resposta mais largo, sem ocasionar mudanças no espectro de estímulo. O fato de os estímulos serem marcados de formas diferentes propicia que as respostas possam ser distinguidas e que se possa apresentar,

portanto, os estímulos combinados bilateralmente e simultaneamente sem risco de misturar as respostas (Figura 3).

Figura 3 – Frequências de modulação e portadoras do estímulo e a avaliação por frequência específica. Fonte: Própria autora, Recife, 2016



As repostas podem ser gravadas, portanto, em estimulação simultânea de frequências portadoras cada uma delas marcada por uma diferente frequência de modulação. Isto é possível devido a uma técnica nomeada de MASTER (Multiple Auditory Steady State Responses) (LINS, 2002; PINTO ET AL, 2012). A audiometria por múltiplas repostas auditivas de estado estável (Multiple Auditory STEady-State Response – MASTER) é uma adaptação da RAEE desenvolvida por Picton; Lins e John em Ottawa e Toronto, Canadá (LINS; PICTON, 1995; LINS; PICTON; BOUCHER, 1996). (Figura 7).

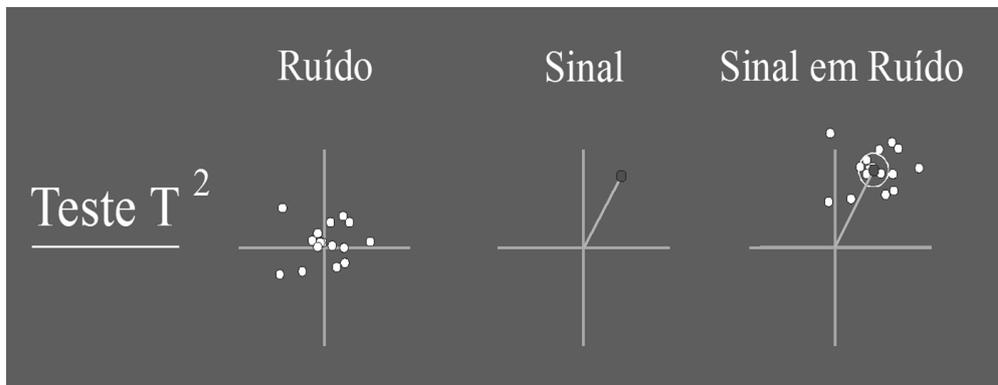
Isso se explica porque cada estímulo tem sua frequência de modulação específica que pode ser separadamente identificada no espectro do EEG, sem haver mistura de repostas. A avaliação pode ser feita de forma mais eficiente e rápida testando-se ambas orelhas simultaneamente, um total de oito estimulações 4 por orelha, e 8 repostas podem ser

separadamente identificadas ao final do exame e esta forma de estimulação é utilizada em diversos sistemas que fazem a RAEE na atualidade (RODRIGUES; LEWIS, 2010).

As respostas são identificadas e analisadas quando distinguidas do ruído de registro (atividade muscular, interferência de rede elétrica, atividade cerebral) pela comparação de respostas na frequência de estimulação com a atividade registrada de outras frequências do espectro numa grandeza de 95% por meio de testes estatísticos a coerência de fase ou teste T^2 (Figura 4) e o teste F (figura 5) que são aplicados automaticamente pelo software do equipamento. (PICTON; VAN ROON; JOHN, 2007; PICTON, VAN ROON, JOHN, 2009).

A coerência de fase parte do princípio de que em resposta a um estímulo modulado a atividade cerebral seguirá, constantemente, a frequência de modulação deste estímulo. O retardo entre o estímulo modulado aplicado e a resposta gerada será constante caso a atividade gerada no EEG esteja seguindo o estímulo. Esse retardo pode ser medido pelo ângulo da fase. Diferentemente do relacionamento constante entre resposta e estímulo (coerência de fase), o ruído captado durante o registro terá um comportamento aleatório. Os valores variam de 0 (completamente aleatória) a 1 (completamente fechada) (CONE WESSON ET AL, 2002).

Figura 4 – Teste estatístico de coerência de fase (teste T^2). Fonte: Própria autora, Recife, 2016



Teste F

O teste F avalia se a amplitude da resposta, mensurada na frequência de modulação é maior que a amplitude do ruído, avaliado nas sidebins, frequências adjacentes. Quando aplicado o FFT, cada resposta ocorre precisamente em um ponto harmônico do espectro de frequências e o ruído se dispersa amplamente neste espectro.

Figura 5 – Teste estatístico F. Fonte: Própria autora, Recife, 2016



Alguns sistemas utilizam as duas formas de análise e outros, as aplicam separadamente. Pesquisas sugerem que ambos os métodos estatísticos, teste F e T^2 e os algoritmos por eles aplicados são capazes de detectar as respostas auditivas de estado estável de forma precisa (PICTON ET AL, 2003; PICTON; VAN ROON; JOHN, 2007).

As vantagens da aplicabilidade das respostas auditivas de estado estável segundo Lins (2002); Korczac et al (2012) são:

- Podem ser registradas até 10 a 20 dB acima dos limiares comportamentais usando portadoras de 0,5; 1;2 e 4 KHz;
- Podem ser registradas em lactentes e durante o sono;
- Reproduzem audiogramas comportamentais em pessoas com audição normal ou perda auditiva;
- São simples de analisar, pois utilizam estimativas claramente definidas do sinal e do ruído, pois ao ocorrerem no domínio da frequência fica mais fácil distingui-los através de promediação e técnicas estatísticas bem definidas como o teste F e o T^2 ;
- Podem ser avaliadas pelo menos quatro frequências por orelha, diferindo uma oitava entre si, além de poderem ser testadas simultaneamente; os resultados podem ser apresentados em forma de um audiograma convencional e o teste pode ser automatizado.

Outra vantagem definida por Rodrigues e Lewis (2010) é que a RAEE envolve: níveis de saída maiores que estendem o campo de avaliação para perdas de graus maiores.

Vale ressaltar, que apesar de apresentarem diversas vantagens quando comparadas as limitações das demais técnicas utilizadas na avaliação audiológica infantil na atualidade, as RAEE apresentam também restrições em sua aplicabilidade. Não são indicadas, por exemplo, para avaliação de indivíduos com neuropatia auditiva. Rance e Briggs (2002), Rance et al (2005) e Han, Mo e Liu (2006) observaram em seu estudo que houve pouca ou nenhuma correlação entre os achados por RAEE em comparação a avaliação por audiometria comportamental para indivíduos nesta condição. Diferentemente do PEATE e da Audiometria

por Reforço Visual, cujo uso é possível e as respostas confiáveis, na avaliação de indivíduos neuropatas (CORREA ET AL, 2012).

Respostas Auditivas de Estado Estável e VRA: concordância, viés e variabilidade

Estudos têm sido realizados de forma a comparar os achados da técnica comportamental de Audiometria por Reforço Visual e as RAEE de forma a contribuir para a normatização da técnica, entretanto, para que isso seja possível, é fundamental avaliar sujeitos normais e com perda auditiva de diversos graus, com protocolos bem definidos, observando a correlação entre os achados.

Na comparação entre as duas técnicas é fundamental levar em consideração que ambas são capazes de estimar limiares por frequência, entretanto o fazem de forma diferente e com estímulos diferentes. O que por si só contribui para que diferenças entre os achados ocorram.

É descrita na literatura em geral forte correlação entre as técnicas, com índices que variam entre 0,58 a 0,98, dentre as frequências avaliadas (500 a 4000Hz). Entretanto fica evidente a diversidade dos protocolos de registro utilizados dentre os estudos existentes sendo observadas diferentes formas de estimulação (simples e múltipla), tipo de estímulo (tom puro modulado, tonepipe), calibração variada (dB NPS, dB NA) e promediação, filtros e testes estatísticos diversos, o que influencia as respostas encontradas e dificulta a comparação entre os achados, e a conseqüente normatização da técnica. O Quadro 4 resume os estudos da literatura realizados com crianças na faixa etária dos 6 a 48 meses, demonstrando os protocolos utilizados e os índices de correlação obtidos na comparação entre a VRA e a RAEE.

Quadro 4 – Estudos comparando os achados das RAEE com VRA segundo método, idade do sujeito, calibração dos estímulos e coeficiente de correlação

Estudos	Método da RAEE	Idade dos sujeitos	Calibração dos estímulos	Coefficiente de correlação
Rance et al, 1995	Estimulação simples Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: coerência da fase	Crianças 29 meses e adultos de 56 anos	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 250 Hz - 0,96 500Hz - 0,97 1000Hz - 0,98 2000Hz - 0,99 4000Hz - 0,99
Lins et al, 1996	Estimulação múltipla Tipo de estímulo: amplitude modulada Teste estatístico: teste F	1 mês a 40 anos	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	Não refere
Ayoagi et al, 1999	Estimulação simples Tipo de estímulo: amplitude modulada Teste estatístico: coerência da fase	3 a 15 anos	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,73 1000Hz – 0,86 2000Hz – 0,88 4000Hz – 0,92
Perez-Abalo et al, 2001	Estimulação múltipla Tipo de estímulo: amplitude modulada Teste estatístico: teste F	6 a 15 anos	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,70 1000Hz – 0,78 2000Hz – 0,82 4000Hz – 0,77
Rance e Rickards, 2002	Estimulação simples Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: coerência da fase	1 a 8 meses	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,96 1000Hz – 0,97 2000Hz – 0,98 4000Hz – 0,97
Rance e Briggs, 2002	Estimulação simples Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: coerência da fase	1 a 8 meses	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,86 1000Hz – 0,81 2000Hz – 0,93 4000Hz – 0,89

Cone Wesson et al, 2002	Estimulação simples Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: coerência da fase	Média 16 meses	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,84 1000Hz – 0,80 2000Hz – 0,88 4000Hz – 0,77
Stueve e O' Rourke, 2003	Estimulação simples Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: coerência da fase	1 a 125 meses	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,82 1000Hz – 0,90 2000Hz – 0,83 4000Hz – 0,83
Swanepoel, Hugo e Roode, 2004	Estimulação simples Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: coerência da fase	10 a 15 anos	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,58 1000Hz – 0,74 2000Hz – 0,68 4000Hz – 0,69
Luts et al, 2004	Estimulação múltipla Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: teste F	3 a 14 meses	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,92 1000Hz – 0,93 2000Hz – 0,91 4000Hz – 0,93
Rance et al, 2005	Estimulação múltipla Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: coerência da fase	1 a 3 meses	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,96 1000Hz – 0,97 2000Hz – 0,98 4000Hz – 0,98
Han et al, 2006	Estimulação múltipla Tipo de estímulo: tonepipes Teste estatístico: teste F	6 meses a 5 anos	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,80 1000Hz – 0,86 2000Hz – 0,90 4000Hz – 0,85
Duarte et al, 2008	Estimulação múltipla Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: teste	7 a 30 anos	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,88 1000Hz – 0,93 2000Hz – 0,93

	F			4000Hz – 0,88
Linares, 2009	Estimulação múltipla Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: teste F	1 a 7 anos	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA entre 0,7 e 0,93
Rodrigues e Lewis, 2010	Estimulação múltipla Tipo de estímulo: tom puro modulado em frequência e amplitude Teste estatístico: teste F	4 a 36 meses	RAEE (dB NPS convertido em dB NA, usando ANSI para fones de inserção) VRA em dB NA	RAEE x VRA 500Hz – 0,90 1000Hz – 0,93 2000Hz – 0,93 4000Hz – 0,89

A existência de diversos protocolos de registro tem um impacto significativo no comportamento da resposta encontrada, o que a literatura já vem discutindo. Alguns estudos já têm refletido sobre a influência da estimulação múltipla ou simples na amplitude das respostas. Picton, Van Roon e John (2007) e Picton, Van Roon e John (2009) referem que haveria significativa redução na amplitude de resposta à estimulação simultânea e múltipla quando comparada à estimulação de frequências isoladas, principalmente para as frequências de 1KHz e 2 KHz, o que refletiria em obtenção de limiares piores para essas frequências durante a estimulação múltipla. Lins et al (2002), entretanto, referiram que não haveria mudança no padrão de respostas frente à estimulação múltipla e simultânea.

Outros afirmam que algumas frequências têm limiares naturalmente maiores que as demais frequências testadas. Calil, Lewis e Fiorini (2006) na avaliação com RAEE em crianças ouvintes entre 3 e 14 meses de idade, avaliando a correlação entre os achados de VRA, PEATE e RAEE, observaram que o estímulo de 500Hz apresenta níveis de respostas maiores por ter um espectro de frequência semelhante ao ruído interno do paciente e ao ruído de fundo, o que poderia influenciar a sua comparação com os achados da audiometria. Apesar de referir forte correlação entre os achados dos três exames.

O tipo de estímulo utilizado também teria sua parcela de influência sobre os limiares obtidos nas respostas, pois a via auditiva responderia diferentemente aos tipos de estímulo. O efeito de somação dos estímulos de banda larga provocaria o aparecimento de limiares em menor intensidade comparados ao tom puro. Os achados do estudo de Linares, 2009, ilustram essa situação. Foram avaliadas 23 crianças entre 1 e 7 anos, de forma a comparar os achados dos exames de RAEE com os exames de PEATE click, PEATE tone burst e VRA. A correlação entre o RAEE e audiometria variou entre 0,70 e 0,93, para a comparação com o PEATE click, entre 0,83 e 0,89 e para o PEATE tone burst 0,73 a 0,93.

Na avaliação da correlação para diferentes graus de perda de acordo com a predição do limiar auditivo de Jerger (1978), foi revelada uma concordância moderada. Pois, observou-se que cinco crianças (21,7%) com perda leve bilateralmente, foram classificadas pelo RAEE (tom puro modulado) quando comparado ao PEATE de estimulação de banda larga, como perda severa em ambas orelhas e quatro crianças (17,4%) para a orelha direita e duas (8,7%) para a orelha esquerda com perda severa, foram classificadas como perda profunda. Esta diferença nos achados de limiares entre as técnicas foi justificada pelo tipo do estímulo de natureza diferente aplicado em cada uma delas.

Outra questão que vem sendo relatada é o comportamento da diferença entre os limiares comportamentais e eletrofisiológicos em relação ao grau da perda auditiva dos sujeitos sob avaliação. Rance et al, 2005 refere que as RAEE superdimensionariam as perdas auditivas, pois se observa um comportamento de diminuição da diferença entre os limiares comportamentais e eletrofisiológicos à medida que aumenta o grau da perda (Figura 6). Entretanto, infere-se que isto de fato não ocorre, este comportamento de diminuição da diferença entre os limiares eletrofisiológicos e comportamentais se justificaria pelo recrutamento, presente em indivíduos com alteração de caráter neurosensorial (LINS; PICTON; BOUCHER, 1996; PICTON; VAN ROON; JOHN, 2009).

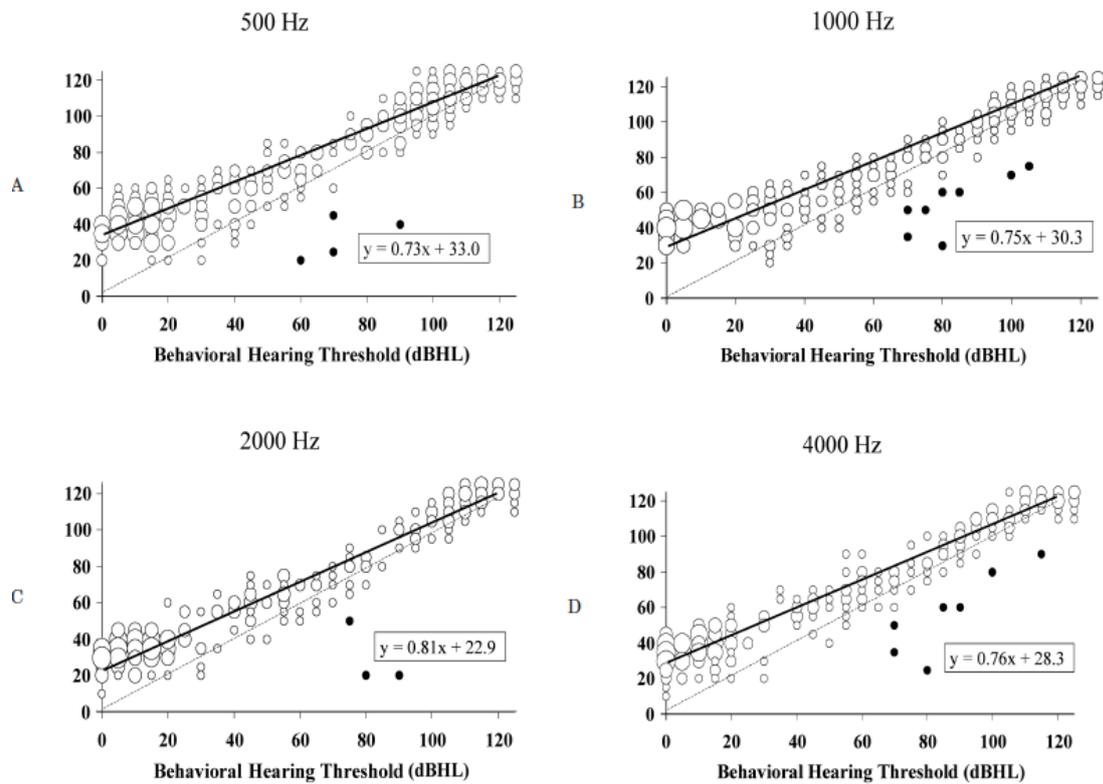


Figura 6, extraída de Rance et al, 2005. Limiars obtidos nas RAEE e no VRA nas frequências de 500 a 4000Hz, em crianças normais e com perdas de diversos graus. Demonstra que à medida que aumenta o grau da perda diminui a diferença entre o limiar comportamental e eletrofisiológico.

Há relatos de que as RAEE são capazes de estimar a audição residual. Isso se dá porque em muitos casos os aparelhos de PEATE clique, que é a técnica eletrofisiológica para determinação de limiar que vem sendo utilizada clinicamente, tem uma limitação de intensidade de estimulação que se centra em torno de 90 a 100 dB nNA, já os estímulos de natureza contínua apresentados nas RAEE são capazes de estimular em intensidades mais fortes, o que possibilitaria mensurar perdas de grau profundo.

A figura 7 ilustra no estudo de Rodrigues, Lewis e Fichino (2010) uma situação em que houve ausência de respostas a VRA e identificou-se resposta a RAEE, na avaliação de indivíduos com perda auditiva de grau profundo. Entretanto se discutiu se essa presença de respostas a RAEE em maior intensidade poderia estar relacionada a respostas vestibulares e não auditivas.

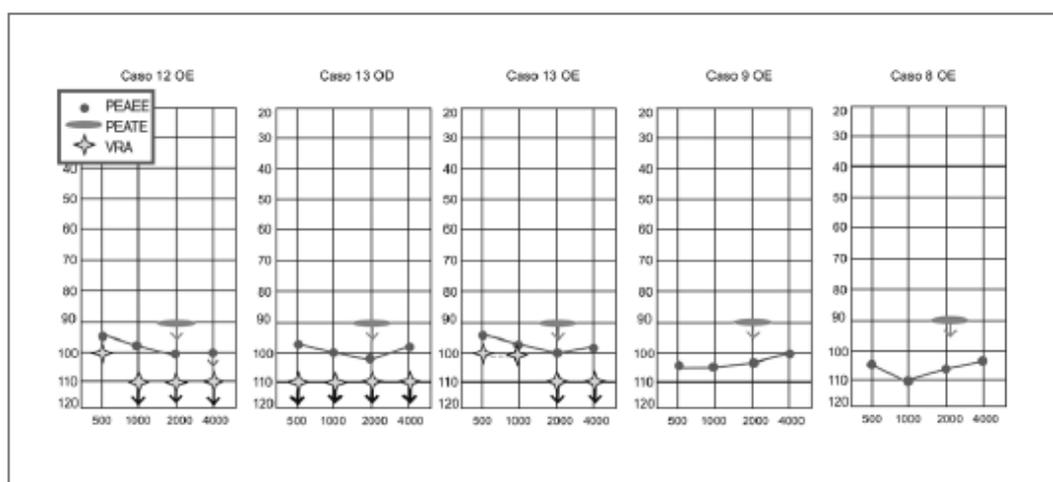


Figura 7, extraída de Rodrigues, Lewis, Fichino, 2010. Comparação dos achados de limiar das RAEE, PEATE clique e VRA para indivíduos com perda profunda.

Fora a natureza diferente dos estímulos, outra questão que teria relação com os limiares encontrados e deveria ser levada em conta na comparação entre as técnicas é o tempo de promediação. Picton et al (2005) relatou essa questão ao descrever as respostas de um mesmo indivíduo frente a estímulos de tom puro modulado (500Hz a 4000Hz) em estimulação bilateral simultânea em comparação a limiares comportamentais, com tempos de promediação crescentes às RAEE.

Primeiramente, com um tempo de gravação de 1,6 min, foram descritos limiares de cerca de 30 a 40 dB acima dos limiares comportamentais e após 9,8 min, foram encontrados limiares em intensidades menores, com menor variabilidade da diferença entre os limiares eletrofisiológicos encontrados e os limiares comportamentais. Em protocolos com tempos de gravação abaixo de 2 min descreve-se que não seria possível identificar respostas de estado estável com amplitudes menores que 40nV e como a RAEE se caracteriza por uma resposta de amplitude/frequência um menor tempo de promediação poderia incorrer em ausência de respostas e aumento de falso positivos.

A própria natureza de avaliação de cada uma das técnicas influenciaria os achados. O fato de a RAEE ser objetiva, não necessitar da participação ativa do paciente durante a

aquisição, e a VRA, ser subjetiva, ou seja, requerer uma resposta motora por parte do indivíduo sob teste, também teria influência sobre os achados.

O estudo de Rodrigues e Lewis (2010) reflete sobre esta questão. Os autores avaliaram quatorze crianças entre 4 e 36 meses, com diagnóstico de perda auditiva coclear, descrevendo a correlação entre os achados da técnica de múltipla estimulação nas frequências de 500Hz, 1000Hz, 2000Hz e 4000Hz com a audiometria por reforço visual (VRA), observando coeficientes de correlação intraclasse de 0,90; 0,93; 0,93; 0,89 para as frequências de 0,5, 1, 2 e 4KHz respectivamente, de forma a revelar forte concordância entre as técnicas.

Entretanto referiram que em algumas das avaliações de correlação observaram-se valores negativos, ou seja, as respostas apresentaram-se melhores a RAEE do que a VRA. Isto se justificou no estudo, pelo fato de aspectos maturacionais motores influenciarem as respostas do VRA e não as do RAEE, uma vez que na VRA se solicita como resposta por parte do paciente o movimento de cabeça em direção ao estímulo sonoro.

Vale ressaltar, contudo, que o esperado é que naturalmente os limiares eletrofisiológicos sejam mais elevados que os comportamentais, o que se justificaria provavelmente pelo fato de a RAEE avaliar especificamente a via auditiva na altura do colículo inferior e a VRA a função auditiva propriamente dita, além dos aspectos inerentes a natureza de avaliação diferenciada de ambas as técnicas (KORCZAK ET AL, 2012).

A literatura tem colocado que os limiares a RAEE se situam em cerca de 10 a 20dB acima dos limiares comportamentais (RODRIGUES; LEWIS, 2010). Para se chegar neste valor é necessário considerar a existência de um viés a ser corrigido durante a comparação dos limiares (Quadro 5). E este viés é esperado frente a natureza de avaliação diferente de ambas as técnicas.

Entretanto ao se considerar puramente a subtração do viés, se limitaria a capacidade de se estimar o limiar comportamental até a intensidade de 90 dB, considerando-se que os

equipamentos das RAEE avaliam apenas até a um máximo de 110dB e a diferença máxima de viés a ser considerado descrito na literatura situa-se em 20dB.

Ao se retirar o viés, nós temos que lidar com a variabilidade desta diferença intrasujeito, o que acaba por determinar a acurácia relacionada à estimação do limiar comportamental a partir do limiar eletrofisiológico. A variabilidade está condicionada ao desvio padrão da amostra, esta relação e estes valores de desvio padrão vêm sendo descritos na literatura (Quadro 5).

Um valor de desvio padrão comumente relatado na literatura é 10dB. Isto significa, por exemplo, que os limiares comportamentais estimados para um determinado indivíduo estariam entre 20dB acima e 20 dB abaixo do limiar eletrofisiológico obtido ao se considerar um intervalo de confiança de 95% (TTLUMAK ET AL, 2007).

Vale ressaltar que ao se considerar os valores de viés e de variabilidade deve-se observar a metodologia dos estudos e os protocolos utilizados. O tempo de promediação utilizado na RAEE, por exemplo, teria uma influência direta sobre os valores de desvio padrão a serem utilizados na comparação de limiar entre as técnicas. Relata-se que em indivíduos normais, os valores de desvio padrão seriam de cerca de 7dB em tempos de gravação de 10 min, e de 12 dB em tempos de gravação de 100 seg (PICTON ET AL, 2005)

Quadro 5 – Média da diferença dos limiares das RAEE e respostas comportamentais (viés) com valores de desvio padrão, descritos na literatura em estudos realizados com adultos e crianças, com a técnica de estimulação múltipla, adaptado de Ttlumak et al, 2007

Normais	Estudo	500 Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
	Lins et al, 1996	14 ± 11	12 ± 11	11 ± 8	13 ± 11
Herdman e Stapells, 2001	14 ± 10	8 ± 7	8 ± 9	15 ± 9	
Dimitrijevic et al, 2002	17 ± 10	4 ± 11	4 ± 8	11 ± 7	
Luts e Wouters, 2004*	15 ± 9	10 ± 11	12 ± 7		
Luts e Wouters, 2004**	12 ± 7	7 ± 7	9 ± 7	13 ± 7	
Picton et al, 2005***	35 ± 16	16 ± 8	19 ± 9	23 ± 15	
Picton et al, 2005****	21 ± 8	7 ± 8	10 ± 6	13 ± 7	
Tlumak et al, 2007	17 ± 12	13 ± 12	11 ± 10	15 ± 10	
Elberling et al, 2007	11 ± 7	10 ± 7	6 ± 5	13 ± 4	
D' haenens et al, 2009	19 ± 10	15 ± 8	10 ± 8	13 ± 8	
Perda auditiva	Lins et al, 1996	9 ± 9	13 ± 12	11 ± 10	12 ± 13
	Dimitrijevic et al, 2002	13 ± 11	5 ± 8	5 ± 9	8 ± 11
	Herdman e Stapells, 2003	14 ± 13	8 ± 9	10 ± 10	3 ± 10
	Van Mannen e Stapells, 2005	17 ± 11	15 ± 7	19 ± 9	4 ± 10
	Picton et al, 2005****	11 ± 18	-4 ± 9	3 ± 11	5 ± 12
	Vanderverff e Brown, 2005	15 ± 8	9 ± 6	8 ± 6	6 ± 5
	Tlumak et al, 2007	14 ± 13	10 ± 13	9 ± 12	8 ± 13
	Lin, Ho e Wu, 2009	17 ± 14	15 ± 9	14 ± 8	11 ± 9
	D' haenens et al, 2009 (perda leve)	14 ± 11	13 ± 8	14 ± 7	13 ± 6
	D' haenens et al, 2009 (perda moderada)	14 ± 7	10 ± 10	9 ± 6	11 ± 9

*5 min de promediação

** 15 min de promediação

*** 2 min de promediação

**** 12 min de promediação

A importância de se estudar os valores de viés e variabilidade a serem aplicados aos limiares eletrofisiológicos obtidos nas RAEE de forma a determinar uma fórmula de predição de limiares para cada frequência testada (500 a 4000Hz) para a partir disto estimar limiares comportamentais, se dá na possibilidade desta fórmula ser aplicada com eficácia sobre os limiares obtidos nas RAEE, em casos onde não possa ser realizada a avaliação comportamental.

Estariam incluídos nestes casos, indivíduos com limitação cognitiva, motora, pacientes que não condicionam, ou crianças abaixo de 1 ano de idade em que se relata que as respostas comportamentais não seriam tão confiáveis. Fornecendo assim as informações necessárias para a programação de AASI e implante coclear para estes indivíduos, que demanda a realização prévia de exames de detecção de limiares por frequência específica.

Ao se escolher uma técnica de avaliação auditiva deve-se levar em consideração o que se deseja avaliar e qual o propósito da avaliação, respeitando as limitações e possibilidades de cada técnica escolhida. A Resposta Auditiva de Estado Estável demonstra-se uma alternativa viável na avaliação audiológica infantil, porém, esta técnica não está normatizada, o que limita sua aplicabilidade clínica, sendo necessária a realização de estudos de comparação dos achados desta, com de técnicas diagnósticas padrão ouro, e protocolos bem definidos, a fim de melhor definir a confiabilidade destes achados.

OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

3.1 Geral

Verificar a aplicabilidade da técnica resposta auditiva de estado estável para determinar os limiares auditivos em crianças com audição normal e perda auditiva de diversos graus, com idades entre 6 e 48 meses de idade, levando-se em consideração a audiometria de reforço visual como teste padrão ouro para a população investigada.

3.2 Específicos

- Caracterizar a população de estudo segundo idade e sexo;
- Descrever os perfis individuais dos limiares da RAEE e da VRA em cada frequência testada (0,5; 1; 2 e 4KHz);
- Descrever a média dos limiares da VRA e RAEE em cada frequência testada (0,5; 1; 2 e 4KHz);
- Descrever a média das diferenças dos limiares da RAEE e da VRA em cada frequência testada (0,5; 1; 2 e 4KHz);
- Verificar a correlação entre os limiares da RAEE e VRA em cada frequência testada (0,5; 1; 2 e 4KHz);
- Indicar fórmulas de predição para limiares comportamentais a partir dos limiares da RAEE em cada frequência testada (0,5; 1; 2 e 4KHz);
- Verificar a associação entre os achados da RAEE e VRA em cada frequência testada (0,5; 1; 2 e 4KHz);

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Delineamento da pesquisa

A pesquisa realizada foi do tipo transversal, de acordo com a temporalidade do processo de produção de dados, tendo em vista que esta foi realizada em único momento como se fosse um corte transversal do processo em observação; descritiva, quanto ao poder de validação das hipóteses, no sentido de que apenas descreve a realidade do grupo estudado; do tipo validação diagnóstica, pois se trata da identificação da acuidade de uma técnica em um grupo de indivíduos a fim de se conhecer o grau em que o exame é apropriado para medir o verdadeiro valor daquilo que é medido (limiar auditivo), verificando assim, a sua aplicabilidade no diagnóstico audiológico.

4.2 Área de estudo

O estudo foi de realizado em diversos serviços.

Para a etapa realizada em Recife:

Parte da coleta foi realizada no Laboratório de Neurofisiologia do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (HC-UFPE), localizado no segundo andar, a partir de um recrutamento das crianças advindas do Programa de Saúde Auditiva.

No Programa de Saúde Auditiva do HC-UFPE são contemplados pela triagem cerca de 1000 neonatos por ano. O programa conta com a execução dos exames de EOA, PEATE e VRA. Os exames de EOA e RCP são realizados numa sala próxima à maternidade no 9º andar, os exames de PEATE e VRA são realizados no 6º andar do ambulatório de otorrinolaringologia. O acompanhamento das crianças em caso de necessidade de retorno é possibilitado pelos serviços de egresso e pediatria que funcionam no 2º andar do ambulatório.

Uma outra etapa foi realizada nos Ambulatórios de Audiologia da Clínica Escola do Departamento de Fonoaudiologia da UFPE, a clínica situa-se no bairro da cidade universitária, no município de Recife, capital do estado de Pernambuco e tem vinculação com o SUS.

Foi também firmada parceria com o Instituto Isabella Hendrix (Belo Horizonte, Minas Gerais) centro de referência para diagnóstico e intervenção em perda auditiva para viabilizar a participação das crianças beneficiadas pelo Programa de Saúde Auditiva desta instituição (Ocorrendo uma etapa da coleta em Belo Horizonte).

4.3 População de estudo

A casuística foi composta por 41 crianças com idades entre 18 e 48 meses, com ou sem indicadores de risco para a perda auditiva. A seleção da casuística envolveu amostra de conveniência com demanda espontânea. Incluiu-se no estudo crianças de ambos os sexos com nível de audição normal e perda auditiva, cujos pais ou responsáveis aceitaram participar espontaneamente da pesquisa. As crianças que apresentaram diagnóstico de neuropatia auditiva foram excluídas.

4.4 Variáveis de estudo

4.4.1 Variável dependente

Limiares eletrofisiológicos obtidos pela RAEE, referidos como a menor intensidade sonora na qual a resposta foi detectada.

4.4.2 Variáveis independentes

- Sexo: referido como sendo masculino ou feminino;
- Idade: entendida como a idade cronológica do paciente, em meses, no momento da coleta;

- Limiar auditivo comportamental: referida como a menor intensidade sonora em que o tom puro é percebido 50% das vezes em que for apresentado, para cada frequência testada (OTUBO; LOPES; LAURIS, 2013).
- Frequência em hertz (Hz): definida como uma grandeza física associada a movimentos de característica ondulatória que indica o número de ciclos por segundo (FARIAS et al, 2014). Neste estudo foram avaliadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz.

4.5 Coleta de dados

A coleta de dados foi constituída pela realização de procedimentos audiológicos subjetivo e objetivo através da avaliação comportamental e eletrofisiológica, respectivamente.

Uma carta de anuência foi entregue a cada responsável de cada uma das instituições (Clínica Escola de Fonoaudiologia, Ambulatório de Neurofisiologia do Hospital das Clínicas e Instituto Isabela Hendrix) durante cada etapa da coleta e encontram-se no apêndice A.

Em seguida, as mães ou responsáveis foram convidados a participar da pesquisa, sendo solicitada à assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE B). Quando não foi possível a realização dos procedimentos no mesmo dia, um agendamento era feito para o período de no máximo uma semana após a data da avaliação inicial. Posteriormente era realizada a confirmação do agendamento no dia anterior ao da marcação.

Procedimentos

Os participantes foram submetidos inicialmente à avaliação por PEATE (Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico) para eliminar a possibilidade de neuropatia auditiva. Pois pode haver presença de limiares tonais à audiometria de reforço visual e ausência de respostas no RAEE frente à neuropatia auditiva (RANCE; BRIGGS, 2002; RANCE ET AL, 2005; HAN; MO; LIU, 2006). Sendo os indivíduos com neuropatia auditiva, excluídos do estudo. Os indivíduos incluídos no estudo, foram submetidos aos exames de audiometria de reforço visual e respostas auditivas de estado estável.

Audiometria de reforço visual

A avaliação audiológica subjetiva incluiu a audiometria com reforço visual. Foi utilizado um audiômetro modelo 227, marca *Interacoustics*. A audiometria tonal foi realizada em cabina acústica com fones supra aurais do tipo TDH-39 sendo avaliadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz. Os estímulos utilizados, tom puro modulado (“warble”), foram apresentados através das técnicas descendente e ascendente.

A criança ficou posicionada dentro da cabina acústica no colo do responsável, com as caixas de som a uma distância de 50 cm de cada orelha, equipadas com brinquedos luminosos e de frente para um examinador que a distraia, enquanto que o outro examinador operava os estímulos (AGOSTINHO; AZEVEDO, 2005).

Vale ressaltar que as crianças que participaram do estudo permitiram a colocação de fones TDH-39 para a aplicação do estímulo sonoro, sendo utilizadas as caixas de som apenas para efeito do reforço visual (iluminação do brinquedo) (Figura 8). Foi considerado como normal nível mínimo de audição até 15 dB NA (NORTHERN; DOWS, 1989) (ANEXO A).

Em algumas situações não havia auxiliar de teste disponível, sendo assim, foi utilizado um dos pais ou responsáveis para manipular os brinquedos.

O início da pesquisa do limiar auditivo ocorreu após a obtenção de duas viradas de cabeça (resposta comportamental: procura da fonte sonora) para o sinal de teste em um mesmo nível de intensidade. A partir de então, o estímulo foi apresentado em ordem decrescente de intensidade até que a criança não respondesse mais. Subsequentemente, a intensidade do sinal de teste foi aumentada e diminuída por meio de um método ascendente-descendente convencional em intervalos de 10dB (método descendente) e 5dB (método ascendente) (GRAVEL; HOOD, 2001). Foi utilizada como reforço visual, a ativação e iluminação de brinquedos.

Para que esse protocolo clínico fosse seguido, alguns cuidados em relação à sincronização do estímulo, padrões de apresentação do reforço e pistas visuais foram tomados. O tempo de intervalo para a resposta foi de aproximadamente cinco segundos para apresentação do reforço, do contrário, o reforço não era apresentado, e o tempo de apresentação do mesmo era de três segundos (AGOSTINHO; AZEVEDO, 2005).

Figura 8 – Audiometria de reforço visual com fones. Fonte: Própria autora, Recife, 2016



Respostas auditivas de estado estável

Quanto ao protocolo da RAEE, foram utilizados dois sistemas. O equipamento CHATR EP 200/Otométrics e o Sistema Master.

CHATR EP 200

Os estímulos utilizados foram tons puros modulados apresentados bilateralmente e simultaneamente, sendo avaliadas as frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude e 20% em frequência, nas frequências de modulação de 88, 80, 96, 92 Hz, respectivamente para a orelha direita e 90, 82, 98 e 94Hz para a orelha esquerda.

Para realização do exame foi necessária a limpeza da pele do paciente com pasta abrasiva e álcool a 70% sendo em seguida realizada a fixação de eletrodos descartáveis com gel, posicionados em Fz (eletrodo ativo), M1, M2 (referência) e o terra, sendo que a

impedância dos eletrodos foi mantida abaixo de 5 K Ω e o equilíbrio da impedância entre eles não superior a 2 K Ω (Figura 9).

Sistema MASTER (Multiple Auditory Steady State Responses)

O Sistema é uma adaptação da RAEE desenvolvida por Picton, Lins e John em Ottawa e Toronto, no Canadá (LINS; PICTON, 1995; LINS; PICTON; BOUCHER,1996). Para avaliação do MASTER foram realizados teste e reteste a fim de eliminar a influência de problemas técnicos sobre os achados.

Para preparação da pele para a coleta com o Sistema MASTER foi utilizado álcool a 70% e esfoliação com pasta abrasiva. Em seguida, foi realizada a colocação dos eletrodos nas seguintes posições: o ativo em Fz, a referência em M1 e o terra em M2. Foram utilizados estímulos, do tipo tom puro apresentados às crianças por meio de fones de inserção ER- 3A nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, modulados 100% em amplitude e 20% em frequência, nas frequências de modulação de 80,08, 84,96; 89,84 e 94,73Hz para a orelha esquerda; e 78,12; 83,01; 86,91 e 91,80Hz para a orelha direita.

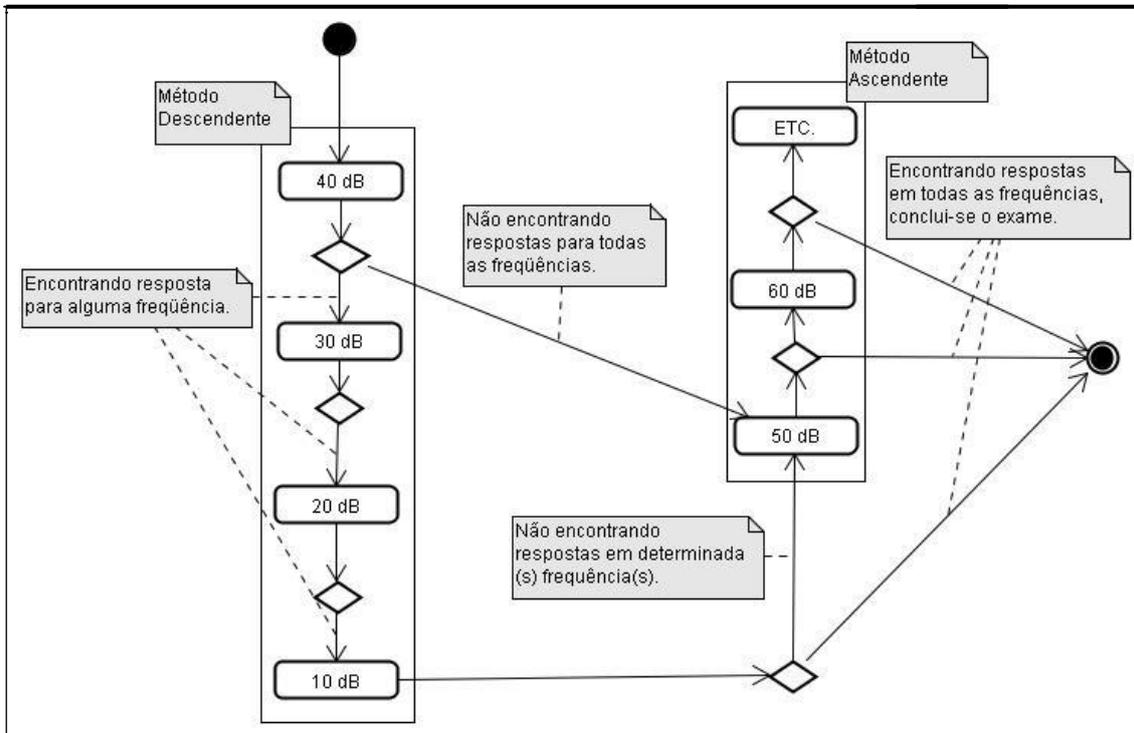
Figura 9- Posicionamento dos eletrodos durante pesquisa das RAEE, Fonte: Própria autora, Recife, 2016



Os estímulos foram apresentados em ambos os sistemas às crianças por meio de fones de inserção ER- 3A, começando na intensidade de 50dB NPS, diminuindo em passos de 10 dB até que não fosse observada mais a resposta, em protocolo automático do equipamento. Ao alcançar o limite mínimo estabelecido pelo equipamento, 10 dB NPS, existindo uma ou mais frequências com ausência de resposta positiva neste intervalo (40-10 dB NPS), iniciava-se a varredura ascendente com estímulos sucessivos a partir de 50 dB NPS, até que se obtivesse uma intensidade na qual todas as respostas fossem positivas (figura 10).

Da mesma forma, ao iniciar a pesquisa do limiar em 50 dB NPS caso não fosse obtida resposta positiva em nenhuma frequência, uma varredura ascendente era realizada automaticamente.

Figura 10 - Representação da pesquisa do limiar eletrofisiológico através da RAEE, Fonte: Própria autora, Recife, 2016

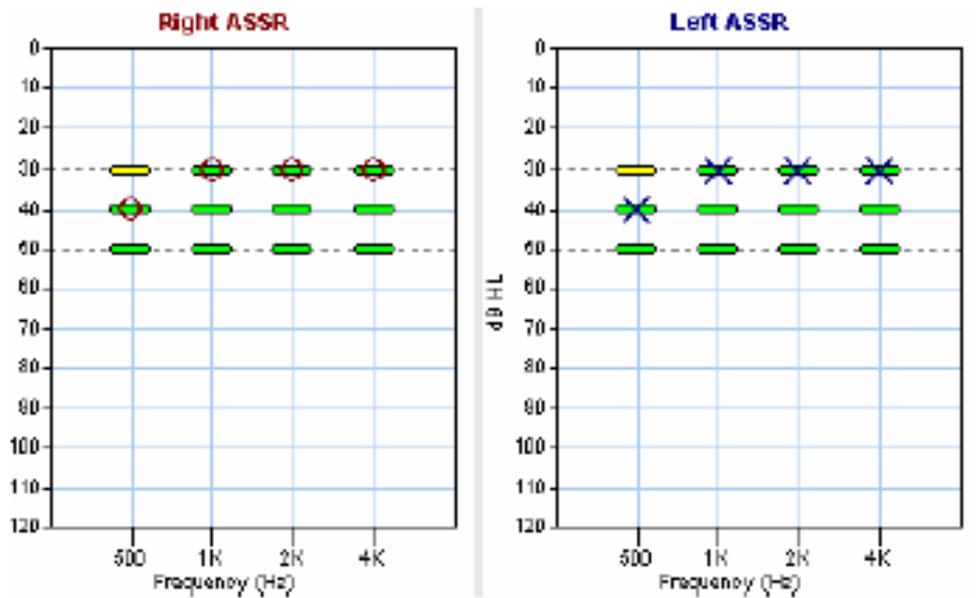


O tempo de promediação para cada intensidade pesquisada foi de 180 segundos, sendo considerada a resposta presente a um intervalo de confiança de 95% por meio do teste F (Figura 11). Este protocolo da RAEE para o CHATR EP 200 foi adaptado segundo as recomendações do NHSP Clinical Group (STEVENS, J; BRENNAN, S; LIGHTFOOT, G, 2009).

Já para o Sistema MASTER foi considerada presença de resposta a identificação visual da presença de resposta (pico espectral), diferenciando-a do ruído pela amplitude no espectro de frequência e através da avaliação por testes estatísticos F e T^2 sendo observado um intervalo de confiança de 95%. Os picos de frequência correspondentes às frequências de modulação devem se apresentar estatisticamente superiores ao nível de ruído. Sendo considerada resposta não significativa qualquer achado que não se inclua neste intervalo. Este processo é realizado de maneira automática pelo equipamento, não sendo necessária a avaliação subjetiva por parte do examinador na identificação da resposta.

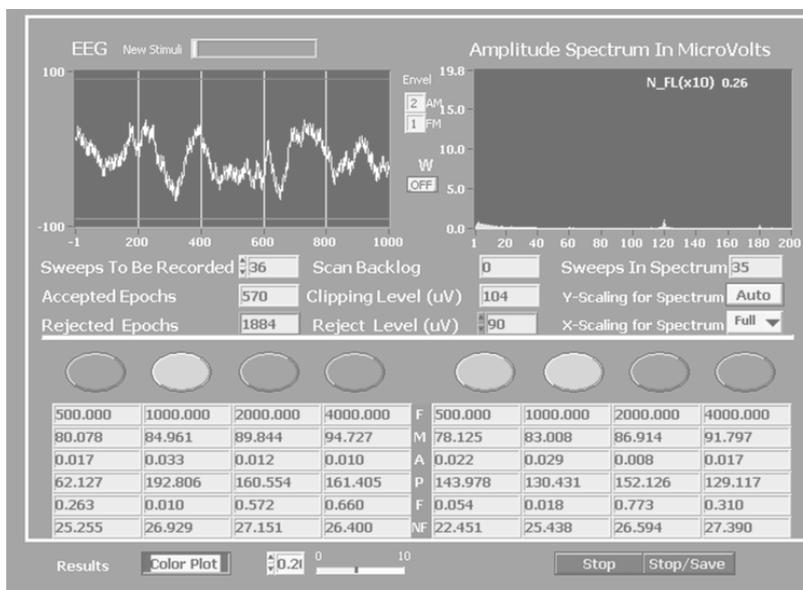
Figura 11 - Captação da resposta e marcação automática no gráfico, Fonte: Própria autora, Recife, 2016

CHATR EP 200



500 Hz	27 of 240 secs	1 kHz	27 of 240 secs
40 dB <input type="checkbox"/>		40 dB <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	90%	<input type="checkbox"/>	90%
2 kHz	27 of 240 secs	4 kHz	27 of 240 secs
40 dB <input type="checkbox"/>		40 dB <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	25%	<input type="checkbox"/>	90%

MASTER

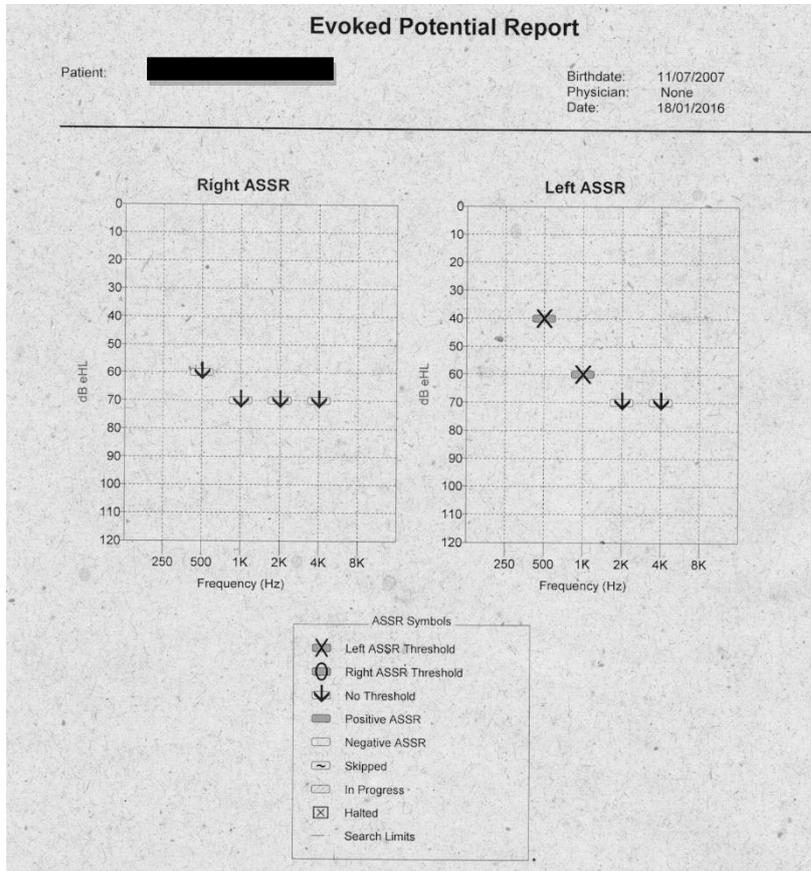


Para o registro da RAEE, as crianças foram acomodadas confortavelmente em uma maca ou, caso fosse necessário permaneciam no colo de suas mães ou responsáveis, em uma cadeira com braços. As crianças foram avaliadas, em sono natural, de forma que, quando acordavam ou ficavam agitadas, o exame era suspenso, e o responsável solicitado a tentar fazer a criança dormir novamente.

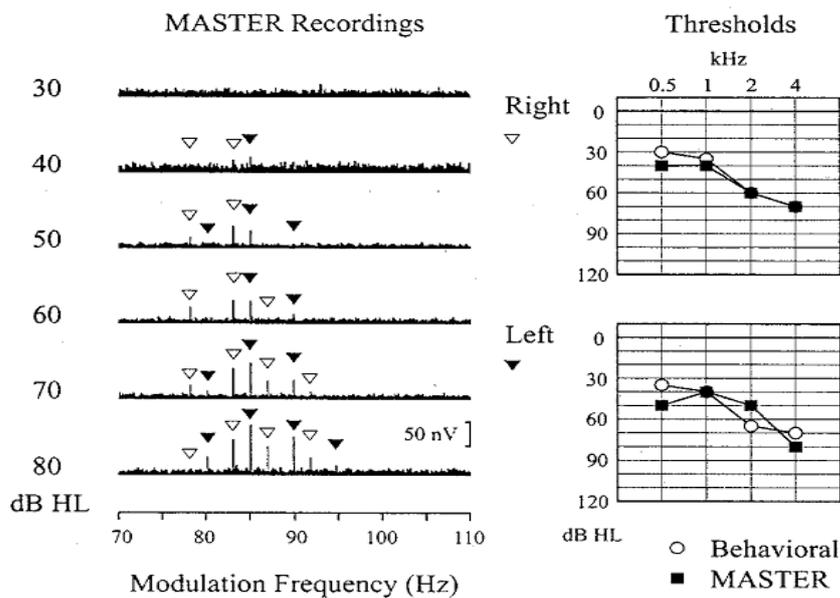
O limiar eletrofisiológico foi determinado como a menor intensidade em que foi detectada resposta significativa. O resultado é representado num gráfico que se assemelha ao audiograma, demonstrando a menor intensidade da resposta encontrada (limiar) para cada frequência avaliada em cada orelha testada (Figura 12).

Figura 12 – Gráfico resultado RAEE (ASSR). Fonte: Própria autora, Recife, 2016

CHATR EP 200



MASTER



A RAEE foi realizada, primordialmente, no mesmo dia da audiometria de reforço visual. Nas situações em que isso não foi possível, o exame era remarcado para outro dia, num período máximo de uma semana.

Ressalta-se, que os resultados dos procedimentos realizados, bem como os dados clínicos dos participantes foram todos registrados em protocolo específico previamente elaborado (APÊNDICE C).

4.6 Análise de dados

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e inferencial. A fim de favorecer uma visualização geral entre os correspondentes limiares da RAEE e VRA, foram construídos gráficos dos perfis individuais considerando todos os limiares dos dois métodos. A análise descritiva (média, desvio-padrão, mínimo, mediana, máximo e percentis) dos limiares absolutos obtidos pela RAEE e pela VRA e a diferença entre os dois métodos, foi calculada para cada frequência. Os dados foram expostos através de tabelas e gráficos.

Gráficos de dispersão foram realizados a fim de observar a associação entre os dois métodos. A análise inferencial foi realizada considerando o modelo de regressão linear simples (NETER et al., 1996) para estudar a associação da técnica da VRA e RAEE.

Para dar uma noção melhor da diferença entre os métodos após a correção do viés, também foram calculados os limites de concordância dos resíduos. Para isso foram utilizados testes de normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965) e construídos histogramas, uma vez que os resultados se baseiam em uma distribuição Normal.

Ressalta-se, que os limiares eletrofisiológicos obtidos em dB NPS foram convertidos para dB NA de acordo com a norma ANSI S3-6: "*Specification for Audiometers*" e ISO 389.2: "*The calibration standard insert earphones*", com as correções de -6; -0; -3 e -6dB para os tons de 0,5; 1; 2 e 4kHz, respectivamente, para que pudesse ser realizada uma comparação equivalente com os resultados da audiometria com reforço visual, já que esses são obtidos em dB NA.

4.7 Considerações éticas

A pesquisa foi encaminhada para apreciação do Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da UFPE, e aprovada sob o CAAE 25622913.4.0000.5208 de acordo com os requisitos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e suas complementares, de modo a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos nos protocolos e para publicação científica dos resultados, garantindo a total privacidade da população estudada.

Os responsáveis dos participantes desta pesquisa foram notificados de todo procedimento e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, permitindo a inclusão de seus dados neste projeto. Caso, por qualquer motivo, algum responsável pela criança desejasse retirá-lo do grupo dos pesquisados, foi respeitado a sua escolha e a criança foi excluída imediatamente do programa, não importando em que fase se encontrasse o trabalho.

Após a aprovação do Comitê de Ética (ANEXO B) e o consentimento da Coordenação da Clínica Escola de Fonoaudiologia, iniciaram-se os procedimentos da coleta de dados por meio da realização dos exames audiológicos.

4.8 Riscos e benefícios

Até o momento, não há relatos na literatura sobre qualquer prejuízo oferecido ao paciente na realização dos exames da resposta auditiva de estado estável e da audiometria com reforço visual. Salvo, a possibilidade de existir um desconforto mínimo causado pela apresentação dos sons às orelhas e pela colocação dos eletrodos de superfície na pele do participante.

Por outro lado, o benefício atribuído a esse estudo foi verificar a aplicabilidade da

RAEE a fim de que possa se constituir em uma ferramenta importante para a avaliação audiológica infantil, em cuja população os testes comportamentais são difíceis de serem realizados, de modo a garantir uma avaliação mais específica, em menor tempo, proporcionando uma intervenção mais rápida e adequada.

Além desse benefício científico, o estudo forneceu benefícios diretos à população de estudo e a seus familiares: possibilitou a investigação dos limiares auditivos das crianças participantes; a identificação, em alguns casos, de problemas audiológicos e os devidos encaminhamentos para tratamentos cabíveis, e os pais e/ou responsáveis receberam explicação sobre a audição da criança.

5.0 Caracterização da casuística: idade e sexo da amostra

Do total de 41 crianças que foram selecionadas a participar da pesquisa, foram avaliadas 10 crianças com audição normal e 31 crianças com perda auditiva, sendo 13 do sexo feminino (32%) e 28 do sexo masculino (68%). Das 41 crianças avaliadas, todas permitiram a realização da VRA com fones supra aurais do tipo TDH-39, possibilitando a avaliação das duas orelhas separadamente, totalizando 82 orelhas, sendo 20 orelhas normais e 62 com perdas auditivas de diversos graus. A idade das crianças variou de 18 a 48 meses, sendo a média de idades de 39,7 meses (Tabela 1).

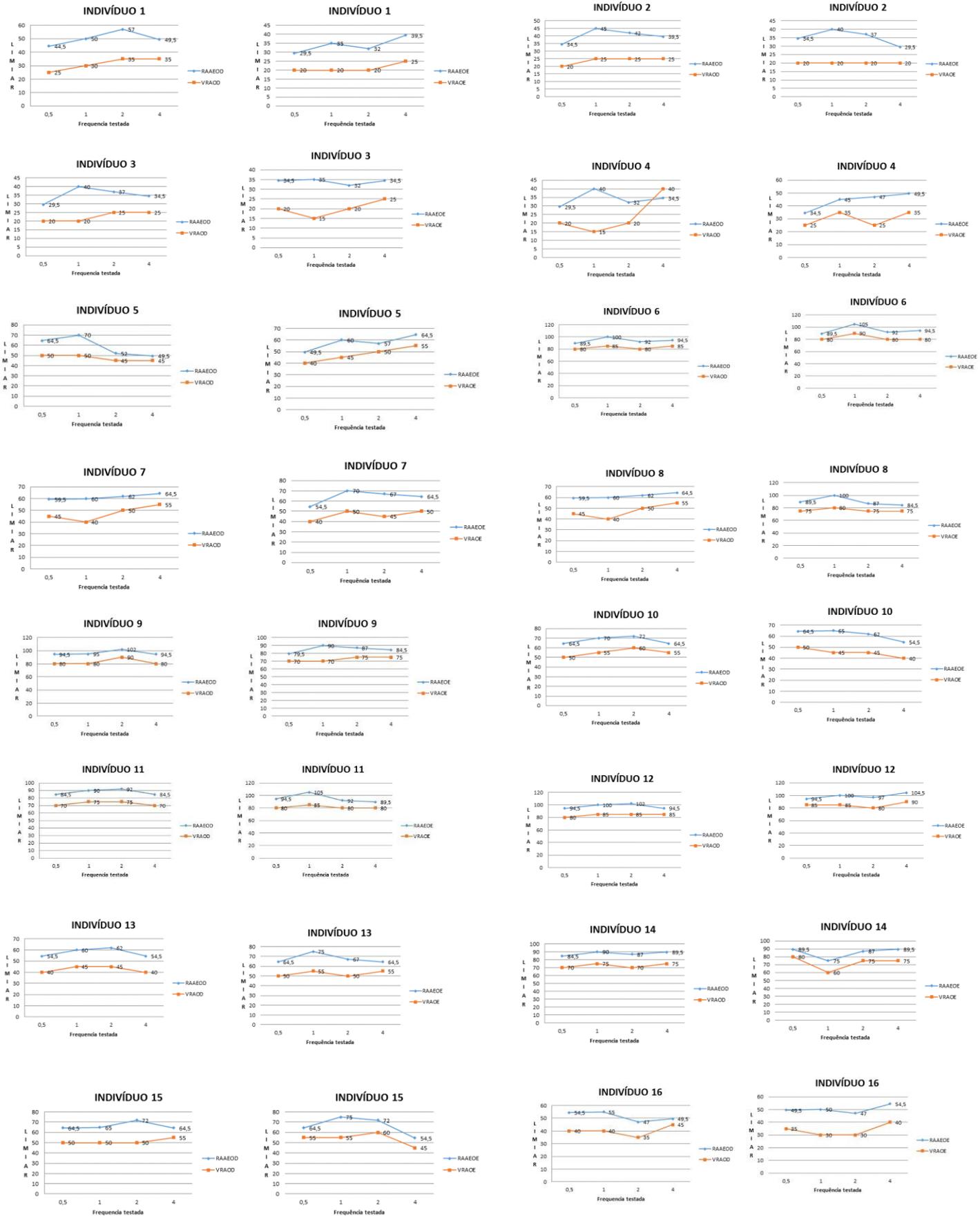
Tabela 1 - Distribuição da casuística de acordo com a idade (média, desvio-padrão, valores mínimos, medianas e valores máximos) e o sexo da amostra (n=41)

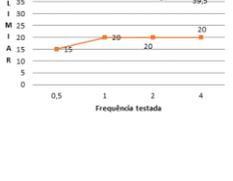
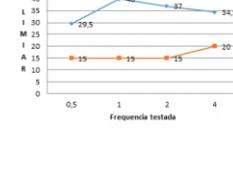
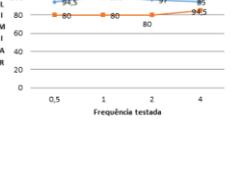
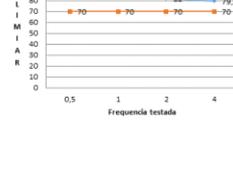
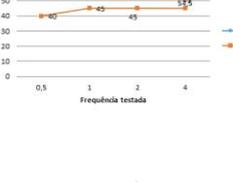
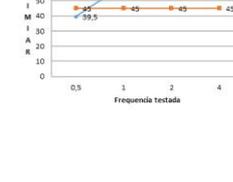
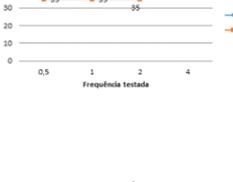
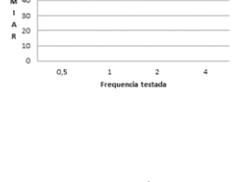
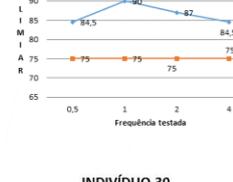
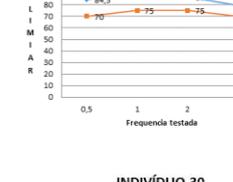
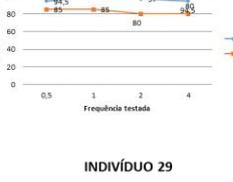
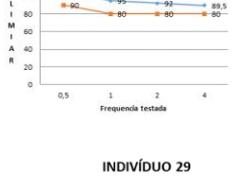
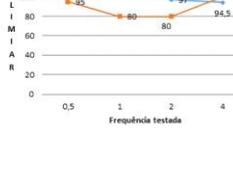
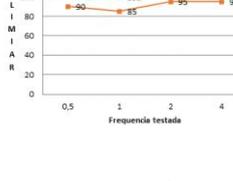
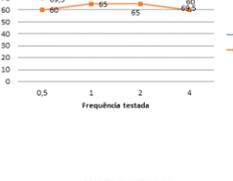
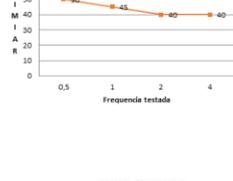
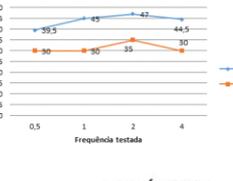
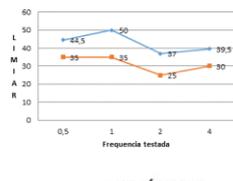
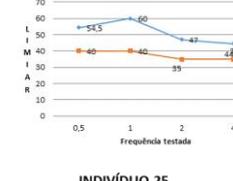
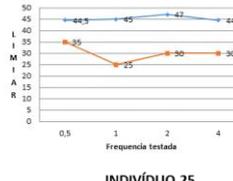
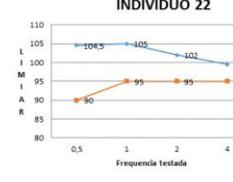
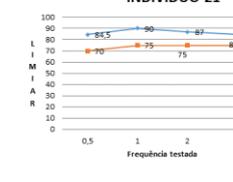
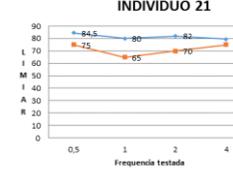
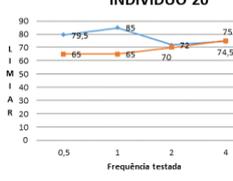
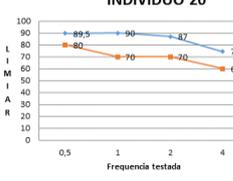
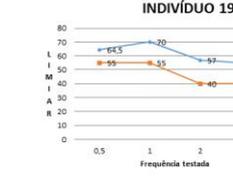
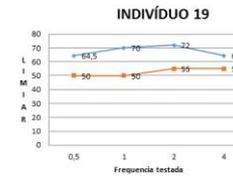
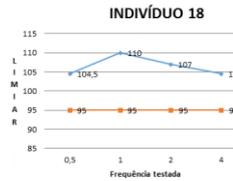
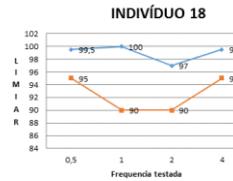
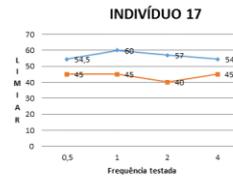
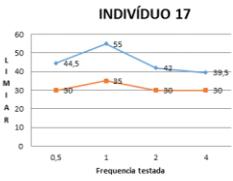
Variáveis	n	Sexo		Média ± DP	Idade (meses)		
		M	F		Mínimo	Mediana	Máximo
Normais	10	7	3	40 ± 6	36	36	48
Perda Auditiva	31	21	10	40 ± 11	18	48	48
Total	41	28	13	40 ± 10	18	48	48

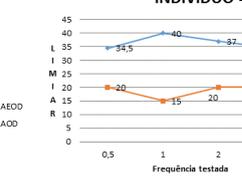
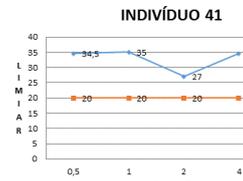
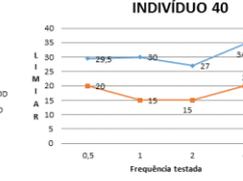
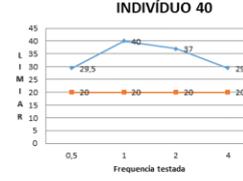
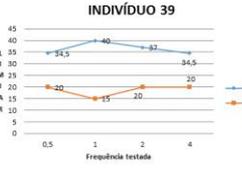
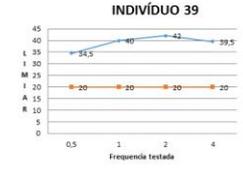
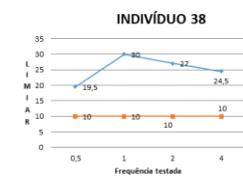
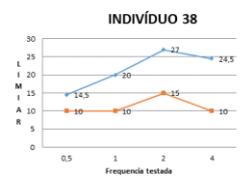
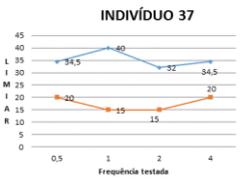
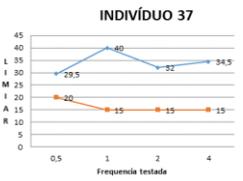
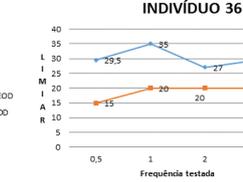
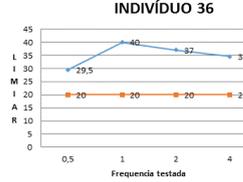
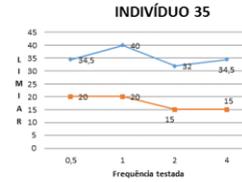
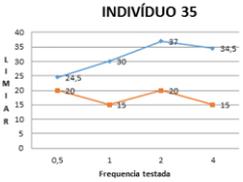
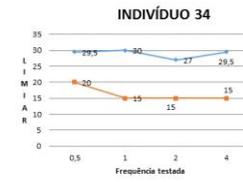
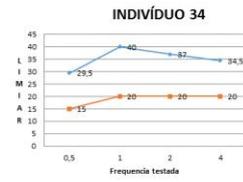
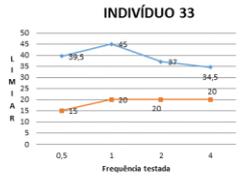
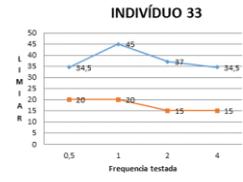
5.1 Limiares absolutos da VRA e RAEE

Os perfis individuais dos limiares obtidos pelos ambos os métodos de avaliação para cada frequência (0,5, 1, 2 e 4KHz) estão apresentados na Figura 13, em sua maioria os limiares a RAEE foram superiores aos encontrados a VRA, à exceção de: indivíduo 4(OD, 4KHz), indivíduo 20 (OE, 4KHz) e indivíduo 26 (OE, 4KHz).

Figura 13- Perfis individuais dos limiares obtidos a RAEE e a VRA (n=41)







Legenda:

OD primeiro gráfico da esquerda para direita
OE segundo gráfico da esquerda para direita
Eixo vertical: Limiar dB NA
Eixo horizontal: Frequência Hz
5 -500Hz
1 -1000Hz
2-2000Hz
4- 4000 Hz

As tabelas 2 e 3 mostram a distribuição da casuística de acordo com os limiares obtidos, para cada frequência, pela RAEE e pela VRA, respectivamente. É possível observar uma aproximação entre os limiares eletrofisiológicos e os comportamentais, estando os limiares da RAEE ligeiramente maiores que os limiares da VRA praticamente em todas as frequências.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas dos limiares obtidos por VRA para cada frequência (n=82)

Variáveis (dB NA)	Freq. (KHz)	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo
VRA	0,5	48	27	45	10	95
	1,0	48	27	45	10	95
	2,0	48	27	45	10	100
	4,0	49	26	45	10	100

Tabela 3 - Estatísticas descritivas dos limiares obtidos por RAEE para cada frequência (n=82)

Variáveis (dB NA)	Freq. (KHz)	Média ± DP	DP	Mediana	Mínimo	Máximo
RAEE	0,5	60	26	55	15	105
	1,0	65	25	60	20	110
	2,0	62	25	57	27	107
	4,0	60	25	55	25	105

5.2 Diferença entre os limiares da RAEE e VRA e a variabilidade

A tabela 4 apresenta a diferença média (viés) entre os limiares eletrofisiológicos e os limiares comportamentais. Observa-se que foram encontrados alguns valores negativos entre a diferença média dos limiares obtidos pelos dois métodos de avaliação, indicando limiares eletrofisiológicos melhores que os limiares da VRA, em algumas circunstâncias. Os intervalos de confiança do viés variaram de 2 dB (4KHz) a 26 dB (1KHz).

Tabela 4 - Estatísticas descritivas das diferenças entre os limiares da RAEE e da VRA para cada frequência (n=82)

Variáveis (dB NA)	Freq. (KHz)	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	IC95
	0,5	12	4	15	-6	25	4-20
	1,0	18	4	18	10	30	10-26
	2,0	14	4	12	2	22	6-22
	4,0	12	5	15	-6	20	2-21

A fim de favorecer uma melhor noção da diferença entre os métodos após a correção do viés, foram calculados, também, os limites de concordância dos resíduos, isto é, a diferença entre o limiar da VRA estimado pela RAEE e o limiar de fato medido pela VRA. Os intervalos de confiança dos resíduos, considerando-se a VRA, variaram em torno de 10dB aproximadamente dentre as frequências avaliadas. Os resultados podem ser vistos na tabela 5.

Tabela 5 – Intervalos de confiança 95% (IC95) para os resíduos¹ (n=82)

Freq. (KHz)	IC95	Mediana	Mínimo	Máximo
0.5	±8	2	-18	12
1.0	±8	0	-8	12
2.0	±8	-2	-12	8
4.0	±9	3	-17	8

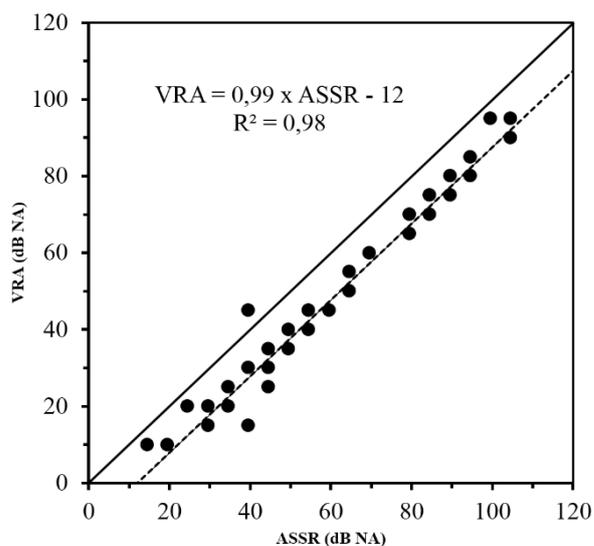
¹Resíduos = (RAEE – Viés) – limiar VRA

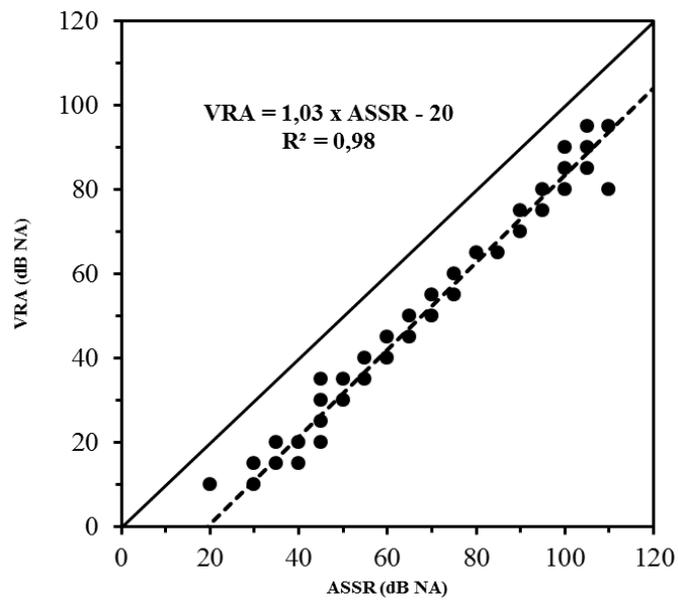
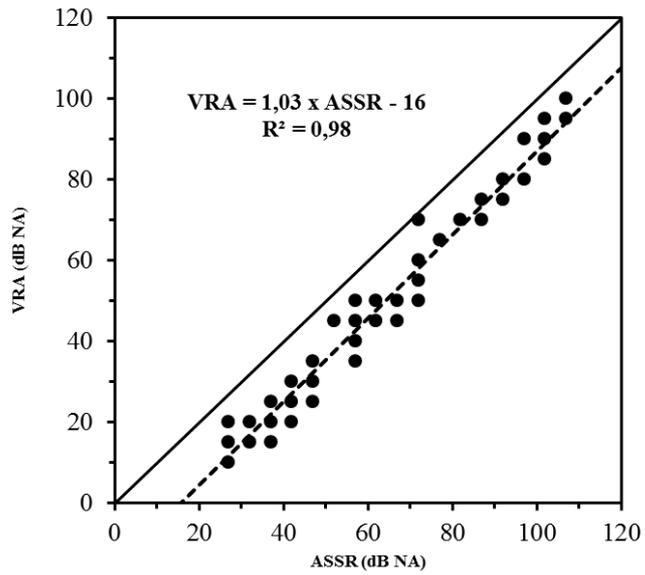
5.3 Modelagem por regressão linear simples

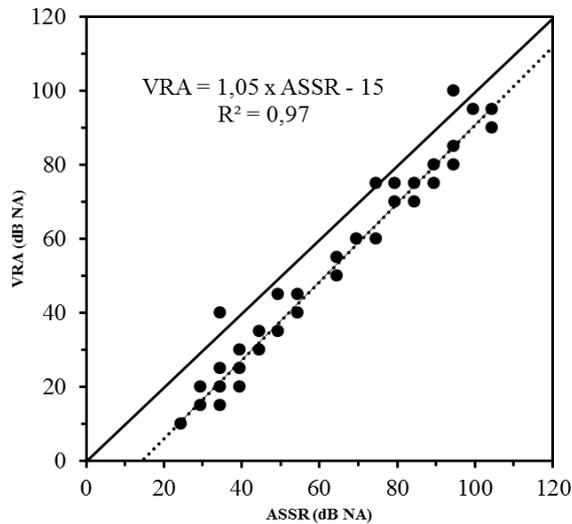
A figura 14 apresenta os gráficos de regressão linear simples correlacionando os limiares obtidos na VRA e RAEE (ASSR) nas frequências de 0,5, 1,0, 2,0 e 4,0 kHz. Observa-se uma relação linear entre os limiares das duas técnicas com inclinação da reta maior para as frequências agudas demonstrando discreta aproximação entre os limiares obtidos na RAEE e na VRA.

Figura 14 – Gráficos de regressão linear simples correlacionando achados da RAEE e da VRA nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz

500Hz



1000Hz**2000Hz**

4000Hz

As estimativas do modelo de regressão linear da VRA, segundo o limiar mínimo da RAEE, podem ser vistas na tabela 6. É possível verificar que matematicamente o modelo foi bem aplicável, fornecendo dados altamente significantes, como demonstra o valor de R². Para todas as frequências encontra-se associação estatisticamente significativa entre os limiares obtidos por audiometria e por RAEE.

Tabela 6 - Estimativas dos modelos de regressão linear simples por frequência

Frequência	Fatores	Estimativa	R ²
0,5 kHz	Intecepto	12	0,98
	Inclinação	0,99	
1,0 kHz	Intecepto	20	0,98
	Inclinação	1,03	
2,0 kHz	Intecepto	16	0,98
	Inclinação	1,03	
4,0 kHz	Intecepto	15	0,97
	Inclinação	1,05	

Para verificar a associação entre os achados das técnicas foram realizados os cálculos de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo a partir da elaboração de uma tabela de contingência que comparasse os achados da VRA com os achados previstos para VRA pela RAEE, considerando-se como normalidade limiares a VRA de até 20 dB NA e a RAEE de até 23 dB NA.

Esses valores de limiar para normalidade da VRA foram escolhidos de acordo com a classificação da OMS (1991) uma vez que a maioria das crianças da amostra ditas normais apresentaram limiares em torno de 20 dB NA, pouco acima do considerado padrão de normalidade segundo a classificação de Northern e Downs (1989), questão que será melhor discutida a frente.

Para a RAEE foi selecionada a intensidade de corte para a normalidade de 23 dB NA (tabela 7), pois a intensidade de 20 dB NA a RAEE ocasionaria um alto percentual de falsos positivos (tabela 8), e a de 28 dB NA um maior índice de falso negativos (tabela 9). Os valores testados situaram-se entre 20 e 29dB NA, pois considerou-se o limite de normalidade de 20dB com a variação dos resíduos de até +9dB.

Foram encontrados altos valores de sensibilidade (capacidade da RAEE de identificar a presença da perda auditiva) e especificidade (capacidade da RAEE de identificar a ausência da perda auditiva) (96%).

O valor preditivo positivo (probabilidade da RAEE achar perda em havendo a perda) foi alto (98%) e o valor preditivo negativo (probabilidade da RAEE dar normal sendo o indivíduo normal), relevante (92%). O percentual de falso positivo (indivíduo normal identificado pela RAEE como tendo perda) foi baixo 4%, bem como de falso negativo (indivíduo com perda identificado pela RAEE como normal), 2%. Demonstrando a efetividade da RAEE em determinar a normalidade e a presença de perda auditiva com a intensidade de ponto de corte para normalidade escolhida.

Tabela 7- Tabela de contingência, comparação dos achados da RAEE (normalidade até 23dB NA) e da VRA (normalidade até 20 dB NA) (n=82)

PERDA		PVRA			
		Sim	Não	Total	
VRA	Sim	55	1	56	Kappa: 0,92
	Não	2	24	26	
	Total	57	25	82	

VRA – Achados da VRA

PVRA – Achados previstos para VRA pela RAEE

VPP – Valor preditivo positivo

VPN- Valor preditivo negativo

F+ - Falso positivo

F- - Falso negativo

Sensib – Sensibilidade

Espec - Especificidade

Sensib	96%
Espec	96%
VPP	98%
VPN	92%

V +	55	98%
V -	24	92%
F +	2	4%
F -	1	2%

Tabela 8- Tabela de contingência, comparação dos achados da RAEE (normalidade até 20dB NA) e da VRA (normalidade até 20 dB NA) (n=82)

PERDA		VRA		
		S	N	T
PVRA	S	56	12	68
	N	0	14	14
	T	56	26	82

VRA – Achados da VRA

PVRA – Achados previstos para VRA pela RAEE

VPP – Valor preditivo positivo

VPN- Valor preditivo negativo

F+ - Falso positivo

F- - Falso negativo

Sensib – Sensibilidade

Espec - Especificidade

Sensib	100%
Espec	54%
VPP	82%
VPN	100%

V +	56	82%
V -	14	100%
F +	12	18%
F -	0	0%

Tabela 9- Tabela de contingência, comparação dos achados da RAEE de normalidade até 29dB NA) e da VRA (normalidade até 20 dB NA) (n=82)

PERDA		VRA		
		S	N	T
PVRA	S	53	0	53
	N	3	26	29
	T	56	26	82

VRA – Achados da VRA

PVRA – Achados previstos para VRA pela RAEE

VPP – Valor preditivo positivo

VPN- Valor preditivo negativo

F+ - Falso positivo

F- - Falso negativo

Sensib – Sensibilidade

Espec - Especificidade

Sensib	95%
Espec	100%
VPP	100%
VPN	90%

V +	53	100%
V -	26	90%
F +	0	0%
F -	3	6%

6.0 DISCUSSÃO

6.1 Do método de coleta utilizado

Este trabalho demonstra resultados obtidos na utilização de uma nova técnica de diagnóstico que vem sendo amplamente estudada, e se encontra em fase de validação. A validação de testes de diagnóstico sem comparação com uma medida de padrão ouro pode incorrer em vícios e superestimar os resultados (OLIVEIRA; GOMES; TOSCANO, 2011).

Dessa forma, foram considerados para a análise os limiares obtidos pela resposta auditiva de estado estável (técnica que se deseja validar) em comparação com os limiares obtidos na audiometria com reforço visual (técnica considerada como padrão ouro), envolvendo crianças com faixa etária compreendida entre 18 e 48 meses.

Ressalta-se que os resultados encontrados refletem as potencialidades, limitações e diferenças das técnicas. Vale ressaltar que a natureza de avaliação das técnicas é diferente, a RAEE de caráter objetivo (eletrofisiológica) em que não se necessita a participação ativa do paciente durante sua realização e a VRA de caráter subjetivo (comportamental) em que para sua execução tem de haver o condicionamento do sujeito sob teste. Outra diferença relevante é o fato da VRA avaliar a função auditiva como um todo e a RAEE especificamente o funcionamento da via auditiva na altura do colículo inferior (FARIAS et al, 2014).

Essas diferenças entre as técnicas também são refletidas na metodologia de aquisição das respostas. Retomando a metodologia utilizada neste estudo, a RAEE foi adquirida com estímulo de tom puro modulado, protocolo de exploração de pesquisa de limiar de natureza ascendente-descendente/descendente-ascendente a passos de 10 dB, com paciente em estado de sono natural. Já a VRA realizada com estímulo de tom puro, pesquisa de limiar a passos de 5 dB, com paciente alerta e colaborativo, condicionado.

Aspectos que por si só já contribuem para que se esperem resultados que difiram dentre as técnicas, mas não elimina que se possam sinalizar semelhanças. Uma vez que ambas se demonstram capazes de mensurar limiares auditivos.

Se considerando o protocolo de exploração utilizado, bem como a metodologia do estudo, podem ter ocorrido alguns vieses. Portanto, alguns comentários a respeito do método são pertinentes.

Ao se observar os perfis individuais dos limiares da VRA, identifica-se que a maioria das crianças ditas normais apresentaram limiares auditivos da VRA discretamente acima (20dB NA) do limite de normalidade (15dB NA) segundo Northern e Downs (1989) para a faixa etária, dentre as frequências testadas (indivíduos de número 32 a 41 apresentados na figura 13).

O que poderia justificar este aumento discreto no limiar seria a idade das crianças da amostra. Lemos et al (2007) referem que crianças mais velhas (3 a 4 anos de idade) ao se submeterem a VRA podem apresentar respostas piores do que o esperado pelo fato de perderem o interesse mais rapidamente pelo reforço visual dado durante a técnica. Acredita-se que nesta faixa etária o reforço já não seria tão atrativo a ponto de manter o interesse na atividade e a criança condicionada.

Outros fatores também podem estar relacionados a este achado, como por exemplo, falha na técnica do condicionamento durante a realização da VRA; habituação de respostas, e presença de ruído ambiental, ocasionando mascaramento das respostas.

Como alternativa poderiam ser adaptadas algumas modificações na técnica a fim de evitar estes resultados falso-positivos, a exemplo: propiciar um intervalo de aproximadamente 10 minutos durante a realização do exame quando for detectada a habituação; utilizar mais de um tipo de reforço durante a fase da pesquisa de limiar propriamente dita, preferencialmente, reforços distintos daqueles utilizados na fase de treinamento. Estas estratégias têm sido

relatadas na literatura como questões que melhoram o condicionamento trazendo respostas mais confiáveis (JAYARAJAN; NANDI; CALDICOTT, 2005).

Vale ressaltar que apesar desta possibilidade de um aumento artificial nos limiares obtidos nas VRA, as respostas da VRA incluídas neste estudo foram consistentes, e o fato de ter sido encontrado tal achado, não põe em risco a confiabilidade dos limiares obtidos, uma vez que estatisticamente, a presença desses falso-positivos no estudo encontra-se previsto dentro do limite de confiança de 95%.

Em geral os limiares da RAEE se situaram acima dos limiares comportamentais (tabela 2, tabela 3, figura 13), entretanto sabe-se que esta diferença não é fixa na amostra, por esse motivo se calcula a média das diferenças entre os limiares obtidos e considera-se um desvio padrão neste valor. Esta diferença de valores de limiar é o que denominamos viés.

Os valores do viés situaram-se entre: 12 ± 4 (500Hz), 18 ± 4 (1000Hz), 14 ± 4 (2000Hz) e 12 ± 5 (4000Hz) (tabela 4), cerca de 10 a 15dB acima dos limiares comportamentais o que condiz com o que vem sendo relatado na literatura (RODRIGUES; LEWIS, 2010; BECK et al, 2014; FARIAS et al, 2014).

Uma questão que poderia justificar estes limiares naturalmente maiores a RAEE em comparação ao VRA, no que concerne a metodologia de aquisição de respostas, se refere ao método aplicado durante a pesquisa de limiar das técnicas. A pesquisa dos limiares no presente estudo para VRA foi realizada a passos de 5dB; enquanto que as medições da RAEE foram realizadas a passos de 10dB.

Esse fato gera um falso aumento de 5dB em aproximadamente metade dos limiares, isto é, naquelas frequências cujo limiar se situa entre os valores correspondentes de 5, 15, 25 dB, etc., mas que não afetaria os outros limiares, cujos valores são de 10, 20, 30 dB, etc. Com isso, o efeito global seria um falso incremento nos limiares da RAEE em torno de 2,5 dB.

Sendo este fenômeno denominado de efeito de magnitude e descrito por Martinez-Benedito et al. (2002).

Além do cálculo das médias das diferenças entre os limiares obtidos nos métodos de avaliação (viés), outra possibilidade de se estimar os limiares da VRA a partir dos limiares da RAEE, é através do modelo de regressão linear simples, por meio do qual é possível identificar a relação entre ambos (figura 14).

De acordo com o demonstrado na tabela 6 e figura 14, pode-se verificar valores de intercepto que se situaram entre 12 (500Hz) e 20 (4000Hz) e valores da inclinação da regressão próximo a um em todas as frequências, bem como coeficientes R^2 entre 0,97 e 0,98, refletindo que os achados da RAEE e VRA são próximos.

A forte correlação entre os achados pode ser explicada pelo maior tempo de registro em busca do limiar eletrofisiológico, com aumento da promediação, melhorando assim a relação sinal ruído e, conseqüentemente, a identificação da resposta durante a aquisição da RAEE, o que pode ter contribuído para diminuir a diferença entre os limiares encontrados pela RAEE e pela VRA. O que já é relatado na literatura (LINS et al, 1995; RODRIGUES; LEWIS, 2010; BECK et al, 2014).

Entretanto, uma curiosidade que deve ser mencionada nesta discussão é que, embora o modelo de regressão linear utilizado para a análise dos dados tenha se mostrado estatisticamente significativo, e que este modelo preveja a variabilidade da amostra, observou-se neste estudo valores previstos do limiar de audiometria proporcionais aos valores mínimos da RAEE, de modo que se verificam diferenças entre os limiares da VRA e RAEE praticamente constantes independentemente do grau da perda auditiva (figura 14). Tal achado não corrobora a literatura vigente onde são descritas diferenças gradativamente menores de limiar entre os métodos de avaliação com o aumento dos limiares auditivos dos sujeitos sob teste (RANCE et al, 2005; DUARTE, 2007).

Atribui-se esse comportamento de aproximação dos limiares da RAEE e da VRA a medida que aumentam os limiares dos sujeitos sob teste ao fenômeno de recrutamento, presente em indivíduos com perda auditiva sensorineural.

Lins et al (1995) e Farias et al (2014) sugerem que em protocolos em que se utilizem tempos de promediação estendidos esse comportamento da diferença entre os limiares não ocorreria, se mantendo a diferença proporcional, independentemente do grau de perda auditiva o que condiz com o comportamento das diferenças de limiares encontrados no presente estudo.

Outra questão que poderia ter contribuído para a proximidade do achado da VRA e da RAEE seriam as diferenças metodológicas no que se refere ao tipo de cabina acústica utilizada e/ou tipo de estímulo visual apresentado, além da utilização de mais de um tipo de reforço, o que refletiria em melhores respostas a VRA e uma aproximação dos valores de limiar obtidos na técnica comportamental e na eletrofisiológica.

No estudo de Vieira e Azevedo (2007) o estímulo visual apresentado correspondeu a três pontos luminosos vermelhos, já no presente estudo utilizaram-se brinquedos luminosos e distintos, o que favorece a manutenção do interesse na atividade e a consequente melhoria das respostas. Segundo Schmida; Peterson; Tharpe (2003) e Jayarajan; Nandi; Caldicott (2005) é mais estimulante para a população pediátrica o uso de brinquedos luminosos e/ou animados, assim como o uso de imagens.

6.2 Dos resultados

A ferramenta mais eficiente para a avaliação audiológica em termos de duração e acurácia ainda continua sendo a audiometria tonal. Entretanto, os estudos sobre a RAEE vêm enfatizando o seu valor clínico como uma ferramenta importante para se traçar, de forma objetiva, um perfil audiométrico semelhante a audiometria tonal liminar, propiciando assim que crianças pequenas e pouco cooperantes ou de difícil testagem se beneficiem da sua utilização.

O propósito desse estudo foi avaliar como os limiares eletrofisiológicos obtidos pela RAEE podem estimar os limiares comportamentais obtidos pela VRA em crianças de 6 a 48 meses. Sendo assim, os achados da RAEE de todas as 41 crianças participantes foram comparados com os da audiometria condicionada englobando 82 orelhas, uma vez que durante a VRA foram utilizados fones TDH39, separando os resultados das orelhas.

O fato das crianças terem permitido a utilização de fones para execução do VRA se deu pela idade das crianças avaliadas, entre 18 e 48 meses, sendo mais fácil nessa faixa etária a aceitação da colocação dos fones durante a testagem da audiometria condicionada (RANCE et al., 1995; RANCE et al., 1998; LUTS, et al., 2004; ATTIAS et al., 2006; HAN; MO; LIU, 2006; RODRIGUES; LEWIS, 2010).

Entretanto, no presente estudo não foram analisados os limiares segundo a idade, por não haver grande variabilidade na idade da amostra, sendo em sua maioria crianças mais velhas, com média de idade de 39,7 meses (tabela 1). Outros estudos refletem sobre esta relação, mas referem não haver diferença estatisticamente significativa nos achados de limiar por faixa etária para a VRA (GRAVEL; HOOD, 2001; PARRY et al, 2003; LEMOS et al., 2007)

A variável sexo foi analisada apenas de forma descritiva no presente estudo não sendo correlacionada aos limiares encontrados, sendo a população composta por 68,3% (n=28)

indivíduos do sexo masculino e 32,7% (n=13) do sexo feminino (tabela 1). A literatura relata não haver relação entre gênero e os limiares encontrados nas técnicas (FERRAZ; FREITAS; MARCHIORI, 2002; CALIL, 2006; PICTON; VAN ROON; JOHN, 2009).

Entretanto, observa-se uma ligeira tendência de as crianças do sexo feminino apresentarem limiares melhores que as crianças do sexo masculino. As respostas auditivas de estado estável tendem a ter latências menores e amplitudes maiores para os sujeitos do sexo feminino. O pequeno tamanho da cabeça e o menor comprimento da via auditiva ocasionariam uma latência menor e um aumento na descarga da sincronização das fibras (PICTON; VAN ROON; JOHN, 2009).

Com relação aos valores individuais dos limiares eletrofisiológicos e comportamentais encontrados para cada frequência (Figura 13), em geral os limiares a RAEE foram superiores aos encontrados a VRA, à exceção de: indivíduo 4(OD, 4KHz), indivíduo 20 (OE, 4KHz) e indivíduo 26 (OE, 4KHz).

Pode-se atribuir este achado a idade das crianças sob teste, 48 meses. Acredita-se que crianças mais velhas podem ter respostas piores a VRA, pois o reforço visual nesta faixa etária já não seria atrativo o suficiente para manter as crianças com uma participação ativa até o fim da testagem. Geralmente a frequência de 4KHz é a penúltima frequência testada em cada orelha durante a avaliação e a orelha esquerda a última orelha de avaliação, o que pode ter justificado estes achados (Lemos et al, 2007).

Ao se observar as médias dos limiares obtidos a VRA e a RAEE no presente estudo nota-se que os limiares eletrofisiológicos se situaram acima dos comportamentais (tabelas 2,3).

É descrito na literatura que métodos eletrofisiológicos tendem a apresentar limiares superiores aos métodos comportamentais devido a sua natureza diferenciada de avaliação, isso se daria pelo fato da RAEE avaliar o especificamente o funcionamento da via auditiva na

altura do colículo inferior e a VRA a função auditiva como um todo, e que essa grandeza giraria em torno de até 30 dB (PICTON et al, 2005).

Outra questão é a metodologia de aquisição diferenciada dentre as técnicas, a exemplo o tipo de estímulo utilizado a RAEE, o tom puro modulado. Há estudos na literatura que relatam a realização de VRA com estímulos de tom puro modulado, o mesmo estímulo utilizado na RAEE no presente estudo.

Vieira e Azevedo (2007) descreveram níveis mínimos de resposta considerada dentro da normalidade para a VRA entre 20 a 40 dB NA para tom puro modulado, em crianças entre 6 e 34 meses e no estudo de Lemos e colaboradores (2007) os níveis obtidos variaram de 28 a 32 dB NA para a faixa etária de 6 a 24 meses.

Os limiares a RAEE para os indivíduos normais do presente estudo (figura 13, indivíduos 32 a 41) situaram-se entre 15 e 45 dB NA, o que se situa dentro do descrito pela literatura. Swanepoel; Steyn (2005), encontraram, em um estudo com um grupo de crianças com audição normal, limiares da RAEE entre 20 e 50 dB. Rance; Rickards (2002); Rickards et al. (1994) obtiveram limiares da RAEE em crianças com audição normal entre 25 e 40 dB.

Estes valores são observados em ambas as modalidades da RAEE, monótica e dicótica (JOHN et al., 2004; LINS; PICTON; BOUCHER, 1996). Há uma tendência, por outro lado, segundo os mesmos autores, de os limiares da RAEE melhorarem com a idade, assim como ocorre com a resposta comportamental, em virtude do desenvolvimento maturacional (DIMITRIJEVIC et al, 2002; RANCE et al, 2005; DUARTE et al, 2008).

No presente estudo ao observar os limiares dos indivíduos com perda auditiva (figura 13, indivíduos 1 a 31), nota-se limiares eletrofisiológicos com valores acima dos comportamentais o que corrobora o relatado na literatura (RANCE ET AL, 2005; PICTON ET AL, 2005; RODRIGUES; LEWIS, 2010).

Diante disso poder-se-ia pensar que a RAEE superestima as perdas auditivas e pode classificar indivíduos normais como perda auditiva, ao se considerar que os limiares eletrofisiológicos do presente estudo foram superiores aos comportamentais em indivíduos normais e com perdas e que os indivíduos normais tiveram limiares a RAEE de 45 dB NA em algumas frequências testadas, ao se considerar os limiares obtidos nos perfis individuais (figura 13). O que se fossemos classificar segundo Northern e Downs (1989), os indivíduos normais poderiam estar dentro de perdas moderadas.

Lins et al (1995), entretanto, discute melhor esta questão afirmando que não é o fato de superestimar a perda, mas simplesmente o fato de se tratar de um método de natureza diferente do comportamental e, portanto, medir as perdas auditivas de uma forma diferenciada. Devendo posteriormente ser sugerida uma classificação diferenciada quanto ao grau de perda auditiva para a RAEE que leve em conta os valores de viés e variabilidade, para que se possa considerar os achados da técnica isoladamente para efeito diagnóstico.

6.2.1 Diferença entre os limiares (RAEE – VRA)

É fato que as diferenças entre os limiares das duas técnicas existam, uma vez que consistem em métodos de avaliação distintos cada qual com sua característica própria. Alguns aspectos inerentes à natureza de avaliação e a própria metodologia aplicada tem relação direta com a diferença dos achados dentre as técnicas.

Geralmente os limiares eletrofisiológicos são superiores aos comportamentais. A explicação para estas diferenças considera-se inerente à técnica de promediação para se extrair o potencial evocado do ruído (PEREZ-ABALO et al., 2001). Ou seja, a RAEE necessita de um tempo de promediação maior, principalmente em crianças mais velhas que têm maior dificuldade de cessar os movimentos e relaxar, o que ocorreu no presente estudo, cuja média de idade foi de 39,7 meses, de modo que se observa uma clara tendência da técnica RAEE apresentar limiares superiores aos valores da VRA, e limiares elevados, em alguns momentos, para níveis acima da normalidade, (MARTÍNEZ-BENEITO, 2002; HAN; MO; LIU, 2006; SANTOS, 2010).

Entretanto, observou-se neste estudo que, em alguns casos, os limiares da RAEE foram melhores que os da VRA, resultando, pois, em um valor negativo na diferença entre ambos os limiares (tabela 4). Esses achados também foram relatados em outros estudos que comparam as RAEE com a VRA (CONE-WESSON, 2002; HAN; MO; LIU, 2006; SANTOS, 2010).

Uma possível consideração a ser feita em relação a tais achados refere-se ao fato de que na avaliação comportamental de crianças, há uma probabilidade de os resultados encontrados serem mais elevados do que os verdadeiros limiares auditivos, devido à maturação das respostas com o desenvolvimento das habilidades auditivas e motoras (HAN; MO; LIU, 2006; SANTOS, 2010).

Na técnica da VRA mais importante que a orientação é a habilidade de detecção do som. Logo, a necessidade de maior tempo de condicionamento, o cansaço, a agitação e o tempo de atenção reduzido com necessidades de maior número de interrupções no exame, são fatores que influenciam os limiares obtidos, ainda que não inviabilizem o procedimento.

Com relação às diferenças médias entre os limiares eletrofisiológicos e comportamentais, verificou-se neste estudo que se apresentaram até 18 dB (IC 10 a 26) havendo um comportamento semelhante da diferença entre os limiares tanto para indivíduos normais quanto com perda auditiva (tabela 4, figura 14). Diferenças médias similares foram relatadas por outros estudos: Aoyagi et al (1994) encontraram diferenças de 4 a 16 dB; Rance; Rickards (2002) observaram diferenças de 10 a 15dB.

Esta diferença média está dentro da margem esperada, uma vez que se encontra inferior ao limite descrito pela literatura de cerca de 30dB (PICTON et al., 2005; PICTON; VAN ROON.; JOHN, 2007).

Por outro lado, diferentemente do que foi encontrado neste estudo, Rance et al. (2005) relataram diferenças médias superiores entre os limiares da RAEE e VRA, 22 a 31dB estas diferenças deram-se possivelmente pela promediação aplicada, que foi mais curta. Quanto maior a promediação melhor a relação sinal ruído e mais fácil a identificação de respostas pelas RAEE diminuindo-se a relação de diferença entre os limiares da RAEE e da VRA.

Contudo Luts et al. (2004) verificaram que as diferenças variaram de -2 a 4dB, e Rodrigues; Lewis (2010) encontraram diferenças entre 2 e 4dB, ambas menores que o presente estudo dentre os métodos de avaliação. O que possivelmente se deu pelo fato destes estudos serem com populações com perda auditiva. Estudos têm demonstrado diferenças menores entre os limiares tonais e RAEE quando há perda auditiva, sendo esta diferença menor quanto maior o grau de perda auditiva (RANCE, et al., 1995; RANCE; RICKARDS,

2002; RANCE; BRIGGS, 2002; RANCE et al, 2005; ATTIAS, et al., 2006; DUARTE et al, 2008).

Vale ressaltar, todavia, que segundo Lins et al (1995) e Santos (2010) esta diminuição da diferença entre os limiars se daria devido ao fenômeno do recrutamento, presente em indivíduos com perda auditiva sensorioneural e que se modificando o protocolo de aquisição ampliando a promediação este fenômeno não ocorreria.

No presente estudo este fenômeno de aproximação dos limiars comportamentais e eletrofisiológicos a medida que aumenta o grau da perda auditiva não foi observado. Outra justificativa para o ocorrido reside no fato de a população estudada ter realizado VRA com fones.

Acredita-se, pois, que ao alcançar a especificidade de orelha, através do uso de fones, obtém-se uma diferença maior entre as técnicas eletrofisiológica e comportamental, de forma semelhante ao que vem sendo observado nos estudos sobre RAEE e audiometria tonal liminar convencional.

A predisposição de melhores limiars na técnica da VRA com fones pode explicar tal comportamento de manutenção da diferença dos limiars não havendo aproximação dos limiars com o aumento do grau da perda. Fato este que vem sendo relatado na literatura (BECK et al, 2014; FARIAS et al, 2014).

Com relação ao comportamento da média das diferenças entre a RAEE e a VRA dentre as frequências estudadas houve uma discreta aproximação nos valores para frequências agudas. Assim como demonstra a figura 14, há uma inclinação da reta maior para os agudos, observando-se uma aproximação entre os valores dos limiars da VRA e da RAEE ao se considerar as frequências de 2 e 4KHz.

Isto indica que os limiars da RAEE são ligeiramente mais próximos dos limiars da VRA para estímulos de frequências agudas. A presença deste efeito pode ser fator

desencadeante para provocar um maior slope (inclinação), através da equação da regressão linear, para as frequências agudas. Este resultado tem sido demonstrado por Rance et al. (1995), Lins, Picton e Boucher (1996), Perez-Abalo et al. (2001), Picton et al. (2005) e Duarte (2007).

Ainda com relação às diferenças médias entres os limiares da RAEE e da VRA, estudos relataram uma maior diferença para as frequências de 500 e 4000Hz (HERDMAN; STAPPELLS, 2001; DIMITRIJEVIC et al., 2002; LUTZ; WOUTERS, 2004; JOHN et al., 2004; ATTIAS et al., 2006).

Este achado, no entanto, não foi observado neste estudo. Em média, foram observadas respostas mais elevadas para as frequências de 500 Hz e 1000 Hz quando comparadas às demais frequências analisadas. Esta discrepância também tem sido relatada em estudos anteriores e vários fatores contribuem para este fenômeno (PEREZ-ABALO et al., 2001; SWANEPOEL, HUGO; ROODE, 2004; PICTON et al., 2005; HAN; MO; LIU, 2006; RODRIGUES; LEWIS, 2010).

O principal motivo para este tipo de achado deve-se possivelmente a própria característica intrínseca da técnica, ou seja, a resposta nas frequências agudas é mais clara e mais próxima do limiar por motivos fisiológicos de forma similar ao que ocorre no potencial evocado auditivo de tronco encefálico (RODRIGUES; LEWIS, 2010).

Há uma ativação neural diferenciada quanto à frequência de 500 Hz. Existe uma maior dispersão na fase dos neurônios respondendo a essa frequência, que é provocada pela mudança lenta da onda sonora na membrana basilar, atingindo uma região mais ampla na cóclea. O resultado é uma diminuição da amplitude no registro do sinal, que também tem sido relatada para os potenciais evocados auditivos de tronco encefálico por frequência específica em 0.5 kHz (LINS; PICTON; BOUCHER, 1996; STAPPELLS; GRAVEL; MARTIN, 1995; DIMITRIJEVIC et al., 2002; RODRIGUES; LEWIS, 2010).

Outros fatores têm sido considerados, entre eles a presença de ruído eletrofisiológico nas frequências baixas devido ao predomínio do mesmo em graves (PICTON et al., 2005), assim como o efeito mascarante ocasionado pelo ruído ambiental sobre estas frequências nos estudos cujos dados foram coletados em ambientes não tratados acusticamente (LINS et al., 1996; RANCE; TOMLIN, 2006).

6.2.2 Variabilidade da diferença

Tão importante quanto a diferença é a variabilidade desta diferença ou desvio padrão, ou seja, o quanto os valores obtidos pelas diferenças entre os limiares variam em torno da média. Em geral, estudos que buscaram um padrão de normalidade para as respostas em 500, 1000, 2000 e 4000 Hz da RAEE em crianças, com audição normal ou próximo da normalidade, descrevem grande variabilidade entre os limiares tonais e as respostas da RAEE (RANCE, 1995; LINS; PICTON; BOUCHER, 1996; RANCE; RICKARDS, 2002; RANCE et al, 2005; CALIL, 2005; ATTIAS, 2006; FARIAS et al, 2014), variabilidade esta também observada no presente estudo. Os desvios padrão das médias das diferenças variaram de 5 dB (tabela 4), concordando com o estudo de Calil (2006), no qual foi observado uma variação de 5.4 a 12.6 dB.

Os limites de concordância encontrados no estudo apontam que em 95% dos casos, para essa amostra em particular, os “reais” limiares da VRA, que são obtidos a partir dos limiares da RAEE após a retirada do viés (média das diferenças) por frequência (entre 12 e 18dB), estarão cerca de 10 dB acima e abaixo do limiar (resíduo) estimado para cada frequência avaliada (tabela 5). Outros estudos recentes que utilizaram uma metodologia semelhante a este também referiram que os limiares da RAEE se encontram em média de 10 a 15dB acima dos limiares comportamentais (RODRIGUES; LEWIS, 2010; CHOU et al, 2012; BECK et al, 2014; FARIAS et al, 2014).

6.2.3 Associação entre os achados da RAEE e da VRA

Para se validar uma nova técnica de diagnóstico é fundamental compará-la a uma outra técnica considerada padrão ouro. Neste estudo comparamos a RAEE ao padrão ouro VRA. Houve elevada associação entre os achados de ambas as técnicas o que se refletiu em um coeficiente kappa de 0,92 e ao teste exato de Fisher um $p < 0,001$, bem como em valores de sensibilidade e especificidade altos para a RAEE (96%), além de um índice baixo de falso positivos (4%) e falso negativos (2%), (tabela 7). Desta forma a resposta auditiva de estado estável se demonstrou uma ferramenta efetiva na identificação de perda auditiva e normalidade para a faixa etária estudada.

Vale ressaltar que para se calcular a associação, se comparou os achados da VRA com os achados previstos para VRA pela RAEE, sendo considerado como limite de normalidade 20 dB NA para VRA, um pouco acima do considerado normal segundo a classificação de Northern e Downs. Isto se deu porque a maioria das crianças ditas normais deste estudo apresentou limiares em cerca de 20 dB NA, se optando, portanto, em utilizar a classificação de normalidade da OMS (1991).

Para a RAEE foi considerada ponto de corte para normalidade a intensidade de 23 dB NA, por este valor apresentar os melhores índices de associação (tabela 7,8,9). Entretanto ao se considerar esta intensidade de corte como normalidade, sendo de fato a normalidade pela classificação da OMS (1991), em 20 dB NA, pode em alguns momentos fazer com que indivíduos com perda discreta a leve segundo a classificação de Northern e Downs (1989) sejam classificados pela RAEE como normais.

Pois não se pode esquecer que ainda temos que lidar com resíduos de até ± 9 dB na relação de limiares entre as técnicas, bem como considerar que a VRA é avaliada a passos de 5dB e a RAEE a passos de 10dB. Contudo, mesmo considerando a possibilidade de alguns indivíduos com perda discreta a leve serem classificados a RAEE como normais, isto se daria

em cerca de 2% dos casos, uma vez que este foi o índice de falso negativos para a amostra, dentro do ponto de corte escolhido para a RAEE (23 dB NA), que é consideravelmente baixo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Estudar a avaliação audiológica de bebês e crianças pequenas tem sido um desafio, principalmente se for considerar que a perda auditiva ainda constitui um sério problema de saúde pública, apesar de seu prognóstico ser favorável quando há uma identificação precoce e uma adequada intervenção multidisciplinar.

Os achados reforçam que a utilização da RAEE é viável em lactentes e crianças pequenas possibilitando a caracterização da configuração audiométrica. A sua inclusão no diagnóstico audiológico de crianças é de grande valor especialmente para crianças de difícil testagem e para crianças cujos resultados auditivos comportamentais não são de orelhas específicas.

A análise dos resultados demonstrou que a técnica da RAEE possibilita estimar os limiares auditivos, de forma objetiva, em ambas as orelhas, simultaneamente nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz, com uma considerável correlação com os limiares psicoacústicos.

Em média, foram observados limiares eletrofisiológicos maiores que os limiares comportamentais. Utilizando os limites de concordância estabelecidos, foi possível verificar após a correção do viés, uma discrepância entre a RAEE e VRA com fones de até ± 10 dB.

No presente estudo foram encontrados altos valores de sensibilidade e especificidade para a RAEE, em cerca de 96% o que a coloca como uma técnica capaz de identificar de forma efetiva a presença de perda auditiva e a normalidade para a faixa etária estudada.

Entretanto, considerando a avaliação de associação entre as técnicas deste estudo, limiares da RAEE para crianças com audição normal podem ser registrados com grau de perda auditiva discreta a leve, ao se considerar o ponto de corte para normalidade a RAEE (23 dB NA). Esta elevação sugere, pois, dificuldades na diferenciação entre audição normal e perda auditiva leve em crianças pequenas com os dados exclusivos da RAEE.

Sabe-se que os testes de diagnóstico não são perfeitos, mas existe uma probabilidade de acerto. Dessa forma, sugere-se a necessidade de mais investigações que visem a acurácia da RAEE quanto à sua sensibilidade para perda auditiva de diversos graus em crianças a fim de que possa ser implementada na avaliação clínica baseada em evidências. É importante também o estabelecimento de critérios mínimos necessários para o planejamento e aplicação de protocolos com fins de padronização, contribuindo com a validação diagnóstica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. (1996). **Specifications for Audiometers**. (ANSI S3-6 – 1996), New York. ANSI.

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

AGOSTINHO, C.V.; AZEVEDO, M.F. Audiometria com reforço visual com fones em crianças de 5 a 16 meses de idade. **R. Fono Atual**, São Paulo, v. 32, n.8, p. 25-32, 2005.

ATTIAS, J et al. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensorineural hearing loss or auditory neuropathy. **Ann Otol Rhinol Laryngol.**, v.115, n. 4, p.268-276. 2006.

BECK, R. M. de Oliveira et al. Comparative study between pure tone audiometry and auditory steady-state responses in normal hearing subjects. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*, v. 80, n. 1, p. 35-40, 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 793, de 24 de abril de 2012. [acesso em 02 ago 2012]. Disponível em http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2012/prt0793_24_04_2012.html

CALIL, D. B. Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência neurossensorial. 2005. 78f. **Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia)** – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.

CALIL, D. B.; LEWIS, D. R.; FIORINI, A. C. Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes. **Distúrbios da Comunicação**. São Paulo, v. 18, n. 3, p. 391-401, Dezembro. 2006.

CBPAI COMITÊ BRASILEIRO SOBRE PERDAS AUDITIVAS NA INFÂNCIA: Período neonatal. **J.Cons. Fed. Fonoaudiol.**, n. 5, p. 3-7, 2000.

CHOU, Y.F. Using multi-stimulus auditory steady-state response to predict hearing thresholds in high-risk infants. **Eur Arch Otorhinolaryngol**, v. 269, n. 1, p. 73-79.

CONE-WESSON, B., et al. The auditory steady-state response: comparisons with the auditory brainstem response. **J. Am. Acad. Audiol.** v. 13, n.4, p.173-87. 2002.

CORREA, B. M. et al. Triagem auditiva: concordância entre os métodos comportamental e objetivo. **Rev. CEFAC, São Paulo**, v. 14, n. 1, 2012.

COSETTI, M.; ROLAND, J.T. Cochlear Implantation in Very Young Child: Issues Unique – 1 population. **Trends in amplification**, v. 14, n. 1, p. 46-57, 2010.

DA SILVA, D.T. C.; LEWIS, D. R.. Epidemiologia Descritiva da Deficiência Auditiva na Infância. **Distúrbios da Comunicação**. v. 25, n. 1, 2013.

DIDONÉ, D. D. et al. Acompanhamento do desenvolvimento da função auditiva em crianças sem e com indicadores de risco para a surdez. **Distúrbios da Comunicação**. v. 23, n. 3, 2011.

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

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

FARIAS, V. B. de et al. Correlação dos achados do potencial evocado auditivo de estado estável e da avaliação auditiva comportamental em lactentes com perda auditiva sensorioneural. *Codas*. São Paulo. Vol. 26, n. 3 (2014), p. 226-230., 2014.

FERRAZ, O. B.; FREITAS, S. V.; MARCHIORI, L. L. M. Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. v.68, n.4, p.480-486, julho/agosto. 2002.

GHANNOUM ET AL. Prediction Of Hearing Threshold In Infants And Children: Comparison Of Auditory Steady- State Response, Auditory Brain Stem Response And Behavioral Test Methods. **Revista Egyptian ORL Society**. v. 25, n.1, 2009.

GRAVEL, J. S. HOOD, L. J. Avaliação audiológica infantil. In: MUSIEK, F. E.; RINTELMANN, W. F. **Perspectivas atuais em avaliação auditiva**. São Paulo: Manole, 2001. p. 301-322.

GRIZ, S. M. S. et al. Triagem auditiva neonatal: necessidade de divulgação para profissionais de enfermagem. *Revista de Ciências Médicas*, v. 24, n. 1, 2015.

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

HERDMAN, A. T., STAPELLS, D. R. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. **Scand Audiol**. v.30, n.1, p. 41–49. 2001.

HOSHINO, Ana Cristina Hiromi et al. Evolução audiométrica em usuários de implante coclear multicanal. **Revista CEFAC**, v. 15, n. 2, p. 297-304, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (1994). **Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and insert earphones**. (ISO 389-2 – 1994), Geneva, Switzerland. ISO.

JERGER, J. ; HAYES, D. The cross-check principle in pediatric audiometry. **Arch Otolaryngol**.,v. 102, p. 614-620, 1976.

JAYARAJAN, V.; NANDI, R.; CALDICOTT, B. An innovation in insert visual reinforcement audiometry in children. **J. Laryn Otol.**, v. 199, n. 2, p. 132-133, feb. 2005.

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

JOINT COMMITTEE ON INFANT HEARING. 2000 Position Statement: principles and guidelines for early hearing detection and interventions programs. **Pediatrics**, v. 106, n.4, p. 798- 817.

JOINT COMMITTEE ON INFANT HEARING 2007 Position Statement: Principles and Guidelines for Early Hearing Detection and Intervention Programs. **Pediatrics**, v. 120, p. 897-922.

KORCZAC, P. Auditory Steady-State Responses. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 23, n. 3, p. 146-170, March, 2012.

LEE, C.Y. et al. Effects of age and degree of hearing loss on the agreement and correlation between sound field audiometric thresholds and tone burst auditory brainstem response thresholds in infants and Young children. **J Formos Med Assoc**, Taiwan, v. 107, n. 11, p. 869-875, 2008.

LEMOS, I. C. C., et al. Avaliação do nível mínimo de audição em lactentes de seis a 24 meses por meio do reforço visual. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**. v. 12, n. 2, p.86-91.2007.

LÍDEN, G.; KANKKUNNEN, A. Visual reinforcement audiometry. **Acta. Otolaryngol.** v. 67, n. 2, p. 281-292, jun. 1969

LINARES, A. E. Correlação do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável com outros achados em audiologia pediátrica [tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

LINS, O. G. **Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral**. 2002.112p. Tese (Doutorado em Medicina), Esclola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.

LINS, O. G.; PICTON, T. W. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. **Electroencephalogr Clin Neurophysiol.** v. 96, n. 5, p. 420-432, Sep.1995.

LINS, O. G.; PICTON, T. W.; BOUCHER, B. L. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. **Ear Hear.** v.17, n. 2, p. 81-96. 1996.

LINS, O. G. **Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral**. 2002.112p. Tese (Doutorado em Medicina), Esclola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.

LUTS, H., et al. Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. **Int J Pediatr Otorhinolaryngol**, v.68, n.7, p.915-926, Feb. 2004.

LUTS, H.; WOUTERS, J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state responses: the influence of test duration. **Int J Audiol.** v. 43, n.8, p. 471-478. 2004.

MARTÍNEZ-BENEITO, P., et al. Potenciales evocados auditivos de estado estable a multifrecuencia como técnica de determinación de umbrales auditivos. **Acta Otorrinolaringol Esp.** v. 53, p. 707-717. 2002.

NATIONAL CENTER FOR HEARING ASSESSMENT AND MANAGEMENT – NCHAM. Utah State University, 2003. Available from: <http://www.infantheating.org>(Jul.2003)

NETER, J. et al. **Applied Linear Statistical Models** (4th ed), New York, WCB/McGraw-Hill, 1996.

NHSP Clinical Group. STEVENS, J; BRENNAN, S; LIGHTFOOT, G. Provisional Guidelines for using Auditory Steady State Responses in babies: Suggested parameter values for recording frequency-specific ASSR using Natus Biologic MASTER/GSI Audera/ICS CHATR EP 200/Interacoustics Eclipse systems. **Antenatal and Newborn Screening Programmes.** 2009.

NORTHERN, J. L.; DOWNS, M. P. **Audição em Crianças.** São Paulo: Manole, 1989. p. 247 – 296.

NOVAES, B.C.A.C et al. Fatores determinantes no desenvolvimento de habilidades comunicativas em crianças com deficiência auditiva. **J Soc Bras Fonoaudiol.** v. 24, n. 4, p. 355-341, 2012.

OLIVEIRA, C. S. et al. Prevalence of risk indices for hearing loss in 'failure' results of newborn hearing screening. **Revista CEFAC,** v. 17, n. 3, p. 827-835, 2015.

OLIVEIRA, M. R. F de; GOMES, A.C.; TOSCANO, C. M. QUADAS y STARD: evaluación de la calidad de estudios de precisión de pruebas diagnósticas. **Rev. Saúde Pública,** São Paulo , v. 45, n. 2, p. 416-422. 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Relatório do Grupo Informal de Planejamento e Programação de Prevenção de Surdez e Perda Auditiva. Genebra, OMS, 1991.

OTUBO, Karina Aki; LOPES, Andréa Cintra; LAURIS, José Roberto Pereira. An audiological analysis of music students in Brazil. **Per Musi,** n. 27, p. 141-151, 2013.

PARRY, G. et al. Minimal response levels for visual reinforcement audiometry in infants. **Int. J. Audiol.** v. 42, n.7, p. 413-417. 2003.

PEREZ-ABALO, M. C., et al. Steady state responses to multiple modulated tones: an optimized method to test frequency- specific thresholds in hearing- Impaired children and normal-hearing subjects. **Ear Hear.** v. 22, p.200-211. 2001.

PICTON, T. W., et al. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol.** v.16, n.3, p.140–156. 2005.

PICTON, T. W., VAN ROON, P.; JOHN, M. S. Human auditory steady-state responses during sweeps of intensity. **Ear Hear.** v. 28, n.4, p. 542-557. 2007.

PICTON, T. W.; VAN ROON, P.; JOHN, M. S. Multiple auditory steady state responses (80–101 Hz): effects of ear, gender, handedness, intensity and modulation rate. **Ear Hear.** v. 30, n.1, p.100-109. 2009.

PINTO, D. G.; GRIZ, S.M.S.I; LINS, O. G. Neonatal hearing screening using auditory steady state responses with amplitude modulated white noise stimuli. **Revista CEFAC**, v. 14, n. 3, p. 383-389, 2012.

PUPO, A.C.; BALIEIRO, C.R.; FIGUEIREDO, R.S. DE L. Estudo Retrospectivo de Crianças e Jovens com Deficiência Auditiva: Caracterização das Etiologias e Quadro Audiológico. **Rev CEFAC**, São Paulo, v.10, n.1, 84-91, jan-mar, 2008.

RAMOS, H. F. Avaliação da audição residual em candidatos a implantes coclear através da resposta auditiva de estado estável. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2013.

RAMOS, N.; ALMEIDA, M. G.; LEWIS, D. R. Correlação dos achados do PEATE-FE e da avaliação comportamental em crianças com deficiência auditiva. **Rev CEFAC**, v. 15, n. 5, p. 796-802, 2013.

RAMOS, S. S. G. H.F.; EDIGAR, R. M. de O. B.; SIH, R. de A. T. Avaliação da perda auditiva na infância-Atualização Evaluation of hearing loss in childhood-An update. **CONSELHO EDITORIAL EDITORIAL BOARD**, v. 50, n.4, p. 325, 2012.

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

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

RANCE, G., BRIGGS, R. J. Assessment of hearing in infants with moderate to profound impairment: the Melbourne experience with auditory steady-state evoked potential testing. **Ann Otol Rhino Laryngol Suppl.** v.189, p.22–28. 2002.

RANCE, G.; RICKARDS, F. Prediction of Hearing Threshold in Infants Using Auditory Steady-State Evoked Potentials. **J Am Acad Audiol.** v. 13, n. 5, p. 236-245, May. 2002.

RANCE, G., et al. Hearing thresholds estimation in infants using auditory steady-state responses. **J Am Acad Audiol.** v. 16, n.5, p. 291-300. 2005.

RANCE, G.; TOMLIN, D. Maturation of auditory steady-state responses in normal babies. **Ear and Hear.** v.27, n. 1, p. 20–29. 2006.

RICKARDS, F. W., et al. Auditory steady-state evoked potential in newborns. **Br J Audiol.** v. 28, p. 327-337. 1994.

RODRIGUES, G.R.I.; LEWIS, D.R. Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com perdas auditivas cocleares. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, v.22, n.1,p.37-42, 2010.

RODRIGUES, G.R. I.; LEWIS, D. R.; FICHINO, S. N.. Steady-state auditory evoked responses in audiological diagnosis in children: a comparison with brainstem evoked auditory responses. **Brazilian journal of otorhinolaryngology**, v. 76, n. 1, p. 96-101, 2010.

SANTOS, A.G.A dos. Respostas auditivas de estado estável em crianças de 6 a 48 meses com audição normal. 71f. [Tese de Doutorado]. Universidade Federal de Pernambuco: Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento. 2010.

SCHIMIDA, M. J.; PETERSON, H. J.; THARPE, A. M. Visual reinforcement audiometry using digital video disc and convencional reinforcers. **Am. J. Audiol.**, v. 12, n. 1, p. 35-40, jun. 2003.

STAPELLS, D. R.; GRAVEL, S. G.; MARTIN, B. A. Thresholds for auditory brain stem responses to tones in notched noise from infants and young children with normal hearing and sensorineural hearing loss. **Ear and Hearing**. v. 16, n. 4, p. 361-371. 1995.

SWANEPOEL, D.; HUGO, R.; ROODE, R. Auditory Steady-State Responses for Children with Severe to Profound Hearing Loss. **Arch Otolaryngol Head Neck Surg**. v.130, p. 531-535. 2004.

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

TLUMAK, A. I. et al. 80 Hz auditory steady-state responses (ASSR) at 250 Hz and 12,000 Hz. **Int J Audiol**, v. 46, n. 1, p.26-30,2007.

VANDER WERFF, K. R., et al. Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children. **J. Am. Acad. Audiol**. v.13, n.5, p.227-35. 2002.

VERSOLATTO-CAVANAUGH, Maria Carolina et al. Audiometria de reforço visual em crianças de cinco a nove meses de idade: repercussões do desenvolvimento sensório motor e características individuais. **Distúrbios da Comunicação**. v. 21, n. 2, 2009.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO
COMPORTAMENTO

Fone: 2126 8539 - Coordenação

ANEXO A

Classificação do nível de audição em crianças para as frequências de 500, 1000 e 2000Hz

Classificação	Média das frequências de 500, 1000 e 2000Hz
Normal	0-15dB NA
Discreta	16-25 dB NA
Leve	26-40 dB NA
Moderada	41-70 dB NA
Severa	71-90 dB NA
Profunda	Maior que 91 dB NA

Fonte: NORTHERN, J. L.; DOWNS, M. P. **Audição em Crianças**. São Paulo: Manole, 1989. p. 247- 296.

Classificação do nível de audição em crianças para as frequências de 500, 1000 e 2000Hz, OMS (1991)

Grau	Perda auditiva (dB)*
Audição normal	0 a 25†
Deficiência auditiva leve	26 a 40
Deficiência auditiva moderada	41 a 60
Deficiência auditiva grave	61 a 80
Deficiência auditiva muito grave, incluindo surdez	81 ou mais

* Considera-se a média do limiar auditivo por via aérea nas frequências de 500, 1.000 e 2.000 Hertz (Hz).

† Até 20 decibéis (dB) também pode ser considerado como normal.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO
COMPORTAMENTO
Fone: 2126 8539 - Coordenação

ANEXO B

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

Plataforma Brasil

Página 1 de 1

BRASIL

principal central de suporte sair

Danielle Gomes Pinto - Pesquisador | V2.20
 Sua sessão expira em: 35min 49

Cadastros

Você está em: Pesquisador > Gerir Pesquisa > Detalhar Projeto de Pesquisa

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

Dados do Projeto de Pesquisa

Título da Pesquisa: Respostas Auditivas de Estado Estável em crianças com audição normal e perdas auditivas cocleares.
 Pesquisador: Danielle Gomes Pinto
 Área Temática:
 Versão: 3
 CAAE: 25022913.4.0000.5208
 Submetido em: 22/04/2014
 Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
 Situação: Aprovado
 Localização atual do Projeto: Pesquisador Responsável
 Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Documentos Postados do Projeto

Tipo Documento	Situação	Arquivo	Postagem
Parecer Consubienciado do CEP	A	PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_625505.pdf	25/04/2014 09:15:01
Interface REBEC	A	PB_XML_INTERFACE_REBEC.xml	22/04/2014 11:13:32
Informações Básicas do Projeto	A	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_256279.pdf	22/04/2014 11:13:31
Outros	A	CCE22042014_0901.jpg	22/04/2014 11:13:08
Projeto Detalhado	A	PROJETO_DOUTORADO_PLAT_BRASIL_modificacoes_CEP.docx	22/04/2014 11:03:15
TGLE - Modelo de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	A	TGLE_PLAT_BRASIL - MODIFICACOES_CEP.docx	22/04/2014 10:37:15
Folha de Rosto	A	folha_de_rosto0001.pdf	07/12/2013 16:07:34

Listar Todos »

Tramitação:

CEP Trâmite	Situação	Data Trâmite	Parecer	Informações
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências da Saúde / UFPE-CCS	Submetido para avaliação do CEP	02/12/2013		
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências da Saúde / UFPE-CCS	Rejeição do PP	03/12/2013		Modificar os benefícios no TCLE. (CONFORME CONSTA...Ver mais>>
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências da Saúde / UFPE-CCS	Submetido para avaliação do CEP	07/12/2013		
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências da Saúde / UFPE-CCS	Acaitação do PP	09/12/2013		
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências da Saúde / UFPE-CCS	Parecer liberado	05/02/2014	O parecer do Colegiado é acatado e o referido...Ver mais>>	
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências da Saúde / UFPE-CCS	Submetido para avaliação do CEP	22/04/2014		
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências da Saúde / UFPE-CCS	Acaitação do PP	22/04/2014		
Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências da Saúde / UFPE-CCS	Parecer liberado	25/04/2014	O parecer do Colegiado, desta protocolo, foi a...Ver mais>>	

Localização atual do Projeto: Pesquisador Responsável

Este sistema foi desenvolvido para os navegadores Internet Explorer (versão 7 ou superior), ou Mozilla Firefox (versão 9 ou superior).



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO
COMPORTAMENTO**

Fone: 2126 8539 – Coordenação

APÊNDICE A

CARTA DE ANUÊNCIA

Título do Projeto: Respostas Auditivas de Estado Estável em Crianças de 6 a 48 meses

Pesquisadores responsáveis: Dr. Otávio Lins

Ega. Danielle Pinto

Instituição: Hospital das Clínicas da UFPE, Recife - PE

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo irão realizar métodos de diagnóstico audiológico, resposta auditiva de estado estável e audiometria de reforço visual, nas crianças com idades entre 6 e 48 meses nos ambulatórios de Audiologia dessa instituição. Os autores da pesquisa conservarão sob sua guarda os resultados com objetivo futuro de pesquisa. As informações coletadas serão utilizadas também em reuniões, congressos e publicações científicas sobre o assunto pesquisado, desde que seja garantido o sigilo da identificação dos casos acima referidos. Membros das autoridades de saúde ou do comitê de ética podem revisar os dados fornecidos.

Através do exposto acima pelos pesquisadores,

Declaro que estou ciente da referida pesquisa a qual será realizada com as crianças desta instituição,

Responsável

CARTA DE ANUÊNCIA

Título do Projeto: Respostas Auditivas de Estado Estável em Crianças de 6 a 48 meses

**Pesquisadores responsáveis: Dr. Otávio Lins
Fga. Danielle Pinto**

Instituição: Clínica escola de Fonoaudiologia UFPE, Recife - PE

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo irão realizar métodos de diagnóstico audiológico, resposta auditiva de estado estável e audiometria de reforço visual, nas crianças com idades entre 6 e 48 meses nos ambulatórios de Audiologia dessa instituição. Os autores da pesquisa conservarão sob sua guarda os resultados com objetivo futuro de pesquisa. As informações coletadas serão utilizadas também em reuniões, congressos e publicações científicas sobre o assunto pesquisado, desde que seja garantido o sigilo da identificação dos casos acima referidos. Membros das autoridades de saúde ou do comitê de ética podem revisar os dados fornecidos.

Através do exposto acima pelos pesquisadores,

Declaro que estou ciente da referida pesquisa a qual será realizada com as crianças desta instituição,

Responsável

CARTA DE ANUÊNCIA

Título do Projeto: Respostas Auditivas de Estado Estável em Crianças de 6 a 48 meses

Pesquisadores responsáveis: Dr. Otávio Lins

Fga. Danielle Pinto

Instituição: Instituto Isabela Hendrix, Belo Horizonte, MG

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo irão realizar métodos de diagnóstico audiológico, resposta auditiva de estado estável e audiometria de reforço visual, nas crianças com idades entre 6 e 48 meses nos ambulatórios de Audiologia dessa instituição. Os autores da pesquisa conservarão sob sua guarda os resultados com objetivo futuro de pesquisa. As informações coletadas serão utilizadas também em reuniões, congressos e publicações científicas sobre o assunto pesquisado, desde que seja garantido o sigilo da identificação dos casos acima referidos. Membros das autoridades de saúde ou do comitê de ética podem revisar os dados fornecidos.

Através do exposto acima pelos pesquisadores,

Declaro que estou ciente da referida pesquisa a qual será realizada com as crianças desta instituição,

Responsável



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO
COMPORTEAMENTO

Fone: 2126 8539 - Coordenação

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título: Respostas Auditivas de Estado Estável em crianças de 0 a 48 meses

Pesquisadores responsáveis: Dr. Otávio Lins

Fga. Ms. Danielle Pinto

Instituição responsável: Universidade Federal de Pernambuco

O Sr(a). está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada acima. Este termo de consentimento pode conter alguns tópicos que você não entenda. Caso haja alguma dúvida pergunte à pessoa que está lhe entrevistando, para que você seja bem esclarecido (a) sobre tudo que está respondendo. Você irá receber uma cópia deste termo de consentimento para sua segurança.

O objetivo deste estudo é descrever os achados da resposta auditiva de estado estável, em crianças, com a audição dentro dos padrões da normalidade, de forma a verificar a eficiência desse exame na avaliação da audição. Este estudo é importante porque possibilita a confirmação de como está a audição de sua criança através de um exame abrangente e específico realizado em menor tempo.

Caso permita que a sua criança participe como sujeito desta pesquisa, a criança terá a audição avaliada por meio dos seguintes testes: Audiometria com Reforço Visual; Resposta Auditiva de Estado Estável, e a Imitancimetria, quando necessário. Para a realização da resposta auditiva de estado estável, serão colocados eletrodos na testa e atrás das orelhas das crianças. A colocação destes eletrodos não machuca nem causa dor para os participantes.

Até o momento, não há relatos na literatura sobre qualquer prejuízo oferecido ao paciente na realização dos exames. Salvo, a possibilidade de existir um desconforto mínimo causado pela apresentação dos sons às orelhas e pela colocação dos eletrodos de superfície na pele do participante.

Fica claro que sua participação é totalmente voluntária, não sendo obrigado a realizar todos os exames se não quiser, mesmo que já tenha assinado o consentimento de participação. Se desejar, poderá retirar seu consentimento a qualquer momento e isto não trará nenhum prejuízo ao seu atendimento. As informações obtidas a partir deste estudo serão rigorosamente confidenciais. Os resultados serão divulgados publicamente, entretanto, a identificação da sua criança e de quem mais esteja envolvido jamais será revelada.

O (a) Sr. (a) poderá esclarecer suas dúvidas durante toda a pesquisa com os pesquisadores responsáveis no Departamento de Neuropsiquiatria do Hospital das Clínicas de Pernambuco sediado na Avenida Professor Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, Recife – Pernambuco, ou pelo telefone: (81) 21288588.

Acredito ter sido suficientemente informado (a) a respeito das informações que li ou que foram lidas por mim. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo e os procedimentos a serem realizados, bem como seus desconfortos e riscos. Concordo voluntariamente em permitir que minha criança participe deste estudo.

Recife, ____/____/____.

Assinatura do voluntário

Pesquisador Responsável

Testemunha

Testemunha

APÊNDICE D**RESPOSTA AUDITIVA DE ESTADO ESTÁVEL E AVALIAÇÃO
COMPORTAMENTAL EM CRIANÇAS DE 6 A 48 MESES: UMA REVISÃO
INTEGRATIVA DA LITERATURA****AUDITORY STEADY-STATE RESPONSE AND BEHAVIORAL AVALUATION IN
CHILDREN BETWEEN 6 TO 48 MONHTS OF AGE: A LITERATURE REVIEW**

Danielle Gomes Pinto^a ; Otávio Gomes Lins^b

^aAudiologist. Substitute Professor in the Division of Speech and Hearing Science of the Federal University of Pernambuco, UFPE, Recife, Brazil; PhD student in Neurosciences and Behavioral Sciences from the Federal University of Pernambuco, UFPE, Recife, Brazil.

^bPhysician. Adjunct Professor in the Department of Medicine of the Federal University of Pernambuco, UFPE, Recife, Brazil; PhD. in Neurology and Neurosciences from the Federal University of São Paulo.

Corresponding author:

Danielle Gomes Pinto
Estrada do Arraial, n. 3574, apt 403 A
Casa Amarela, Recife – PE, Brasil
CEP: 52070-230
E-mail: danigp84@yahoo.com.br

Area: Audiology
Article literature review
Conflict of interest: none

Abstract

The purpose of this study is to present recent findings regarding the auditory steady state response (ASSR) and visual reinforcement audiometry (VRA) in children between 6 and 48 months of age. The goal is to provide practical indicators for the use of the ASSR technique in auditory diagnosis. A **literature** review was performed in electronic databases (Lilacs, SciELO, Medline, Biblioteca Cochrane and Pubmed) and reference lists of identified articles. The initial electronic search resulted in 829 manuscripts. Analysis of the studies involved reading titles, abstracts and full texts, respectively. Fourteen publications met the following inclusion criteria of the review: children as subjects, VRA as behavioral examination and publication date before January 2016. Two relevant dissertation were added to the articles included in the corpus, totaling 17 studies. The following data were extracted from the papers: sample characteristics, study method with respect to VRA and ASSR measurements; ASSR recordings, and the relation between VRA and ASSR results (bias and variability). There is a significant methodological difference between the studies and a lack of national publications on ASSR in children. However, study designs were uniform, since most were cross-sectional case-controls. All articles showed positive results regarding the use of ASSR for auditory assessment in children. **It seems that** ASSR may contribute to auditory diagnosis in children, and the resulting interventions. However, national normative data and clinical parameters are still needed to better understand the role of ASSR in the auditory diagnosis of children.

Keywords: Auditory Evoked Responses; Audiometry Pure-Tone, Child

Introduction

The benefits of using the auditory steady state response (ASSR) for functional diagnosis of hearing at all ages are well documented. During childhood, particularly in infants and preschool children, there is evidence that its use increases diagnostic accuracy¹.

In addition to the direct benefits, appropriate multidisciplinary intervention as a result of early identification of hearing loss in the critical period of language development is critical to maximizing receptive and expressive language development, and, therefore, to promoting stable communicative skills in adult life.^{2,3}

When a baby reaches the chronological/developmental age of five or six months, showing control of the body and the neck, the visual reinforcement audiometry (VRA) technique proposed by Lidén and Kankkunen (1969) can be used as a metric for audiological assessment^{4,5}

The VRA, one of the leading behavioral techniques for evaluating auditory sensitivity in small children, is considered the gold standard for children between six months and three years of age.⁵ On the other hand, in some cases, behavioral responses after auditory stimulation are inaccurate or difficult to obtain in children, and electrophysiological measures then play an important role in hearing assessment. Even when reliable behavioral responses are obtained, electrophysiological testing can provide important additional information. Therefore, using electrophysiological tests as the primary measurement or to confirm other test results, is particularly useful in this population.⁴

The auditory steady state response raises the possibility of obtaining a comprehensive and objective audiometric profile (not dependent on the participation of the child) for each specific frequency, without a significant increase in evaluation time.⁷

Despite the recognized importance of this technique, it is still not widely used in clinical audiological practice in Brazil. Normative studies based on child recordings are scarce.

To date, no systematic review has been conducted to analyze studies using auditory steady state response and visual reinforcement audiometry in children. In order to address this knowledge gap, the aim of this study was to analyze publications in which ASSR and VRA were used in children.

Methods

For this literature review, data were collected in the following electronic databases:

- Latin American and Caribbean Center of Information on Health Sciences - BIREME (www.bireme.br): LILACS (Latin American and Caribbean Center on Health Sciences published since 1982) and Medline databases (International Literature in Health Sciences, validated since 1966);
- Cochrane Library (<http://cochrane.bvsalud.org>): access to the database of systematic reviews of the Cochrane Collaboration, in addition to reports of clinical trials and evaluation of health technologies, among others.
- Pubmed (www.pubmed.com): a service of the National Library of Medicine and National Institutes of Health. The database includes citations from MEDLINE and other journals in the area of life sciences, validated since 1948.

In addition to these electronic databases, a further search was carried out using the list of references cited in the identified articles. The references that met the inclusion criteria were evaluated, regardless of the journal. The Google Scholar search engine (www.scholar.google.com) and the MASTER electronic database (Multiple Auditory Steady State Evoked Response – (<http://www.mastersystem.ca/>)) were also used.

The following keywords and combinations were used as described in Table 1. The logical operators "AND" and "OR" were used to combine descriptors and terms used to scan for publications.

(Insert table 1 here)

The first search resulted in 830 potentially eligible publications. Next, all these articles were reviewed in accordance with the following inclusion criteria: (a) sample with children in addition to other age groups, (b) studies with ASSR or VRA in their titles, (c) studies that mentioned the use of ASSR or VRA, (d) original articles, (e) studies published by March 2013. Only papers in Portuguese, English or Spanish were selected.

With respect to inclusion criteria, after title analysis, 34 articles (MEDLINE = 9; COCHRANE LIBRARY = 2; PUBMED = 9, LILACS = 3 and Google Scholar = 11) were considered relevant to the study. The next step consisted of reading the abstracts and the complete text, respectively. In the latter the papers were read independently by two researchers.

Duplicate articles in the databases and reference lists of manuscripts were excluded. Studies published in languages other than Portuguese, English and Spanish were not analyzed^{23,24}

The data of this study, extracted from 14 publications and 3 dissertations, consisted of the following: sample and method design of all studies, subject's audiological status, VRA procedures (including type of transducers used), ASSR procedures (including the use of sedative drugs and exam duration). In addition to these aspects, a relation was observed between ASSR and VRA, with respect to the difference between the average thresholds and their variability.

Results

Table 2 shows general information about the 18 articles that comprise the study sample. Of these, 13 were published between 2002 and 2010. Sample composition varied in terms of age, involving infants and young children. Only two articles included adults as subjects.

(Insert table 2 here)

The studies were conducted in South Africa (1), Israel (1), China (1), Australia (5), Belgium (3), California (1) and Brazil (5). A total of 1612 subjects took part in all the studies. Sample size ranged from 6 to 575 participants, aged from the first two months of life to 61 years. Males accounted for 52% of the total in the 9 studies^{7, 8,10-13,15,16,20} that reported the gender of the participants. It is noteworthy that this percentage refers only to groups in which the VRA was performed.

The designs of the selected studies were homogeneous, and the cross-sectional case-control variety predominated.

In relation to the audiological status of the subjects, data show children and adults with normal hearing and hearing loss. VRA was performed in an open field in 11 studies (64.7%). As for the ASSR, recording was performed while children were sleeping naturally in 14 studies, but in only 6 of these was it the exclusive method used for electrophysiological recording. Sedative or anesthesia was administered in nine studies (Table 3).

Duration of ASSR testing ranged between 25 and 60 minutes in the 7 studies reporting this variable (Table 4).

(Insert table 3 and table 4 here)

Table 5 shows the mean thresholds of behavioral (VRA) and electrophysiological (ASSR) metrics. In most of the studies, threshold mean difference was lower than or equal to 20dB HL between both metrics. Only two studies reported greater differences^{15,19}. Furthermore, seven studies report larger mean differences than 10dB.^{10,12,14,16,18,19,23}. Therefore, hearing thresholds measured by VRA and electrophysiological thresholds measured by ASSR showed a 10 to 20 dB HL difference in children.

Table 5 also presents standard deviation values to describe the variability in differences between ASSR and VRA thresholds, and the correlation coefficient between the two metrics. Standard deviations were between 5.4 and 19.5 dB. Correlation coefficients varied across these different studies, ranging between 0.55 and 0.98.

(Insert table 5 about here)

Discussion

With the increasing implementation of universal newborn hearing screening programs, early hearing loss identification has been in the spotlight in many countries. In this scenario, ASSR has attracted the attention of investigators as an important hearing screening tool. However, there is a debate about ASSR measurements in different population groups. This review aims to describe how the literature has been reporting ASSR measurements in children, especially when behavior hearing thresholds are used as a reference. The data collected here contribute to a better understanding of how ASSR functions as a tool for measuring thresholds in children, and may be helpful in future studies.

Because ASSR is an objective measure, it can be considered a precise clinical metric for hearing assessment in children. This important advantage of ASSR has caused a large number of researchers to investigate this matter²⁶. Another advantage is the fact that it can be easily analyzed in the frequency field.²⁷ However, in Brazil, the first studies were only published in 2002 when Ferraz *et al*²⁸ published a clinical study in adults, and Lins²⁹ described the ASSR technique, currently used in many studies, and known as multiple auditory steady-state responses (MASTER).

Since then, studies in children and adults have been conducted in order to predict hearing thresholds by means of ASSR, with either unilateral stimulation and response detection based on the phase consistency^{18,20}, or multiple bilateral stimulation with response detection based on the F test.^{10,13,15,16,18,19,21}. According to John (2002), the dichotic technique of multiple stimulation with eight simultaneously presented signals (4 for each ear) is two or

three times faster than the simple stimulation technique³⁰ This faster hearing metric may be a crucial benefit for children testing.

All studies considered in this review included individuals with hearing loss, even those that also involved individuals with normal hearing. The main focus of studies with ASSR is to evaluate individuals with different degrees of sensorineural hearing loss, and verify test sensitivity to identify hearing loss. This is important in clinical practice, since the degree of hearing loss is an important piece of information used to start the intervention process, especially selecting and adapting hearing aids. Although individuals with hearing loss have been the target of most researchers, there is still a need for further investigation regarding the relation between ASSR and the behavioral thresholds of normal-hearing subjects, especially children. These studies may provide important information about the specificity values of the exam.

In order to verify thresholds for specific frequencies, 13 studies conducted VRA using earphones as transducers.^{8-10,12,21} In two studies, VRA stimuli were conducted through speakers, in an open field^{11,22}. In 10 other papers, VRA stimuli were presented in both speakers and earphones^{8,10,12,14,16,20,22}. In clinical practice, when the child does not accept the placement of earphones, the test must be performed under open field conditions^{29,30}. Although this is not the ideal testing setting, accurate audiometric thresholds can be obtained in acoustically treated booths with the use of speakers. It is important that the test environment be free of background noise, and that sound pressure be measured inside the booth before initiating the test. In addition, extra care must be taken when thresholds are analyzed or compared to the results of other techniques. One must consider higher threshold variability for open field measurements if the distance between the child and the speaker is not well controlled.

With respect to the variable duration of ASSR, it can be observed that recording time was between 25 and 60 minutes. Given that ASSR can assess both ears and several specific frequencies simultaneously, the time spent to assess hearing is still less than other tests using electrophysiological assessment.^{16,32}

According to Swanepoel, Schmulian and Hugo (2004), the average recording time for assessing hearing sensitivity at four different frequencies in both ears using ASSR is two minutes shorter than the average time using auditory brainstem evoked potentials (ABR) to test two frequencies in each ear.³² Luts *et al* (2004) found an average difference of 14 minutes between the two methods when testing children. ABR thresholds for both ears were obtained in an average time of 45 minutes, while the average time to obtain ASSR thresholds was 58

minutes. It is important to point out that the stimuli used for ABR recording in the latter study was the click, suggesting it would take even longer to test four frequencies in each ear using tone burst as a stimulus.¹⁶

As mentioned before, testing time is crucial for the pediatric population. Because children may not be able to withstand long testing periods, a faster assessment may be the key to achieving diagnosis. Being able to collect more information on hearing sensitivity in a shorter period of time is an important advantage, especially for individuals who are difficult to test and for whom evaluation time is limited.^{32,33,34}

The most efficient tool for hearing assessment in terms of duration and accuracy is still tonal audiometry. The behavioral assessment of four frequencies in the open field takes an average of 20 minutes. However, it does not detect unilateral thresholds. Therefore, if assessing behavioral thresholds in the open field is the only alternative available, the information obtained by ASSR is more accurate, albeit more time-consuming.¹²

According to the studies selected in this review, the difference between ASSR and VRA thresholds generally varies between 10 and 20 dB, with high-pitched frequencies^{12,13,16,17,19,21} exhibiting the smallest differences and the greatest hearing loss.^{12,18,19,21} The literature shows a strong relation between ASSR and VRA thresholds. In five studies involved in this review, Standard deviation values were consistently low in five of the studies in this review^{1,13,15,20,21}, showing that the ASSR technique can be used to make reliable predictions of hearing level. On the other hand, it is worth pointing out that the variability of results and standard deviations were not always low. The slightly higher values found in other studies may be related to the high variability of behavioral thresholds in children.¹⁶

According to Alaerts (2010), this variability is related to the differences in age range of the tested infants, time delay between ASSR testing and behavioral audiometry, stimulus type, analysis technique and sample size.⁸ However, the correlation coefficients reported indicate that good correlations were obtained between ASSR thresholds and VRA in children.

Conclusion

Hearing assessment using the ASSR method has yet to be standardized. However, studies are unanimous in demonstrating a strong correlation between behavioral and ASSR thresholds, and this technique can predict the degree and configuration of audiometric status in children.

Thus, ASSR can be introduced into the clinical routine of childhood hearing screening in children, allowing a more detailed and objective assessment. However, although studies have been conducted in the pediatric population, methodological differences, such as the variability in recording parameters and acquisition, may result in biased comparisons. This highlights the need for standard clinical parameters.

References

1. Lins OG, Picton TW. (1995). Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *Electroenc Clin Neurophys* 1995;96:420-32.
2. Yoshinaga-Itano C, Sedey AL, Coulter DK, Mehi AL. Language of early- and later-identified children with hearing loss. *Pediatrics*. 1998; 102(5): 1161-71.
3. Moeller MP. Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics*. 2000; 106(3): p.e43.
4. Gravel JS, Hood LJ. Avaliação audiológica infantil. In: Musiek FE, Rintelmann WF (eds). *Contemporary Perspectives in Hearing Assessment*. São Paulo: Manole, Allyn and Bacon; 2001. p. 301-22.
5. Widen JE, O'grady GM. Using visual reinforcement audiometry in the assessment of hearing in infants. *Hearing Journal*. 2002; 55(1): 28-36.
6. Lins OG, Picton TW, Boucher BL, Durieux-Smith A, Champagne SC, Moran LM et al. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear*. 1996; 17(2): 81-96.
7. Liden G, Kankkunen A. Visual reinforcement audiometry. *Acta. Otolaryngol*. 1969; 67(2): 281-92.
8. Alaerts J, Huts H, Van Dun B, Desloovere C, Wouters J. Latencies of auditory steady-state responses recorded in early infancy. *Audio Neurotol*. 2010; 15(2):116-27.
9. Linares AE, Costa OA, Martinez MANS. Potencial evocado auditivo de estado estável em audiologia pediátrica. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2010; 76(6): 723-28.
10. Rodrigues GRI, Lewis DR. Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com perdas auditivas cocleares. *Pró-Fono R. Atual. Cient*. 2010; 22(1): 37-42.
11. Stroebel D, Swanepoel D, Groenewald E. Aided auditory steady-state responses in infants. *International Journal of Audiology*. 2007; 46(6): 287-92.
12. Attias J, Buller N, Rubel Y, Raveh E. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensorineural hearing loss or auditory neuropathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2006; 115(4): 268-76.
13. Han D, Mo L, Liu H. Threshold estimation in children using auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2006; 68(2): 64-8.
14. 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*. 2006;11(1): 24-37.
15. Rance G, Roper R, Symons L, Moody L, Poulis C, Dourlay M et al. Hearing threshold estimation in infants using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*. 2005; 16(5): 291-300.
16. Luts H, Desloovere C, Kumar A, Vandermeersch E, Wouters J. Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2004; 68(7): 915-26.
17. Stueve MP, O'rourke C. Estimation of hearing loss in children: comparison of auditory steady-state response, auditory brainstem response, and behavioral test methods. *Am J Audiol*. 2003; 12(2): 125-36.
18. Rance G, Rickards F. Prediction of hearing threshold in infants using auditory steady-state evoked potentials. *J Am Acad Audiol*. 2002; 13(5): 236-45.

19. Rance G, Briggs RJS. Assessment of hearing in infants with moderate to profound impairment: the Melbourne experience with auditory steady-state evoked potential testing. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 2002; 189: 22-8.
20. Rance G, Dowell RC, Rickards FW, Beer DE, Clark GM. Steady-state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent click-evoked auditory brain stem response. *Ear Hear.* 1998;19(1): 48-61.
21. Rance G, Rickard FW, Cohen LT, De Vidi S, Clark GM. The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials. *Ear and Hearing.* 1995; 16(5): 499-507.
22. Calil DB. Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes e crianças portadoras de deficiência neurossensorial. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia). São Paulo (SP): Pontifícia Universidade Católica.
23. Liebler S, Hoth S, Plinkert PK. Steady-state responses of the auditory system: a comparison of different methods. *HNO.* 2008; 56(10): 1025-39.
24. Mai F, Zhang X, Lai Q X, Vu YF, Liao NP, Ye Y et al. Auditory steady-state evoked response in diagnosing and evaluating hearing in infants. *Neural Regeneration Research.* 2006; 1(9): 825-28.
25. Xu ZM. Diagnosis in infants with hearing loss using auditory steady-state evoked potentials. *Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery.* 2005; 40(9): 648-52.
26. Stapells DR, Linden D, Suffield JB, Hamel G, Picton TW. Human auditory steady state potentials. *Ear Hear.* 1984; 5(2): 105-13.
27. Ferraz OB, Freitas SV, Marchiori LLM. Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2002; 68(4): 480-6.
28. Lins, O. G. Audiometria Fisiológica Tonal utilizando Repostas de Estado Estável Auditivas do Tronco Cerebral. Tese (Doutorado em Medicina). São Paulo: Escola Paulista de Medicina. Universidade Federal de São Paulo; 2002.
29. John MS, Purcell DW, Dimitrijevic A, Picton TW. Advantages and Caveats When Recording Steady-State Responses to Multiple Simultaneous Stimuli. *J Am Acad Audiol.* 2002; 13(5): 246-59.
30. Duarte JL, Alvarenga KF, Garcia TM, Costa Filho AO, Lins OG. A resposta auditiva de estado estável na avaliação auditiva: aplicação clínica. *Pró-Fono R Atual. Cient.* 2008; 20(2): 105-10.
31. Hodgson WR. Avaliação de bebês e crianças pequenas. In: Katz J, ed. *Handbook of Clinical Audiology.* 4th ed. São Paulo: Manole, Md: Lippincott Williams & Wilkins; 1999, p. 461-71.
32. Swanepoel D, Schmulian D, Hugo R. Establishing normal hearing with the dichotic multiple-frequency auditory steady-state response compared to an auditory brainstem response protocol. *Acta Otolaryngol.* 2004; 124(1): 62-68.
33. Beck, RMO. Comparação entre as Respostas Auditivas de Estado Estável e avaliação comportamental em crianças candidatas ao implante coclear. Tese (Doutorado em Medicina). São Paulo: Faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo; 2005.
34. Farias VB et al. Correlação dos achados de potencial evocado auditivo de estado estável e da avaliação auditiva comportamental em lactentes com perda auditiva sensorioneural. *Codas,* 2014; 26(3):226-30.

Table 1. Search strategy used in this review including descriptors and the descriptors crossings

#1 steady state
#2 frequency following
#3 (#1 or #2)
#4 auditory
#5 brainstem
#6 (#4 or #5)
#7 (#3 and #6)
#8 visual reinforcement audiometry
#9 (#3 and #6 and #8)
#10 infants or babies or neonates or children
#11 (#7 and #10)
#12 behavioral thresholds
#13 thresholds
#14 (#11 and #13)

Table 2. Studies included in the review according to the variable author, year, journal, age group and number of individuals

First Author	Year	Journal	Age Group	N
Beck, RMO	2015	Tese de doutorado	6m – 6y	63
Farias et al	2014	Codas	2- 6m	19
Alaerts, J	2010	Audiol Neurotol	≤ 4m and 20-29y	86
Linares, AE; Costa, OA; Martinez, MANS	2010	Braz. J. Otorhinolaryngol	1- 7y	23
Rodrigues, GRI	2010	Pró-Fono R. Atual.Cient.	4-36m	14
StroebeL, D*	2007	Int J Audiol	3-6m	6
Attias, J	2006	Ann Otol Rhinol Laryngol	1-61y	47
Han, D	2006	J Otol Rhinol Laryngol Head Neck Surg	6m-5y	40
Luts, H	2006	Audiol Neurotol	Birth - 4y	53
Rance, G*	2005	J. Am. Acad. Audiol	≤ 3m	575
Luts, H*	2004	Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol	3-14m	10
Stueve, MP	2003	Am. J. Audiol.	1-125m	76
Rance, G; Rickards, F*	2002	J Am Acad Audiol	1-8m	211
Rance, G; Briggs, RJS*	2002	Ann Otol Rhinol Laryngol	1-8m	200
Rance, G*	1998	Ear Hear	1-49m	108
Rance, G	1995	Ear Hear	10-58m 24-82y	25 35
Calil	2006	Dissertação	2m-2y e 11m	21

Legend: m - age in months; y - age in years; N - number of individuals involved in the studies, including adults and children.

*In the studies by Alaerts, J (2010); StroebeL D (2007); Luts, H (2004; 2006) and of Rance, G, the age group corresponds to the period in which children were submitted to electrophysiological evaluation. At the time of behavioral evaluation, the children had sufficient age to undergo VRA.

Table 3. Characteristics of the studies according to methodological aspects: reference, audiological characteristics, VRA procedure and ASSR procedure.

Reference	Audiological Characteristics	VRA Procedure	ASSR Procedure
Beck, RMO	hearing loss	phones	natural sleep
Farias et al	hearing loss	open field	natural sleep
Alaerts, J (2010)	normal hearing and hearing loss	phones or open field	natural sleep
Linares, AE; Costa, OA; Martinez, MANS (2010)	SNHL	phones	sedative / natural sleep
Rodrigues, GRI (2010)	cochlear hearing loss	phones or open field	natural sleep
Stroebel, D (2007)	moderate to severe SNHL	open field	Sedative
Attias, J (2006)	Groups: normal hearing, SNHL of various degrees Auditory neuropathy Candidates for CI	phones or open field	sedative / natural sleep
Calil (2006)	normal hearing and hearing loss	open field	natural sleep
Han, D (2006)	SNHL of various degrees	phones or open field	sedative
Luts, H (2006)	risk for hearing loss	phones or open field	natural sleep / anesthesia
Rance, G (2005)	normal hearing and hearing loss	phones	natural sleep
Luts, H (2004)	suspected hearing loss	phones or open field	sedative / anesthesia
Stueve, MP (2003)	SNHL of various degrees	phones	sedative / anesthesia or natural sleep
Rance, G; Rickards, F (2002)	normal hearing and hearing loss	phones	natural sleep
Rance, G; Briggs, RJS (2002)	SNHL and auditive neuropathy	phones	natural sleep
Rance, G (1998)	SNHL	phones or open field	sedative / anesthesia or natural sleep
Rance, G (1995)	normal hearing and hearing loss	phones or open field	sedative / anesthesia or natural sleep

VRA – Visual Reinforcement Audiometry; ASSR – Auditive Steady-State Response; SNHL – Sensorineural Hearing Loss; CI – Cochlear implant.

Table 4. Duration of the ASSR testing referred to in each study

Reference	ASSR Conducting Time (min.)
Beck, RMO (2015)	?
Farias et al (2014)	?
Alaerts J (2010)	?
Linares, AE; Costa, OA; Martinez, MANS (2010)	?
Rodrigues, GRI (2010)	?
Stroebel, D (2007)	?
Attias, J (2006)	25-40
Calil (2006)	46,35 (normal hearing) 41,42 (hearing loss)
Han, D (2006)	?
Luts, H (2006)	44-54
Rance, G (2005)	30-45
Luts, H (2004)	58
Stueve, MP (2003)	?
Rance, G; Rickards, F (2002)	45-60
Rance, G; Briggs, RJS (2002)	45-60
Rance, G (1998)	?
Rance, G (1995)	?

Legend: (?) Insufficient information; (min.) Time in minutes.

Table 5. Mean difference between behavioral hearing thresholds and ASSR thresholds in dB according to the studies

Reference	Difference between ASSR and VRA thresholds	Standard Deviation	Correlation
Beck, RMO (2015)	0,09-8,94dB	?	Não houve
Farias et al (2014)	?	?	?
Alaerts, J (2010)	12 -17dB	12 – 15dB	0,75 - 0,87
Linares, AE; Costa, OA; Martinez, MANS (2010)	?	?	0,70 - 0,93
Rodrigues, GRI (2010)	2 - 4dB	6,6 - 8,8dB	0,89 - 0,93
Stroebl, D (2007)	14dB	14dB	0,55
Attias, J (2006)	-12,7 a -2,6dB (Normal hearing) -2,0 a 1,8dB (SNHL) 7,5 a 15,3dB (hearing neuropathy) -5,0 a 8,5dB (Candidates for CI)	6,5 - 13,3dB 7 - 11,8dB 14,7 - 18,7dB 7,7 - 18,1dB	0,86 - 0,94
Calil (2006)	5 - 20 dB	5.4 - 12.6 dB	?
Han, D (2006)	8 - 15dB	7,5 - 9,2dB	0,79 - 0,89
Luts, H (2006)	10dB (natural sleep) 7dB (anesthesia)	12,6dB 13,5dB	0,82 - 0,91
Rance, G (2005)	22.4 - 31.0 dB (Normal hearing)	6,2 - 7,5dB	0,96 - 0,98
Luts, H (2004)	0.9dB	11 - 14dB	0,92
Stueve, MP (2003)	20dB em 1 kHz	12,8 - 19,5dB	0,82 - 0,90
Rance, G; Rickards, F (2002)	10 - 15dB (PA < que 60dB) 5 - 10dB (PA ≥ que 60dB)	8,54 - 10,78dB 6,27 - 14,2dB	> 0,95
Rance, G; Briggs, RJS (2002)	Aproximadamente 5 dB (SNHL) 30 - 40dB (hearing neuropathy)	6 - 17dB	0,81 - 0,93
Rance, G (1998)	3.1 - 6.3dB	6.4 - 8.1dB	?
Rance, G (1995)	10 - 20dB	4,1 - 6,5dB	> 0,95

Legend: (dB) decibel; SNHL - Sensorineural Hearing Loss; CI – Cochlear Implant;
(?) Insufficient information

APÊNDICE E**AUDIOMETRIA POR REFORÇO VISUAL E RESPOSTA AUDITIVA DE ESTADO
ESTÁVEL EM CRIANÇAS COM AUDIÇÃO NORMAL E PERDA AUDITIVA
SENSORIONEURAL****VISUAL REINFORCEMENT AUDIOMETRY AND AUDITORY STEADY STATE
RESPONSE IN CHILDREN WITH NORMAL HEARING AND SENSORINEURAL
HEARING LOSS**

Danielle Gomes Pinto^a ; Otávio Gomes Lins^b

^aAudiologist. Substitute Professor in the Division of Speech and Hearing Science of the Federal University of Pernambuco, UFPE, Recife, Brazil; PhD student in Neurosciences and Behavioral Sciences from the Federal University of Pernambuco, UFPE, Recife, Brazil.

^bPhysician. Adjunct Professor in the Department of Medicine of the Federal University of Pernambuco, UFPE, Recife, Brazil; PhD. in Neurology and Neurosciences from the Federal University of São Paulo.

Corresponding author:

Danielle Gomes Pinto
Estrada do Arraial, n. 3574, apt 403 A
Casa Amarela, Recife – PE, Brasil
CEP: 52070-230
E-mail: danigp84@yahoo.com.br

Area: Audiology

Original Article

Conflict of interest: none

RESUMO

A resposta auditiva de estado estável é um procedimento eletrofisiológico que possibilita avaliar ao mesmo tempo limiares auditivos com especificidade por frequências e por orelha. O objetivo deste estudo foi verificar como os limiares eletrofisiológicos obtidos pela RAEE podem estimar os limiares auditivos comportamentais obtidos pelo padrão ouro, a audiometria de reforço visual, em crianças com audição normal e perda auditiva de diversos graus, averiguando assim a aplicabilidade clínica da RAEE na avaliação audiológica infantil. Foram avaliadas 41 crianças de ambos os sexos (28 crianças do sexo masculino e 13 do sexo feminino), com uma faixa etária de 6 e 48 meses. Foram pesquisadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz em ambos os métodos de avaliação e avaliadas as orelhas separadamente, totalizando 82 orelhas, sendo 20 com audição normal e 62 com perda auditiva. Os limiares foram analisados para calcular suas correlações e outras variáveis. Os resultados encontrados neste estudo demonstram que os limiares não variam significativamente com a idade nem com o sexo. Em média, foram observados limiares eletrofisiológicos maiores que os limiares comportamentais. Ao utilizar os limites de concordância estabelecidos, foi possível verificar após a correção do viés, uma discrepância entre a RAEE e VRA de até ± 10 dB. Os achados sugerem que a RAEE possibilita a determinação dos limiares auditivos objetivamente, com uma considerável correlação com os limiares psicoacústicos. Recomenda-se, entretanto, a realização de novos estudos brasileiros que visem o estabelecimento de critérios mínimos necessários para o planejamento e aplicação de protocolos com fins de padronização, contribuindo com a validação diagnóstica.

Descritores: Resposta auditiva de estado estável, audiometria de reforço visual, criança.

ABSTRACT

The auditory steady state response is an electrophysiologic procedure able to estimate auditory thresholds with specificity of ear and frequency. The objective of the following study was to verify how the thresholds obtained by ASSR can estimate the thresholds obtained by the VRA in children with normal hearing and hearing loss of different degrees. Were evaluated 41 children of both sex (28 boys and 13 girls), on ages between 6 and 48 months. The thresholds were obtained with ASSR with multiple and simultaneous stimulation on frequencies of 500, 1000, 2000 and 4000Hz. The thresholds were obtained with VRA on each ear separately on frequencies of 500, 1000, 2000 and 4000Hz. Were evaluated 82 ears, 20 with normal hearing and 62 with hearing loss. The correlation between the thresholds was calculated. The findings of this study demonstrate that the thresholds didn't have a statistic relevant relation with variables of age and sex. Considering the mean, the electrophysiological thresholds were higher than the behavioral. Using the coherence limits established, after the correction of the bias, was found a discrepancy between ASSR and VRA thresholds of $\pm 10\text{dB}$. These findings suggest ASSR can determinate hearing thresholds objectively and with a high correlation with psychoacoustic thresholds obtained by the behavioral method. We recommend, however that another Brazilian studies be made, so it can be established a minimum criteria necessary for the planning and application of pattern protocols, contributing with diagnostic validation of ASSR technique.

Key-words: Auditory Evoked Responses; Audiometry Pure-Tone, Child.

INTRODUÇÃO

A perda de audição pode ter um impacto negativo no desenvolvimento cognitivo, social e emocional do indivíduo¹. Os sinais da perda auditiva em crianças muito pequenas são sutis e de difícil detecção. A necessidade da criação de programas de triagem que propiciassem a detecção da perda auditiva o mais cedo possível surgiu em decorrência da detecção da perda auditiva ocorrer geralmente por volta dos 2 anos de idade, quando os pais notam que a criança não fala².

Quando um bebê atinge a idade cronológica/desenvolvimento de 5 ou 6 meses, observando-se controle de tronco e cervical, a técnica de audiometria com reforço visual proposta por Lidén e Kankkunen³ pode ser utilizada como método viável na avaliação auditiva. A VRA ou audiometria de reforço visual é considerada técnica padrão ouro na avaliação comportamental da sensibilidade auditiva em crianças pequenas (entre 6 meses e 30 meses de idade)⁴.

Na prática clínica, observa-se que, às vezes, a criança não aceita a colocação dos fones, sendo assim, necessário realizar o teste em campo livre. Desta forma, é difícil a detecção da perda auditiva unilateral, assim como a definição do grau da perda auditiva bilateral assimétrica, visto que são registradas as respostas da melhor orelha⁵.

Além disso, em populações de difícil testagem ou com algum comprometimento no desenvolvimento cognitivo, a realização da VRA não se torna viável, podendo ocasionar resultados não confiáveis⁶. Outra questão relatada na literatura é que na avaliação de crianças abaixo de 1 ano de idade, o condicionamento para realização da técnica é mais difícil e as respostas podem não ser confiáveis^{6,7,8}.

Nestas situações torna-se imprescindível a utilização de técnicas objetivas, eletrofisiológicas. E, mesmo quando respostas comportamentais confiáveis são obtidas, as técnicas objetivas podem fornecer informações adicionais importantes.

As Respostas Auditivas de Estado Estável, caracterizam-se por uma técnica nova, que se propõe a detectar limiares eletrofisiológicos por frequência específica (500 a 4000 Hz) de forma objetiva, não necessitando do condicionamento do paciente. Propicia uma avaliação confiável, completa e consideravelmente rápida, fatores essenciais para a intervenção o mais cedo possível nos casos de identificação de perda auditiva na infância^{9,10}.

De forma que foi objetivo do presente estudo observar a possibilidade do uso das Respostas Auditivas de Estado Estável na avaliação de crianças entre 6 e 48 meses de idade com audição normal e com diferentes graus de perda auditiva, a partir da observação da concordância com os achados da técnica padrão-ouro, a Audiometria de Reforço Visual (VRA).

MÉTODOS

A pesquisa realizada foi do tipo transversal, descritiva, do tipo validação diagnóstica. O estudo foi realizado nos Ambulatórios de Audiologia da Clínica Escola do Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

A casuística foi composta por crianças com idades entre 6 e 48 meses, de ambos os sexos com nível de audição normal e perda auditiva, cujos pais ou responsáveis aceitaram participar espontaneamente da pesquisa. As crianças que apresentaram diagnóstico de neuropatia auditiva foram excluídas.

A coleta de dados foi constituída pela realização de procedimento audiológico subjetivo e objetivo através da avaliação comportamental e eletrofisiológica, respectivamente.

A avaliação audiológica subjetiva incluiu a audiometria com reforço visual. Foi utilizado um audiômetro modelo 227, marca *Interacoustics*. A audiometria tonal foi realizada em cabina acústica, com fones supra aurais do tipo TDH-39 sendo avaliadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz. Os estímulos utilizados, tom puro modulado (“warble”), foram apresentados através das técnicas descendente e ascendente. Foi considerado como normal nível mínimo de audição até 15 dBNA¹¹.

Quanto ao protocolo da RAEE, foi utilizado o equipamento CHATR EP 200/Otométrics. Para realização do exame foi necessária a limpeza da pele do paciente com pasta abrasiva e álcool a 70% sendo em seguida realizada a fixação de eletrodos descartáveis com gel, posicionados em Fz (eletrodo ativo), M1 (referência) e M2 (terra), sendo que a impedância dos eletrodos foi mantida abaixo de 5 K Ω e o equilíbrio da impedância entre eles não superior a 2 K Ω .

Os estímulos utilizados foram tons puros modulados apresentados bilateralmente e simultaneamente, sendo avaliadas as frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz,

simultaneamente e em ambas as orelhas, sendo apresentados oito estímulos (quatro em cada orelha) modulados 100% em amplitude e 20% em frequência, nas frequências de modulação de 97, 81, 95, 88 Hz, respectivamente para a orelha direita e 92, 77, 84 e 85Hz para a orelha esquerda.

Os estímulos foram apresentados às crianças por meio de fones de inserção ER- 3A, começando na intensidade de 50dB NPS, diminuindo em passos de 10 dB até que não fosse observada mais a resposta (figura 1), em protocolo automático do equipamento (Child Asleep Test).

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e inferencial. A fim de favorecer uma visualização geral entre os correspondentes limiares da RAEE e VRA, foram construídos gráficos dos perfis individuais considerando todos os limiares dos dois métodos. A análise descritiva (média, desvio-padrão, mínimo, mediana, máximo e percentis) dos limiares absolutos obtidos pela RAEE e pela VRA e a diferença entre os dois métodos, foi calculada para cada frequência. Os dados foram expostos através de tabelas e gráficos.

Gráficos de dispersão foram realizados a fim de observar a associação entre os dois métodos. A análise inferencial foi realizada considerando o modelo de regressão linear simples para estudar a associação da técnica da VRA e RAEE.

Para dar uma noção melhor da diferença entre os métodos após a correção do viés, também foram calculados os limites de concordância dos resíduos. Para isso foram utilizados testes de normalidade dos resíduos e construídos histogramas, uma vez que os resultados se baseiam em uma distribuição Normal.

Ressalta-se, que os limiares eletrofisiológicos obtidos em dB NPS foram convertidos para dB NA de acordo com a norma ANSI S3-6: "*Specification for Audiometers*" e ISO 389.2: "*The calibration standard insert earphones*", com as correções de -6; -0; -3 e -6dB para os tons de 0,5; 1; 2 e 4kHz, respectivamente, para que pudesse ser realizada uma

comparação equivalente com os resultados da audiometria com reforço visual, já que esses são obtidos em dB NA.

A pesquisa foi encaminhada para apreciação do Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da UFPE, e aprovada sob o CAAE 25622913.4.0000.5208 de acordo com os requisitos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

▪ **RESULTADOS**

Do total de 41 crianças que foram selecionadas a participar da pesquisa, foram avaliadas 10 crianças com audição normal e 31 crianças com perda auditiva, sendo 13 do sexo feminino (32%) e 28 do sexo masculino (68%). Das 41 crianças avaliadas, todas permitiram a realização da VRA com fones supra aurais do tipo TDH-39, possibilitando a avaliação das duas orelhas separadamente, totalizando 82 orelhas, sendo 20 orelhas normais e 62 com perdas auditivas de diversos graus. A idade das crianças variou de 18 a 48 meses, sendo a média de idades de 39,7 meses (Tabela 1).

Os perfis individuais dos limiars obtidos pelos ambos os métodos de avaliação para cada frequência (0,5, 1, 2 e 4KHz) estão apresentados na Figura 2, em sua maioria os limiars a RAEE foram superiores aos encontrados a VRA, à exceção de: indivíduo 4(OD, 4KHz), indivíduo 20 (OE, 4KHz) e indivíduo 26 (OE, 4KHz).

As tabelas 2 e 3 mostram a distribuição da casuística de acordo com os limiars obtidos, para cada frequência, pela RAEE e pela VRA, respectivamente. É possível observar uma aproximação entre os limiars eletrofisiológicos e os comportamentais, estando os limiars da RAEE ligeiramente maiores que os limiars da VRA praticamente em todas as frequências.

A tabela 4 apresenta a diferença média (viés) entre os limiars eletrofisiológicos e os limiars comportamentais. Observa-se que foram encontrados alguns valores negativos entre a diferença média dos limiars obtidos pelos dois métodos de avaliação, indicando limiars

eletrofisiológicos melhores que os limiares da VRA, em algumas circunstâncias. Os intervalos de confiança do viés variaram de 2 dB (4KHz) a 26 dB (1KHz).

A fim de favorecer uma melhor noção da diferença entre os métodos após a correção do viés, foram calculados, também, os limites de concordância dos resíduos, isto é, a diferença entre o limiar da VRA estimado pela RAEE e o limiar de fato medido pela VRA. Os intervalos de confiança dos resíduos, considerando-se a VRA, variaram em torno de 10dB aproximadamente dentre as frequências avaliadas. Os resultados podem ser vistos na tabela 5.

A figura 3 apresenta os gráficos de regressão linear simples correlacionando os limiares obtidos na VRA e RAEE (ASSR) nas frequências de 0,5, 1,0, 2,0 e 4,0 kHz. Observa-se uma relação linear entre os limiares das duas técnicas com inclinação da reta maior para as frequências agudas demonstrando discreta aproximação entre os limiares obtidos na RAEE e na VRA.

As estimativas do modelo de regressão linear da VRA, segundo o limiar mínimo da RAEE, podem ser vistas na tabela 6. É possível verificar que matematicamente o modelo foi bem aplicável, fornecendo dados altamente significantes, como demonstra o valor de R^2 . Para todas as frequências encontra-se associação estatisticamente significativa entre os limiares obtidos por audiometria e por RAEE.

Para verificar a associação entre os achados das técnicas foram realizados os cálculos de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo a partir da elaboração de uma tabela de contingência que comparasse os achados da VRA com os achados previstos para VRA pela RAEE, considerando-se como normalidade limiares a VRA de até 20 dB NA e a RAEE de até 23 dB NA.

Esses valores de limiar para normalidade da VRA foram escolhidos de acordo com a classificação da OMS¹² (1991) uma vez que a maioria das crianças da amostra ditas normais apresentaram limiares em torno de 20 dB NA, pouco acima do considerado padrão de

normalidade segundo a classificação de Northern e Downs¹¹ (1989), questão que será melhor discutida a frente.

Para a RAEE foi selecionada a intensidade de corte para a normalidade de 23 dB NA (tabela 7), por ser a intensidade em que foi encontrada forte associação (kappa: 0,92 e teste exato de fisher $p < 0,001$). Foram encontrados altos valores de sensibilidade (capacidade da RAEE de identificar a presença da perda auditiva) e especificidade (capacidade da RAEE de identificar a ausência da perda auditiva) (96%).

O valor preditivo positivo (probabilidade da RAEE achar perda em havendo a perda) foi alto (98%) e o valor preditivo negativo (probabilidade da RAEE dar normal sendo o indivíduo normal), relevante (92%). O percentual de falso positivo (indivíduo normal identificado pela RAEE como tendo perda) foi baixo 4%, bem como de falso negativo (indivíduo com perda identificado pela RAEE como normal), 2%. Demonstrando a efetividade da RAEE em determinar a normalidade e a presença de perda auditiva com a intensidade de ponto de corte para normalidade escolhida.

DISCUSSÃO

O propósito desse estudo foi avaliar como os limiares eletrofisiológicos obtidos pela RAEE podem estimar os limiares comportamentais obtidos pela VRA em crianças de 6 a 48 meses. Sendo assim, os achados da RAEE de todas as 41 crianças participantes foram comparados com os da audiometria condicionada englobando 82 orelhas, uma vez que durante a VRA foram utilizados fones TDH39, separando os resultados das orelhas.

O fato das crianças terem permitido a utilização de fones para execução do VRA se deu pela idade das crianças avaliadas, entre 18 e 48 meses, sendo mais fácil nessa faixa etária a aceitação da colocação dos fones durante a testagem da audiometria condicionada^{13,14,15,16}.

Entretanto, no presente estudo não foram analisados os limiares segundo a idade, por não haver grande variabilidade na idade da amostra, sendo em sua maioria crianças mais velhas, com média de idade de 39,7 meses (tabela 1). Outros estudos refletem sobre esta relação, mas referem não haver diferença estatisticamente significativa nos achados de limiar por faixa etária para a VRA^{17,18}.

A variável sexo foi analisada apenas de forma descritiva no presente estudo não sendo correlacionada aos limiares encontrados, sendo a população composta por 68,3% (n=28) indivíduos do sexo masculino e 32,7% (n=13) do sexo feminino (tabela 1). A literatura relata não haver relação entre gênero e os limiares encontrados nas técnicas^{19,20,21}.

Contudo, observa-se uma ligeira tendência de as crianças do sexo feminino apresentarem limiares melhores que as crianças do sexo masculino. As respostas auditivas de estado estável tendem a ter latências menores e amplitudes maiores para os sujeitos do sexo feminino. O pequeno tamanho da cabeça e o menor comprimento da via auditiva ocasionariam uma latência menor e um aumento na descarga da sincronização das fibras²¹.

Com relação aos valores individuais dos limiares eletrofisiológicos e comportamentais encontrados para cada frequência (Figura 2), em geral os limiares a RAEE foram superiores

aos encontrados a VRA, à exceção de: indivíduo 4(OD, 4KHz), indivíduo 20 (OE, 4KHz) e indivíduo 26 (OE, 4KHz).

Pode-se atribuir este achado a idade das crianças sob teste, 48 meses. Acredita-se que crianças mais velhas podem ter respostas piores a VRA, pois o reforço visual nesta faixa etária já não seria atrativo o suficiente para manter as crianças com uma participação ativa até o fim da testagem. Geralmente a frequência de 4KHz é a penúltima frequência testada em cada orelha durante a avaliação e a orelha esquerda a última orelha de avaliação, o que pode ter justificado estes achados¹⁸.

É fato que as diferenças entre os limiares das duas técnicas existam, uma vez que consistem em métodos de avaliação distintos cada qual com sua característica própria. Alguns aspectos inerentes à natureza de avaliação e a própria metodologia aplicada tem relação direta com a diferença dos achados dentre as técnicas.

Geralmente os limiares eletrofisiológicos são superiores aos comportamentais, as médias dos limiares a RAEE do presente estudo demonstraram-se superiores as médias dos limiares a VRA (tabelas 2,3). A explicação para estas diferenças considera-se inerente à técnica de promediação para se extrair o potencial evocado do ruído²².

Ou seja, a RAEE necessita de um tempo de promediação maior, principalmente em crianças mais velhas que têm maior dificuldade de cessar os movimentos e relaxar, o que ocorreu no presente estudo, cuja média de idade foi de 39,7 meses, de modo que se observa uma clara tendência da técnica RAEE apresentar limiares superiores aos valores da VRA, e limiares elevados, em alguns momentos, para níveis acima da normalidade^{10,15,23}.

Entretanto, observou-se neste estudo que, em alguns casos, os limiares da RAEE foram melhores que os da VRA, resultando, pois, em um valor negativo na diferença entre ambos os limiares (tabela 4). Esses achados também foram relatados em outros estudos que comparam as RAEE com a VRA^{10,15}.

Uma possível consideração a ser feita em relação a tais achados refere-se ao fato de que na avaliação comportamental de crianças, há uma probabilidade de os resultados encontrados serem mais elevados do que os verdadeiros limiares auditivos, devido à maturação das respostas com o desenvolvimento das habilidades auditivas e motoras^{4,10,15}.

Com relação às diferenças médias entre os limiares eletrofisiológicos e comportamentais, verificou-se neste estudo que se apresentaram até 18 dB (IC 10 a 26) havendo um comportamento semelhante da diferença entre os limiares tanto para indivíduos normais quanto com perda auditiva (tabela 4, figura 3). Diferenças médias similares foram relatadas por outros estudos: Aoyagi²⁴ et al (1994) encontraram diferenças de 4 a 16 dB; Rance; Rickards²⁵ (2002) observaram diferenças de 10 a 15dB. Esta diferença média está dentro da margem esperada, uma vez que se encontra inferior ao limite descrito pela literatura de cerca de 30dB^{21,26,27,28}.

Contudo Luts¹³ et al. (2004) verificaram que as diferenças variaram de -2 a 4dB, e Rodrigues; Lewis¹⁶ (2010) encontraram diferenças entre 2 e 4dB, ambas menores que o presente estudo dentre os métodos de avaliação. O que possivelmente se deu pelo fato destes estudos serem com populações com perda auditiva. Estudos têm demonstrado diferenças menores entre os limiares tonais e RAEE quando há perda auditiva, sendo esta diferença menor quanto maior o grau de perda auditiva^{14,25,26,27}.

Vale ressaltar, todavia, que segundo Lins⁹ et al (2002) e Santos¹⁰ (2010) esta diminuição da diferença entre os limiares se daria devido ao fenômeno do recrutamento, presente em indivíduos com perda auditiva sensorioneural e que se modificando o protocolo de aquisição ampliando a promediação este fenômeno não ocorreria.

Com relação ao comportamento da média das diferenças entre a RAEE e a VRA dentre as frequências estudadas houve uma discreta aproximação nos valores para frequências agudas. Assim como demonstra a figura 3, há uma inclinação da reta maior para os agudos,

observando-se uma aproximação entre os valores dos limiares da VRA e da RAEE ao se considerar as frequências de 2 e 4KHz. Este resultado tem sido demonstrado por Lins⁹ et al. (2002), Perez-Abalo²² et al. (2001), Picton²⁸ et al. (2005) e Duarte²⁷ et al (2007).

Em média, foram observadas respostas mais elevadas para as frequências de 500 Hz e 1000 Hz quando comparadas às demais frequências analisadas. Esta discrepância também tem sido relatada em estudos anteriores e vários fatores contribuem para este fenômeno^{15,16,22,28}.

O principal motivo para este tipo de achado deve-se possivelmente a própria característica intrínseca da técnica, ou seja, a resposta nas frequências agudas é mais clara e mais próxima do limiar por motivos fisiológicos de forma similar ao que ocorre no potencial evocado auditivo de tronco encefálico¹⁰.

Há uma ativação neural diferenciada quanto à frequência de 500 Hz. Existe uma maior dispersão na fase dos neurônios respondendo a essa frequência, que é provocada pela mudança lenta da onda sonora na membrana basilar, atingindo uma região mais ampla na cóclea. O resultado é uma diminuição da amplitude no registro do sinal, que também tem sido relatada para os potenciais evocados auditivos de tronco encefálico por frequência específica em 0.5 kHz^{9,16}.

Outros fatores têm sido considerados, entre eles a presença de ruído eletrofisiológico nas frequências baixas devido ao predomínio do mesmo em graves²⁸, assim como o efeito mascarante ocasionado pelo ruído ambiental sobre estas frequências nos estudos cujos dados foram coletados em ambientes não tratados acusticamente^{9,26}.

Tão importante quanto a diferença é a variabilidade desta diferença ou desvio padrão, ou seja, o quanto os valores obtidos pelas diferenças entre os limiares variam em torno da média. Os desvios padrão das médias das diferenças variaram de 5 dB (tabela 4), concordando com o estudo de Calil²⁰ (2006), no qual foi observado uma variação de 5.4 a 12.6 dB.

Os limites de concordância encontrados no estudo apontam que em 95% dos casos, para essa amostra em particular, os “reais” limiars da VRA, que são obtidos a partir dos limiars da RAEE após a retirada do viés (média das diferenças) por frequência (entre 12 e 18dB), estarão cerca de 10 dB acima e abaixo do limiar (resíduo) estimado para cada frequência avaliada (tabela 5). Outros estudos recentes que utilizaram uma metodologia semelhante a este também referiram que os limiars da RAEE se encontram em média de 10 a 15dB acima dos limiars comportamentais^{16,29,30}.

Para se validar uma nova técnica de diagnóstico é fundamental compará-la a uma outra técnica considerada padrão ouro. Neste estudo comparamos a RAEE ao padrão ouro VRA. Houve elevada associação entre os achados de ambas as técnicas o que se refletiu em um coeficiente kappa de 0,92 e ao teste exato de fisher um $p < 0,001$, bem como em valores de sensibilidade e especificidade altos para a RAEE (96%), além de um índice baixo de falso positivos (4%) e falso negativos (2%), (tabela 7). Desta forma a resposta auditiva de estado estável se demonstrou uma ferramenta efetiva na identificação de perda auditiva e normalidade para a faixa etária estudada.

Vale ressaltar que para se calcular a associação, se comparou os achados da VRA com os achados previstos para VRA pela RAEE, sendo considerado como limite de normalidade 20 dB NA para VRA, um pouco acima do considerado normal segundo a classificação de Northern e Downs¹¹. Isto se deu porque a maioria das crianças ditas normais deste estudo apresentou limiars em cerca de 20 dB NA, se optando, portanto, em utilizar a classificação de normalidade da OMS¹² (1991).

Para a RAEE foi considerada ponto de corte para normalidade a intensidade de 23 dB NA, por este valor apresentar os melhores índices de associação (tabela 7,8,9). Entretanto ao se considerar esta intensidade de corte como normalidade, sendo de fato a normalidade pela classificação da OMS¹² (1991), em 20 dB NA, pode em alguns momentos fazer com que

indivíduos com perda discreta a leve segundo a classificação de Northern e Downs¹¹ (1989) sejam classificados pela RAEE como normais.

Pois não se pode esquecer que ainda temos que lidar com resíduos de até ± 9 dB na relação de limiares entre as técnicas, bem como considerar que a VRA é avaliada a passos de 5dB e a RAEE a passos de 10dB. Contudo, mesmo considerando a possibilidade de alguns indivíduos com perda discreta a leve serem classificados a RAEE como normais, isto se daria em cerca de 2% dos casos, uma vez que este foi o índice de falso negativos para a amostra, dentro do ponto de corte escolhido para a RAEE (23 dB NA), que é consideravelmente baixo.

CONCLUSÃO

A análise dos resultados demonstrou que a técnica da RAEE possibilita estimar os limiares auditivos, de forma objetiva, em ambas as orelhas, simultaneamente nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000Hz, com uma considerável correlação com os limiares psicoacústicos.

Em média, foram observados limiares eletrofisiológicos maiores que os limiares comportamentais. Utilizando os limites de concordância estabelecidos, foi possível verificar após a correção do viés, uma discrepância entre a RAEE e VRA com fones de até ± 10 dB.

No presente estudo foram encontrados altos valores de sensibilidade e especificidade para a RAEE, em cerca de 96% o que a coloca como uma técnica capaz de identificar de forma efetiva a presença de perda auditiva e a normalidade para a faixa etária estudada.

Entretanto, considerando a avaliação de associação entre as técnicas deste estudo, limiares da RAEE para crianças com audição normal podem ser registrados com grau de perda auditiva discreta a leve, ao se considerar o ponto de corte para normalidade a RAEE (23 dB NA). Esta elevação sugere, pois, dificuldades na diferenciação entre audição normal e perda auditiva leve em crianças pequenas com os dados exclusivos da RAEE.

Sabe-se que os testes de diagnóstico não são perfeitos, mas existe uma probabilidade de acerto. Dessa forma, sugere-se a necessidade de mais investigações que visem a acurácia da RAEE quanto à sua sensibilidade para perda auditiva de diversos graus em crianças a fim de que possa ser implementada na avaliação clínica baseada em evidências. É importante também o estabelecimento de critérios mínimos necessários para o planejamento e aplicação de protocolos com fins de padronização, contribuindo com a validação diagnóstica.

ANEXOS

Figura 1. Representação da pesquisa do limiar eletrofisiológico através da RAEE, Fonte: Própria autora, Recife, 2016

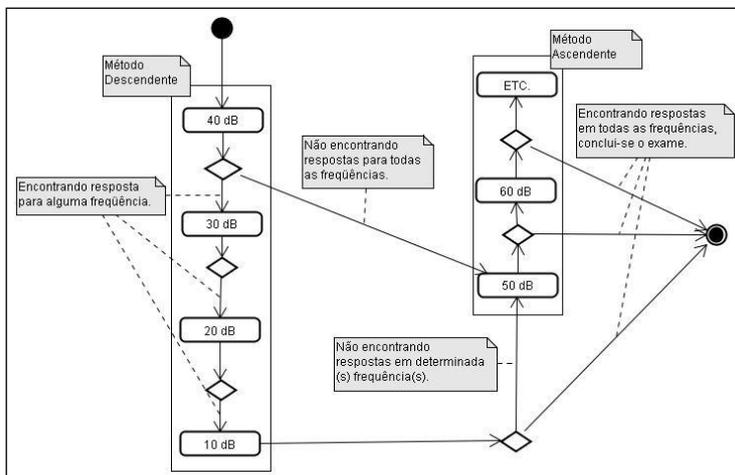
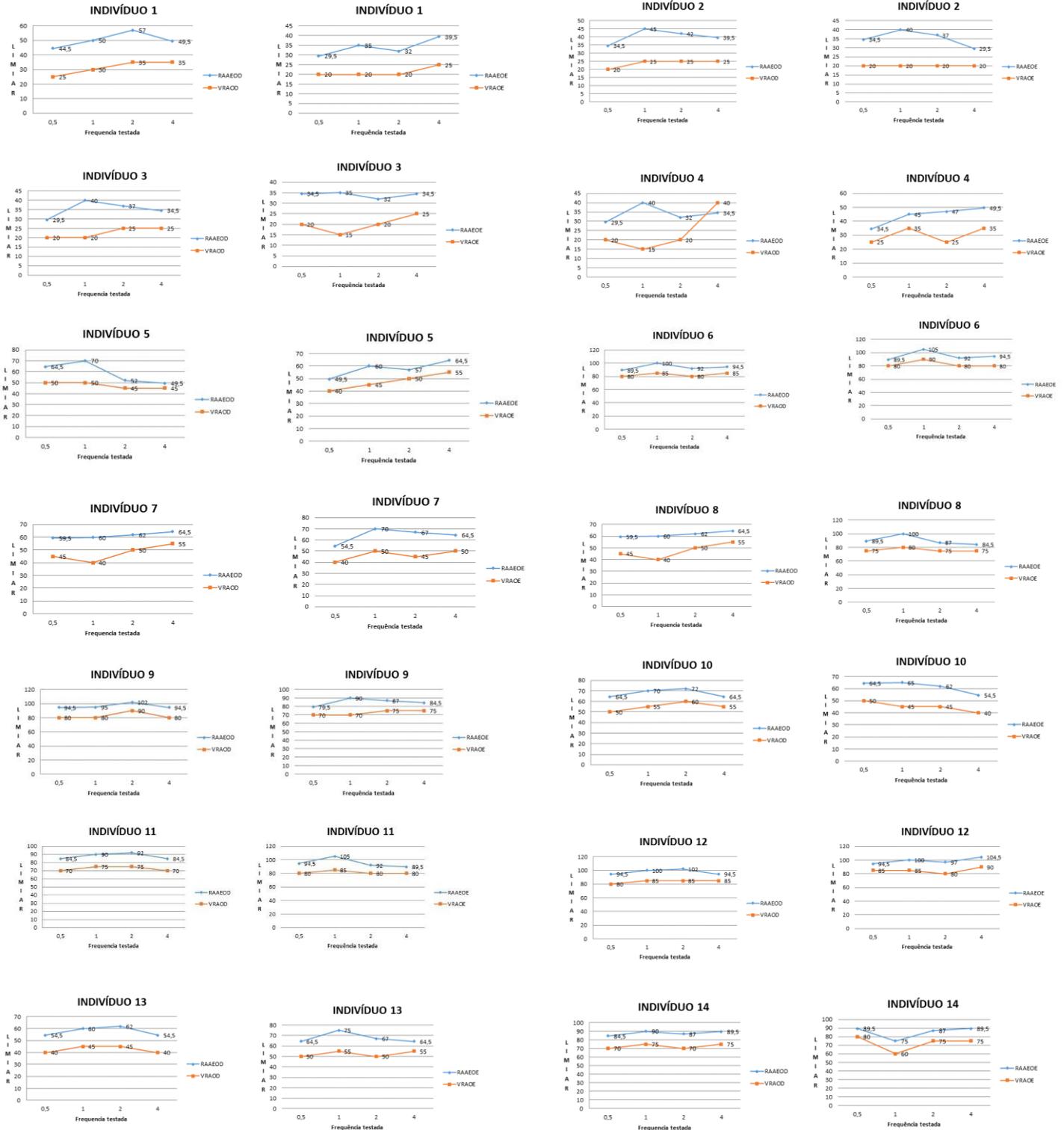
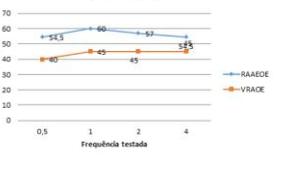
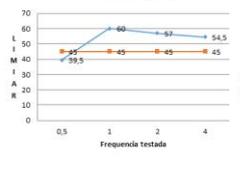
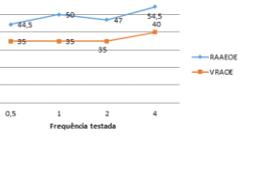
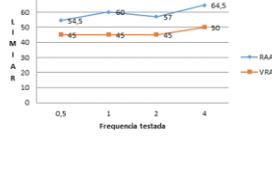
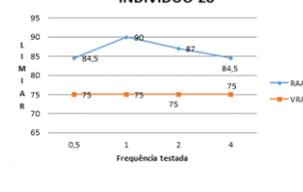
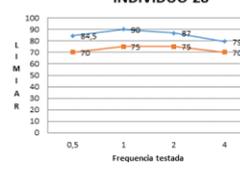
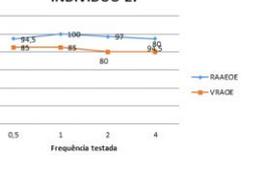
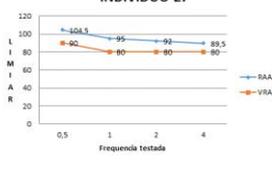
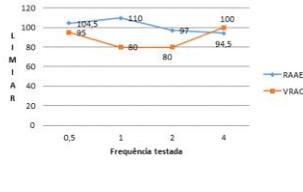
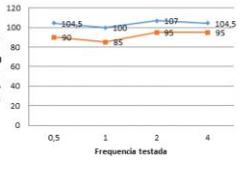
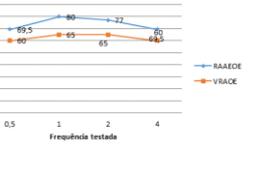
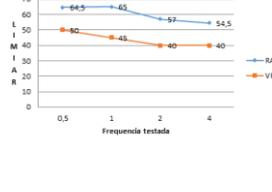
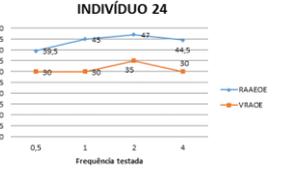
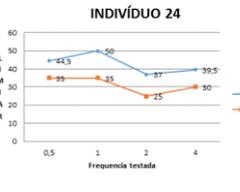
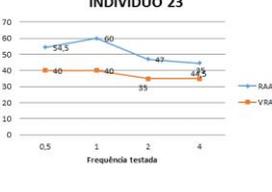
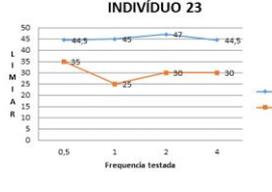
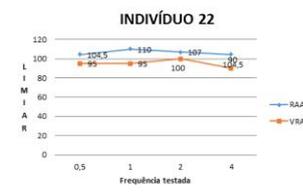
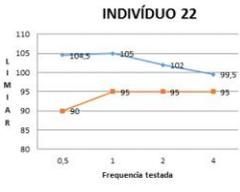
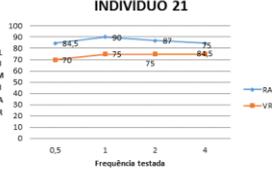
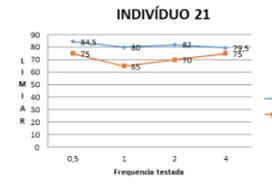
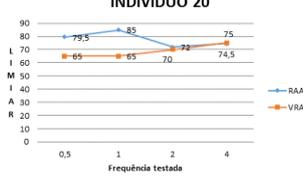
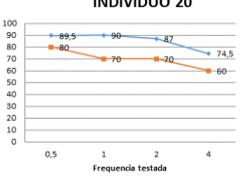
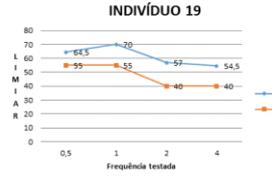
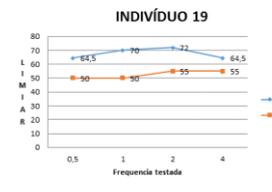
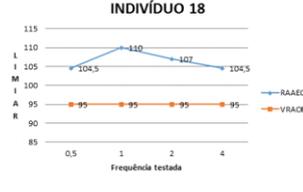
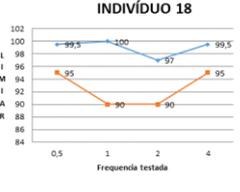
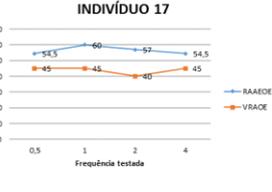
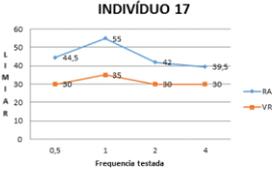
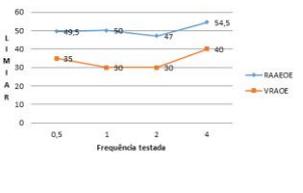
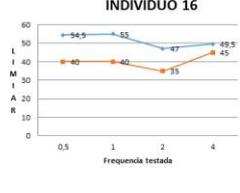
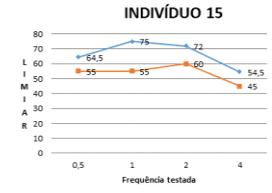
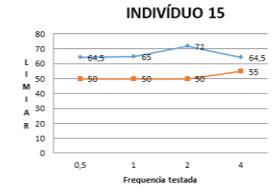


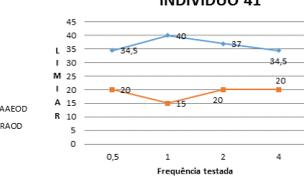
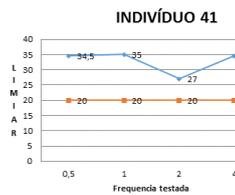
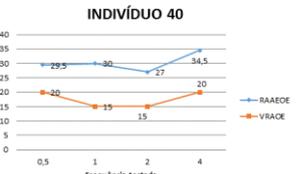
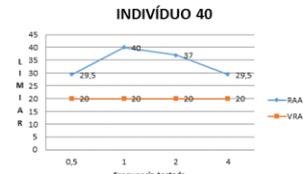
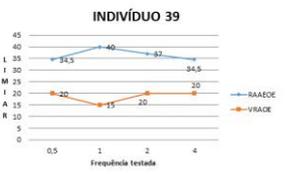
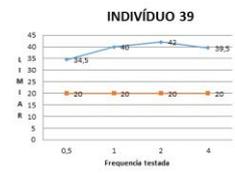
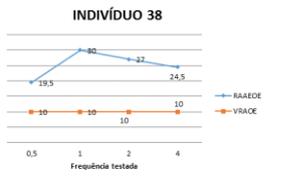
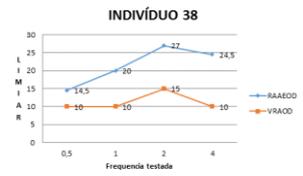
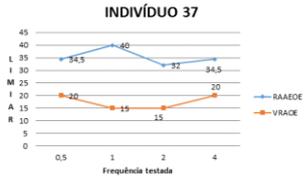
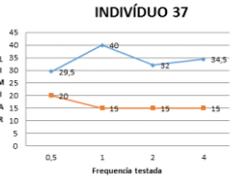
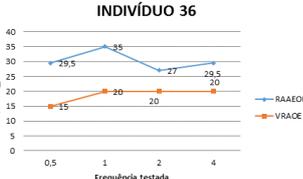
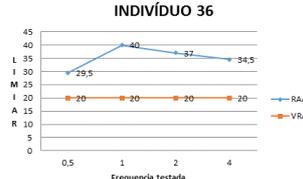
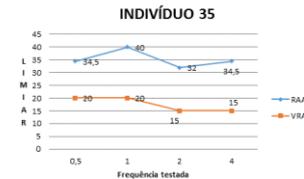
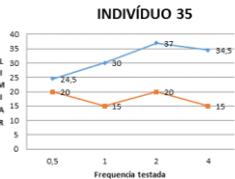
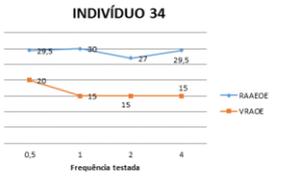
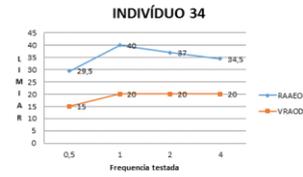
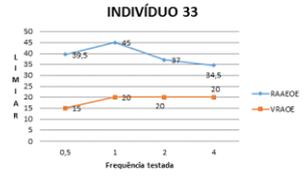
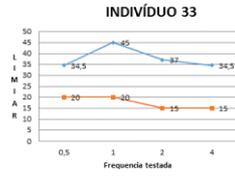
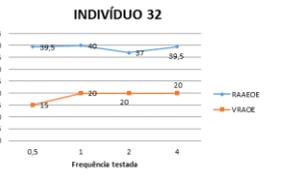
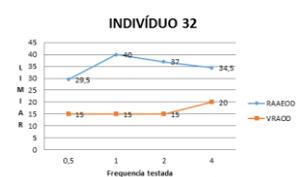
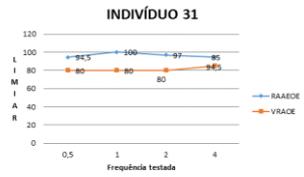
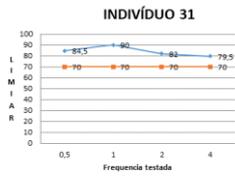
Tabela 1 - Distribuição da casuística de acordo com a idade (média, desvio-padrão, valores mínimos, medianas e valores máximos) e o sexo da amostra (n=41)

Variáveis	Sexo			Idade (meses)			
	n	M	F	Média ± DP	Mínimo	Mediana	Máximo
Normais	10	7	3	40 ± 6	36	36	48
Perda Auditiva	31	21	10	40 ± 11	18	48	48
Total	41	28	13	40 ± 10	18	48	48

Figura 2- Perfis individuais dos limiares obtidos a RAEE e a VRA (n=41)







Legenda:
OD primeiro gráfico da esquerda para direita
OE segundo gráfico da esquerda para direita
Eixo vertical: Limiar dB NA
Eixo horizontal: Frequência Hz
5 -500Hz
1 -1000Hz
2-2000Hz
4- 4000 Hz

Tabela 2 - Estatísticas descritivas dos limiares obtidos por VRA para cada frequência (n=82)

Variáveis (dB NA)	Freq. (KHz)	Média ± DP	Mediana	Mínimo	Máximo
VRA	0,5	48 ± 27	45	10	95
	1,0	48 ± 27	45	10	95
	2,0	48 ± 27	45	10	100
	4,0	49 ± 26	45	10	100

Tabela 3 - Estatísticas descritivas dos limiares obtidos por RAEE para cada frequência (n=82)

Variáveis (dB NA)	Freq. (KHz)	Média ± DP	Mediana	Mínimo	Máximo
RAEE	0,5	60 ± 26	55	15	105
	1,0	65 ± 25	60	20	110
	2,0	62 ± 25	57	27	107
	4,0	60 ± 25	55	25	105

Tabela 4 - Estatísticas descritivas das diferenças entre os limiares da RAEE e da VRA para cada frequência (n=82)

Variáveis (dB NA)	Freq. (KHz)	Média ± DP	Mediana	Mínimo	Máximo	LC95
	0,5	12 ± 4	15	-6	25	4-20
	1,0	18 ± 4	18	10	30	10-26
	2,0	14 ± 4	12	2	22	6-22
	4,0	12 ± 5	15	-6	20	2-21

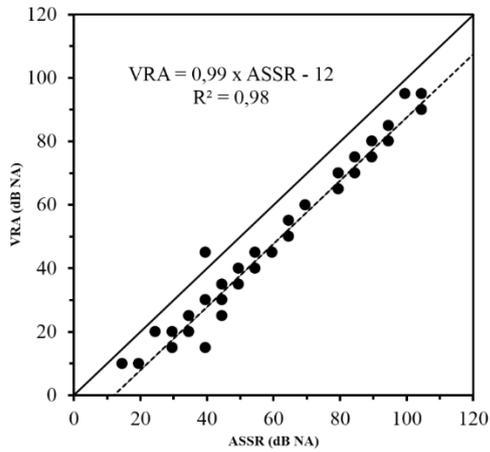
Tabela 5 – Limite de concordância e intervalos de confiança 95% para os resíduos¹ (n=82)

Freq. (KHz)	Resíduo	Mediana	Mínimo	Máximo
0.5	±8	2	-18	12
1.0	±8	0	-8	12
2.0	±8	-2	-12	8
4.0	±9	3	-17	8

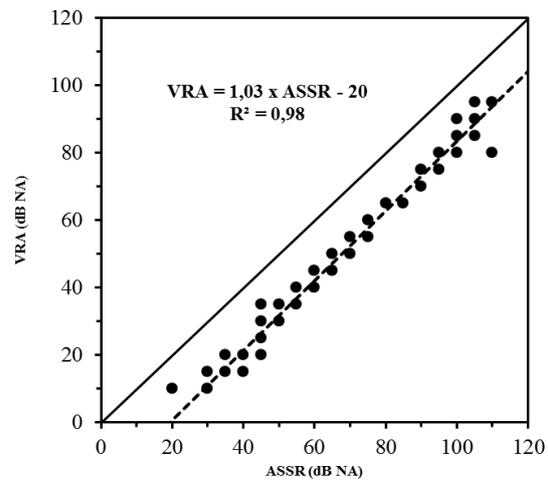
¹Resíduos = (RAEE – Viés) – limiar VRA

Figura 3: Gráficos de dispersão dos limiares auditivos da VRA segundo o limiar mínimo da RAEE nas frequências de 0,5, 1,0, 2,0 e 4,0 KHz.

500Hz



1000Hz



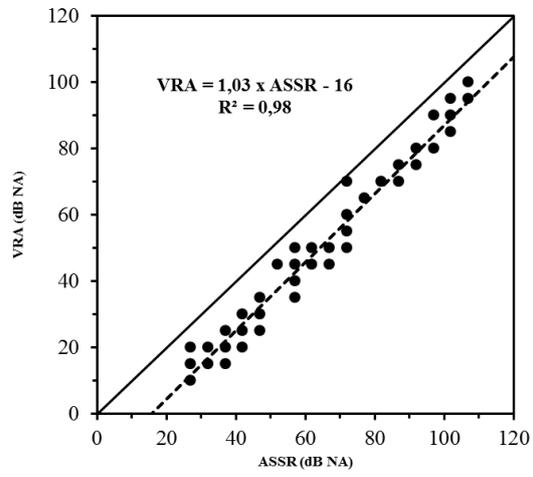
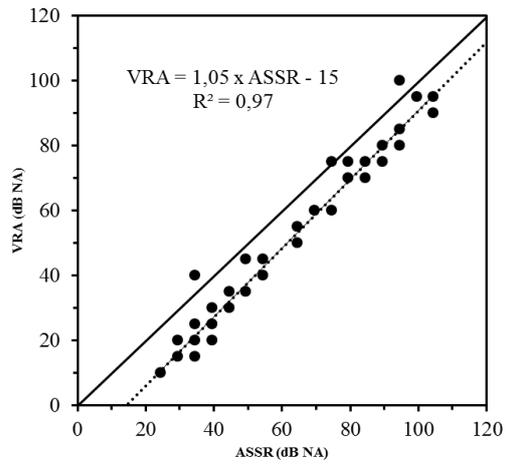
2000Hz**4000Hz**

Tabela 6 - Estimativas dos modelos de regressão linear simples por frequência

Frequência	Fatores	Estimativa	R ²
0,5 kHz	Intecepto	12	0,98
	Inclinação	0,99	
1,0 kHz	Intecepto	20	0,98
	Inclinação	1,03	
2,0 kHz	Intecepto	16	0,98
	Inclinação	1,03	
4,0 kHz	Intecepto	15	0,97
	Inclinação	1,05	

Tabela 7- Tabela de contingência, comparação dos achados da RAEE e da VRA (n=82)

PERDA		PVRA			
		Sim	Não	Total	
VRA	Sim	55	1	56	Kappa: 0,92 Fisher p < 0,001
	Não	2	24	26	
	Total	57	25	82	

VRA – Achados da VRA

PVRA – Achados previstos para VRA pela RAEE

VPP – Valor preditivo positivo

VPN- Valor preditivo negativo

F+ - Falso positivo

F- - Falso negativo

Sensib – Sensibilidade

Espec - Especificidade

Sensib	96%
Espec	96%
VPP	98%
VPN	92%

V +	55	98%
V -	24	92%
F +	2	4%
F -	1	2%

REFERÊNCIAS

1. PUPO AC, BALIEIRO CR, FIGUEIREDO RSL. Estudo Retrospectivo de Crianças e Jovens com Deficiência Auditiva: Caracterização das Etiologias e Quadro Audiológico. Rev CEFAC, 2008;10(1):84-91.
2. NOVAES, BCAC et al. Fatores determinantes no desenvolvimento de habilidades comunicativas em crianças com deficiência auditiva. J Soc Bras Fonoaudiol, 2012;24(4): 355-341.
3. LÍDEN G, KANKKUNNEN A. Visual reinforcement audiometry. Acta. Otolaryngol,1969; 67(2): 281-292.
4. HOSHINO ACH et al. Evolução audiométrica em usuários de implante coclear multicanal. Revista CEFAC, 2013;15(2): 297-304.
5. CORREA BM. et al. Triagem auditiva: concordância entre os métodos comportamental e objetivo. Rev. CEFAC,2012;14(1):84-89.
6. DIDONÉ DD et al. Acompanhamento do desenvolvimento da função auditiva em crianças sem e com indicadores de risco para a surdez. Distúrbios da Comunicação, 2011; 23(3):317-323.
7. VERSOLATTO-CAVANAUGH MC et al. Audiometria de reforço visual em crianças de cinco a nove meses de idade: repercussões do desenvolvimento sensorio motor e características individuais. Distúrbios da Comunicação,2009; 21(2):207-217.
8. LEE CY et al. Effects of age and degree of hearing loss on the agreement and correlation between sound field audiometric thresholds and tone burst auditory brainstem response thresholds in infants and Young children. J Formos Med Assoc,2008; 107(11): 869-875.
9. LINS OG. Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral. 2002.112p. Tese (Doutorado em Medicina), Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2002.
10. SANTOS AGA dos. Respostas auditivas de estado estável em crianças de 6 a 48 meses com audição normal. 71f. [Tese de Doutorado]. Universidade Federal de Pernambuco: Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento. 2010.
11. NORTHERN JL, DOWNS MP. **Audição em Crianças**. São Paulo: Manole, 1989. p. 247 – 296.
12. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Relatório do Grupo Informal de Planejamento e Programação de Prevenção de Surdez e Perda Auditiva. Genebra, OMS, 1991.

13. LUTS H et al. Objective assessment of frequency-specific hearing thresholds in babies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2004;68(7):.915-926.
14. ATTIAS J et al. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensorineural hearing loss or auditory neuropathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*,2006;115(4):268-276.
15. HAN D, MO L, LIU H. Threshold Estimation in Children Using Auditory Steady-State Responses to Multiple Simultaneous Stimuli. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*,2006;68(2): 64-68.
16. RODRIGUES GRI, LEWIS DR. Potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças com perdas auditivas cocleares. *Pró-Fono R. Atual. Cient*,2010;22(1):37-42.
17. PARRY G et al. Minimal response levels for visual reinforcement audiometry in infants. *Int. J. Audiol*, 2003; 42(7):413-417.
18. LEMOS ICC et al. Avaliação do nível mínimo de audição em lactentes de seis a 24 meses por meio do reforço visual. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*,2007; 12(2):86-91.
19. FERRAZ OB, FREITAS SV, MARCHIORI LLM. Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 2002;68(4):480-486.
20. CALIL DB, LEWIS DR, FIORINI AC. Achados dos potenciais evocados auditivos de estado estável em crianças ouvintes. *Distúrbios da Comunicação*, 2006;18(3): 391-401.
21. PICTON TW, VAN ROON P, JOHN MS. Multiple auditory steady state responses (80–101 Hz): effects of ear, gender, handedness, intensity and modulation rate. *Ear Hear*,2009; 30(1):100-109.
22. PEREZ-ABALO MC et al. Steady state responses to multiple modulated tones: an optimized method to test frequency- specific thresholds in hearing- Impaired children and normal-hearing subjects. *Ear Hear*,2001;. 22:200-211.
23. MARTÍNEZ-BENEITO P et al. Potenciales evocados auditivos de estado estable a multifrecuencia como técnica de determinación de umbrales auditivos. *Acta Otorrinolaringol Esp*, 2002; 53: 707-717.
24. AOYAGI M et al. Pure-tone threshold prediction by 80-Hz amplitude-modulation following response. *Acta Otolaryngol Suppl*,1994;511:7-14.
25. RANCE G, RICKARDS F. Prediction of Hearing Threshold in Infants Using Auditory Steady-State Evoked Potentials. *J Am Acad Audiol*, 2002;13(5):236-245.

26. RANCE G et al. Hearing thresholds estimation in infants using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*,2005; 16(5): 291-300.
27. DUARTE JL. A utilização da resposta auditiva de estado estável para estimar limiares auditivos em indivíduos com perda auditiva neurosensorial. 2007. 118p. Dissertação (Faculdade de Odontologia de Bauru), Universidade de São Paulo.
28. PICTON TW et al. Estimating audiometric thresholds using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*,2005;16(3):140–156.
29. BECK RMO et al. Comparative study between pure tone audiometry and auditory steady-state responses in normal hearing subjects. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*,2014; 80(1): 35-40.
30. FARIAS VB et al. Correlação dos achados do potencial evocado auditivo de estado estável e da avaliação auditiva comportamental em lactentes com perda auditiva sensorioneural. *Codas*, 2014;26(3): 226-230.