

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

ELIZÂNGELA DIAS CAMBOIM

**Potencial evocado auditivo de estado estável simultâneo por via
aérea e óssea**

RECIFE

2018

ELIÂNGELA DIAS CAMBOIM

**Potencial evocado auditivo de estado estável simultâneo por via
aérea e óssea**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de doutora em neurociências.

Orientador: Otávio Gomes Lins

RECIFE

2017

Catálogo na fonte:
Bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4:1895

C176p	<p>Camboim, Elizângela Dias. Potencial evocado auditivo de estado estável simultâneo por via aérea e óssea / Elizângela Dias Camboim. – Recife: o autor, 2018. 127 f.; il.; 30 cm.</p> <p>Orientador: Otávio Gomes Lins. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências da Saúde. Programa de pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento. Inclui referências, apêndices e anexos.</p> <p>1. Potenciais evocados. 2. Audição. 3. Condução óssea. 4. Perda auditiva. 5. Triagem. I. Lins, Otávio Gomes (orientador). II. Título.</p> <p>616.8 CDD (23.ed.)</p>	UFPE (CCS 2018 - 175)
-------	--	-----------------------

ELIZÂNGELA DIAS CAMBOIM

**Potencial evocado auditivo de estado estável simultâneo por via
aérea e óssea**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de doutora em neurociências.

Aprovada em 24 de março de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilberto Mastrocola Manzano
Universidade Federal de São Paulo-USP

Profª Dra Thamara Suzi dos Santos
Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

Profª Dra. Mariana de Carvalho Leal Gouveia
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Pedro de Lemos Menezes
Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas-UNCISAL

Prof. Dr. Otavio Gomes Lins
(Presidente da Banca)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais (in memoriam), que incentivaram a conquista de cada etapa de minha vida. Ao meu esposo Emanuel, pelo apoio incondicional e paciência durante esses anos. Aos meus amados filhos, Mano e Henrique, e a minha querida e única irmã Elivânia, que esta conquista seja exemplo de perseverança para vocês.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela realização do sonho em fazer um doutorado, pelo conforto da fé nos momentos difíceis e pela saúde para concluir esta etapa.

Ao Programa de Pós-Graduação de Neurociência e Ciência do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE.

Ao Curso de Fonoaudiologia da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL), pelo apoio nas solicitações de afastamento.

À meu orientador, Prof. Dr. Otavio Gomes Lins, pela disponibilidade durante esses quatro anos, por todo o aprendizado, pela transmissão de seus conhecimentos, sabedoria, pela paciência e confiança.

Ao Prof. Pedro Lemos Menezes, pela disponibilidade, nas inúmeras solicitações para calibração dos equipamentos.

Aos membros da banca, Thamara Santos, Gilberto Manzano, Mariana Leal, Pedro Menezes e Otávio Lins, pelas contribuições na melhoria do trabalho.

À minha amiga e colega de doutorado, Erika Mahon, pelo incentivo, exemplo profissional, apoio e discussão científica durante esses quatro anos.

À minha amiga Ilka, por ter me incentivado a entrar no doutorado, por torcer pelas minhas conquistas e pelos conselhos de sempre.

À Karina Advíncula, por sempre se disponibilizar a ajudar no que for preciso. Obrigada pelas correções da TESE na banca de qualificação.

Às colegas fonoaudiólogas, Alexsandra, Rita, Fabiana, e ao residente em otorrino, Pietro, pelos encaminhamentos dos pacientes.

À Diego e aos amigos dele que se disponibilizaram a participar como voluntário da pesquisa, a Ricardo Barufaldi, Gleuselly, Roberta, João Batista, João Guilherme, Andréa, Gabriel, Gabriela, José Julio, Matheus, Péricles e sua esposa, Selene e sua filha Marina e Matheus e a Claudia (colega do vôlei). A todos vocês meu muito obrigado por terem se disponibilizado a vir participar da pesquisa.

À todos meus queridos alunos, pela compreensão das minhas ausências, mesmo quando estava presente, pelo carinho e apoio que todos sempre demonstraram.

Aos meus pais (in memoriam), pelo incentivo de sempre, por me ajudar a chegar até este momento, pelos exemplos de força e perseverança.

À Emanuel, meu esposo, “meu ponto de equilíbrio”, por estar sempre ao meu lado apoiando tudo que faço e incentivando meu crescimento profissional.

Aos meus filhos, Manu e Henrique, que tanto amo, obrigada por existirem em minha vida. Vocês são os maiores estímulos para alcançar minhas conquistas.

Ao meu tio Gilberto, pelo estímulo no processo escolar desde o ensino fundamental até agora, no doutorado e por tudo que fez e representa para toda a família.

À tia Vera e Tito, pela disponibilidade na etapa da coleta de pesquisa. Tia você é sinônimo de colo, carinho, amizade, companheirismo e amor.

À minha sogra, D. Emília, pelo apoio em todos os momentos e pelas lições de amor, ética, dignidade e solidariedade.

Por fim, quero agradecer a toda minha família e amigos: tios, primos, cunhados e sobrinhos, que direta ou indiretamente fizeram parte desta conquista.

RESUMO

As respostas evocadas auditivas de estado estável são técnicas em rápido desenvolvimento que podem melhorar a eficácia dos programas de triagem auditiva e diagnóstico audiológico. Elas podem ser obtidas a partir de estimulação por condução aérea ou óssea, possibilitando o diagnóstico diferencial entre perdas auditivas sensorineural ou condutiva. O diagnóstico precoce de perda auditiva por triagem auditiva neonatal e o tratamento adequado é essencial para o desenvolvimento da linguagem. Os protocolos usuais não diferenciam perdas neurossensoriais e condutivas, implicando falsos-positivos, necessidade de exames extras, aumento do estresse familiar e atrasos no diagnóstico e na intervenção. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de registrar e analisar de forma independente as respostas evocadas auditivas de estado estável a estímulos de ruído modulado em amplitude, rapidamente detectáveis, apresentados simultaneamente por via aérea e óssea. Participaram do estudo sessenta e nove voluntários de 18 a 55 anos de idade, com limiares auditivos normais e com perda auditiva sensorineural, condutiva e mista. Dois estímulos constituídos por ruído de banda larga modulados em duas frequências diferentes, foram simultaneamente apresentados pela condução aérea e óssea. As respostas foram registradas e analisadas pelo sistema MultiMASTER. Observou-se que as amplitudes das respostas aos estímulos por condução aérea foram ligeiramente maiores do que as amplitudes das respostas aos estímulos por condução óssea, quando apresentados isolados na mesma intensidade. A diferença foi estatisticamente significativa somente em 50 dB. Quando apresentados simultaneamente, as amplitudes das respostas aos estímulos por condução aérea não se alteraram significativamente, enquanto as amplitudes das respostas aos estímulos por condução óssea foram significativamente menores nas intensidades de 40 e 50 dB. Na apresentação simultânea, 100% das respostas ao estímulo por condução aérea e 92% das respostas aos estímulos por condução óssea foram detectados na intensidade de 50 dB. Todas as respostas ao estímulo por condução aérea e 90% das respostas ao estímulo por condução óssea foram detectadas em até três minutos e meio em indivíduos com audição normal. Nós simulamos “gaps” ar-osso apresentando o estímulo por condução óssea a 50 dB e o estímulo por condução aérea em 50 (gap 0), 40 (gap 10) e 30 dB (gap 20). No gap 10 a amplitude da resposta ao estímulo por condução aérea caiu cerca de 50% enquanto que a amplitude da resposta ao estímulo por condução óssea não mudou. No gap 20 a amplitude da resposta ao estímulo por condução aérea caiu para os níveis de ruído enquanto a amplitude da resposta ao estímulo por condução óssea aumentou cerca de 20%. Todas as respostas aos estímulos por

condução óssea foram detectadas dentro de três minutos e meio nos gaps 10 e 20. O experimento final foi a apresentação de estímulos conduzidos via aérea e via óssea simultaneamente a 50 dB em indivíduos com audição normal e com perdas auditivas sensorio-neurais, condutivas e mistas. Nós conseguimos separar bem as orelhas com audição normal das orelhas com perdas auditivas sensorial-neurais, condutivas e mistas. Em alguns indivíduos com perdas condutivas leves a moderadas tanto as respostas por via aérea como por via óssea foram significativas, porém as amplitudes da resposta aos estímulos por via óssea foram sempre pelo menos o dobro das amplitudes das respostas ao estímulo por via aérea. A maioria das perdas mistas comportou-se como perdas sensorineurais, porém com a razão das amplitudes por via óssea e via aérea maior do que dois. Foi possível identificar e classificar os vários tipos de perdas auditivas analisando respostas auditivas de estado estável a estímulos constituídos por ruído branco modulados em duas frequências diferentes apresentadas simultaneamente por via aérea e óssea.

Descritores: Potenciais evocados. Audição. Condução óssea. Perda auditiva. Triagem.

ABSTRACT

Auditory steady-state evoked responses are fast developing techniques that may improve efficacy in hearing screening and diagnostic programs. They can be obtained from air or bone conduction stimulation, enabling the differential diagnosis between 10ensóroneural or conductive hearing loss. The early diagnosis of hearing loss by neonatal hearing screening and appropriate treatment is essential for language development. The usual protocols do not differentiate between 10ensóroneural and conductive haring loss, implying false hits with referrals for complementary exams, increasing family stress and delaying diagnosis and early intervention. To evaluate the possibility to record and independently analyze auditory steady-state evoked responses to fast detectible amplitude-modulated noise stimuli presented simultaneously by air and bone-conducted stimulation. Sixty-nine volunteers aged 18 to 55 years-old participated in the study. The research was conducted in volunteers with normal auditory thresholds and with 10ensóroneural, conductive and mixed hearing loss. Two stimulus constituted by broadband noise modulated in two different rates, were simultaneously presented by air and bone-conduction. The responses were recorded and analyzed by the Multi MASTER system. When presented alone at the same intensity the amplitudes of the responses to of the air-conducted stimulus were slightly greater than the amplitudes bone-conducted stimulus, the difference been statistically significant only at 50 dB. When presented simultaneously the amplitudes of the responses to air-conducted stimulus did not significantly change, whereas the amplitude of the responses to the bone-conducted stimulus significantly dropped at the intensities of 40 and 50 dB. In the simultaneous presentation, 100% to the responses to the air-conducted stimulus and 92% of the responses to the bone-conducted stimulus were detected in the intensity of 50dB. All responses to the air-conducted stimulus and 90% of the responses to the bone-conducted stimulus were detected within three and a half minutes in normal-hearing subjects. We simulated air-bone gaps by presenting the bone-conductive stimulus at 50 dB and the air-conducted stimulus at 50 (gap 0), 40 (gap 10)and 30 dB (gap 20). At the gap 10 the amplitude of the response to the air-conducted stimulus dropped about 50% whereas the amplitude of the response to the bone-conducted stimulus did not change. At gap 20 the amplitude of the response to the air-conducted stimulus dropped to noise levels whereas the amplitude of the response to the bone-conducted stimulus raised about 20%. All responses to the bone-conducted stimulus were detected within three and a half minutes at gaps 10 and 20. The final experiment was to presenting air and bone-conducted stimulus simultaneously at 50

dB to subjects with normal hearing, sensory-neural, conductive and mixed hearing-loss. We were able to separate normal-hearing from the sensory-neural and mixed conductive hearing-loss subjects quite well. In some subjects with mild to moderate conductive hearing-loss both air and bone responses were significant but the amplitude of the response to the bone-conducted were always at least twice the amplitude of the response to the air-conducted stimulus. Most subjects with mixed hearing loss behaved like sensory-neural hearing loss subjects with bone/air amplitude ratio larger than two. It was possible to identify and classify the various types of hearing-loss by analyzing steady-state auditory responses to two broadband noise stimuli modulated at different rates presented simultaneously by air and bone-conduction stimulation.

Descriptors: Evoked Potentials. Hearing. Bone conduction. Hearing loss, Triage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Movimento de vibração do crânio.....	23
Figura 2 - Movimento de despolarização das células ciliadas da cóclea.....	25
Figura 3 - Transdução coclear.....	26
Figura 4 - Combinação de estímulos modulados com quatro frequências portadoras.....	27
Figura 5 - Posicionamento do voluntário durante registro dos PEAE.....	47
Figura 6 - Audiômetro R27A - Resonance.....	49
Figura 7 - Audiômetro Áudios 110.....	49
Figura 8 - Tela do MASTER com descrição do protocolo utilizado.....	50
Figura 9 - Esquema do padrão de gravação do sinal no PEAE.....	51
Figura 10 - Fones de inserção EAR-3 ^a	52
Figura 11 - Vibrador ósseo B-71.....	52
Figura 12 - Faixa elástica.....	53
Figura 13 - Esquema da derivação dos eletrodos.....	55
Figura 14 - Ruído simultâneo do PEAE por VO e VA (50/50dB).....	58
Figura 15 - Ruído isolado por via aérea (50dB).....	58
Figura 16 - Ruído isolado por via óssea (50dB).....	59
Figura 17 - Relação da amplitude das respostas VO e VA nas condições isolada e simultânea nas diferentes intensidades.....	65
Figura 18 - Percentual de detecção nas condições isolada e combinada.....	67
Figura 19 - Tempo de detecção.....	68
Figura 20 - Média das amplitudes referentes aos gaps aéreo-ósseo.....	69
Figura 21 - Percentual de detecção referente aos gaps.....	70
Figura 22 - Médias em valores absolutos das amplitudes por VA e VO simultâneas.....	71
Figura 23 - Diferença das amplitudes VO-VA em intensidades iguais e nos diferentes	73

gaps.....	
Figura 24 - Razão das amplitudes VO/VA referentes as intensidades iguais e nos diferentes gaps.....	74
Figura 25 - Médias em valores absolutos das amplitudes por VA e VO simultâneas.....	76
Figura 26 - Diferença das amplitudes (VO-VA) nas perdas auditivas.....	77
Figura 26 - Razão das amplitudes VO/VA.....	78
Figura 28 - Detectabilidade das respostas VA x VO.....	80
Figura 29 - Detectabilidade da diferença entre VO-VA.....	81
Figura 30 - Detectabilidade das respostas VO/VA.....	83
Figura 31 - Representação da estimulação da membrana basilar diante da apresentação simultânea do estímulo de ruído de banda larga.....	88
Figura 32 - Transdução compressiva das células ciliadas da cóclea por estimulação do ruído branco em apresentação isolada e simultânea.....	89
Figura 33 - modelo da transmissão sonora por VA e VO.....	91
Figura 34 - Modelo das relações entre as amplitudes de VO por VA.....	95
Figura 35 - Modelo do padrão de respostas da análise das amplitudes pela diferença.....	96
Figura 36 - Modelo do padrão de respostas da análise das amplitudes pela razão.....	97
Figura 37 - Modelo de identificação das perdas auditivas pela diferença das amplitudes por VO-VA.....	98
Figura 38 - Modelo de identificação das perdas auditivas pela razão das amplitudes por VO/VA.....	99
Figura 39 - Padrão das respostas aplicado ao modelo da análise entre as amplitudes de VA por VO.....	100
Figura 40 - Padrão de resposta aplicado ao modelo da análise da diferença e razão do “p” significativo.....	101

Figura 41 - Padrão de resposta aplicado ao modelo da análise da diferença e razão do
“p” significativa.....

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Valores médios dos limiares dos PEAAE descritos na literatura por VA..	37
Quadro 2 - Valores médios dos limiares dos PEAAE descritos na literatura por VO..	38
Tabela 1 - Caracterização da amostra.....	62
Tabela 2 - Valores dos limiares psicoacústicos do estímulo do MASTER – Ruído banda larga.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM Amplitude Modulada

ANOVA *Analysis of Variance*

dB Decibel

dBNA Decibel de nível de audição

dBNPS Decibel de nível de pressão sonora

dBNPSpe Decibel de nível de pressão sonora pico equivalente

EEG Eletroencefalograma

EOA Emissões otoacústicas

FFT *Fast Fourier Transform*

Hz *Hertz*

MASTER *Multiple Auditory Steady-State Response*

μV *Microvolt*

ms Milissegundos

NA Nível de audição

nNA Nível de audição normatizado

NPS Nível de pressão Sonora

nV *Nanovolt*

OD Orelha direita

OE Orelha esquerda

PEAEE Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável

RB Ruído Branco

TAN Triagem auditiva neonatal

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

VA Via aérea

VO Via óssea

WN *White Noise*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	TRANSMISSÃO SONORA POR VIA AÉREA E ÓSSEA	22
2.2	PERDAS AUDITIVAS	24
2.3	DIAGNÓSTICO DAS PERDAS AUDITIVAS.....	24
2.4	POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE ESTADO ESTÁVEL	25
2.4.1	Conceitos e fundamentos.....	25
2.4.2	Via de estimulação dos PEAAE	28
2.4.3	Fatores relacionados à aquisição	30
2.4.3.1	<i>Tipos de estímulos</i>	<i>30</i>
2.4.3.2	<i>Tempo de detecção dos PEAAE: uma comparação entre o ruído e o tom.....</i>	<i>31</i>
2.4.3.3	<i>Utilização do mascaramento do registro dos PEAAE por VO.....</i>	<i>31</i>
2.4.4	Fatores relacionados à análise	32
2.4.4.1	<i>Amplitude das respostas dos PEAAE</i>	<i>32</i>
2.4.4.2	<i>Amplitude tom versus ruído.....</i>	<i>34</i>
2.4.4.3	<i>Amplitude de via aérea versus óssea.....</i>	<i>35</i>
2.4.4.4	<i>Limiares dos PEAAE por via aérea e via óssea.....</i>	<i>36</i>
2.4.4.5	<i>Limiares dos PEAAE por VA e VO utilizando ruído.....</i>	<i>39</i>
2.4.4.6	<i>Limiares dos PEAAE por VA e VO em pessoas com perda auditiva..</i>	<i>40</i>
2.4.4.7	<i>Estimativa de gap aéreo ósseo na pesquisa dos PEAAE.....</i>	<i>42</i>
2.4.5	Aplicações clínicas: tendências futuras	43
2.4.5.1	<i>PEAAE simultâneos por via aérea e via óssea.....</i>	<i>43</i>

3	OBJETIVOS	45
4	HIPÓTESE	46
5	MATERIAL E MÉTODO	47
5.1	MÉTODO GERAL.....	47
5.2	PROCEDIMENTO GERAL	55
5.3	MÉTODO ESPECÍFICO.....	57
5.3.1	Experimento 1.....	57
5.3.2	Experimento 2.....	59
5.3.3	Experimento 3.....	60
5.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	60
6	RESULTADOS	61
7	DISCUSSÃO	85
8	CONCLUSÃO	104
8.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
	REFERÊNCIAS	106
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	116
	APÊNDICE B - TABELA A NOVA E POST HOC NEWMAN KEULS	118
	ANEXO A - APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	119
	ANEXO B - RELATÓRIO DE CALIBRAÇÃO	123

1 INTRODUÇÃO

Diante do crescimento dos programas de triagem auditiva no mundo, tem se estudado muito sobre os protocolos a serem utilizados no diagnóstico precoce das perdas auditivas. A identificação do tipo e grau da perda auditiva e a intervenção até os seis meses são de fundamental importância para o desenvolvimento da audição e linguagem (JCIH, 2007). Como a realização por meio da técnica comportamental num processo de diagnóstico precoce em crianças pequenas, não é uma tarefa fácil, a utilização de métodos automatizados e objetivos tem se tornado essencial.

Os potenciais evocados auditivos de tronco encefálico e as emissões otoacústicas, são as principais técnicas automáticas utilizadas na triagem auditiva neonatal (TAN) na atualidade. No entanto, algumas dessas técnicas têm proporções de identificação diagnósticas de 80 a 86%, sendo 10 a 20% de resultados falsos positivos, devido à alta prevalência de alterações de orelha média, ou transitória nas primeiras 48h de vida. Isso implica em um número elevado de bebês que são encaminhados para reteste ou diagnóstico (NORTON, 2000; CONE WESSON, 2002; HAYES, 2003).

Uma das grandes preocupações nos programas de TAN é a alta taxa de evasão dos familiares dos bebês nos encaminhamentos para o reteste, os quais abandonam o programa antes mesmo do diagnóstico concluído, seja por desinteresse, falta de conhecimento ou dificuldade de conciliar agendamento com a rotina familiar (ALVARENGA, GARDRET, ARAÚJO, BEVILLAQUA, 2012). O não retorno ao reteste atrasa todo o processo, desde a identificação do tipo e grau da perda auditiva, até a intervenção em período crítico para desenvolvimento de linguagem.

A efetividade de um programa de TAN depende de alguns índices de qualidade, dentre eles o número de bebês atendidos e o percentual de comparecimento ao reteste (JCIH, 2007). Deve ser um procedimento rápido, simples que pode ser aplicado num grande número de indivíduos separando os normais dos alterados.

A identificação de alterações auditivas transitórias ou permanentes, já na triagem, pode contribuir para uma conduta adequada, no intuito de minimizar todo estresse vivenciado pelos familiares mediante a ausência de resposta, bem como, diminuir o número de encaminhamentos para o reteste e a alta taxa de evasão dos bebês, viabilizando o diagnóstico

e o tratamento precoce, evitando assim, as complicações e sequelas causadas por este tipo de alteração.

Diante disso, vem surgindo o interesse de desenvolver novas técnicas que visem à identificação rápida e eficaz de perdas auditivas permanentes ou temporárias, entre elas, o uso do Potencial Evocado Auditivo de Estado Estável (PEAEE) ou também chamado Resposta Evocada Auditivo de Estado Estável (RAEE).

A técnica, descrita por AOYAGI et al. (1994), define que os PEAEE são respostas eletrofisiológicas a tons modulados em amplitude que podem ser registradas por eletrodos de superfície, tal como os demais potenciais evocados corticais ou de tronco cerebral (FERRAZ; FREITAS; MARCHIORI, 2002). Os PEAEE são ondas contínuas periódicas eliciadas por tons contínuos que podem ser de amplitude ou frequência moduladas. Estes potenciais podem ser gerados por uma ampla gama de frequências de modulação (RICHARDS; CLARK, 1984).

Os PEAEE podem ser aplicados por condução aérea ou óssea. A utilização do registro por via óssea serve para auxiliar no diagnóstico diferencial de perdas auditivas por alterações de orelha média, em que se observa diferença entre as respostas da via óssea (VO) em comparação a via aérea (VA). Esta técnica, ainda hoje, é utilizada de forma sedimentada, ou seja, para obter o diagnóstico diferencial é necessário realizar cada avaliação isoladamente e quando se trata da necessidade de uma avaliação rápida e eficaz, como nos casos da triagem auditiva, este procedimento se torna inviável.

A escolha do estímulo em um protocolo de triagem também é fundamental quando se pensa em rapidez (PICTON; JOHN; DIMITRIJEVIC, 2002; STURZEBECKER; CEBULLA; NEUMANN, 2003). Diversos tipos de estímulos podem ser apresentados, sendo mais usualmente os tons puros modulados em frequência e amplitude, devido à especificidade de frequência (HERDMAN; PICTON; STAPPELLS, 2002). No entanto, outros tipos de estímulos podem ser eliciados para registro do PEAEE, dentre eles os ruídos (JOHN; PUCCELL, 2008; LINS et al., 1996). Estes estímulos evocam respostas mais rápidas e eficazes, reduzindo o tempo de estimulação e registro, determinando respostas de grande amplitude e precisão (JOHN; DIMITRIJEVIC; PICTON, 2003; STURZEBECKER; CEBULLA; NEUMANN, 2003).

Na literatura atual dois estudos (MIJARES et al., 2014; TORRES-FORTUNY, 2016) realizaram os PEAAE por VA e VO simultaneamente em programas de TAN, porém esses estudos utilizaram apenas duas frequências, sendo 2000Hz por VA e 500Hz VO. Encontraram eficiência diagnóstica de 100% de sensibilidade e 97% de especificidade, no entanto, este protocolo não identifica alterações em uma mesma região da cóclea, visto que são estimuladas frequências diferentes.

Diante da possibilidade do registro dos PEAAE simultâneos e com base na técnica MASTER, a qual é capaz de avaliar até oito frequências ao mesmo tempo (LINS; PICTON, 1995) é possível estimular simultaneamente VA e VO, e obter respostas em amplo espectro de frequência, referentes às vias estimuladas, a fim de identificar o topodiagnóstico da alteração.

Nenhum estudo foi realizado, até o momento, utilizando a técnica dos PEAAE simultâneos por condução aérea e óssea, com estímulos de amplo espectro de frequência. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a possibilidade do registro e critérios de análise dos PEAAE simultaneamente por condução aérea e óssea utilizando ruído branco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TRANSMISSÃO SONORA POR VIA AÉREA E ÓSSEA

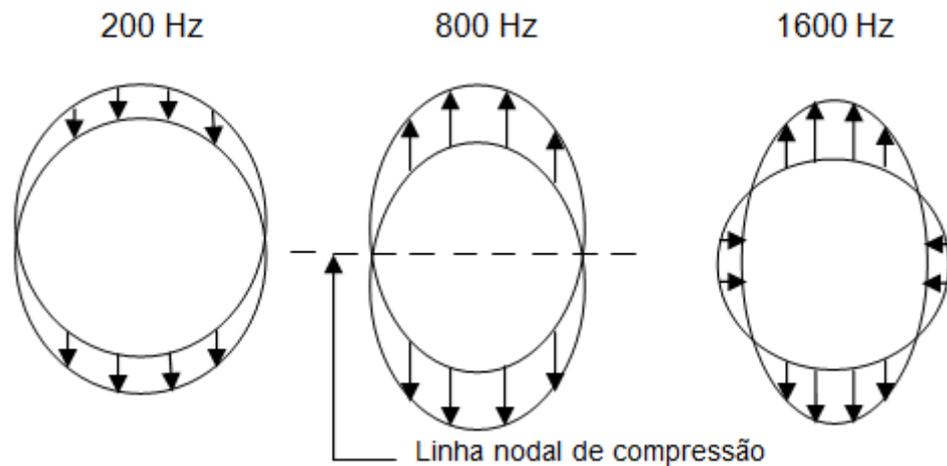
A fisiologia da audição é estudada desde a orelha externa até sua interpretação no córtex cerebral. A captação e a condução da vibração sonora são feitas principalmente pelo pavilhão auricular, passando pela orelha média e interna. No entanto, um som pode estar presente no meio ambiente e não ser percebida por um ouvinte normal. Isso depende de uma série de fatores, dentre eles: a intensidade e a faixa de frequência do som. Para avaliar a audição existem diversos procedimentos comportamentais, eletroacústicos e eletrofisiológicos. A variabilidade acústica é definida como a diferença na transmissão sonora e isso acontece por meio da estimulação aérea e ou óssea (MENEZES; HYPPOLITO, 2015; LOPES et al., 2015).

A estimulação por via aérea é dada quando o som é captado pelo pavilhão auricular e percorre o conduto auditivo externo, fazendo vibrar a membrana timpânica, cavidade da orelha média, movimentando os ossículos até atingir a cóclea. Ao atingir a cóclea, ocorre a transformação do estímulo mecânico em elétrico, o qual irá ser enviado pelo nervo auditivo até a região do córtex cerebral. Isso faz com que o som seja detectado, processado, codificado e compreendido. Por isso, ao se detectar algum problema na avaliação da VA, não é possível identificar com precisão, o local da lesão no sistema auditivo (LOPES et al., 2015).

A onda viajante dentro da cóclea, se forma independente do local de estimulação. Os padrões vibratórios da membrana basilar para os sons transmitidos pelo ar ou pelo osso são os mesmos. No entanto, os mecanismos pelos quais a estimulação da membrana basilar é produzida são bastante diferentes. O modo pelo qual o som é conduzido por via óssea é muito complexo. A audição por VO ocorre quando as ondas sonoras chegam até os ossos da cabeça, fazendo-os vibrar. Três mecanismos de condução óssea foram descritos para explicar a transmissão sonora por esta via (ZEMLIN, 2000; VENTO; DURRANT, 2009).

1) Mecanismo de compressão ou distorção do osso temporal: que estabelecem a onda viajante dentro da cóclea (TONNDORF, 1966). Quando a estimulação sonora ocorre por vibração no osso, gera diferentes padrões vibratórios no crânio (Figura 1). Esses deslocamentos causam compressão do líquido dentro do labirinto membranoso, resultando no aumento da atividade da membrana basilar.

Figura 1 - Movimento de vibração do crânio em diferentes frequências



Fonte: Zemlin, 2000

2) Mecanismo por inércia: causada pela resposta da inércia da cadeia ossicular e especialmente da platina do estribo, e os fluidos da orelha interna. Quando o osso temporal vibra as paredes da cavidade de orelha média vibram junto e a inércia dos ossículos deixa-os, relativamente, imóveis durante a vibração. Esse efeito de inércia aumenta a compressão que ocorre no ducto coclear. A cadeia ossicular no homem parece estar ajustada no sentido de diminuir a condução por via óssea, através do desenvolvimento de massas relativamente substancial acima do eixo de rotação da cadeia.

3) Mecanismo ósseo timpânico: é explicada pela energia irradiada no meato acústico externo, na qual o som vibratório da parte óssea do meato é conduzido ao meato acústico externo e então através da membrana timpânica, utiliza a via aérea normal. Quando os ossos do crânio são excitados, o osso da mandíbula vibra na mesma frequência, porém em fase diferente, isso resulta no deslocamento do esqueleto cartilaginoso do meato acústico externo, o que gera sons transmitidos pelo ar dentro do conduto auditivo, seguindo a via convencional da condução aérea.

Com exceção de certas considerações teóricas, o interesse na condução do som por via óssea vem da sua utilidade como um instrumento diagnóstico, aplicado especialmente para determinar o tipo de perda auditiva (DIRKS, 1999).

2.2 PERDAS AUDITIVAS

As perdas auditivas podem ser caracterizadas pelo tipo e o grau. Quando o limiar audiológico encontra-se com valores maiores que 25 dB NA é considerado a perda de audição. O grau da perda auditiva é determinado pelo limiar audiológico. Quando o limiar está entre 26 – 40 dB NA é considerado grau leve; entre 41 – 70 dB NA considerado moderado; entre 71 – 90 dB NA considerado severo; e maior que 90 dB NA: profundo. As perdas auditivas podem ser do tipo: condutiva, sensorineural ou mista (SILMAN; SILVERMAN, 1997; LLOYD; KAPLAN, 1993, OMS, 2014).

As perdas condutivas são caracterizadas por alteração no conduto auditivo externo e ou orelha média. Caracteriza-se por uma diminuição nos limiares por VA (>25 dB NA) e pela conservação dos limiares de VO (<25 dB NA), com diferença mínima de 15 dB NA entre as vias estimuladas. Já as perdas sensorineurais são caracterizadas quando o local da alteração encontra-se na cóclea e ou nervo auditivo (VIII par), apresentando-se com limiares de VA e VO piores que 25 dB NA, sem a presença de *gap* aéreo ósseo. E as perdas auditivas mistas, ocorrem quando a lesão está presente tanto na cóclea e ou nervo auditivo, como orelha média e ou externa. São caracterizadas pelos limiares de VA e VO piores que 25 dB NA, porém com a presença de *gap* mínimo de 15 dB NA entre as vias estimuladas (CARHART, 1945).

2.3 DIAGNÓSTICO DAS PERDAS AUDITIVAS

O tipo de perda auditiva está relacionado com o local da estrutura alterada no sistema auditivo. A classificação do tipo de perda, leva em consideração a comparação entre os limiares de VA e VO de cada orelha. Para diagnóstico das perdas auditivas é necessário a realização de testes por condução aérea e óssea, sendo necessária a aplicação conjunta de procedimentos que serão analisados, permitindo classificar o tipo de alteração existente, dentre eles, tem-se a audiometria tonal e os potenciais evocados auditivos (LOPES, 2011).

Neste estudo serão abordados apenas os potenciais evocados auditivos de Estado Estável.

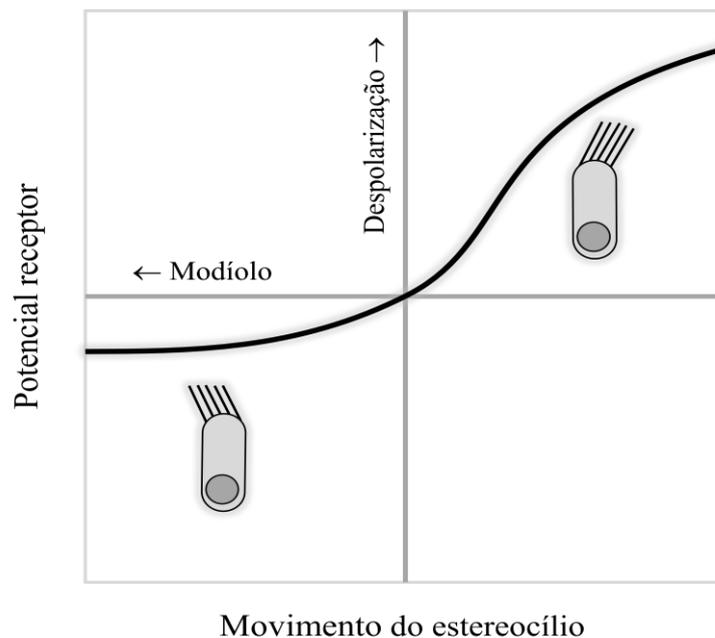
2.4 POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE ESTADO ESTÁVEL

2.4.1 Conceitos e fundamentos

O PEAAE é uma técnica de avaliação auditiva que tem sido amplamente estudada dentro da audiolgia e inserida na prática clínica pediátrica e adulta. Trata-se de um exame eletrofisiológico, em que é possível captar respostas elétricas do tronco encefálico após evocar um sinal acústico (PICTON, 2011).

Um estímulo auditivo consiste na distribuição de energia acústica sobre um conjunto de frequências que podem ser processados na cóclea. É neste órgão que a fisiologia dos potenciais evocados de estado estável se diferencia, por causa da polarização e despolarização das células ciliadas após a estimulação sonora (figura 2).

Figura 2 - Movimento de despolarização das células ciliadas da cóclea

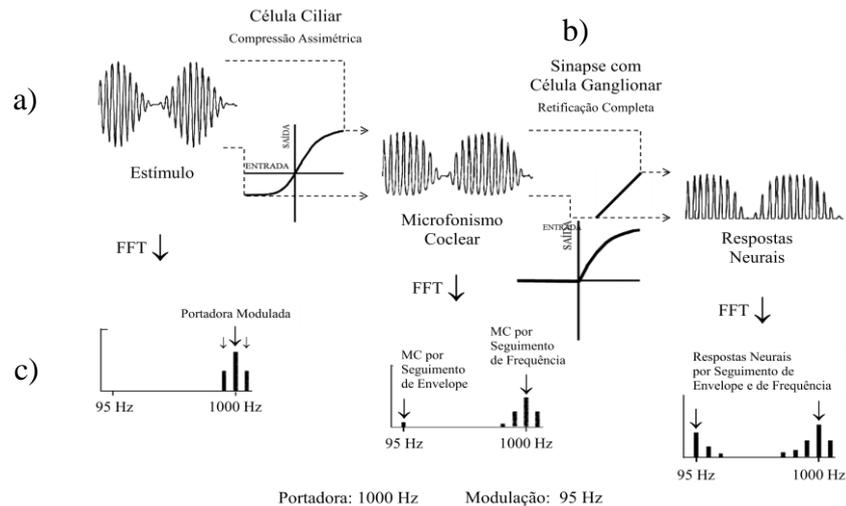


Fonte: SOARES, LINS (2015)

No entanto, apenas a despolarização produz potencial de ação nas fibras nervosas auditivas, fazendo com que a saída do estímulo acústico da cóclea seja retificado. Este padrão de retificação faz com que a resposta gerada por um tom contínuo, modulado em amplitude, possa ser detectada como um pico espectral na frequência de modulação (Figura 3)

(AOYAGI, 1994). A modulação de um ou mais parâmetros de estímulo auditivo sustentado, tem sido amplamente estudada para percepção auditiva, por meio dos PEAAE.

Figura 3 - Transdução coclear

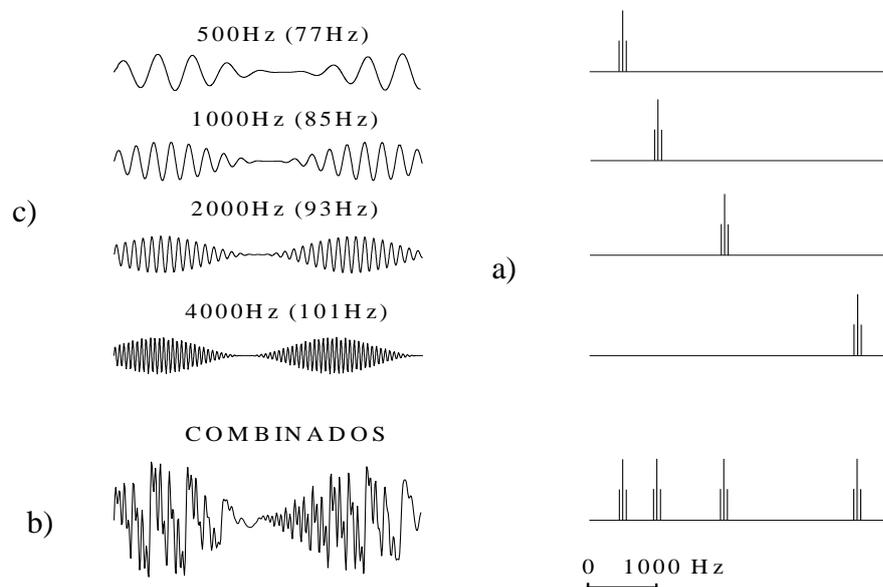


Fonte: LINS; PICTON, 2002

a) Estímulo modulado em amplitude. b) Transformações operadas no estímulo pelas células ciliadas internas e pelas células ganglionares. c) espectro de frequência (LINS; PICTON, 2002).

Os PEAAE são ondas contínuas periódicas eliciadas por tons contínuos que podem ser de amplitude ou frequência modulada. Estas respostas podem ser geradas por uma ampla gama de frequências de modulação (RICHARDS; CLARK, 1984) sendo capaz de analisar respostas de várias frequências ao mesmo tempo. Isso é possível, devido à elaboração de um sinal complexo formado por múltiplas frequências portadoras, moduladas em amplitude, onde para cada tom haja uma frequência de modulação específica. Isso faz com que diferentes regiões da membrana basilar sejam estimuladas de forma a ativar um grupo de células ciliadas para cada uma das frequências portadoras. 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 (Figura 4). Estes componentes, que não estão presentes no conteúdo espectral dos estímulos, são usados para acessar a resposta coclear de cada frequência estimulada (FERRAZ; FREITAS; MARCHIORI, 2002).

Figura 4 - Combinação de estímulos modulados com quatro frequências portadoras



Fonte: LINS; PICTON, 2002

a) Frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, moduladas em amplitude de 77, 85, 93 e 101 Hz, respectivamente. b) combinação de todas as frequências juntas. c) Espectro de frequência de cada um dos estímulos.

As repostas podem ser gravadas em estimulação simultânea de frequências portadoras cada uma delas marcada por uma diferente frequência de modulação (Figura 4). A modulação realizada entre 80 e 100 Hz é amplamente utilizada com objetivo de medir a audição (LINS, 2002). Isto é possível devido a uma técnica nomeada de MASTER (*Multiple Auditory Steady State Responses*). Isso se explica porque cada estímulo tem sua frequência de modulação específica que pode ser separadamente identificada no espectro do Eletroencefalografia (EEG), sem haver mistura de respostas. A avaliação pode ser feita de forma mais eficiente e rápida testando-se ambas as orelhas simultaneamente, um total de oito estimulações, sendo quatro por orelha, e oito respostas podem ser separadamente identificadas ao final do registro (JOHN; PICTON, 2000).

As vantagens da aplicabilidade do PEAAE, segundo Lins (2002) são: 1) podem ser registradas de 10 a 20 dB acima dos limiares fisiológicos usando portadoras de 0,5; 1; 2 e 4 kHz; 2) podem ser registradas em lactentes e durante o sono; 3) reproduzem audiogramas comportamentais em pessoas com audição normal ou perda auditiva; 4) são simples de analisar, pois utilizam estimativas claramente definidas do sinal e do ruído, pois ao ocorrerem no domínio da frequência ficando mais fácil distinguí-los através de promediação e técnicas

estatísticas bem definidas como o teste F e o T2; 5) podem ser avaliadas pelo menos quatro frequências por orelha, diferindo uma oitava entre si, além de poderem ser testadas simultaneamente; 6) os resultados podem ser apresentados em forma de um audiograma convencional e o teste pode ser automatizado; 7) podem ser seguramente gravadas de modo rápido e eficaz.

Por ser um teste rápido e objetivo, podem ser utilizados para diagnóstico ou triagem auditiva, sendo mais utilizado como técnica complementar (SAVIO; PEREZ-ABALO, 2008). Para tanto, alguns dados são importantes para aplicabilidade dos PEAAE, dentre eles o tipo de estímulo para otimização do teste.

2.4.2 Via de estimulação dos PEAAE

Para o diagnóstico diferencial das perdas auditivas, é essencial a pesquisa dos limiares por condução aérea e óssea. Vários estudos, envolvendo crianças e adultos, já foram realizados utilizando o sistema dos PEAAE tanto por VA como por VO, em busca da confiabilidade dos achados e predição de limiares auditivos, em vários países (VALDEZ-SOSA, 1987; LINS, 2002; JOHN et al., 2003; RANCE, 2005, BECK et al., 2014).

Via Aérea - (VA)

O estímulo por VA no PEAAE tem fornecido, com razoável precisão, a sensibilidade auditiva de frequências em adultos e crianças (PICTON, 2003). Vários estudos realizaram o exame utilizando fones supra-aurais (TDH 39) ou de inserção (EAR-3A), sendo este mais confortável e com maior vantagem, pois aumenta a atenuação interaural (LUTS et al., 2003; DUARTE et al., 2008; MIJARES et al., 2015).

A maioria dos estudos utilizando os PEAAE por VA tem como objetivo pesquisar pacientes com audição normal ou com perda auditiva sensorineural (RANCE et al., 2005; CONE-WESSON et al., 2002).

Como o PEAAE está sendo cada vez mais aceito na prática clínica, e para que seja possível fazer o diagnóstico diferencial e identificação dos tipos de perda auditiva, tornou-se necessário o registro dos PEAAE também por via óssea (JENG et al., 2004).

Via óssea- (VO)

Vários estudos já comprovaram que é possível realizar PEAAE por VO em múltiplas frequências simultaneamente, para pesquisa de limiar e estimativa de *gap* aéreo ósseo. A grande maioria utilizou o vibrador ósseo B-71 localizado na testa, osso temporal ou mastóide, fixado com banda elástica ou mão (JENG, et al., 2004; NAGASHIMA, et al., 2013). Não existe diferença significativa da amplitude e do limiar, entre a localização do vibrador (se na mastóide ou osso temporal), o efeito de oclusão (orelha ocluída e não ocluída) e o modo de fixação do vibrador ósseo (banda elástica ou mão), nas crianças. Já na população adulta, os limiares são afetados pelo efeito de oclusão e pela localização do vibrador (se mastóide ou teste), apresentando-se nas orelhas ocluídas, melhora do limiar devido ao aumento das baixas frequências e com vibrador posicionado na testa, piora dos limiares principalmente em 500 Hz. Já as amplitudes, não apresentaram diferenças significativas (SMALL; HATTON, STAPELLS, 2007).

Na estimulação por VO, existe um problema significativo, que é o artefato de estímulo do EEG, o qual pode ser gerado pela energia do “*Aliasing*” aparecendo exatamente na mesma frequência da modulação do estímulo, podendo ser interpretada como resposta (SMALL; STAPELLS, 2005). Estudo avaliou pacientes com perda auditiva profunda e observou que, em intensidades altas, os PEAAE por VO podem gerar respostas espúrias, principalmente nas frequências de 500 e 1000 Hz. (LINS et al., 1996; DIMITRIJEVIC et al., 2002; SMALL; STAPELLS, 2004).

Alguns cuidados devem ser tomados no registro dos PEAAE por VO para que erros na interpretação dos resultados não ocorram. Brooke, Brennan e Stevens (2009) investigaram a redução de artefatos na aquisição dos PEAAE por VO. Eles relataram que atenção cuidadosa ao *layout* do equipamento, escolha de taxa de amostragem, usando telas aterradas como o *mu-metal* para envolver o transdutor B-71 e o cabo do transdutor pode ser eficaz na redução do nível de estímulo artefato.

2.4.3 Fatores relacionados à aquisição

2.4.3.1 Tipos de estímulos

O tipo de estímulo é determinante no padrão de resposta e registro dos PEAAE. Diferentes tipos podem ser utilizados, no entanto o mais comum são os tons puros modulados em amplitude, nas frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. A vantagem desses estímulos é que suas respostas são específicas por frequência. Se for utilizada a técnica MASTER, múltiplas frequências simultâneas podem ser apresentadas, diminuindo o tempo de teste em relação à apresentação das frequências isoladas. Entretanto, este estímulo, não produz respostas de grandes amplitudes, em intensidades próximas ao limiar (LINS; PICTON, 1995; JOHN et al., 1998; HERDMAN; PICTON; STAPELLS, 2002).

O tempo de duração do teste é um dado de extrema importância para ser analisado dentro da escolha de um protocolo. A permuta entre o tempo e a precisão tem sido reconhecida, sendo aceitável o tempo mais prolongado quando for para identificação de respostas próximas ao limiar. Isso faz com que o tempo de teste diminua, de modo a ser impraticável a aplicação em protocolos de triagem (LUTS; WOUTERS, 2003; SAVIO; PEREZ-ABALO, 2008).

Diante do crescimento dos programas de triagem auditiva em todo o mundo, se faz necessário a escolha de teste rápido e eficaz. Pensando na possibilidade de se utilizar os PEAAE nestes programas, seria necessária a elaboração de um protocolo com respostas rápidas e maior amplitude (PICTON; JOHN; DIMITRIJEVIC, 2002; STÜRZEBECHER; CEBULLA; NEUMANN, 2003; PICTON et al., 2003; JOHN et al., 2004).

Alguns autores estudaram o uso dos PEAAE com estímulos eficientes (JOHN et al., 2003; STURZEBECH et al., 2003). Santos et al. (2016) relatou que os ruídos modulados são eficientes para evocar as respostas dos PEAAE, principalmente os ruídos compostos por frequências agudas que apresentaram os menores tempos (mediana de 68 segundos) e as maiores taxas de detecção com variação de 61 a 100%, nas intensidades de 55 e 45 dB NPS.

Poucos são os estudos com PEAAE utilizando ruído, talvez por ser um estímulo com amplo espectro de frequência e com isso não estimular regiões específicas da cóclea. Porém, alguns autores comprovaram que este tipo de estímulo apresenta respostas de maior amplitude

e por isso são detectados mais rapidamente, sendo indicado na triagem auditiva (PINTO; GRIZ; LINS, 2011).

John, Dimitrijevic, Picton (2003), observaram um tempo médio de 43 segundos e máximo de dois minutos para obtenção da resposta dos PEAAE utilizando o ruído na intensidade de 50 dB NPS, enquanto que com o tom puro o tempo médio foi de dois minutos, sendo 25% das respostas não detectadas após cinco minutos.

2.4.3.2 Tempo de detecção dos PEAAE: uma comparação entre o ruído e tom

Sabe-se que o estímulo com ruído evoca respostas mais rápidas do que o tom. Santos et al. (2016) detectaram mediana da resposta evocada pelo ruído de banda larga em 68s, na intensidade de 45 dB NPS e média de 90s na intensidade de 50 dB NPS com tempo máximo de 164s. Em intensidades próximas ao limiar (25 dB NPS) a autora constatou medianas que variou de 79,9 a 87s, nos estímulos de ruído de banda larga, ruído de banda aguda e ruído de duas bandas. Viram que com a diminuição da intensidade ocorre um aumento no tempo de detecção.

Pinto et al. (2011) obtiveram tempo de cinco minutos para detectar a resposta dos PEAAE com estímulo ruído branco modulado em amplitude na intensidade de 50 dB NPS em neonatos e lactentes.

Ferraz et al. (2002) analisaram os PEAAE em adultos com limiares normais, nas frequências de 500 a 4000 Hz. Obtiveram respostas dos limiares eletrofisiológicos em todas as frequências, com tempo médio variando de 30 a 60 minutos.

Mijares et al., (2014) detectaram respostas dos PEAAE com tempo médio de 5,3 minutos, num protocolo de triagem auditiva neonatal.

2.4.3.3 Utilização do mascaramento no registro dos PEAAE por VO

Small, Smyth e Leon (2013), estudaram o nível de mascaramento efetivo necessário para isolar a orelha teste na avaliação por condução óssea em crianças e adultos com audição normal. Determinaram o nível de mascaramento efetivo necessário para isolar a orelha teste por condução óssea no PEAAE nas frequências de 500 e 2000 Hz para estímulo de amplitude e frequência modulada. Ainda compararam o presente estudo com estudo prévio, o qual se

avaliou o nível de mascaramento efetivo nas frequências de 1000 e 4000 Hz, sendo possível assim, comparar os dados investigados de 4 frequências. As intensidades apresentadas foram de 35 dB NA para 500 Hz e 45 dB NA para 2000 Hz em ambos os grupos. O mascaramento foi utilizado em ambas às orelhas simultaneamente com ruído branco (RB) por VA com fones de inserção ER-3A. Observaram que em ambos os grupos houve necessidade de mais mascaramento (25 – 33 dB) para eliminar a resposta de 500 Hz comparado com 2000 Hz. Todas as comparações dos pares foram significativos exceto 2 e 4 kHz. Os adultos mostraram menores mudanças no nível do mascaramento, exceto em 500 Hz comparado a 2000 e 4000 Hz. As amplitudes tendem a ser maiores em 2000 Hz com ou sem mascaramento, mas não em 500 Hz, tanto em crianças como em adultos. Concluíram que o nível do mascaramento efetivo para o PEAAE por VO em crianças são mais elevados em 500 Hz em comparação a 2000 Hz em comparação aos adultos. Por fim, recomendaram que para os PEAAE VO a 35 dB NA nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, fosse utilizadas as intensidades de mascaramento de 81, 68, 59 e 45 dB nas crianças e 66, 63, 59 e 55 dB nos adultos, respectivamente.

Não foram encontrados estudos que relatem valores de mascaramento a serem utilizados com estimulação de ruído.

2.4.4 Fatores relacionados à análise

2.4.4.1 Amplitude das respostas dos PEAAE

As respostas das amplitudes sofrem interações das condições de apresentação das frequências (se combinada ou isolada), sendo menor quando apresentada simultaneamente. Estas interações não dependem se as frequências de modulação estão próximas ou distantes, depende do número de estímulos concomitantes e das intensidades relativas. Existindo com isso, relação direta das amplitudes com as intensidades, sendo maior em intensidades altas (LINS; PICTON, 1995).

Estudo avaliou o efeito supressor na apresentação da portadora de 1000 Hz em conjunto com portadoras que variavam entre 0,5 kHz e 2,0 kHz. Os autores observaram que a amplitude da portadora de 1000 Hz, quando apresentada em conjunto com a portadora de 500 Hz, foi maior que quando apresentada sozinha. Concluíram que as respostas variam de acordo com a portadora apresentada (JOHN et al., 1998).

A amplitude difere significativamente, nos estímulos de frequências apresentadas isoladas e simultaneamente, sendo menor quando apresentada em conjunto (MO et al., 2011). Isto pode ser explicado pelo modelo de filtro coclear, ou seja, a cóclea funciona como um filtro passa banda. A membrana basilar e as células ciliadas externas analisam o local da frequência de entrada do som, ou seja, frequências mais altas ativam a parte basal da membrana, enquanto as baixas frequências ativam a parte apical. Estímulos múltiplos de baixo nível com frequências separadas por uma oitava de largura da banda, o filtro coclear não deve interagir. Já os estímulos mais fortes interagem porque a banda larga do filtro coclear aumenta com o aumento da intensidade do estímulo. Além disso, estímulos muito altos devem interagir mesmo quando as frequências múltiplas são bastante diferentes porque o filtro coclear se torna mais largo em apresentação de nível alto (LINS; PICTON, 1995).

John et al. (1998), estudaram a interferência comparando a amplitude dos PEAAE por VA nas frequências de 1.000 e 2.000 Hz utilizando tons modulados em amplitude em um único estímulo (condições de estímulo múltiplo). Eles encontraram que as amplitudes de resposta a estes dois estímulos foram significativamente atenuadas pela presença de outros estímulos de frequências portadoras diferentes, na intensidade de 75 dB NPS, nível de sensibilidade de aproximadamente 65 dB.

Mo e Stapells (2008), confirmaram este padrão de interação em 2000 Hz e não observaram tal efeito na frequência de 500Hz. Eles sugeriram que o nível de apresentação pode não ter sido suficiente para que esta frequência causasse interação à apresentação de estímulos múltiplos. Para os PEAAE por VO a um nível de 50 dB NA (aproximadamente nível de sensibilidade de 50 dB), as amplitudes foram, significativamente, atenuadas em 500 e 1000 Hz na estimulação múltipla. Não houve alteração de amplitude significativa em 2.000 e 4.000 Hz. Os autores encontraram duas grandes diferenças entre o padrão de interação para PEAAE VA e VO. Primeiro, que as interações por VO ocorreram a um nível 15 dB inferior ao da VA. Em segundo lugar, as interações ocorreram a 500 e 1.000 ao invés de 2.000 e 4000 Hz, o que é inesperado sobre o que seria previsto a partir de conclusões dos PEAAE por VA. Relataram que uma possível razão poderia ser a apresentação do nível na VA, sendo intenso o suficiente para resultar em interação nas respostas de 1000 e 2000 Hz, mas não em 500 Hz. E que provavelmente, uma intensidade de 50 dB poderia ser mais suave para causar qualquer interação. Eles acreditam que as interações presentes na VO em 500 e 1000 Hz foram devidas a algumas características relacionadas ao mecanismo da própria condução óssea. Por

exemplo, a distorção mecânica do vibrador em alta intensidade, tal como 50 dB NA e baixas frequências. Outra razão para o padrão de interação diferente pode estar relacionada ao fato de que muito mais energia (27 dB) é necessário para conduzir o oscilador a 500 Hz comparado com 2000 Hz (ANSI, 1996). Além disso, o mecanismo da condução óssea é reconhecido como sendo iniciado por três processos (distorção, inércia e ósseo-timpânico), variando por frequência.

2.4.4.2 Amplitude Tom versus Ruído

Estudos utilizaram os PEAAE com tons modulados, no entanto, em alguns contextos, é vantagem trocar a especificidade de frequência pelo aumento de amplitude e obter respostas mais rápidas (HERDMAN; PPICTON; STAPELLS, 2002; PICTON; JOHN; DIMETRIJEVIC, 2002). Observaram ainda que a resposta do ruído de banda larga torna-se significativa mais rapidamente do que alguns tons individuais no estímulo do MASTER. O uso do ruído pode ser apropriado para gravar uma resposta dos PEAAE sem se preocupar com frequência específica.

Vários autores relataram que as respostas ao ruído são maiores do que o tom, usados como portadores (PICTON et al., 2003; JOHN; DIMITRIJEVIC; PICTON, 2003). Numa intensidade de 60 dB NPS, o ruído produz resposta duas vezes maior do que o tom em 1000 Hz (JOHN et al., 1998).

John et al. (2003) compararam as respostas das amplitudes dos PEAAE com estímulos de tom puro, ruído de banda larga, ruído de passa baixo e ruído de passa alto. Viram que a resposta do ruído de banda larga evoca resposta mais larga na cóclea. Viram ainda que o ruído de passa alto evoca resposta maior que o ruído de banda larga, isto se deve porque o ruído de banda larga é uma combinação da resposta de ruído de passa baixo com passa alto e a ativação de muitas regiões diferentes da cóclea pode resultar em interações complexas (JOHN et al., 1998).

Em relação às amplitudes, a média do ruído é maior que o tom puro. Estudo comparou a amplitude das respostas dos PEAAE com tom e ruído de banda larga modulado em AM^2 , na intensidade de 50 dB NPS e observou que a média para o ruído foi de 77 nV, enquanto que para tom puro foi de 38 nV, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,01$) (JOHN; DIMITRIJEVIC; PICTON, 2003). Como explicação desse fato, esses mesmos autores

afirmaram que isto ocorre pelo aumento da largura de ativação da membrana basilar e a maior redução do produto de distorção causado pelo ruído.

2.4.4.3 *Amplitude de via aérea versus via óssea*

Lins et al., (1996) e Dimetrijevic et al., (2002), avaliaram as respostas do estímulo por VO na intensidade de 20 a 30dB a cima do limiar e encontraram diferenças na média de amplitude e fase entre VO e VA, particularmente nas frequências portadoras de 500 e 1000 Hz.

As médias das amplitudes variam de acordo com a faixa etária e com a frequência portadora. A população adulta difere bastante da infantil, principalmente nas frequências altas de 2000 e 4000 Hz. Na frequência de 500 Hz as médias de amplitudes são iguais para adultos e crianças, exceto na intensidade de 50 dB NA, em que a amplitude do adulto é maior. E em 1000 Hz as amplitudes dos adultos foram discretamente menores que a das crianças nas intensidades de 40 e 50 dB NA. Em 2000 Hz as amplitudes do adulto são maiores que as das crianças. Geralmente, as médias das amplitudes são maiores nas frequências mais agudas tanto por VO como por VA, sendo que o declínio das amplitudes das respostas, por VO e VA, tendem a aumentar em frequências baixas, com diferença estatisticamente significativa na frequência de 500 Hz por VO em comparação a VA (DIMITRIJEVIC et al., 2002; SMALL; STAPELLS, 2005; 2006; 2008a, 2008b).

Hatton e Stapells (2011) realizaram estudo comparando o estímulo simples e múltiplo e observaram diferença de amplitude da VA, na frequência portadora de 2000 Hz, sendo 45 nV para estímulo simples e 35 nV para múltiplas frequências. Observaram, na estimulação simples, que não há diferença da amplitude na comparação da via aérea com via óssea. Relataram ainda que mesmo se houver redução da amplitude na técnica múltipla dos PEAAE, isto não afeta a vantagem da redução do tempo na gravação do teste.

TORRES-FORTUNY et al. (2016), também não encontraram diferença da amplitude de VA comprada a VO, a explicação para isso é que foram estimuladas apenas duas frequências com valores diferentes, sendo 2000 Hz por VA e 500 Hz por VO, o que não causaria diminuição significativa da amplitude. Encontraram valores da amplitude na condição simultânea de VA de 41 ± 2 e VO 41 ± 3 nV. Na condição isolada os valores foram: VA 41 ± 3 e VO 39 ± 2 nV.

As amplitudes por condução aérea, com estimulação de múltiplas frequências, se apresentam em torno de 40-70 nV, enquanto que com estimulação simples aparece em torno de 70-110 nV (LINS; PICTON, 1995; HERDMAN; STAPELLS, 2001; JOHN et al., 2002).

Lins e Picton (1995) relataram que a amplitude do estímulo diminui cerca de 81% de sua amplitude original quando apresentado estímulo simultâneo em comparação ao isolado.

Na intensidade de 30 dB NA, com estimulação por VO, estudo observou amplitude de 41 nV \pm 21 em bebês na frequência portadora de 500 Hz (SMALL, colleagues, 2007).

De um modo geral, na apresentação dos PEAAE com tons de estimulação de frequências múltiplas, as amplitudes de VA variam de 60-80nV e as amplitudes de VO variam de 25 a 52nV, na intensidade convertidas para 50 dBNPS em adultos. (LINS; PICTON, 1995; HERDMAN; STAPELLS, 2001; JOHN et al., 2002; SMALL; Colleagues, 2007; SMALL; STAPELLS, 2006; 2008; TORRES-FORTUNY et al., 2016).

Não foram encontrados estudos que relatem sobre a amplitude de VO utilizando o estímulo de ruído.

2.4.4.4 Limiares dos PEAAE por via aérea e via óssea

É possível registrar limiar dos PEAAE tanto por via aérea como por via óssea e vários estudos já determinaram a confiabilidade de avaliar em indivíduos com audição normal e com perda auditiva (HERDMANN; STAPELLS, 2001; DIMITRIJEVIC et al., 2002; TUMAK; RUBINSTEIN; DURRANT, 2007; BECK et al., 2014).

Estudo realizado por Ferraz et al. (2002) identificaram limiares dos PEAAE por VA na população adulta e constataram valores presentes em média 20 dB acima dos limiares psicoacústicos.

Small, Stapells (2008), relataram que existe mudanças maturacionais nos limiares dependentes de frequências, na comparação entre adultos e crianças. Observaram que os limiares dos PEAAE por VO tendem a aumentar com a idade, no entanto as altas frequências não sofrem mudanças, exceto uma discreta melhora em 2000 Hz, apresentando-se até 6 dB melhor do que nas crianças. Nas frequências de 500 e 1000 Hz a média dos limiares dos

adultos são em torno de 17-19 dB pior do que nos bebês e em 4000 Hz a diferença é menor do que 3 dB entre os grupos.

Os valores dos limiares por via aérea em adultos com audição normal, utilizando tons puros modulados em amplitude são maiores, em 500 e 4000 Hz do que em 1000 e 2000 Hz (AOYAGI et al., 1994C, LINS et al., 1996, PICTON et al., 2002, HERDMAN; STAPELLES, 2001, PEREZ-ABALO et al., 2001, CONE WESSON et al., 2002).

Os limiares por VO são extremamente importante para avaliar crianças com atresia ou otite média uni ou bilateral, bem como, a análise da presença de *gap* entre a VA e VO para diagnóstico diferencial das perdas auditivas (JENG et al., 2004).

Abaixo, nos quadros 1 e 2, estão descritos os valores dos limiares por via aérea e via óssea, respectivamente, relatados por diversos autores.

Quadro 1 - Valores médios dos limiares dos PEAE descreitos na literatura por VA

Limiar do PEAE por via aérea em adultos normais							
<i>Estudo</i>	<i>“N”</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Unidade</i>	<i>500 Hz</i>	<i>1000 Hz</i>	<i>2000 Hz</i>	<i>4000 Hz</i>
Aoyagi et al., 1994c	20	AM	dB NA	34+-15 (250Hz)	28+-14	-----	30+-15
Lins et al., 1996	15	AM	dB NPS	39+-10	29+-12	29+-11	31+-5
Picton et al., 1998	10	AM	dB NPS	37+-10	32+-15	30+-7	30+-7
Herdman and Stapells, 2001	10	AM	dB NPS	22+-12	19+-10	18+-9	20+-11
Perez-Abalo et al., 2001	40	AM	dB NPS	40+-10	34+-9	33+-10	35+-10
Cone Wesson et al., 2002a	10	AM	dB NPS	52+-7	-----	-----	23+-10

Quadro 2 - Valores médios dos limiares dos PEAEЕ descritos na literatura por VO

Limiar do PEAEЕ por via óssea em Adultos normais							
<i>Estudo</i>	<i>“Idade”</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Condição</i>	<i>500Hz</i>	<i>1000Hz</i>	<i>2000Hz</i>	<i>4000Hz</i>
Lins et al., 1996	Adulto	AM	Testa Ocluído	31	29	20	19
Small, Stapells, 2005	Adulto	AM	Osso temporal Ocluído	22	26	18	18
Jeng et al., 2004	Adulto	AM	Testa Ocluído	47	33	40	37
Dimitrijevic et al., 2002	Adulto	AM/FM	Testa Ocluído	32	18	10	13

A média de porcentagem de detecção, dos limiares do PEAEЕ menor igual a 30 dB, foi de 90, 70, 100 e 100%, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente (SMALL; STAPELLS, 2005).

Freitas et al., 2006, relataram que o limiar eletrofisiológico obtido por via óssea ($26,81 \pm 6,99$) é maior que o limiar por condução aérea ($19,54 \pm 3,75$ dB NA), com diferença estatisticamente significativa. Sendo os limiares dos adultos maiores e menos variáveis do que das crianças. (LUTS et al., 2006; PICTON et al., 2003; RANCE et al., 2011; SAVIO et al., 2008)

Small e Stappells (2006) relataram que nos indivíduos com audição normal, os valores dos limiares de via aérea e via óssea são semelhantes. Utilizaram estímulos tonais simultâneos nas frequências portadoras de 500, 1000, 2000, 4000 Hz, e modulação variando de 77 a 100 Hz, com amplitude modulada em 100% e frequência modulada em 25%. Utilizaram o vibrador ósseo B-71 com fixação na região do osso temporal, segurando com a mão, no grupo

de crianças e com banda elástica em adultos com força de pressão de 400 a 450g. As intensidades variaram de 10 a 50 dB NA. Encontraram limiares de 30 e 40 dB NA para 500 e 1000 Hz e maiores que 50 dB NA para 2000 e 4000 Hz nas crianças pré termo e 10 e 30 dB NA para 500 e 1000 Hz e 30 e 40 dB NA para 2000 e 4000 Hz nas crianças mais velhas. Observaram ainda limiares menores e amplitudes maiores nas baixas frequências de 500 e 1000 Hz, em comparação as frequências de 2000 e 4000 Hz, para ambos os grupos de criança, em contra posição ao adulto que apresenta limiares similares nas diversas frequências testadas, sem diferença significativa. Concluíram que os limiares do PEAAE por condução óssea das crianças são muito diferentes dos limiares dos adultos, provavelmente devido à maturação.

Korczak et al. (2012) descreveram as características gerais dos limiares de VA e VO e relataram que os limiares dos PEAAE por VA são: precisos na estimativa dos limiares comportamentais com diferença de média variando de 0-17 dB em adultos com audição normal e 5-13 dB com perda auditiva sensorineural de moderado a severo. Recomendaram que se os PEAAE forem utilizados para distinguir entre limiar normal e elevado em bebês e crianças, usar valores de 50, 45, 40 dB NA para 500, 1000 e 2000 Hz. Em 4000 Hz usar nível de triagem normal (VAN MAANEM; STAPELLS, 2009). Descreveram ainda que os limiares de VO são bons preditores dos limiares comportamentais em 1000 e 4000 Hz, nos adultos com audição normal; que os limiares de VO em baixas frequências tendem a aumentar com a idade; não há efeito significativo entre o método de colocação (mão ou banda elástica) para os limiares de adultos e crianças, como também a localização do vibrador ósseo (osso temporal ou mastóide) nas crianças.

2.4.4.5 Limiares dos PEAAE por VA e VO utilizando ruído

Poucos estudos foram encontrados que abordem limiares com ruído. Santos et al. (2016), encontraram na população com audição normal, limiares em torno de 40 dB NPS.

Pinto et al. (2011) avaliaram os PEAAE nos neonatos e lactentes de um programa de triagem auditiva neonatal, utilizando estímulos de ruído banco modulados em amplitude nas intensidades de 40, 50, 60 e 70 dB NPS. Verificou a presença das respostas em cada intensidade e correlacionou com os achados das emissões otoacústicas. Observou melhor correlação na intensidade de 50 dB NPS, em que obteve 90% de respostas presentes

confirmando as respostas das emissões otoacústicas. Concluíram que os limiares auditivos até 35 dB NA correspondem à intensidade de 50 dB NPS.

Não foram encontrados estudos que abordem limiares por via óssea utilizando o estímulo com ruído.

2.4.4.6 Limiares dos PEAAE por VA e VO em pessoas com perda auditiva

Os PEAAE têm benefícios no teste em pessoas com perda auditiva, sendo um método bastante usado para avaliar a audição em crianças e adultos (RANCE et al., 1995; RANCE et al., 2002; BALLAY et al., 2005).

A maioria dos estudos apresentam limiares eletrofisiológicos dos PEAAE em pessoas com perda auditiva utilizando estímulos tonais nas frequências de 500 a 4000 Hz. Os PEAAE por via aérea fornecem excelente predição do limiar comportamental em adultos e crianças mais velhas com perda auditiva sensório-neural. Alguns estudos relataram que existe melhor correlação dos limiares dos PEAAE em pacientes com perda auditiva sensório-neural do que com os limiares normais (TLUMAK et al., 2007; LINS et al., 1995; DIMITRIJEVIC, 2002).

Duarte et al. (2008) estudaram o PEAAE na avaliação auditiva em pacientes com média de idade de 16 anos, com o objetivo de verificar a aplicabilidade da PEAAE para determinar os limiares auditivos nos diferentes graus de perda auditiva neurosensorial. Utilizaram dois parâmetros de apresentação do estímulo devido à variabilidade dos graus de perda auditiva. Para as perdas leves e moderadas, apresentaram os oito estímulos, sendo 4 em cada orelha nas frequências portadoras de 500, 1000, 2000 e 4000Hz, com amplitude modulada em 100% e frequência em 20% e modulação variando de 82 a 99 Hz, nas intensidades de 80 e 50 dB NA. E para as perdas severas e profundas, devido a limitação do aparelho, utilizaram estimulação simples e dicótica nas intensidades superiores a 80 dB NA, com modulação de 66,14 Hz na orelha direita e 66,79 Hz na orelha esquerda em todas as frequências avaliadas de 500 a 4000 Hz. Encontraram associação significativa entre os limiares obtidos principalmente nas perdas auditivas de grau profundo.

Ishida et al. (2011) realizaram estudo com PEAAE por VO, em adultos com audição normal, com perda auditiva sensório-neural e com limiares elevados por meio do uso do mascaramento. Tiveram como objetivo determinar qual limiar seria mais bem distinguido

(normal ou elevado) pelos PEAAE VO. O estudo foi dividido em A e B. Foram utilizadas quatro frequências portadoras: 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, moduladas em AM: 100% e FM: 25%. As frequências de modulação foram de: 77,148; 84.961; 92.773; 100.586 Hz, respectivamente. O vibrador ósseo B-71 foi posicionado no osso temporal e fixado com banda elástica com velcro. Foi utilizado mínimo de 12 *sweeps*. Após 48 *sweeps* a gravação foi parada automaticamente. A resposta foi considerada presente quando teve significância $p < 0,05$ após sete *sweeps* consecutivos. E ausentes, após 48 *sweeps* com resposta não significativa e com ruído (*circle radius*) < 20 nV que equivale a 11 nV; ou ainda, quando a amplitude do PEAAE foi < 10 nV e o $p > 0,3$. As intensidades utilizadas para iniciar a pesquisa do limiar foi de 20 ou 40 dB de forma randomizada entre os sujeitos, variando entre mínima de 0 e máxima de 50 dB, com intervalos de 10 dB. Quando não se obteve resposta até a intensidade máxima de 50 dB, foi considerado um limiar arbitrário de 60 dB NA. Viram que os escores de diferença e correlação dos indivíduos com perda auditiva sensorineural são similares para aqueles ouvintes normais com simulação da perda auditiva sensorineural. Os PEAAE por VO fornecem uma razoável estimativa do limiar comportamental por condução óssea em adultos, principalmente entre as frequências de 1000 a 4000 Hz.

Estudo realizado por Lingyan, Zhang, Han (2011), com objetivo de investigar interações na PEAAE por VO, por meio de estimulação simples ou múltipla e determinar os limiares do PEAAE por VO em adultos normais e com perda aditiva simulada com mascaramento e perda aditiva sensorineural, revelou que há diferença dos limiares do PEAAE para os limiares comportamentais, sendo maior na frequência de 500 Hz e menor em 4000 Hz e que foi possível classificar corretamente 82% dos normais e 92% das perdas auditivas nas frequências de 1000, 2000 e 4000 Hz. Eles utilizaram intensidade de 0 a 50 dB NA com passos de 10 em 10 dB e modulação de 77 a 101 Hz. Verificou ainda que as interações ocorreram em condições de estímulo múltiplo quando apresentado em níveis elevados. O mesmo não ocorreu na intensidade do limiar. Os eletrodos foram posicionados na testa (ativo), na mastóide (referência) e na região abaixo da testa (terra). O vibrador ósseo B-71 foi posicionado no osso temporal com banda elástica. A intensidade inicial foi de 50 dB NA com intervalos decrescentes de 5 dB NA. Foram apresentados 20 *sweeps*. As respostas foram consideradas presentes quando $p < 0,05$ e o ruído menor que 50 nV. O registro foi interrompido quando o ruído era menor que 15 nV e o número de *sweeps* chegou 240. O tempo de estimulação foi de 4 minutos e o tempo total de registro de aproximadamente 2 horas.

Swanepoel et al., (2008) investigaram os limiares dos PEAAE nas frequências de 250 a 4000 Hz, por VA e VO em crianças com limiares auditivos normais e perda auditiva de vários tipos e graus. Encontraram médias de limiares por VA entre 108 e 110 dB NA e por VO entre 37 e 68 dB NA nas perdas auditivas severas profundas e limiares de 18 a 26 nas crianças com audição normal. Observaram ainda mais baixos nas frequências de 250 a 1000 Hz e relataram que 39% dessas respostas, foram espúrias. No grupo de crianças com perda auditiva, a média dos limiares por VO foi semelhante aos dos normais, exceto em 1000 Hz que revelou uma queda maior em relação as demais frequências.

Poucos são os estudos que se detiveram a apresentar os limiares dos PEAAE com estímulo de ruído em pacientes com perda auditiva. Santos et al., (2016) encontraram limiares em torno de 50 a 65 dB NPS em pessoas com perda auditiva leve e nas perdas auditivas moderadas, moderadamente severas, severas e profundas obteve variação de 70 a 80 dB NPS.

A mesma autora analisou a sensibilidade e especificidade do estímulo com ruído. Constatou que a sensibilidade foi acima de 95% para as intensidades abaixo de 50 dB NPS para ambos os estímulos. Nas intensidades de 50 e 60 dB NPS, o ruído de banda larga apresentou sensibilidade de 77%, sendo a especificidade de 100% e 90% respectivamente. Entretanto, nestas intensidades a especificidade não ultrapassou 65%.

2.4.4.7 Estimativa de *gap* aéreo ósseo na pesquisa dos PEAAE

Para se fazer o diagnóstico diferencial das perdas auditivas se faz necessário a pesquisa dos limiares dos PEAAE por VA e VO. Nagashima et al. (2013) gravaram os PEAAE por VO e VA nas frequências de 500 a 4000 Hz em crianças com otite média pré o pós tratamento. Encontraram limiares por VO dentro dos padrões de normalidade, com variação de média de 10.8 a 21.7 dB e os de VA com variação de médias de 7.5 a 32.5 dB pré tratamento. A estimativa do *gap* foi de 20 a 40 dB em 500 Hz, 10 a 30 dB em 1000 Hz, 0 a 10 dB em 2000 Hz e 0 a 20 dB em 4000 Hz. Concluíram que a estimativa dos *gaps* pode ser usado clinicamente para predizer a perda auditiva condutiva e que a diferença do *gap* aéreo ósseo é menor no pós tratamento.

Jeng et al. (2004) estimaram o *gap* aéreo ósseo usando PEAAE em adultos com perda auditiva condutiva simulada e compararam com a medida da audiometria tonal. Mostraram forte correlação entre as medidas, porém com estimativa de *gaps* para os PEAAE foram 10,

13, 2 e 9 dB maior do que para os tons puros, nas frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, respectivamente.

2.4.5 Aplicações clínicas: tendências futuras

2.4.5.1 PEAAE simultâneos por via aérea e via óssea

Os programas de triagem auditiva neonatal têm tentado minimizar os resultados falsos positivos por meios de técnicas que apresentam menor sensibilidade e maior especificidade. No entanto, tais aspectos acabam criando a necessidade de aplicar diversas outras técnicas e procedimentos com diferentes tipos de testes em cada programa. Diante das dificuldades em fazer o diagnóstico diferencial das perdas auditivas já no período de triagem, vem se estudando a aplicação de um único procedimento que seja possível não só minimizar os resultados falsos positivos, como também identificar as perdas auditivas permanentes (perda neurosensorial- verdadeira positiva) das temporárias (perda condutiva- falso positiva) (MIJARES et al., 2014).

No entanto, são poucos estudos que abordam o PEAAE simultâneo por via aérea e via óssea. Até o momento, apenas dois estudos foram encontrados utilizando a técnica do PEAAE por condução aérea e óssea simultânea.

O estudo, realizado em Cuba, por Mijares et al. (2014) avaliaram a eficiência diagnóstica desta técnica, utilizando apenas duas frequências diferentes, sendo uma por via aérea (2000 Hz) e outra por via óssea (500 Hz). Apesar de terem encontrado uma eficiência diagnóstica de 100% de sensibilidade e 97% de especificidade, este protocolo não identifica alterações em uma mesma região da cóclea, visto que são estimuladas frequências diferentes. Realizaram um estudo com PEAAE utilizando estimulação simultânea por via aérea e via óssea em 80 bebês menores de 2 meses de idade. Tiveram como objetivo: avaliar a eficiência diagnóstica de uma prova automatizada baseada no registro dos potenciais evocados auditivos de estado estável com estimulação simultânea por via aérea e via óssea. Utilizaram apenas duas frequências uma grave em 500 Hz por via óssea e uma aguda 2000 Hz por via aérea, com intensidade do estímulo de 50 dB NA para via aérea e 30 ou 35 dB NA para via óssea. Concluíram que esta prova permite discriminar as perdas condutivas das neurosensoriais, reduzindo com isso os resultados falsos positivos e elevando a eficiência diagnóstica deste método.

Torres-Fortuny et al. (2016) avaliaram a interação da apresentação simultânea por condução óssea e aérea na amplitude dos PEAAE. Observaram mudanças não significantes da amplitude de VO e VA tanto na estimulação simultânea como na simples. Usaram frequências diferentes para cada via de estimulação, sendo 500 Hz por VO e 2000 Hz por VA, o que poderia justificar a não redução da amplitude.

Um aspecto a ser levado em consideração é que quando se usa estimulação simultânea por VO e VA, o efeito de oclusão que ocorre nos adultos, conduz a um aumento da sensibilidade auditiva, especialmente em baixas frequências (<1000 Hz) (TONNDORF, 1966).

Até o presente momento, não se realizou o registro dos PEAAE simultâneos por VO e VA com estímulos de amplo espectro de frequência. Como a preocupação com o diagnóstico precoce das perdas auditivas tem sido uma constante e considerando a invisibilidade da deficiência auditiva, a qual, geralmente, não ocorre em frequência específica, surge a necessidade de aprimoramento de técnicas que façam diagnóstico diferencial, a fim de minimizar os resultados falsos positivos, avaliando o registro e análise dos potenciais evocados auditivos de estado estável simultaneamente por condução aérea e óssea.

3 OBJETIVOS

➤ **Objetivo Geral**

Avaliar o registro e os critérios de análise dos potenciais evocados auditivos de estado estável simultaneamente por condução aérea e óssea utilizando ruído branco.

➤ **Objetivos específicos**

- Analisar e comparar as respostas das amplitudes de VO e VA simultâneas e isoladas nos voluntários normais;
- Estudar o comportamento das respostas isoladas e simultâneas em diversas intensidades nos voluntários com limiares normais a fim de identificar a melhor intensidade para detecção do registro simultâneo por VO e VA;
- Identificar o percentual de detecção por VO e VA nas várias intensidades e nas condições isoladas e simultâneas nos voluntários normais;
- Avaliar o tempo necessário para a obtenção de respostas por VO e VA simultâneas e isoladas nos voluntários com limiares normais;
- Analisar a relação entre as amplitudes das respostas dos PEAAE por VO/VA simultaneamente em indivíduos normais e nos diferentes tipos de perda auditiva.

4 HIPÓTESE

É possível detectar resposta no registro simultâneo de PEAAE na mesma orelha por meio da estimulação óssea e aérea.

As amplitudes de VO e VA sofrem interação com a estimulação simultânea com ruído branco.

O método é capaz de diferenciar perdas auditivas condutivas, sensorineurais e mistas.

5 MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco com protocolos nº 1.215.493 (Anexo 1). E o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2), foi lido, preenchido e assinado, por todos os voluntários que participaram da pesquisa.

O tipo de estudo é analítico observacional transversal e foi desenvolvido em três experimentos. O primeiro e o segundo experimento são referentes aos voluntários adultos com limiares auditivos normais e o terceiro aos voluntários com perda auditiva.

Abaixo serão abordados os aspectos metodológicos comuns e posteriormente será detalhado cada experimento.

5.1 MÉTODO GERAL

➤ Local

O estudo foi realizado em sala comum, climatizada, no ambulatório de pesquisa de neurofisiologia clínica experimental, localizado no segundo andar do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (HC-UFPE).

Todos os voluntários foram acomodados confortavelmente em decúbito dorsal, numa maca, orientado a relaxar para diminuir artefato de ruído muscular e assim, minimizar o tempo de captação da resposta. A maioria dos voluntários dormiu durante o registro (figura 5).

Figura 5 - Posicionamento do voluntário durante registro dos PEAAE



➤ Amostra

Participaram do estudo 69 indivíduos, sendo 18 com limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade, ou seja, limiares auditivos tonais até 25 dBNA (OMS, 2014) e 51 com variadas perdas auditivas.

As perdas auditivas da amostra estudada foram caracterizadas de acordo com os padrões de CARHART (1945).

Perda auditiva condutiva: quando os limiares por VA estão piores que 25 dBNA e por VO normais (<25 dB NA), com diferença mínima de 15 dB NA entre as vias estimuladas com idade de 18 a 55 anos durante o período de setembro de 2015 a dezembro de 2016.

Perda auditiva sensorineural: quando os limiares de VA e VO são piores que 25 dB NA, sem a presença de gap aéreo ósseo.

Perda auditiva mista: quando os limiares de VA e VO são piores que 25 dB NA, porém com a presença de gap mínimo de 15 dB NA entre as vias estimuladas.

Todos os indivíduos realizaram otoscopia antes do início do registro dos PEAAE e já tinham audiometria tonal recentemente realizada, com no máximo 15 dias de antecedência. Vieram encaminhados do ambulatório de audiologia, localizado no 6º andar do Hospital das Clínicas da UFPE.

➤ Critérios de Inclusão:

Voluntários de ambos os sexos, na faixa etária de 16 a 55 anos com limiares auditivos normais e perda auditiva sensorineural, condutiva ou mista de diversos graus e configurações de acordo com a classificação da Organização Mundial de Saúde, 2014.

➤ Critérios de Exclusão:

Pacientes adultos com distúrbio comportamental, alteração neurológica ou síndrome e diagnóstico confirmado de perda auditiva retrococlear.

➤ Material

O equipamento utilizado para registro dos PEAAE foi o Multi MASTER (Multiple Auditory Steady-State Response) de pesquisa (John & Picton, 2000), acoplado ao Audiômetro modelo R27A da Resonance (figura 6), o qual foi utilizado como atenuador do estímulo. E um segundo audiômetro, modelo Audios 110 da Eymasa (figura 7), foi utilizado para uso de mascaramento contralateral nas perdas unilaterais. A apresentação do estímulo foi ipsilateral em todos os experimentos.

Figura 6 - Audiômetro R27A-Resonance



Figura 7 - Audiômetro Audios 110



➤ Parâmetros para registro do PEAAE

a. Tipo de estímulo

Foi elaborado um protocolo de avaliação com estímulo portador de ruído de banda larga (ruído branco), modulado em amplitude. Por meio da técnica MASTER (John & Picton, 2000). O estímulo foi filtrado com filtro de passa alto em 250 e passa baixo em 8000Hz, com amplitude modulado em 100%.

As frequências de modulação para o ruído de banda larga foram de: *86.914 VO e 91.797 VA*.

A Figura 8 mostra o padrão utilizado no protocolo do estímulo para registro do PEAAE.

Figura 8 - Tela do MASTER com descrição do protocolo utilizado

STIMULI

pa1 File Name: [LI_WN_pa1_R27A]

Read pa1 File

Write pa1 File

	Left Ear (DA0)				Right Ear (DA1)			
	1	2	3	4	5	6	7	8
DA Channel	0	0	0	0	1	1	1	1
Carrier Frequency	1000,0	2000,0	2000,0	4000,0	1000,0	2000,0	2000,0	4000,0
Modulation (Hz)	86,91	101,71	101,71	101,71	91,80	101,71	101,71	101,71
AM Percentage	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
FM Percentage	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FM phase	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amplitude	15,00	10,00	10,00	12,00	10,00	10,00	10,00	12,00
On (1), Off(0)	1	0	0	0	1	0	0	0

Envel AM: 1

Envel FM: 1

High-Pass	250	2000	2000	4000	250	2000	2000	4000
Low-pass	8000	8000	2000	4000	8000	8000	2000	4000
Order #	8	8	8	8	8	8	8	8

PATH: [D:\Master\ELI\Calibração Nov 2015]

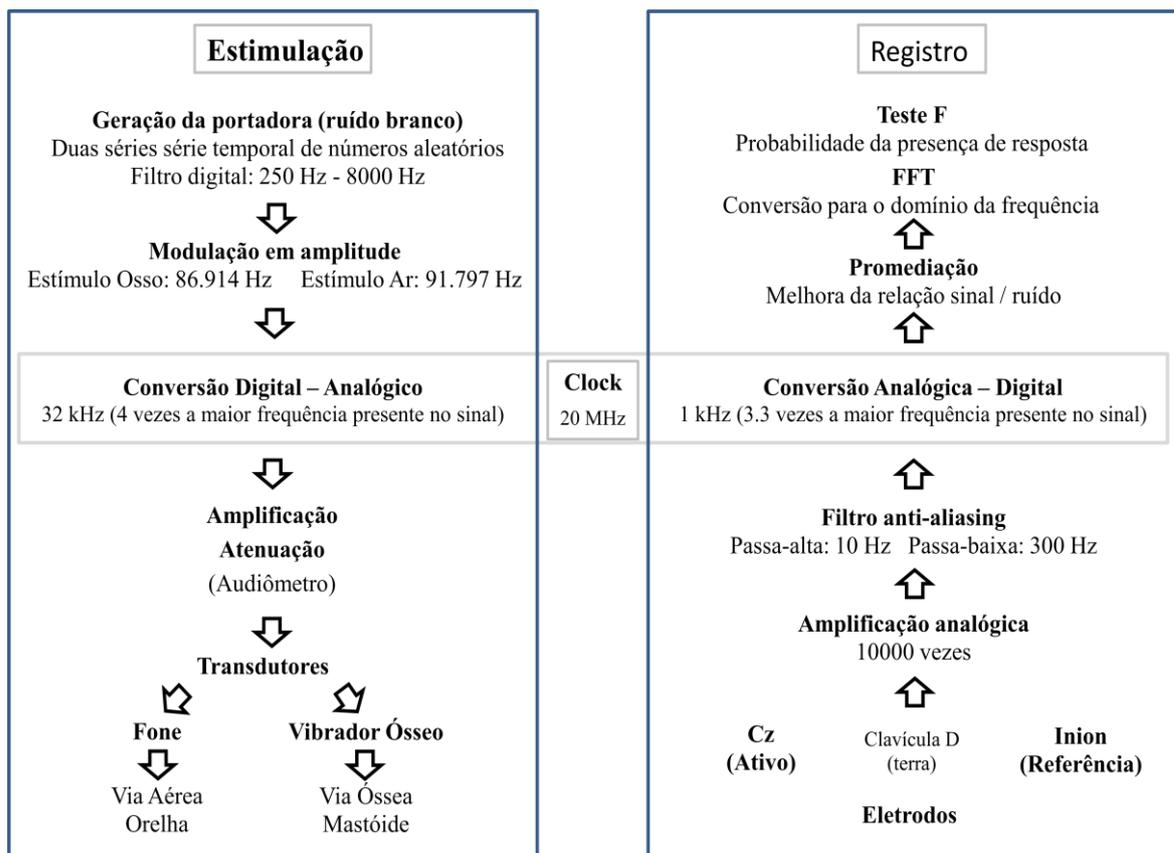
Use these Settings

Nota: Tela inicial do protocolo com os parâmetros técnicos utilizados para registro dos PEAE por VO e VA

O PEAAE foi gravado no domínio do tempo e analisado no domínio da frequência usando a transformada rápida de Fourier (fast Fourier transform-FFT). O padrão da frequência de conversão digital analógico (DA) usado no EEG foi 32 kHz (quatro vezes da maior frequência presente no sinal) e o analógico digital (AD) foi 1 kHz (três vezes da maior frequência presente no sinal). O conversor digital-analógico (DA) foi dirigido pelo mesmo clock que o conversor analógico-digital (AD). O EEG foi filtrado usando anti aliasing de passa baixa em 300 Hz e ainda amplificado em 10.000 vezes.

A figura 9 demonstra, de forma esquematizada, o padrão de gravação da estimulação e do registro dos PEAAE.

Figura 9 - Esquema do padrão de gravação do sinal no PEAAE



b. Transdutores

O estímulo foi apresentado simultaneamente por VA e VO, sendo a VA por meio de um fone de inserção modelo EAR-3A (figura 10) e a VO (figura 11) pelo vibrador ósseo B-71, posicionado na região da mastóide e fixado com faixa elástica (figura 12), marca: Design Veronique, modelo: #210-S da Universal Split Ear Facial Band. O vibrador ósseo foi mantido sob pressão constante de 450g.

Figura 10 - Fones de inserção EAR-3A



Figura 11 - Vibrador ósseo B-71



Figura 12 - Faixa elástica



Fonte: <https://nightingalemedical.ca>

➤ Calibração do Estímulo

A calibração do master foi realizada com analisador de nível de pressão sonora da marca Brüel & Kjær, modelo: 2250-Light-G4, 1/3 Octave Frequency Analysis. Para a calibração dos fones de inserção foi utilizado um acoplador acústico, com adaptador 2cc. O estímulo por condução aérea foi calibrado em dBNPS rms, com um acoplador acústico Brüel & Kjær, modelo: 4152, com um Microfone Brüel & Kjær, modelo: 4144, 1". O estímulo por condução óssea foi calibrado em dBNPSpe, Mastóide artificial Brüel & Kjær, modelo: 4930, com força de 500g.

Maiores detalhes no certificado de calibração (anexo 3).

➤ Medidas de ruído ambiente

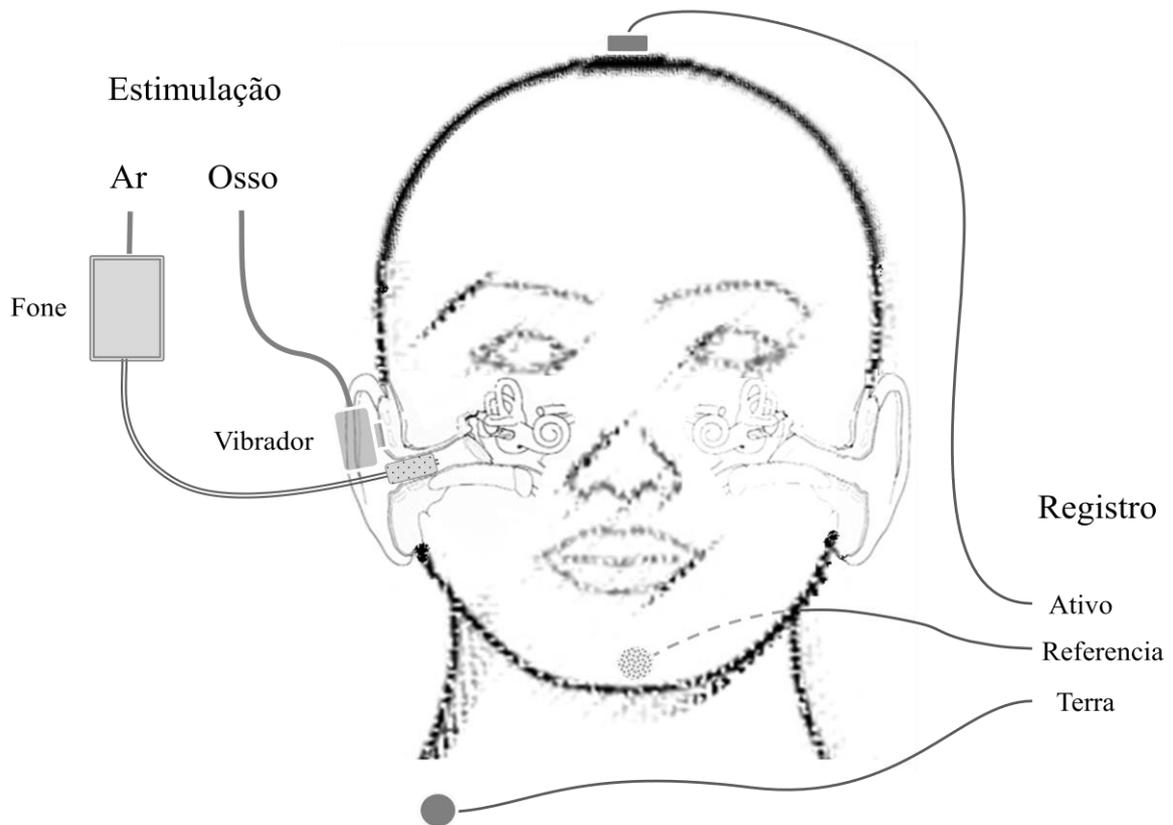
A avaliação da sala foi realizada por medição direta. As medições foram realizadas com ponderação em frequência linear utilizando-se filtros de bandas de 1/3 de oitavas centradas nas frequências normalizadas de 31,5 Hz a 8 000 Hz. As medições foram integradas em um período de tempo de pelo menos 60 s (Leq em 60 s). Todos os resultados de medição foram apresentados em decibel. Foi utilizado o medidor de nível de pressão sonora B&K, modelo: 2250-Light-G4, 1/3 Octave Frequency Analysis.

➤ Localização de eletrodos

Os eletrodos podem ser colocados em qualquer lugar da cabeça, independente da sua forma ou tamanho, desde que sejam posicionados com distâncias similares (Picton, 2011).

No presente estudo os eletrodos foram posicionados: Ativo: Cz, referência na nuca e terra na clavícula direita (figura 13). A impedância entre os eletrodos foram mantidas abaixo de 3kohm.

Figura 13 - Esquema da derivação dos eletrodos



5.2 PROCEDIMENTO GERAL

Antes de iniciar o registro do PEAEE, foi realizada em todos os voluntários a pesquisa do limiar psicoacústico por VA e VO isoladamente, com o estímulo de banda larga (ruído branco) do próprio equipamento Master. Foi solicitado ao voluntário que levantasse a mão sempre que ouvisse o ruído, até a menor intensidade perceptível. A intensidade foi diminuída em passos de 5 dB.

Foi realizado o registro dos PEAEE por VO e VA simultâneos e isolados. A apresentação do estímulo foi feita unilateralmente, porém ambas as orelhas ocluídas com fones de inserção.

Para garantir a ausência de respostas espúrias apresentados pelo artefato do vibrador ósseo, foram realizados registros dos PEAEE afastando o vibrador da mastóide, colocando-o do lado da cabeça, sem contato com o osso, em 25% dos voluntários de forma aleatória.

➤ Sweeps

Foi utilizado mínimo de 10 Sweeps e máximo de 45 sweeps, caso não obtivesse resposta significativa até o sweep máximo, o registro era interrompido. O critério do mínimo de sweeps foi baseado em SMALL, STAPELLS (2008).

➤ Parâmetros de análise do PEAE

a. Técnica de Detecção

A técnica utilizada para detecção da resposta do PEAE no MASTER foi o Teste F. O qual estima se a amplitude da resposta na frequência moduladora é significativamente diferente que a do ruído de fundo (JOHN, PICTON, 2000).

b. Critério de presença de resposta

A resposta foi considerada presente quando teve significância $p < 0,05$ após quatro sweeps consecutivos.

c. Critério de ausência de resposta

A resposta do PEAE foi considerada ausente após 45 sweeps com resultado não significativo; ou com ruído (circle radius) $< 20\text{nV}$ que equivale a 11nV associado a uma amplitude $< 10\text{nV}$ e o $p > 0.3$.

d. Critério de análise das amplitudes

As amplitudes foram analisadas linha-de-base-ao-pico. Este tipo de análise é $\frac{1}{2}$ da amplitude pico-ao-pico e expressada em μV .

5.3 MÉTODO ESPECÍFICO

5.3.1 Experimento 1

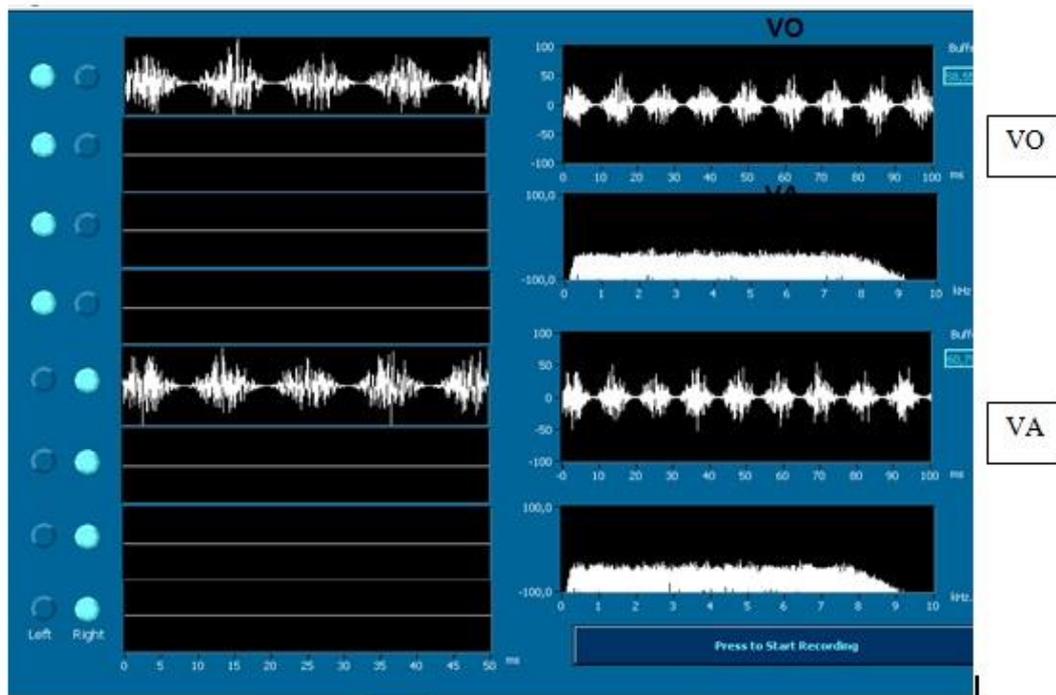
➤ Intensidades iguais - Definição da melhor intensidade

Teve como objetivo pesquisar diversas intensidades, comparar as respostas simultâneas e isoladas e determinar a intensidade que apresentou maior percentual de respostas significativas.

Foi realizado em 18 voluntários com limiares dentro dos padrões de normalidade (< 25 dB NA), nas frequências de 250 a 8000Hz, sendo oito do sexo feminino e oito do sexo masculino, os quais foram submetidos ao PEAAE simultâneo e isolados por VO e VO. Apenas uma orelha foi estudada por sujeito. O lado escolhido foi aleatório.

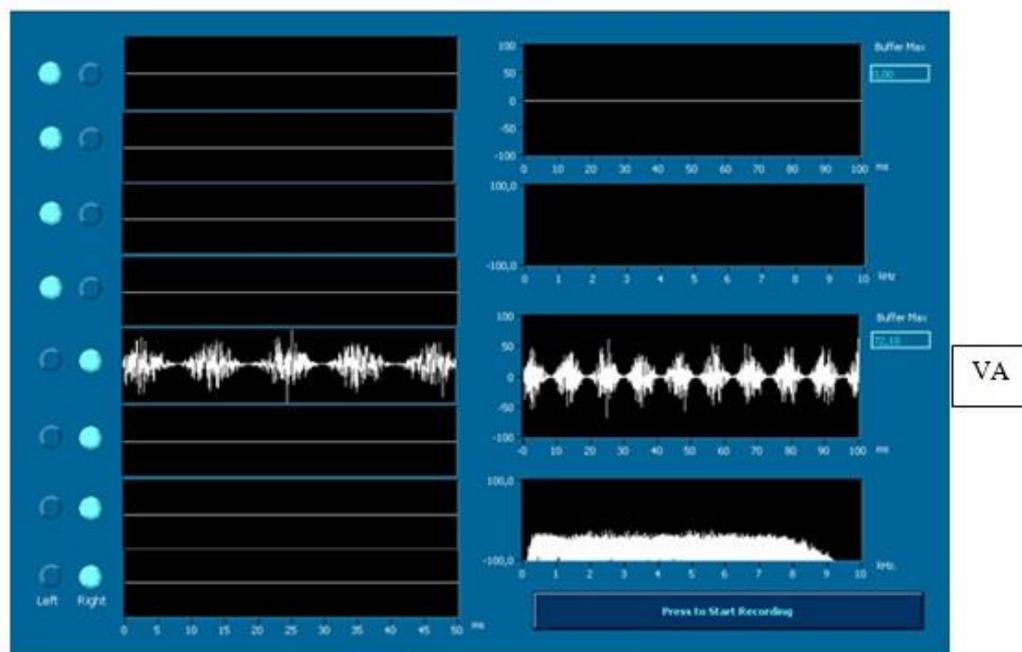
Foram utilizadas as seguintes intensidades simultâneas por VO/VA respectivamente: 50/50 dB NPS; 40/40 dB NPS; 30/30 dB NPS; 20/20 dB NPS. Em seguida, foram realizadas ainda estas mesmas intensidades de forma isolada para comparar a amplitude e a significância. Com isso, três condições de testes foram registradas. A figura 14 mostra o protocolo do estímulo simultâneo. Já as figuras 15 e 16, mostram o protocolo de estímulo do ruído isolado.

Figura 14 - Ruído simultâneo do PEAAE por VO e VA (50/50dB)



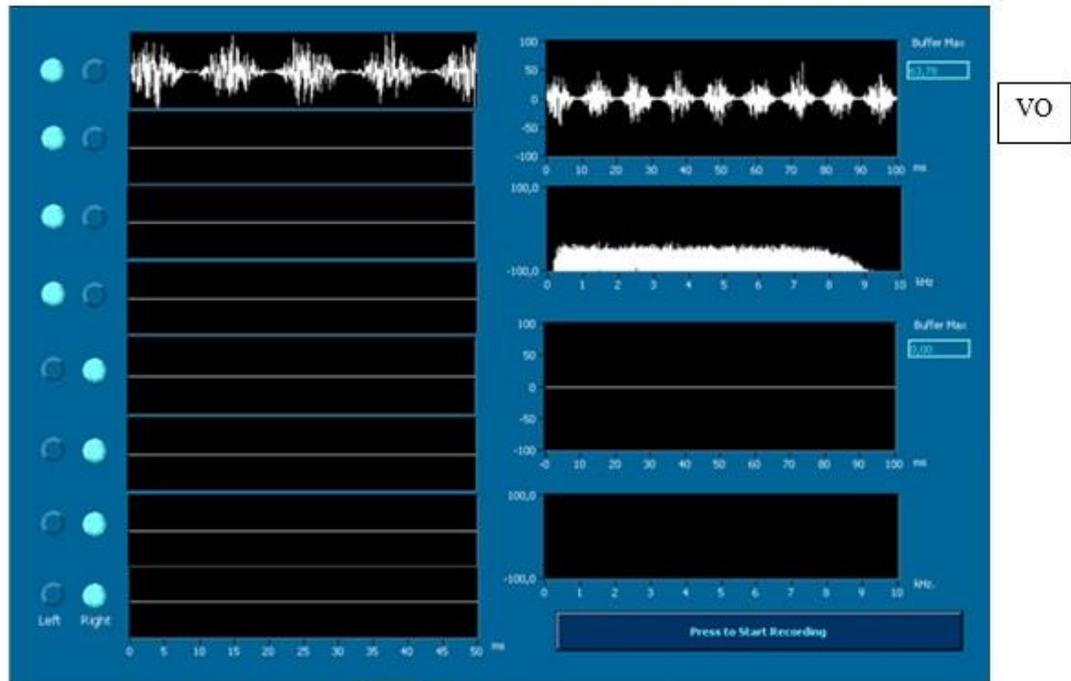
Nota: Representação digital do estímulo acústico gerado pelo sistema Multi-MASTER no canal 0, estímulo apresentado por Via óssea (VO) e no canal 1 estímulo apresentado por via aérea (VA) simultaneamente.

Figura 15 - Ruído isolado por via aérea (50dB)



Nota: Representação digital do estímulo acústico gerado pelo sistema Multi-MASTER, sendo o canal 0, desligado e o estímulo apresentado apenas no canal 1 por via aérea (VA) isoladamente.

Figura 16 - Ruído isolado por via óssea (50dB)



Nota: Representação digital do estímulo acústico gerado pelo sistema Multi-MASTER, sendo o canal 1, desligado e o estímulo apresentado apenas no canal 0 por via óssea (VO) isoladamente.

5.3.2 Experimento 2

- Variação da intensidade de VA: simulação de perdas auditivas condutivas

Teve como objetivo estudar o efeito da simulação de gaps aéreo ósseo sob as respostas dos PEAAE. Foi realizada com o mesmo grupo de indivíduos do experimento I.

Utilizou-se a intensidade fixa de 50 dB NPS para VO com variação da VA, simulando os gaps de 10, 20 e 30 dB. Com isso, as intensidades simultâneas por VO/VA respectivamente, foram: 50/40 dB NPS; 50/30 dB NPS; 50/20 dB NPS. Estas intensidades foram utilizadas para simular o que acontece quando o indivíduo apresenta uma perda auditiva condutiva.

5.3.3 Experimento 3

➤ Aplicação do protocolo nas perdas auditivas

Nesse experimento foi avaliada a capacidade desse método em detectar diversos tipos de perda.

Participaram desse experimento 51 indivíduos, sendo 29 orelhas com perda condutiva, 35 orelhas com perda sensorineural e 21 orelhas com perda mista.

Foram submetidos ao potencial evocado auditivo de estado estável simultâneo por VO/VA, na intensidade fixa de 50/50dBNPS.

Nas perdas auditivas unilaterais ou muito assimétricas, foi utilizado o mascaramento efetivo, sem causar supermascaramento na orelha teste (OT), calculado por meio da fórmula: Sensação auditiva (SA) da orelha não testada (ONT)+10+Limiar da ONT (FRAGOSO, 2003). No presente estudo, como foi utilizado ruído de banda larga, o valor calculado da SA+10 foi somado a média do limiar de 250 a 8000 Hz na ONT.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram salvos em planilha de Excel e analisados em programa statistics. Todos os resultados foram resumidos em media e desvio padrão e as análises de significância foram feitas com modelos de análise de variância (ANOVA). A comparação entre os resultados foram executadas pela significância do efeito principal e interação por meio da análise post Hoc de Newman-Keuls. O critério para a significância foi $p < 0,05$ para todas as análises.

6 RESULTADOS

- Análise dos artefatos ou respostas espúrias com vibrador ósseo

Não foram obtidas respostas espúrias significativas na estimulação por VO em nenhuma intensidade avaliada.

Valores de ruído ambiental foram medidos e obtidos resultados foram de 41 dBA Leq em 60s.

- Amostra

Dezesseis voluntários (oito mulheres) participaram dos experimentos 1 e 2. A idade variou de 18 a 53 anos (média 33,4 anos). Apenas uma orelha foi estudada por sujeito (9 OE e 7 OD), o lado foi escolhido aleatoriamente, totalizando 18 orelhas. Todos os registros foram realizados com oclusão da orelha contralateral e ipsilateral, utilizando os fones de inserção.

A representação dos dados biométricos e audiológicos dos voluntários com limiares normais estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da amostra dos indivíduos normais

Suj	Sex	Idad	Orelha	LtmVA	LtmVO
1	M	53	OE	22,5	22,5
2	M	18	OE	8,75	8,75
3	F	39	OE	16	16
4	F	41	OE	12,5	12,5
5	M	18	OD	7	7
6	F	39	OE	15	15
7	F	38	OE	16	16
8	M	26	OD	13	13
9	F	18	OD	5	4
10	F	39	OD	8,75	8,75
11	F	46	OE	7,5	7,5
12	M	18	OE	11,25	11,25
13	F	32	OE	11,25	11,25
14	F	23	OD	7,5	7,5
15	M	45	OE	7,5	7,5
16	F	45	OE	8,75	8,75
17	M	43	OD	15	15
18	M	21	OD	7	7

Tabela 1: Caracterização da amostra: F-feminino; M-masculino; OD: orelha direita; OE: orelha esquerda; LtmVA: Limiar tonal médio (média das frequências de 500 a 4000Hz) de via aérea; LtmVO: Limiar tonal médio em dBNA (média das frequências de 500 a 4000Hz) de via óssea.

A média dos limiares tonais por VA variou de 5 a 22,5 dB NA e por VO variou de 4 a 22,5 dB NA (média de 11 dB NA para ambas as vias estimuladas).

Valores dos limiares psicoacústicos com o ruído banda larga do MASTER, em dB NPS equivalente ao 0 dB NA de cada voluntário, estão descritos na tabela 2.

Tabela 2 - Valores dos limiares psicoacústicos do estímulo do MASTER – Ruído banda larga

Suj	LWN va dB NPS	LWN vo dB NPS
1	30	25
2	25	25
3	20	25
4	25	25
5	25	30
6	25	35
7	25	25
8	25	25
9	25	25
10	20	20
11	20	25
12	25	25
13	20	20
14	20	20
15	20	20
16	20	20
17	30	25
18	20	20

Tabela 2: LWNva: Limiar White noise via aérea; LWNvo: Limiar White noise via óssea.

A média dos limiares psicoacústicos com o estímulo WN foi igual para VA e VO, com valor de 24dB.

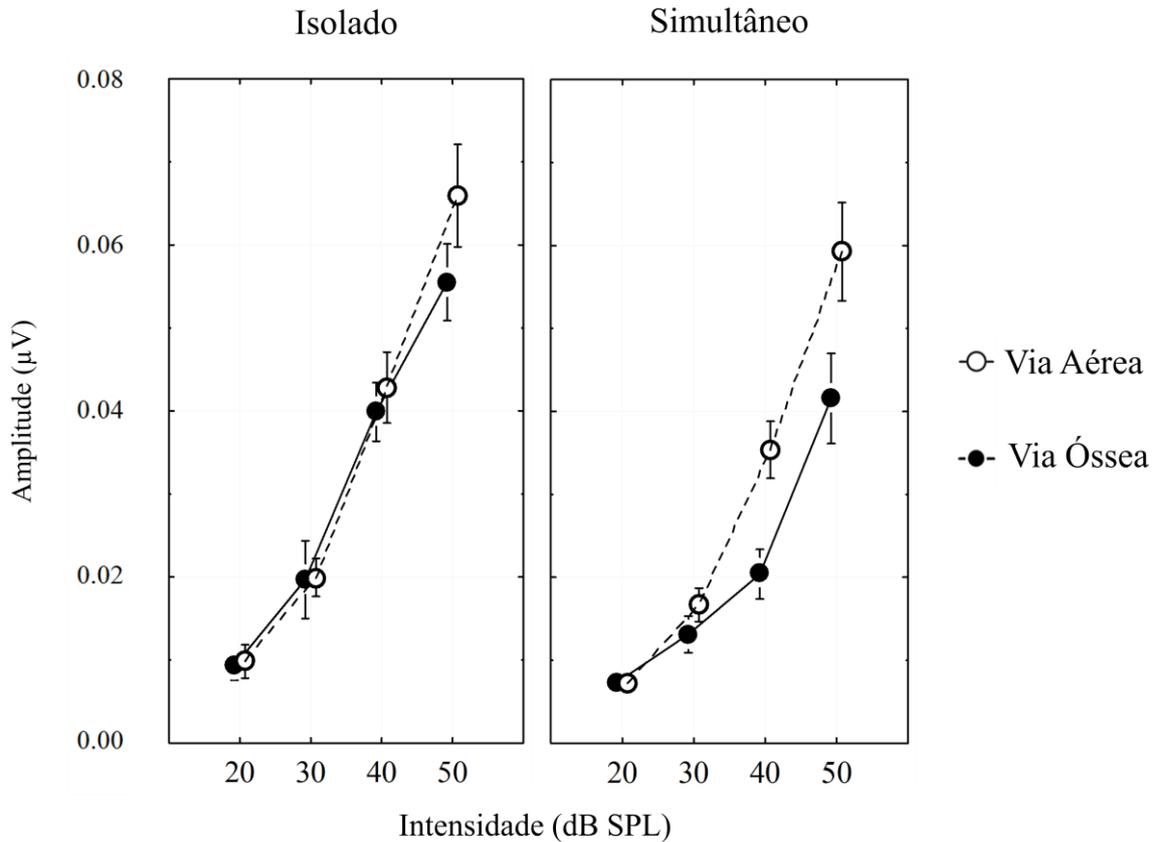
➤ Experimento 1: Intensidades iguais

O primeiro experimento visou estudar estímulos de mesma intensidade por VA e VO. As intensidades apresentadas foram 50, 40, 30 e 20 dB NPS, analisadas em ordem decrescente ao passo de 10 dB. O registro nas diferentes intensidades identificou qual delas apresenta maior amplitude, percentual de detecção e tempo de detecção nos registros dos PEAAE simultâneos e isolados por VA e VO em voluntários normais.

▪ *Amplitude*

As amplitudes de VA são maiores que as amplitudes de VO, independente da condição (isolada ou simultânea). Essas amplitudes crescem com o aumento da intensidade do estímulo (figura 17).

Figura 17 - Relação da amplitude das respostas VO e VA nas condições isolada e simultânea nas diferentes intensidades.



Legenda: eixo x: distribuição das intensidades estudadas; eixo y: valores das amplitudes de respostas. As médias das amplitudes estão apresentadas no eixo central da relação intensidade e amplitude.

Na comparação das amplitudes entre VO e VA, relacionada à condição isolada e simultânea, a figura 17 mostra que na condição isolada as amplitudes são maiores do que na condição simultânea, em ambas as vias de estimulação. Esta diferença é mais acentuada nas intensidades maiores por VO do que por VA.

Os valores médios das amplitudes na condição isolada foram de 0,055 µV para VO e 0,065 µV para VA e na condição simultânea esses valores são de 0,042 µV e 0,06 µV para VO e VA respectivamente.

Na apresentação das várias intensidades, na condição isolada, as amplitudes das respostas por VO e VA são similares exceto na intensidade de 50 dB, em que as amplitudes das respostas por VA são maiores que as amplitudes de VO. Em contraste, na apresentação

simultânea as amplitudes por VA são maiores que as amplitudes das respostas por VO, exceto na intensidade de 20 e 30 dB, em que as amplitudes se assemelham.

A comparação das médias das amplitudes com a via, intensidade e condição foram realizadas por meio da ANOVA fatorial de medidas repetidas que revelou diferenças estatisticamente significativas ($p=0,001$). Medidas de comparação Post Hoc revelam interações entre via e intensidade e intensidade e modo. Com relação as interações via e intensidade existem diferença em todas as condições de teste, exceto entre as amplitudes de VA e VO na intensidade de 30 ($p=0,31$) e 20 dB ($p=0,94$), também não há diferença entre as amplitudes de VA nas intensidades de 30 e 20 dB. Com relação a interação intensidade e modo não há diferença das amplitudes, entre as condições isolada e simultânea na intensidade de 20 dB ($p=0,39$). (Anexo 4)

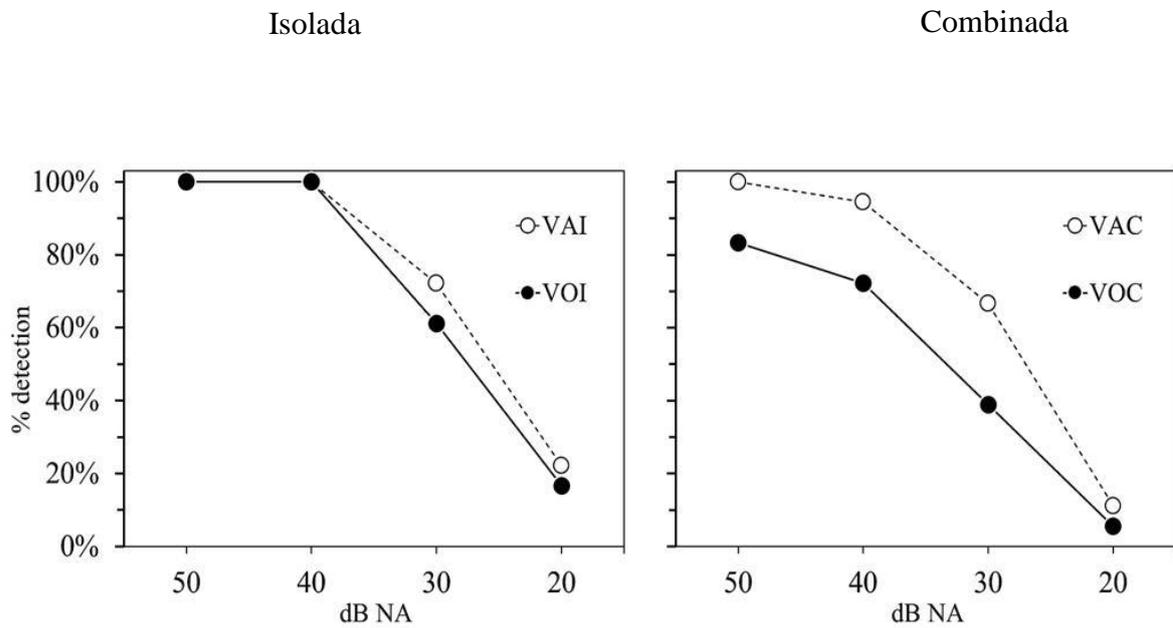
- *Percentual de Detecção*

Na apresentação isolada 100% das respostas foram presentes, por VO e VA, quando se testou nas intensidades de 50 e 40 dB NPS. Na intensidade de 30 dB, essas porcentagens caem para 58% e 77%, respectivamente.

Já na apresentação simultânea, 100% das respostas VA e 88% das respostas VO foram detectadas na intensidade de 50 dB NPS. Em 40 dB NPS, essas porcentagens caíram para 95% por VA e 72% por VO. Nas intensidades de 30 e 20 dB, o percentual de detecção foi para 76% e 50%, respectivamente.

A comparação do percentual de detecção das respostas por VA e VO, nas condições isoladas e simultâneas, está apresentada na figura 18.

Figura 18 - Percentual de detecção nas condições isolada e combinada

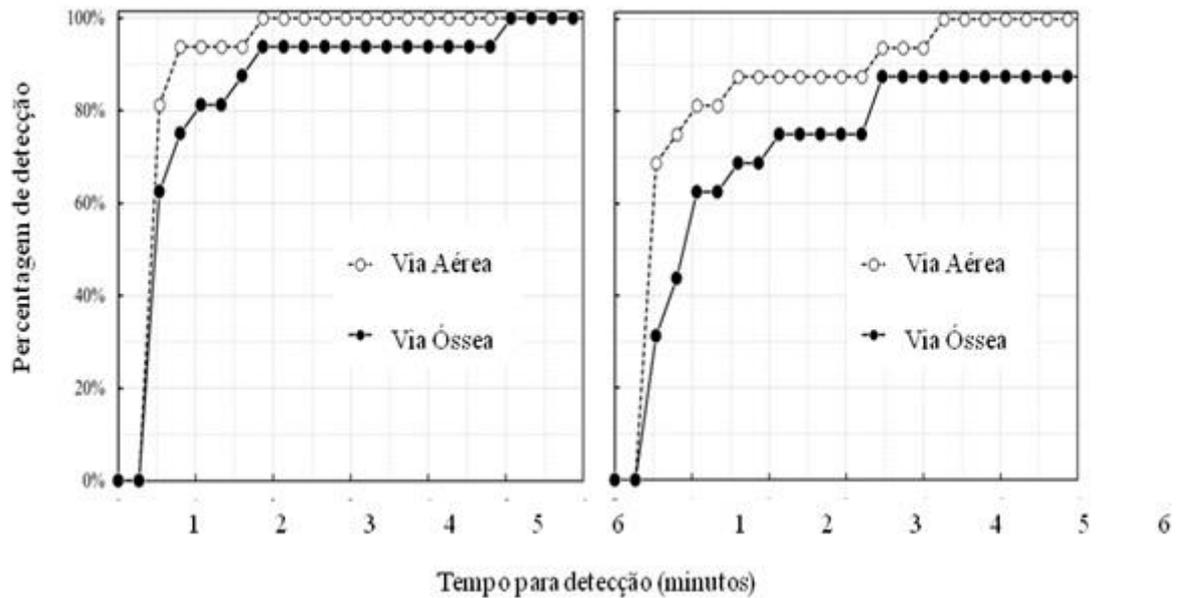


Legenda: eixo vertical: percentual de detecção; eixo horizontal: intensidades testadas em dB SPL

- *Tempo de detecção*

Na figura 19, está exposta o tempo de detecção nas condições isolada e simultânea.

Figura 19 - Tempo de detecção



Legenda: Eixo vertical: representação do percentual de detecção; eixo horizontal: representação do tempo de detecção em minutos; círculos cheios pretos: representam a relação detecção e tempo da via óssea; círculos abertos brancos: representam a relação detecção e tempo da via aérea.

Noventa por cento das respostas por VA, na condição isolada, foram obtidas após um minuto de teste e 100% das respostas foram significativas após dois minutos. Já o tempo de detecção das respostas por VO, na condição isolada foi de 90% após dois minutos e 100% após quatro minutos e meio.

Na apresentação simultânea 90% das respostas por VA, foram significativas após um minuto e meio e 100% das respostas após três minutos. Na apresentação por VO, 90% das respostas foram positivas após três minutos e meio.

Os registros dos PEAAE por VA e VO simultâneo e isolado, duraram de 20 a 80 minutos (média de 50 minutos) nos voluntários normais.

➤ Experimento 2: Estudo dos Gaps

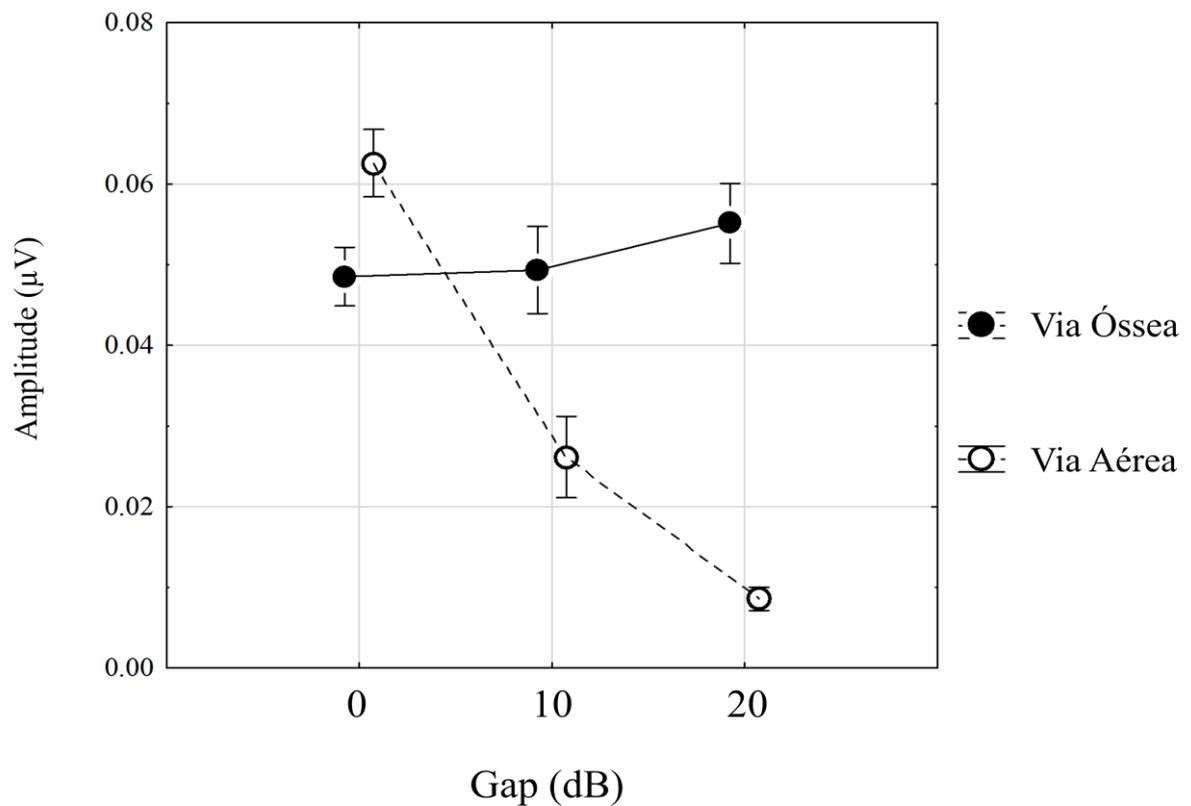
O experimento 2 visou estudar o efeito da variação da intensidade de VA em relação aos parâmetros de amplitude, percentual de detecção e tempo de detecção. O estímulo por VA foi apresentado nas intensidades de 40 e 30 dB NPS, mantendo a intensidade de VO fixa em 50 dB NPS. Nesse experimento, foi utilizada apenas a condição simultânea para apresentação

dos estímulos, simulando a existência de *gaps* de 10 e 20 em voluntários normais. Além disso, foi incluída também a análise da resposta de VA e VO quando apresentadas na intensidade de 50/50 dB NPS, mantendo o *gap* 0.

- *Amplitude*

Médias das amplitudes referentes aos *gaps* entre VA e VO, na condição simultânea, são apresentadas na figura 20.

Figura 20 - Média das amplitudes referentes aos *gaps* aéreo-ósseo



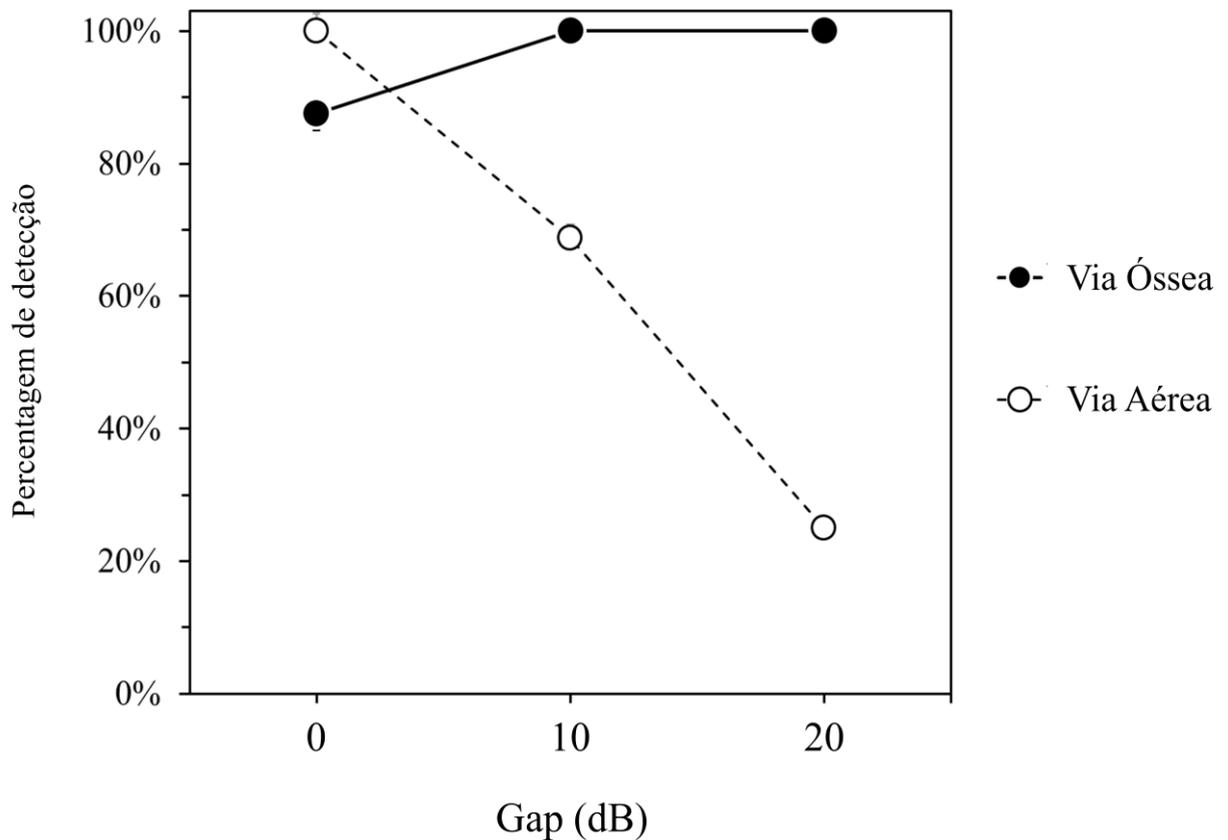
Legenda: Eixo vertical: representação da média das amplitudes das REAEE VA e VO em μV ; eixo horizontal: representação dos *gaps* entre VA e VO estudados; círculos cheios pretos: representam a relação entre amplitude de resposta da via óssea relacionada ao *gap* estudado; círculos abertos brancos: representam a relação entre amplitude de resposta da via óssea relacionada ao *gap* estudado.

No *gap* 0 a amplitude de VA foi maior que VO, com valores em torno de $0.06\mu\text{V}$ e $0.05\mu\text{V}$ respectivamente. A partir do *gap* 10, a amplitude de VO passa a ser maior que a amplitude de VA. No *gap* 10, a média da amplitude de VA foi $0,25\mu\text{V}$ e no *gap* 20, foi $0,15\mu\text{V}$.

- *Detecção*

A figura 21 mostra o percentual de detecção simultaneamente por VA e VO referente aos *gaps*.

Figura 21 - Percentual de detecção referente aos *gaps*



Legenda: Eixo vertical: representação do percentual de detecção das REAEE por VA e VO; eixo horizontal: representação dos *gaps* entre VA e VO estudados; círculos cheios pretos: representam a relação entre a detecção de resposta da via óssea relacionada ao *gap* estudado; círculos abertos brancos: representam a relação entre a detecção da resposta da via óssea relacionada ao *gap* estudado.

Na apresentação com *gap* 0, cerca de 88% das respostas foram significativas por VO. No entanto, a partir do *gap* 10 esse percentual passa a ter 100% de detecção. Já por VA, na apresentação com *gap* 0, 100% das respostas foram detectadas, porém, a partir do *gap* 10 esse percentual cai drasticamente para as proximidades de 70% e com *gap* 20 apenas 25% das respostas foram detectadas.

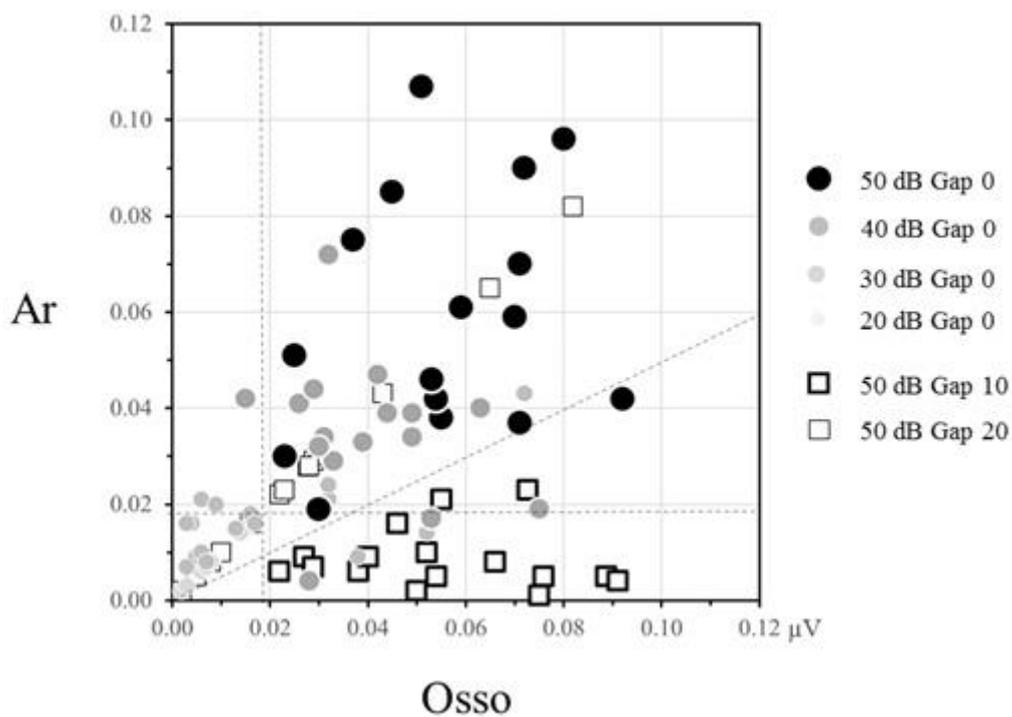
- *Análise geral das médias das amplitudes*

Nesta análise foram associados os registros das respostas com as intensidades de VA e VO iguais (50/50; 40/40; 30/30; 20/20) e com a variação das intensidades de VA e fixação da VO, simulando os *gaps* de 10 e 20.

- *Médias das amplitudes em valores absolutos por VA e VO*

Na figura 22, o eixo X representa as médias das amplitudes em valores absolutos de VO e o eixo Y, as médias das amplitudes em valores absolutos de VA.

Figura 22 - Médias em valores absolutos das amplitudes por VA e VO simultâneas.



Legenda: Linha tracejada vertical: ponto de corte do ruído por VA. Linha tracejada horizontal: ponto de corte do ruído por VO. Linha tracejada transversal: ponto de corte que separa os *gaps*.

Os estímulos com *gap* 0, se distribuem de modo diferente das respostas com *gap* 10 e principalmente com *gap* 20. Na figura 22 os círculos pretos representam as amplitudes das respostas no *gap* 0, em diversas intensidades por VA e VO. No *gap* 0, quando as intensidades foram apresentadas a 50 dB NPS, as amplitudes aumentam e se deslocam para o eixo superior mais ao centro do gráfico (círculos pretos), e quando diminui as intensidades, as respostas se aproximam da origem, localizada no ângulo inferior esquerdo (círculo cinza). Quando se apresentam com *gap* 10, a amplitude de VO se dissipa como uma nuvem para a região intermediária no centro do gráfico (quadrado cinza). E quando se apresentam com *gap* 20, as respostas formam uma nuvem se apresentando no eixo horizontal para a direita (quadrado preto).

- *Relação entre as amplitudes das respostas*

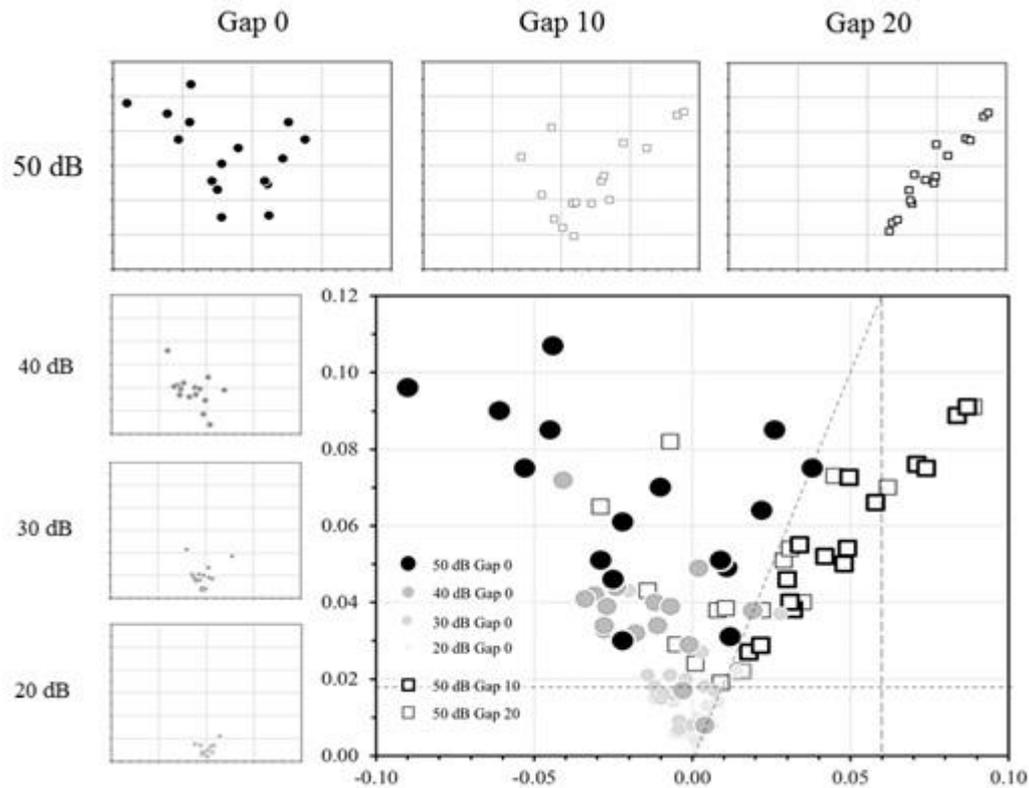
Foi possível analisar as amplitudes pela diferença de VO-VA e pela razão VO/VA.

- *Diferença das amplitudes (VO – VA)*

Na figura 23, o eixo X representa a diferença entre a amplitude da VO menos VA. O eixo Y expressa a maior amplitude da resposta de VA ou VO.

Nas figuras menores, do lado esquerdo, estão expressas as diferenças da maior amplitude de cada intensidade apresentada igualmente por VA e VO. Na parte superior, apresenta-se a diferença das amplitudes referentes aos *gaps* de 0, 10 e 20.

Figura 23 - Diferença das amplitudes VO-VA em intensidades iguais e nos diferentes *gaps*



Legenda: Os quadros menores a esquerda representam a diferença das respostas das amplitudes VO-VA em relação a cada intensidade estudada. Os quadros na parte superior da figura, representam a diferença das respostas das amplitudes VO-VA em relação a cada *gap* estudado; No quadro maior está representado no eixo vertical a maior amplitude da diferença das respostas VO-VA em relação a cada *gap* estudado e no eixo horizontal está representado em escala logarítmica a diferença de VO-VA. A linha tracejada transversal separa as respostas com e sem *gaps* e a linha tracejada vertical separa as respostas de maior *gap* das respostas de menor *gap*.

Observa-se que a distribuição das amplitudes das respostas no gráfico assume uma configuração semelhante a um formato de cone. Na condição de *gap* 0, as respostas se concentram no centro e tem sua base no ponto zero. Nas intensidades de 20/20 e 30/30 dB NPS (círculos cinzas), as respostas se concentram na parte inferior do centro do gráfico, representando os menores valores das amplitudes das respostas por VA e VO. Nas intensidades maiores há uma tendência de deslocamento das respostas para a parte superior esquerda do gráfico, sugerindo que a amplitude das respostas por VA é maior que por VO, a exemplo das respostas na relação 50/50 dB NPS (círculos pretos). Nas apresentações com os *gaps* 10 e 20, as respostas das amplitudes tendem a apresentar-se mais a direita do eixo

horizontal. No maior *gap* a diferença é positiva indicando que a amplitude da resposta de VO é maior que VA.

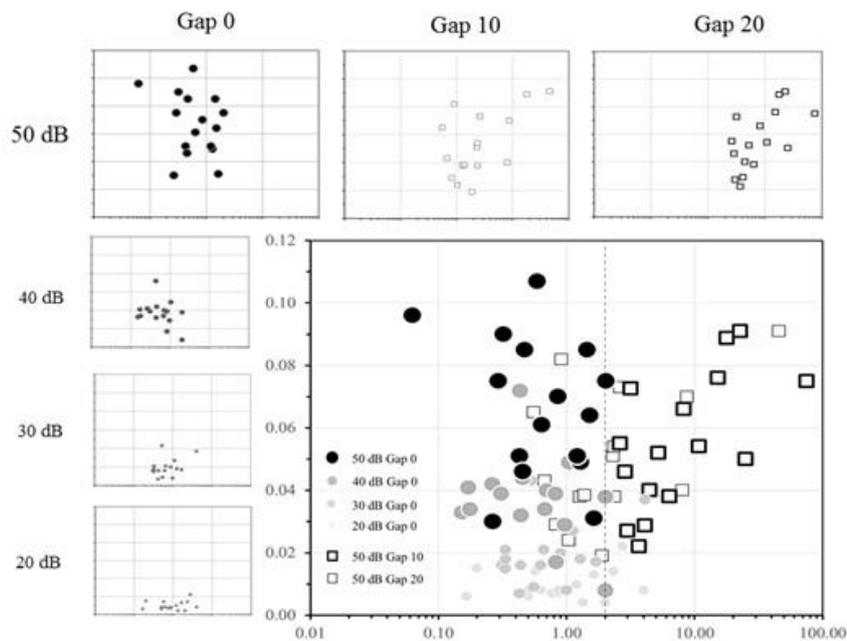
▪ *Razão das amplitudes VO/VA*

A análise das relações das amplitudes pela razão está exposta na figura 24. Foi possível observar que quanto maior a intensidade mais elevada verticalmente.

Na figura maior, no eixo X está representada, em escala logarítmica, a razão e entre as médias das amplitudes da VO/VA. O eixo Y expressa a maior amplitude da resposta de VO ou VA.

Nas figuras menores, do lado esquerdo, estão expressas as razões da maior amplitude de cada intensidade apresentada igualmente por VA e VO. Na parte superior, apresenta-se a razão das amplitudes referentes aos *gaps* de 0, 10 e 20.

Figura 24 - Razão das amplitudes VO/VA referentes as intensidades iguais e nos diferentes *gaps*



Legenda: Os quadros menores a esquerda representam a razão das respostas das amplitudes VO/VA em relação a cada intensidade estudada. Os quadros na parte superior da figura, representam a razão das respostas das amplitudes VO/VA em relação a cada *gap* estudado. No quadro maior, está representado na linha vertical a maior amplitude das respostas da razão VO/VA e no eixo horizontal está representado a escala logarítmica da razão VO/VA. A linha tracejada vertical separa as respostas com e sem *gaps*.

No caso da razão entre as respostas, observa-se que a distribuição das amplitudes das respostas no gráfico assume uma configuração que se dissipa e se relaciona verticalmente. Esta nuvem apresenta-se de forma mais uniforme. Na condição com *gap* 0 as respostas se concentram no centro do gráfico, em torno de 1 da escala logarítmica, e se distribuem verticalmente de forma linear, quanto maior a intensidade, maior a amplitude. Nas intensidades de 20/20 e 30/30 dB NPS (círculos cinzas), as respostas se concentram na parte inferior e a razão entre elas é próxima a 1, demonstrando que as respostas das amplitudes se assemelham, porém estão abaixo de $0.04\mu\text{V}$. Nas intensidades maiores há uma tendência de deslocamento das respostas, da maior amplitude, para a parte superior esquerda do gráfico, com valores da razão menor que 1, sugerindo que a amplitude das respostas por VA é maior que por VO, como por exemplo as respostas na relação 50/50 dB NPS (círculos pretos). No *gap* 20 as respostas das amplitudes tendem a apresentar-se mais a direita do eixo horizontal. No maior *gap* a razão entre as amplitudes é maior que 1, indicando que a amplitude da resposta de VO é maior que VA. No *gap* 10 a razão das amplitudes se dissipa no eixo central, com leve deslocamento para a direita do gráfico.

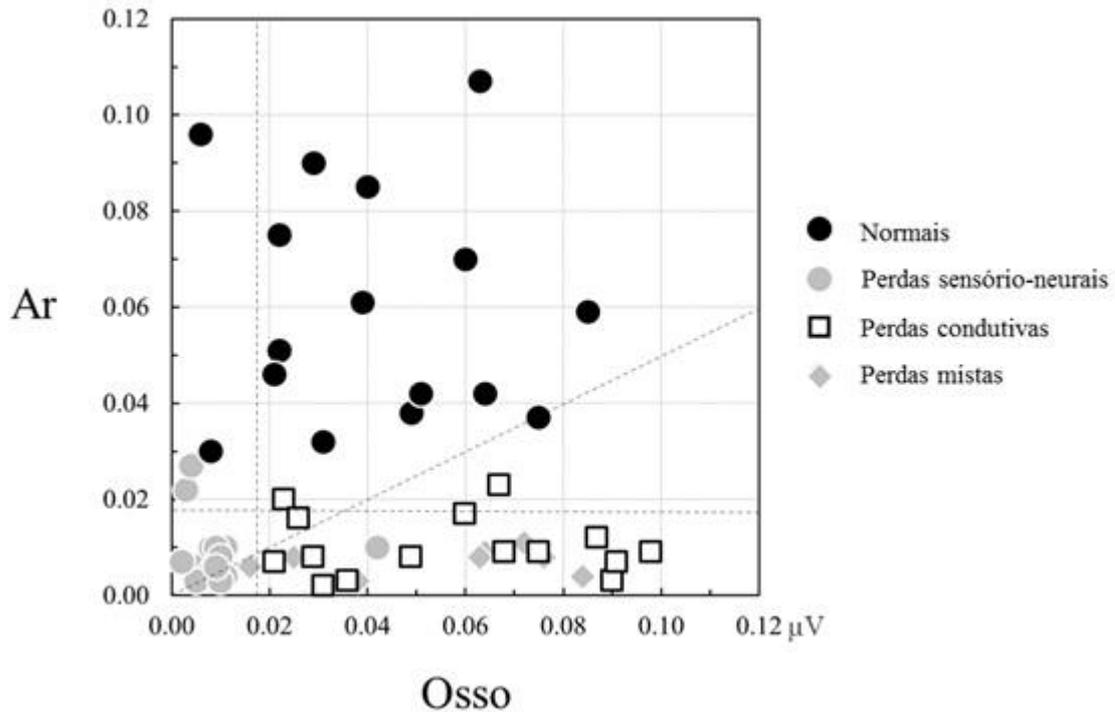
➤ *Experimento 3: Estudo do protocolo aplicado nas perdas auditivas.*

Neste experimento foi utilizada apenas a condição simultânea, com intensidade igual de 50/50 dB NPS por VA e VO nos voluntários com perdas auditivas condutivas, sensório neural e mistas, acrescidos da análise dos voluntários normais.

▪ *Análise das médias das amplitudes VA x VO*

Nesta análise, foram registradas as médias das amplitudes por VA e VO dos voluntários com perda auditiva e acrescido dos voluntários com limiares normais. Na figura 25, o eixo X representa as médias das amplitudes em valores absolutos de VO e o eixo Y, as médias das amplitudes em valores absolutos de VA.

Figura 25 - Amplitudes em valores absolutos por VA e VO simultâneas



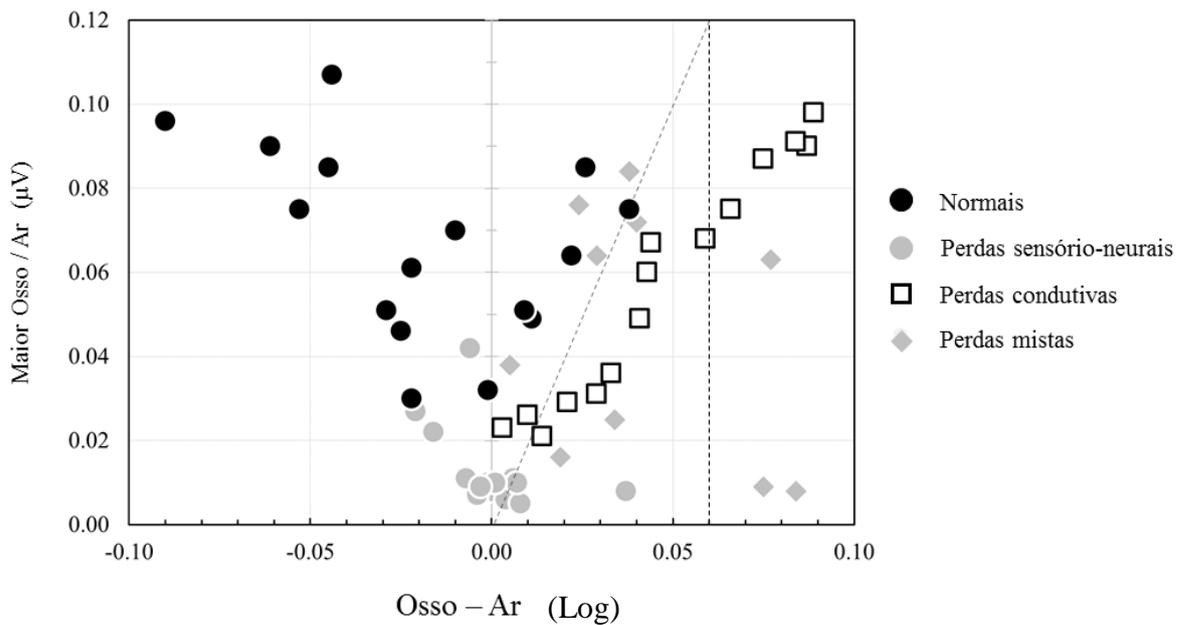
Legenda: No eixo vertical está representado as amplitudes do Ar e no eixo horizontal as amplitudes do osso. A linha tracejada transversal representa o ponto que separa as perdas condutivas dos normais e sensorioneurais. A linha tracejada vertical separa as perdas condutivas e os normais das perdas sensorioneurais e a linha horizontal separa as perdas condutivas e sensorioneurais dos normais.

A resposta das amplitudes, ao estímulo apresentado nas perdas auditivas sensorioneurais, se distribui de modo diferente das respostas das amplitudes das perdas auditivas condutivas e mistas. Na figura 25, os círculos pretos representam as amplitudes das respostas na população com limiares normais, os losângulos cinzas representam os voluntários com perda auditiva mista e os círculos cinza os voluntários com perda auditiva sensorioneural. Nas perdas condutivas, representada pelo quadrado, as respostas das médias das amplitudes de VO tendem a se apresentar no eixo horizontal para a direita e as amplitudes das perdas mistas apresentam-se com amplitude rebaixada, no entanto com tendência ao deslocamento para a direita do eixo, sugerindo que a amplitude de VO é maior que VA. Nos voluntários com perda sensorioneural, as respostas das amplitudes se aproximam da origem, localizada no ângulo inferior esquerdo e são menores que $0.02\mu V$.

- *Diferença das amplitudes (VO – VA) nas perdas auditivas*

Na figura 26, o eixo X representa a diferença entre a média da amplitude da VO menos VA. O eixo Y expressa a maior amplitude da resposta de VA ou VO.

Figura 26 - Diferença das amplitudes (VO-VA) nas perdas auditivas



Legenda: No eixo horizontal está representada, em escala logarítmica, a diferença das amplitudes da VO-VA. No eixo vertical está expressa a maior amplitude em μV da resposta de VO ou VA. A linha tracejada transversal indica o ponto que separa a população dos normais e perdas sensorioneurais da população com perda condutiva e a linha tracejada vertical significa. A linha tracejada transversal indica o ponto que separa a população de maior gap entre VO e VA.

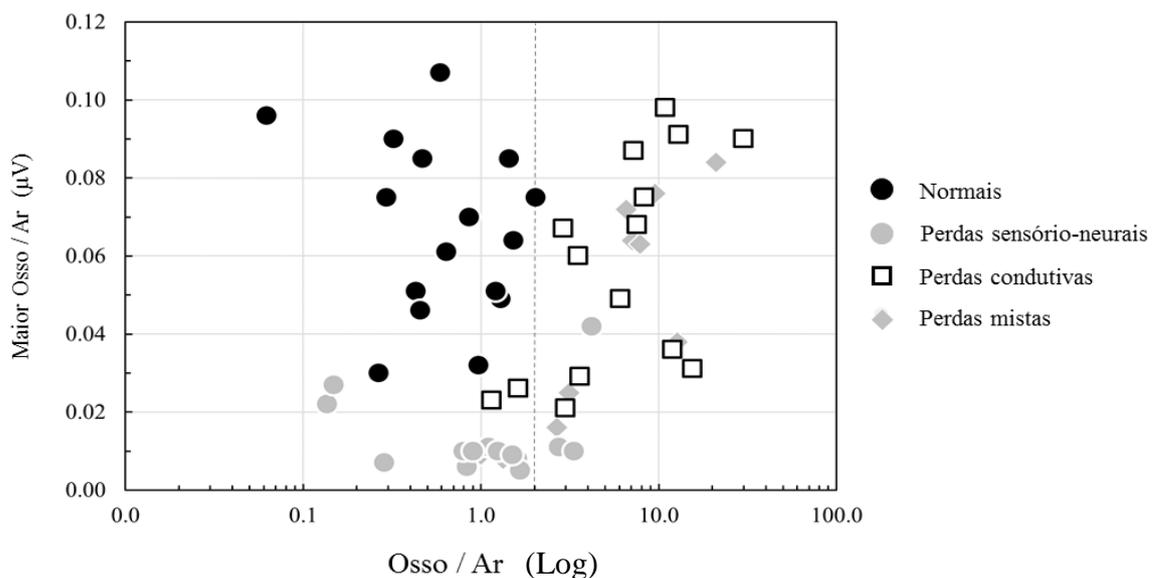
Observa-se que a distribuição das amplitudes das respostas nos diversos tipos de perdas auditivas, no gráfico assume também uma configuração em formato de cone. Sendo a relação das amplitudes de respostas das perdas auditivas sensorioneurais representada pelos círculos cinza e concentradas no centro inferior com base no ponto zero. Representando a diferença entre as amplitudes de VO-VA que está em torno de zero, ou seja, as amplitudes de ambas são semelhantes, porém muito rebaixadas, com valores menores que $0.02\mu\text{V}$. Nas perdas auditivas condutivas, representadas pelo quadrado, há um deslocamento das respostas das amplitudes para o lado direito do gráfico, mostrando que o maior *gap* apresenta-se com

diferença positiva, o que indica ser a amplitude da resposta de VO maior que por VA. Algumas perdas mistas comportaram-se como perda sensorioneurais cujas amplitudes de VO e VA estão próximas ao eixo central, outras espalhadas em regiões intermediárias com deslocamento para a direita do gráfico, indicando que as amplitudes de VO foram maiores que VA, no entanto isto não ocorreu em todos os sujeitos.

▪ *Razão das amplitudes VO/VA nas perdas auditivas*

A análise das relações das amplitudes pela razão está exposta na figura 27. No eixo X está representada, em escala logarítmica, a razão e entre as médias das amplitudes da VO/VA. O eixo Y expressa a maior amplitude da resposta de VO ou VA.

Figura 27 - Razão das amplitudes VO/VA



Legenda: No eixo vertical está representado a maior amplitude do ar ou do osso em µV; a linha tracejada vertical separa as respostas de maior amplitude do ar e do osso; no eixo horizontal está representado em escala logarítmica a razão de VO/VA.

No caso da análise pela razão entre as respostas, observa-se que a distribuição das amplitudes no gráfico assume uma configuração mais vertical e uniforme. Nas perdas

auditivas sensoriais (círculos cinza) as respostas se concentram no centro do gráfico, com razão em torno de 1 da escala logarítmica, e abaixo de $0.02\mu\text{V}$. Isso demonstra que as amplitudes são muito baixas e semelhantes por VO e VA (razão em torno de 1). Quando as respostas das amplitudes apresenta-se com razão menor que 1, sugeri que a amplitude das respostas por VA é maior que por VO. Nas perdas auditivas condutivas (quadrado) as respostas das amplitudes tendem a apresentar-se mais a direita do eixo horizontal. Neste tipo de perda a razão entre as amplitudes é maior que 1, indicando que a amplitude da resposta de VO é maior que VA. Nas perdas auditivas mistas, as amplitudes se espalham na região intermediária do gráfico, concentrando-se desde o eixo central inferior próximos a 1 na escala logarítmica, até a região mais a direita do gráfico, onde a razão é maior que 1, indicando que a amplitude de VO é maior que VA.

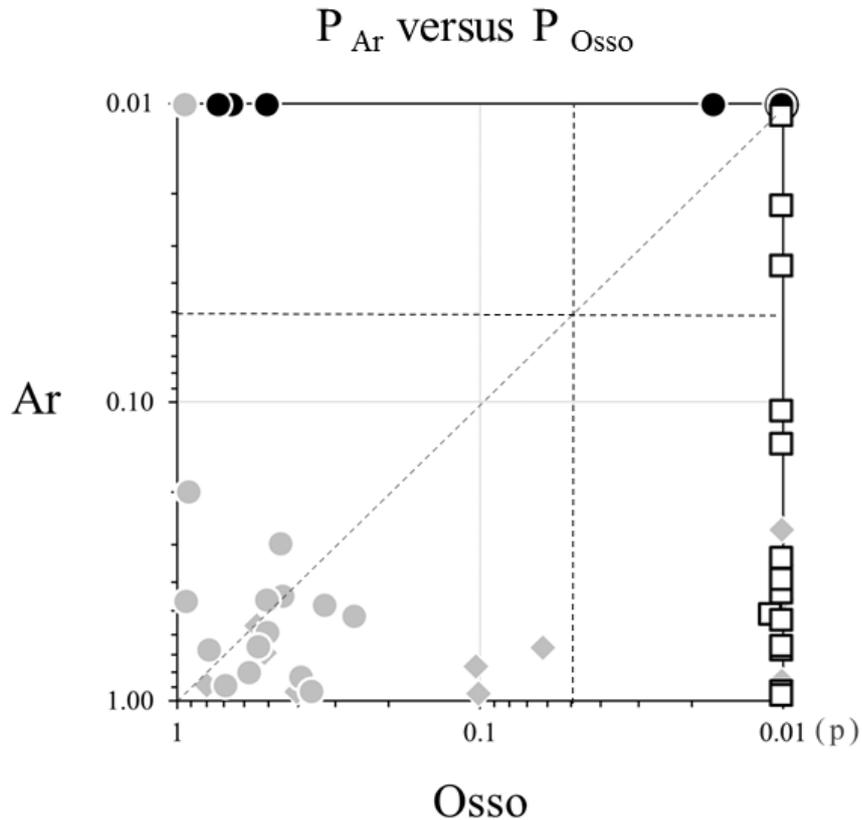
- *Análise da detectabilidade das respostas*

Foi possível também, identificar os tipos de perda auditiva, pela análise de detecção das respostas, ou seja, pelo “p” significativo na relação das amplitudes do ar e do osso e na relação do menor “p” pela diferença entre VA-VO e pela razão entre VO/VA.

- *Detectabilidade das respostas de VA x VO*

Na figura 28, a probabilidade da VA está presente é apresentada no eixo do “Y” e a probabilidade de VO está presente, no eixo “X”. A linha pontilhada separa o “p” significativo de ($\leq 0,05$) de VA e VO. Os círculos pretos representam as amplitudes das respostas na população com limiares normais, os losângulos cinzas representam os voluntários com perda auditiva mista, os quadrados pretos, os voluntários com perdas condutivas e os círculos cinza os voluntários com perda auditiva sensorial.

Figura 28 - Detectabilidade das respostas VA x VO



Legenda: a linha tracejada vertical é referente ao “p” crítico do osso; a linha tracejada horizontal se refere ao “p” crítico do ar; a linha tracejada transversal separa as respostas da “p” crítico do osso e do ar.

A detectabilidade das respostas, ao estímulo apresentado nas perdas auditivas está distribuída de modo diferente no gráfico. A grande maioria das respostas dos voluntários com limiares normais (círculo preto maior) se concentrou na região do ângulo superior direito, em que se observa o “p” significativo para as duas vias de estimulação, ou seja, as respostas foram detectadas tanto por VA como por VO. Nas perdas condutivas, a maioria das respostas significativas se apresentou na linha lateral inferior direita da figura, mostrando que apenas a VO estava presente. Algumas dessas respostas se apresentaram na linha lateral superior direita, sugerindo a presença além da VO, a presença também da VA aérea também. As respostas das perdas sensorineurais se localizaram na região inferior esquerda do gráfico, onde o “p” é $> 0,05$ tanto para VA como para VO, ou seja, as respostas foram ausentes para ambas as vias de estimulação. Observou-se apenas uma resposta presente (falso negativo) por

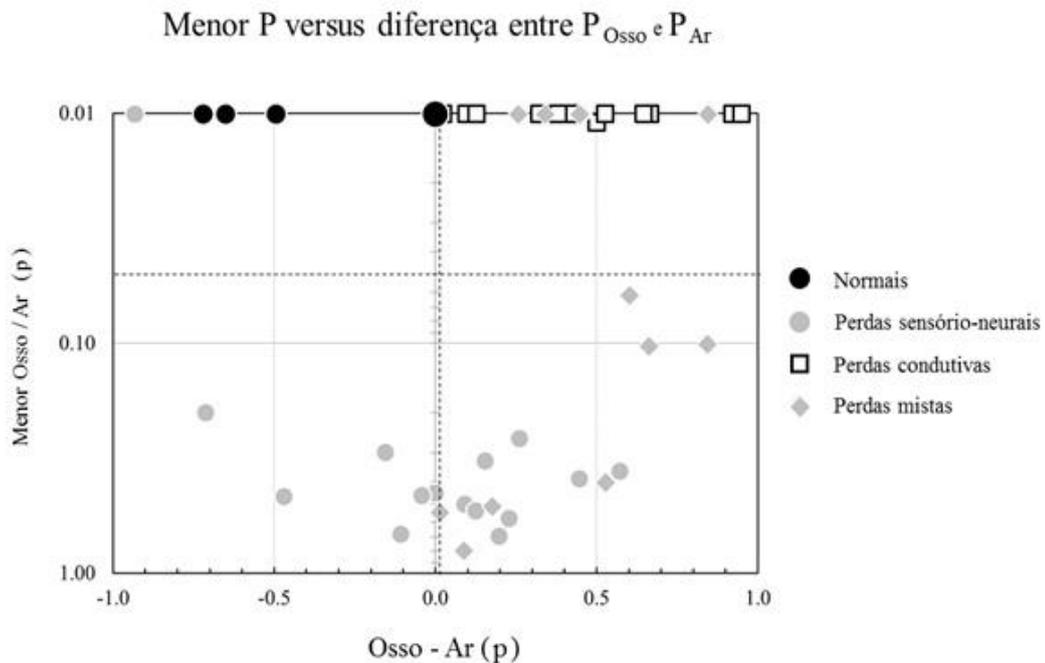
VA nesta população. As respostas com perda auditiva mista apresentaram-se de forma mais dissipada, na região inferior do gráfico, sendo a maioria com “p” > 0,05, no entanto algumas respostas se deslocaram para a direita do gráfico, próximo 0,1, sugerindo uma tendência de resposta por VO. Apenas dois casos foram detectados com “p” < 0,05 por VO, localizado na região inferior direita, misturando-se com as respostas das perdas condutivas.

▪ *Detectabilidade das respostas pela diferença (VA-VO)*

Na figura 29, o eixo X representa a diferença entre o “p” de VA menos VO. O eixo Y expressa o menor “p” da resposta de VA ou VO.

A linha pontilhada horizontal separa a resposta do menor “p” significativo (VA ou VO). Os círculos pretos representam as amplitudes das respostas na população com limiares normais, os losângulos cinzas representam os voluntários com perda auditiva mista, os quadrados pretos, os voluntários com perdas condutivas e os círculos cinza os voluntários com perda auditiva sensorioneural.

Figura 29 - Detectabilidade da diferença entre VO-VA



Legenda: No eixo horizontal está distribuída a escala logarítmica da diferença de VO-VA; no eixo vertical está distribuído a escala do menor “p” osso ou ar; a linha tracejada central indica que tanto o ar como o osso foram significativos, sem diferença entre eles; a linha tracejada horizontal se refere ao “p” crítico do ar e do osso, sendo as respostas a direita significando que o osso apresenta “p” menor que o ar e as respostas a esquerda “p” do ar menor que o osso.

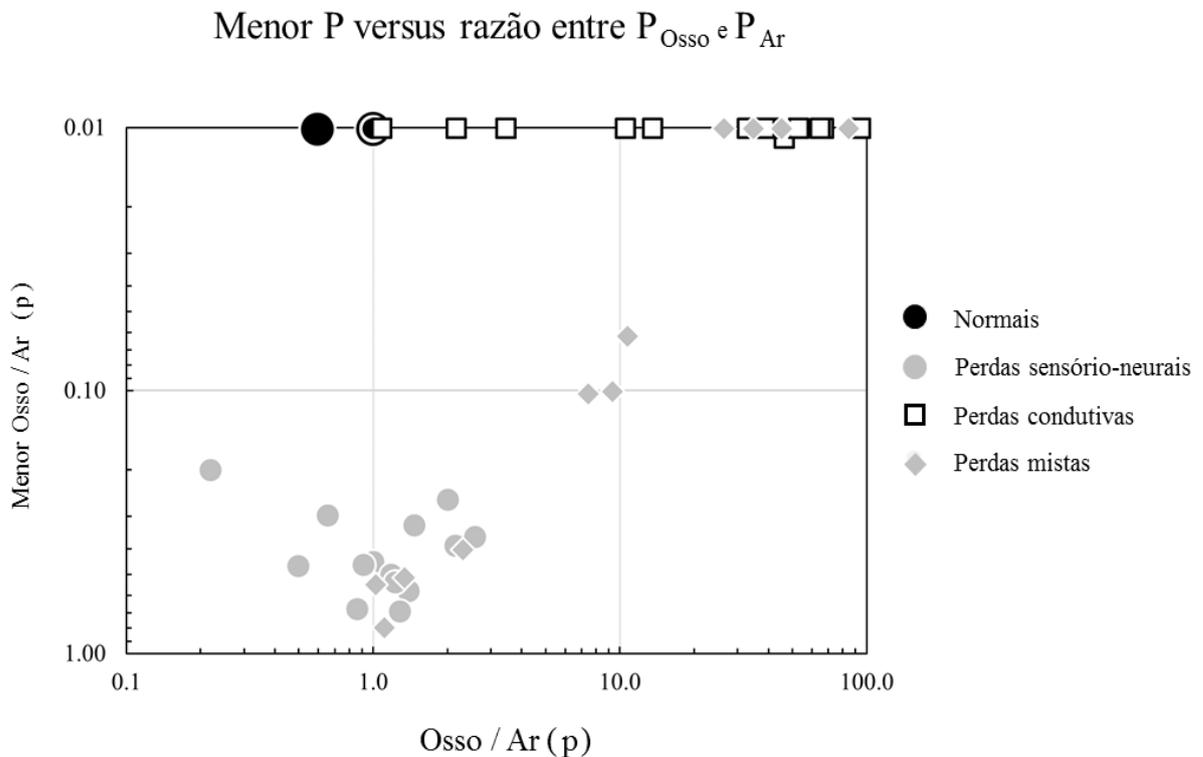
Observa-se que a distribuição do “p” também se difere, nos diversos tipos de perdas auditivas. A grande maioria das respostas nos voluntários com limiares normais se apresentou no eixo central superior, localizado no ponto zero, acima da linha pontilhada horizontal, sugerindo que as respostas foram significativas e com “p” semelhantes por VA e VO. Algumas respostas se deslocaram para a esquerda superior do gráfico, acima da linha pontilhada, sugerindo que o “p” de VA foi menor que o de VO. Nas perdas auditivas sensoriais as respostas estão localizadas abaixo da linha pontilhada horizontal, o que significa que o “p” foi $>0,05$ com valores semelhantes por VA e VO, pois se concentram próximas ao ponto zero. Nas perdas auditivas condutivas, as respostas se localizaram na linha superior direita da figura, acima da linha pontilhada ($p < 0,05$), significando que o menor “p” foi de VO e que este foi significativo, respectivamente. Boa parte das perdas mistas comportou-se como perda sensorial, onde foi observado $p > 0,05$, abaixo da linha pontilhada horizontal e concentradas próximas ao ponto zero, sugerindo que o “p” foi semelhante por VA e VO. Observaram-se ainda respostas espalhadas em regiões abaixo da linha pontilhada horizontal com deslocamento para a direita do gráfico, em que a diferença do “p” VA-VO é positiva, indicando que há uma tendência do “p” por VO ser menor que por VA. Uma pequena parte das respostas das perdas mistas localizou-se na linha superior direita, acima da linha pontilhada horizontal, sugerindo resposta significativa com menor “p” por VO.

- *Detectabilidade das respostas pela razão (VO/VA)*

Na figura 30, o eixo X representa a razão entre o “p” de VO/VA. O eixo Y, expressa o menor “p” da resposta de VA ou VO.

A linha pontilhada horizontal separa a resposta do menor “p” significativo $<0,05$ (VA ou VO). Os círculos pretos representam as amplitudes das respostas na população com limiares normais, os losângulos cinzas representam os voluntários com perda auditiva mista, os quadrados pretos, os voluntários com perdas condutivas e os círculos cinza os voluntários com perda auditiva sensorial.

Figura 30 - Detectabilidade das respostas VO/VA



Legenda: No eixo vertical está representado o menor “p” significativo da razão VO/VA em relação à VA; a linha cinza vertical em 1,0, indica que tanto o ar como o osso foram significativos, sem diferença entre eles; a linha cinza vertical em 10,0, indica que apenas o osso foi significativo; no eixo horizontal está representado a razão do “p” significativo da razão VO/VA em relação a VO, linha cinza horizontal se refere ao “p” crítico do ar e do osso.

Na distribuição do “p” pela razão, observou-se que a grande maioria das respostas nos voluntários com limiares normais (círculos pretos grandes) se apresentou no eixo superior, acima da linha cinza horizontal, no ponto em que a razão é igual a 1 e menor que 1, ou seja, respostas significativas porém com “p” semelhantes e “p” de VA menor que VO, respectivamente. Nas perdas auditivas sensorioneurais as respostas estão localizadas abaixo da linha cinza horizontal, com maior concentração no ponto em que a razão é igual a 1, o que significa que o “p” foi $>0,05$ (não significativo) e com valores semelhantes por VA e VO. Algumas respostas ainda se concentraram na região inferior mais a esquerda da figura, com razão menor que 1, sugerindo que o “p” de VA foi menor que VO, mesmo não sendo

significativo. Nas perdas auditivas condutivas, todas as respostas se localizaram na linha superior direita da figura, acima da linha pontilhada ($p < 0,05$) e com razão maior que 1, significando resposta presente e com menor “p” por VO. Nesta análise pela razão, também foi observado que boa parte das perdas mistas comporta-se como perda sensório-neural, onde foi observado que a maioria das respostas distribuiu-se abaixo da linha pontilhada horizontal ($p > 0,05$) e próximas ao ponto em que a razão é igual a 1, sugerindo com isso, “p” semelhante por VA e VO. Observou-se ainda respostas espalhadas em regiões abaixo da linha pontilhada horizontal com deslocamento para a direita do gráfico, em que a razão do “p” VO/VA é maior que 1, indicando que há uma tendência do “p” por VO ser menor que por VA. Uma pequena parte das respostas das perdas mistas comportou-se como perda condutiva, localizando-se na linha superior direita, acima da linha pontilhada horizontal, sugerindo resposta significativa com menor “p” por VO.

7 DISCUSSÃO

Alguns trabalhos foram desenvolvidos para registrar os PEAEs por VA e VO e demonstraram que é possível o registro simultâneo por ambas as vias, utilizando duas frequências portadoras, sendo 500 Hz por VO e 2000 Hz por VA (MIJARES et al., 2014; TORRES-FORTUNY et al., 2016). No presente estudo, foi possível registrar os PEAEs simultaneamente por VA e VO utilizando estímulos de ruído branco. Este estímulo abrange uma área mais extensa da membrana basilar, o que faz vibrar toda a cóclea e gerando respostas de maior amplitude e conseqüentemente mais rápidas (JOHN; DIMITRIJEVIC; PICTON, 2003).

Serão discutidos alguns aspectos técnicos e os aspectos gerais dos PEAEs em voluntários normais e com perdas auditivas. Primeiro serão discutidos os resultados dos dois primeiros experimentos como: amplitude, percentual de detecção e tempo de detecção e por último as relações entre as amplitudes nos diferentes tipos de perda, referentes ao terceiro experimento.

➤ *Aspectos técnicos*

▪ *Calibração*

O estímulo dos PEAEs foi calibrado em dB NPS, com mesma intensidade por VA e VO. Foram apresentados a 50 dB NPS, em sala comum. Como a média dos limiares psicoacústicos, utilizando o ruído do MASTER, foi de 24 dB NPS, então a intensidade do estímulo apresentado foi de 26 dB NS por VO e VA.

A calibração do presente estudo foi diferente de outros autores, os quais realizaram a calibração de VO correspondendo a 0 dB NA (SMALL et al., 2013; SMALL; STAPELLS, 2005; 2006; 2008a; 2008b). Sabe-se que o limiar do ruído é aproximadamente 10 dB maior que o limiar do tom (JOHN; DIMITRIJEVIC; PICTON, 2003). Dessa forma, foi realizada a comparação das amplitudes com outras referências, verificando as intensidades de 30 dB NA ou 40 dB NPS.

- *Artefato de estímulo*

Vários autores relataram que o problema em relação a estimulação com vibrador ósseo é a presença de artefatos com respostas que não são correspondentes as respostas fisiológicas, principalmente em intensidades altas (SMALL; STAPELLS, 2004; JENG et al., 2004). No presente estudo, houve o cuidado de afastar o vibrador ósseo da cabeça, para garantir ausência de respostas espúrias.

- *Mascaramento*

Não foram encontrados estudos que abordassem o uso de mascaramento por VO nos PEAAE, quando estimulada com ruído. Baseado no uso do mascaramento com tom puro (SMALL et al., 2013), foi utilizado no presente estudo, mascaramento contralateral, apenas nos casos das perdas auditivas unilaterais ou assimétricas (com atenuação interaural maior que 15 dB por VO e maiores que 50 dB por VA). Não foi estudado o efeito do mascaramento nas amplitudes das respostas dos PEAAE, visto que tal técnica só foi utilizada apenas em 2% dos participantes. Lins, Picton (1995) observaram que as respostas das amplitudes para tons em 1000Hz, não foram afetadas com mascaramento de ruído contralateral. Eles usaram 15 dB de ruído branco abaixo do nível da intensidade estimulada.

- *Características do estímulo*

No presente estudo foi utilizado o estímulo com ruído, pois sabe-se que este estímulo favorece o ganho de tempo, mesmo perdendo a especificidade de frequência, trazendo como vantagem o aumento da amplitude e maior rapidez na detecção das respostas (PINTO; GRIZ; LINS, 2011; PICTON; JOHN; DIMITRIJEVIC, 2002; SANTOS, 2016).

- *Limiars psicoacústicos*

Nos primeiro experimento, a média dos limiars tonais por VO e VA foi de 11 dB NA (realizado em cabine acústica com fones supra aurais) e a média dos limiars com ruído foi de 24 dB NA (realizado em ambiente silencioso de sala comum com fones de inserção), apresentando diferença de 13 dB entre as duas técnicas. A diferença encontrada na literatura foi cerca de 10 dB menor para o limiar do tom em comparação ao limiar do ruído (LINS; PICTON, 1995; PICTON, 2007; ISHIDA, et al., 2011). No presente estudo, essa diferença foi um pouco maior, possivelmente, devido ao ruído ambiente da sala de teste que foi de 3 dB.

- *Efeito de oclusão*

Sabe-se que os limiares dos PEAAE em adultos, melhoram em torno de 17 dB, como também apresentam maior amplitude, principalmente em baixas frequências, quando pesquisados com oclusão da orelha (DEAN; MARTIN, 2000). No presente estudo não foi analisado o efeito de oclusão, já que todos os registros foram analisados com orelha ocluída.

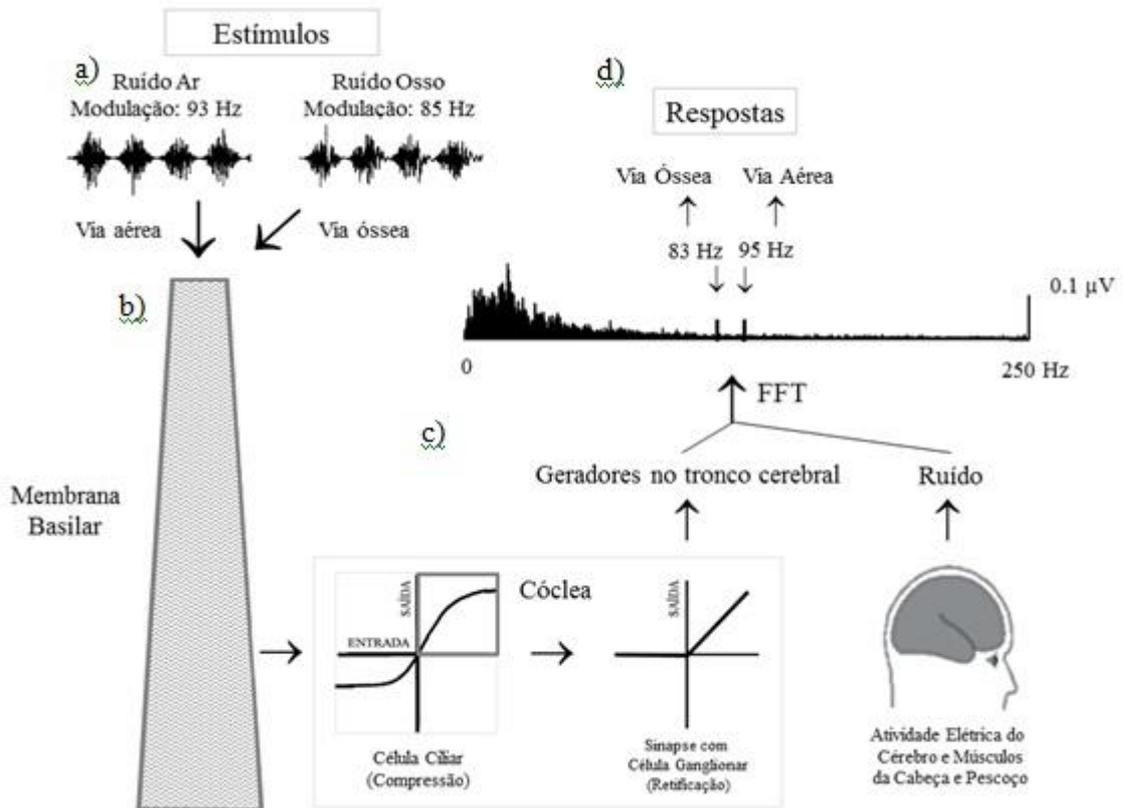
- *Registro das respostas simultâneas por VO e VA nos PEAAE nos voluntários normais*

As respostas dos PEAAE simultâneas por VA e VO, utilizando ruído branco, revelaram que é possível separar os normais das perdas sensorineurais e condutivas, utilizando a interação mútua entre os estímulos.

- *Comportamento das amplitudes das respostas dos PEAAE com variação das intensidades*

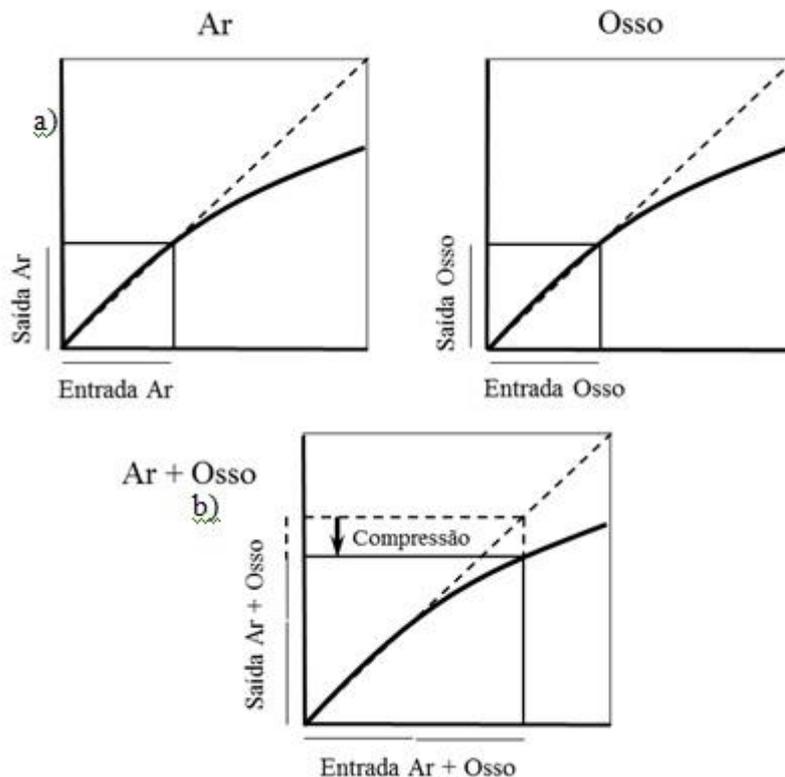
No experimento 1, foram testadas várias intensidades iguais, nas condições isoladas e simultâneas por VA e VO. Na condição isolada as amplitudes são maiores que na condição simultânea, sendo a VA maior que a VO em ambas condições. As amplitudes das respostas dos PEAAE são menores quando o estímulo é apresentado simultaneamente do que sozinhos. Esta interação não depende das frequências de modulação. A cóclea funciona como um filtro passa banda com retificadores de compressão ou saturação da curva das células ciliadas internas, a qual gera potencial de ação apenas no movimento de despolarização. Por isso, ao se apresentar dois tons que estimulam a mesma região da membrana basilar (figura 31), ocorre uma compressão, devido a retificação da transdução das células ciliadas, com isso, a soma das amplitudes, na estimulação simultânea, é menor que as amplitudes na estimulação isoladas (figura 32) (LINS; PICTON, 1995).

Figura 31 - Representação da estimulação da membrana basilar diante da apresentação simultânea do estímulo de ruído de banda larga



Legenda: a) segmento de dois estímulos com ruído modulado em frequências diferentes por VA e VO. b) representação da estimulação de toda membrana basilar, a qual aparece de forma “desenrolada” para facilitar a visualização. c) transdução coclear, os geradores da resposta no tronco cerebral e de outras fontes de ruído elétrico da cabeça. d) resposta do estímulo no espectro de frequência.

Figura 32 - Transdução compressiva das células ciliadas da cóclea por estimulação do ruído branco em apresentação isolada e simultânea



Legenda: a) estimulação isolada pelo ar e pelo osso. b) estimulação simultânea, mostrando que a soma das duas estimulações é menor do que se a apresentação fosse separada.

John et al. (1998) relataram que as amplitudes de VA são significativamente atenuadas nas frequências de 1000 e 2000 Hz, nas estimulação múltipla em comparação a simples em altas intensidades (75 dB NPS). Mo, Stapells, (2008), não encontraram efeito de atenuação em 500 Hz, e acreditam que a intensidade não tenha sido alta o suficiente para causar interação na apresentação múltipla por VA.

Mo et al., (2011) relataram que na estimulação por VO, em 50 dB nNA, houve atenuação significativa da amplitude em 500 e 1000Hz entre a comparação de estimulação simples e múltipla. Os autores observaram que a interação ocorrida em 15 dB a menos por VO pode acontecer devido ao mecanismo de transdução do vibrador ósseo que distorce o estímulo em altas intensidades. Com isso, poder-se-ia pensar, que a diferença das amplitudes

encontrada entre VA e VO, na intensidade de 50 dB NPS, teria sido causada por uma não linearidade do vibrador ósseo, o qual não conseguiria acompanhar a intensidade dos estímulos nas intensidades maiores, como afirmado por MO et al., (2011). No entanto, foi testado em laboratório, o transdutor ósseo, e foi observado comportamento linear de transmissão sonora até 50 dB NPS.

Quando se apresentou os estímulos de ruído VO e VA isolados, as amplitudes não foram diferentes exceto na intensidade mais alta (50 dB NPS). Baseado no modelo de Regan, Regan (1993) que afirma se a intensidade for baixa, a retificação e distorção do sinal são pequenas, pois as células ciliadas internas respondem ao som assimetricamente, sendo saturada mais rapidamente com altas intensidades na direção do movimento de excitação das células do que na direção oposta (LINS; PICTON, 1995). É possível que para estímulos mais intensos a VO se comporte de maneira não linear.

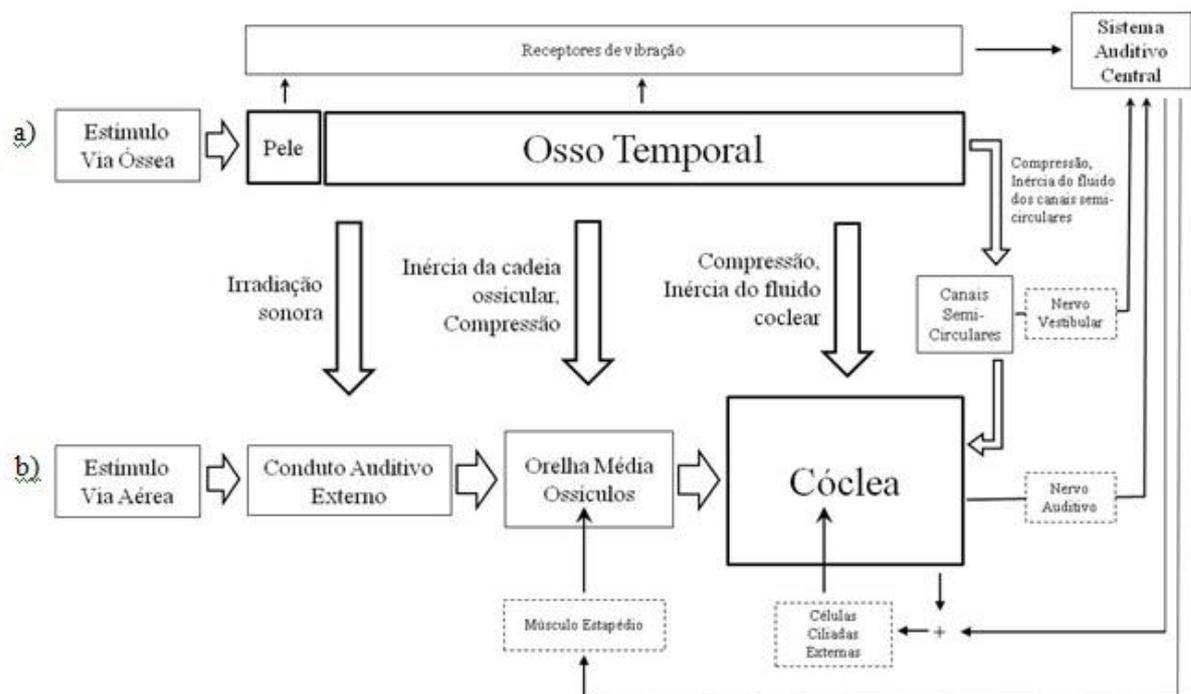
Quando os estímulos simultâneos foram aplicados, as amplitudes das respostas foram diferentes exceto em 20 dB NPS. Nesta intensidade, as amplitudes de VA e VO se assemelham. A partir de 30 dB NPS essa diferença torna-se estatisticamente significativa, sendo a VA maior que VO em todas as condições. Foi observado em outros estudos, com tons modulados em amplitude (AM), com dB nNA, que a VA parece apresentar maiores amplitudes do que VO tanto em adultos como em crianças, porém não foram descritos se houve diferença estatisticamente significantes (LINS; PICTON, 1995; SMALL; STAPELLS, 2005; 2008). Isso pode ter ocorrido, no presente estudo, devido à diferença de intensidade percebida pelas vias estimuladas, pelo efeito de mascaramento da VA sobre a VO ou pela própria fisiologia de transmissão óssea. Apesar do estímulo ter sido apresentado no mesmo NPS, a intensidade que chega a cóclea pode ser diferente. Stenfelt, Hakansson, (2002) relataram que as intensidades que chegam à cóclea são diferentes quando estimuladas VA e VO na mesma intensidade. Eles observaram que a VO responde em média 6 dB a menos que a VA. Isso varia de acordo com a frequência estimulada. Uma das hipóteses que eles atribuíram foi à provável diferença na via de transmissão da intensidade percebida (figura 33). Torres-Fortuny et al., (2016) encontraram valores similares por VA e VO, possivelmente, por terem estimulado frequências diferentes (500 Hz por VO e 2000 Hz por VA).

Não é fácil compreender a razão deste fenômeno. A condução óssea é complexa, ela envolve pelo menos dois mecanismos, um mecanismo que envolve o sistema de transdução

via aérea, de maneira indireta, e um mecanismo que envolve a estimulação direta da cóclea. Ambos com vários subtipos de mecanismos (figura 33).

A complexidade VO pode levar a distorção da membrana basilar em intensidades maiores, perdendo assim sua linearidade (LINS; PICTON, 1995; 1996; ZEMLIN, 2000; VENTO; DURRANT, 2009; TONNDORF, 1966).

Figura 33 - Modelo da transmissão sonora por VA e VO



a) Transmissão sonora por VO. b) Transmissão sonora por VA.

Fonte: Baseado em Stenfelt, Hakansson, 2002

Em intensidades baixas (20 dB NPS), praticamente não há respostas nem por VA e nem por VO, pois as amplitudes de respostas estão abaixo do nível do ruído (20 nV). A partir do momento em que se aumenta a intensidade, as respostas de VA e VO começam a aparecer seguindo o padrão da relação intensidade/amplitude, ou seja, quanto maior a intensidade, maior amplitude.

Na estimulação isolada, os valores médios das amplitudes no primeiro experimento, foram de 65 nV para VA e 55 nV para VO na intensidade de 50 dB NPS. Estes valores são

parcialmente diferentes do relatado no trabalho de John, Dimitrijevic, Picton (2003), os quais encontraram amplitude de VA em 77 nV ($\pm 26,9$), para ruído de banda larga, utilizando a mesma intensidade do presente estudo. Entretanto, observa-se grande variabilidade nas respostas, podendo ser característica da amostra (desvio padrão grande) ou devido ao ruído ambiental presente neste estudo. Não foram encontrados estudos que relatem a amplitude de VO com ruído. Dessa forma, foi realizada a comparação geral, dos valores das amplitudes dos PEAEs com tons modulados nos adultos, descritos na literatura, os quais variam de 25 a 52 nV (VO) e 50 a 80 nV (VA) com estimulação em torno de 30 dB nNA, nas frequências de 500 a 4000 Hz (LINS; PICTON, 1995; SMALL; STAPPELLS, 2005; 2006; 2008a; 2008b; MO et al., 2011; SMALL, et al., 2013). Alguns autores relataram que os limiares dos PEAEs com ruído de banda larga se comportam como a frequência de 1000 Hz, sendo que os limiares para o ruído seriam 9 dB NPS maior do que para o tom nesta frequência (JOHN; DIMITRIJEVIC; PICTON, 2003). Sendo assim, as amplitudes do ruído do presente estudo, comparadas com a frequência de 1000 Hz da literatura (as quais variam de 50 a 60 nV) seriam maiores do que a do tom.

Na condição simultânea, a amplitude dos PEAEs foi de 0,06 μ V para VA e 0,042 para VO, ocorrendo uma queda da amplitude para aproximadamente 92% por VA e 86% por VO em comparação a condição isolada na intensidade de 50 dB NPS. Lins, Picton (1995) encontraram redução da amplitude de até 58% quando apresentou dois tons iguais por VA, modulados em frequências diferentes e apresentados na intensidade de 60 dB NPS, justificando que isso ocorre devido à retificação compressiva das células ciliadas internas (figura 32). Houve uma menor redução no presente estudo quando comparado com a literatura citada. Existem pelo menos duas possibilidades para explicar esse fenômeno: a primeira é que intensidades maiores causam maior deflexão nas células ciliadas e conseqüentemente maior compressão (figura 32). A segunda possibilidade é que dois tons mascaram mais que dois ruídos. Pois na estimulação com os dois tons, uma região específica da cóclea será estimulada, sendo a energia distribuída numa região menor da membrana basilar, causando maior deflexão das células e conseqüentemente maior saturação. Já o ruído estimulará toda área da membrana basilar, fazendo com que as células ciliadas tenham menor deflexão, num seguimento em que cada área receberá uma menor quantidade de energia distribuída trabalhando assim de uma maneira mais linear, com menor compressão.

Lins, Picton (1995) relataram que quando dois tons são apresentados simultaneamente com intensidades diferentes, sendo uma intensidade maior que a outra, a maior mascara a intensidade menor, esse relato corrobora com os dados encontrados no experimento 2, quando se apresentou a simulação dos *gaps* a partir de 10, diminuindo a intensidade de VA e fixando a intensidade de VO em 50 dB NPS. A amplitude de VO permaneceu praticamente a mesma (0,05 μ V), já a amplitude de VA reduziu cerca de 99% caindo para 0,025 μ V. Com *gap* de 20, a média das amplitudes de VA, praticamente, desaparece, ficando abaixo de 0,02 μ V. Isso mostra uma relação de inversão a partir do *gap* de 10, numa relação direta da amplitude com a intensidade. Quanto mais baixa a intensidade, menor a amplitude (LINS; PICTON, 1995).

- *Percentual de detecção das respostas dos PEAEEm por VA e VO*

Com 50 dB NPS, apresentados isoladamente, 100% das respostas estão presentes por VA e VO. Quando se apresentam simultaneamente, 100% das respostas por VA continuam presentes e 88% das respostas por VO foram detectadas. Em intensidades menores a detectabilidade vai caindo, porém sempre a VA com melhores percentuais de detecção do que VO. Como existe uma relação direta da amplitude com a intensidade, e como a detecção depende da amplitude, quanto menor a intensidade, menor a amplitude e menor o percentual de detecção. (LINS, PICTON, 1995). Com isso, observou-se que a intensidade de 50 dB NPS parece ser a melhor intensidade para a finalidade de triagem, pois apresentou um percentual de detecção de 100% em uma das vias de apresentação na condição simultânea. Esse resultado é corroborado com os achados de Pinto et al., (2011) os quais observaram que a intensidade de 50 dB NPS foi o nível que ocorreu maior concordância com as emissões otoacústicas (EOA), confirmando seus resultados, ou seja, quando as EOA foram ausentes, não houve resposta significativa dos PEAEEm em 50 dB NPS e quando as EOA estavam presentes, os PEAEEm tiveram respostas significativas em 100% dos casos.

O tempo de duração do teste é fundamental para precisão e identificação das respostas no PEAEEm (LUTS et al., 2003). Em voluntários normais, no presente estudo, 100% das respostas (por VA ou VO) foram detectadas após pouco menos de 4 minutos e meio e 95% foram detectadas em 3 minutos e meio. Estes achados estão de acordo com os da literatura, que encontraram tempo para detecção das respostas dos PEAEEm, utilizando o ruído, nos voluntários adultos normais, variando de 1/2 à 3 minutos na intensidade de 50 dB NPS

(JOHN, DIMITRIJEVIC, PICTON, 2003; SANTOS, 2016). Já para obter respostas dos PEAAE utilizando o tom, Mijares et al. (2002) relataram tempo médio de 5,3 minutos.

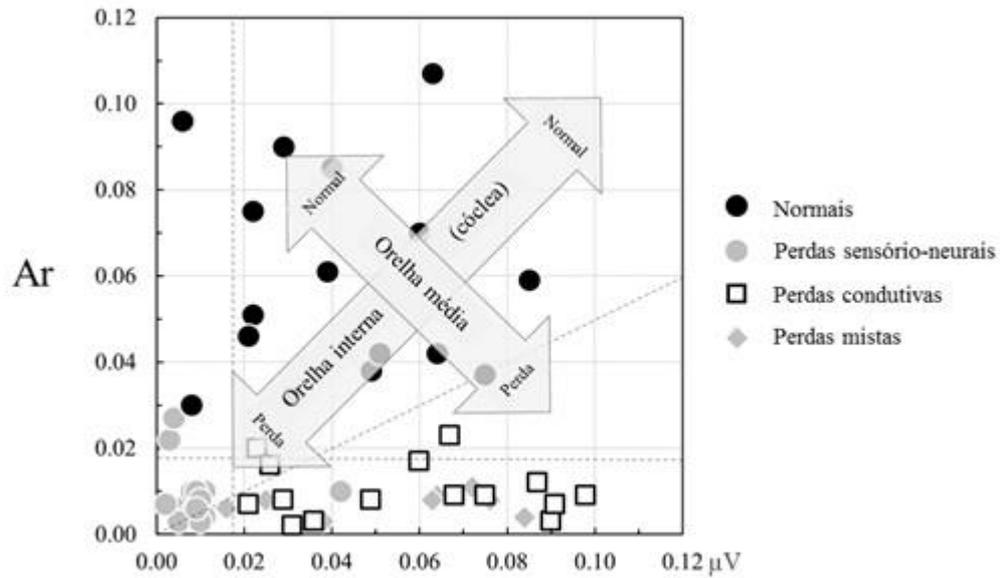
- *Relação entre as amplitudes*

A relação entre as amplitudes de VO e VA foi estudada de duas maneiras. A primeira considerou a relação entre o valor absoluto da amplitude por VA e VO. E a segunda foi considerada a melhor resposta da amplitude de VA ou VO, analisando a diferença (VO-VA) ou razão (VO/VA). Nesses dois aspectos, os resultados comprovaram que é possível separar, por meio das análises das amplitudes, os diferentes tipos de perda auditiva.

- *Médias das amplitudes VA por VO*

Uma das principais causas de resultados falsos negativos na triagem auditiva neonatal, utilizando o método convencional de EOA, são as perdas auditivas condutivas (MIJARES et al., 2014). Neste tipo de perda auditiva, como existe disfunção na transmissão sonora, as respostas aplicadas diretamente por VO são melhores do que as respostas de VA. A análise das relações entre as médias das amplitudes de VA e VO (figura 34) mostrou que as amplitudes de VO são maiores que as de VA, com deslocamento para a direita do gráfico, no plano horizontal. Isso se assemelha com o modelo dos *gaps* apresentado nos resultados deste estudo (figura 22). Ainda na figura 25, também se pode observar que as amplitudes das perdas sensorineurais se apresentam próximas a origem do gráfico, no ângulo inferior esquerdo, demonstrando que as amplitudes de VO e VA são muito pequenas e estão abaixo do ruído, o que significa ausência das respostas. Esses achados também se assemelham aos encontrados no modelo da figura 22. No entanto, a maioria das perdas auditivas mistas, foi identificada como sensorineurais, apresentando-se com amplitudes de VA e VO abaixo do nível de ruído, porém observou-se tendência ao deslocamento horizontal para a direita, o que poderia ser justificado pela presença do *gap* aéreo ósseo, mostrando que apesar da ausência de respostas por ambas as vias, a amplitude de VO pode estar maior que a de VA, esses achados se assemelham ao modelo com *gap* 10, em que as respostas se apresentam numa região intermediária. Os voluntários com limiares normais, a grande maioria, se apresentaram com a amplitude dissipada no gráfico, apontando que as amplitudes de VA e VO se relacionam de maneira variada, em algumas situações são semelhantes e em outras a VA são maiores que VO. Achados também semelhantes ao modelo da figura 22, em que as amplitudes se dissipam no eixo superior do gráfico.

Figura 34 - Modelo das relações entre as amplitudes de VO por VA



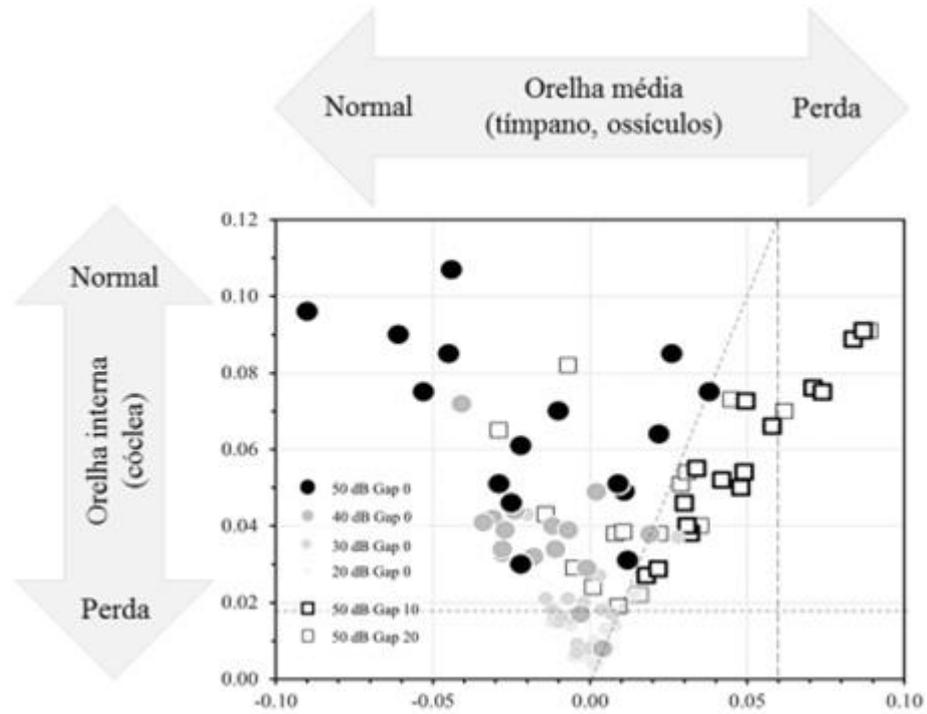
As setas indicam o padrão de direção esperado nos diversos tipos de alteração.

- *Análise pela diferença das amplitudes (VO-VA) ou pela razão (VO/VA) nas perdas auditivas*

Foram feitas análises diferentes que relacionavam as amplitudes de VA e VO. Estas análises baseiam-se em dividir a avaliação em dois componentes: análise pela diferença ou pela razão de VO e VA, as quais foram realizadas tanto no experimento 1 e 2 com os voluntários normais, como no experimento 3 nos voluntários com perda auditiva. Foi possível observar que em todos os modelos propostos houve a identificação dos diferentes tipos de perda auditiva, ou seja, independentemente da forma de análise das amplitudes, se chegou ao mesmo resultado.

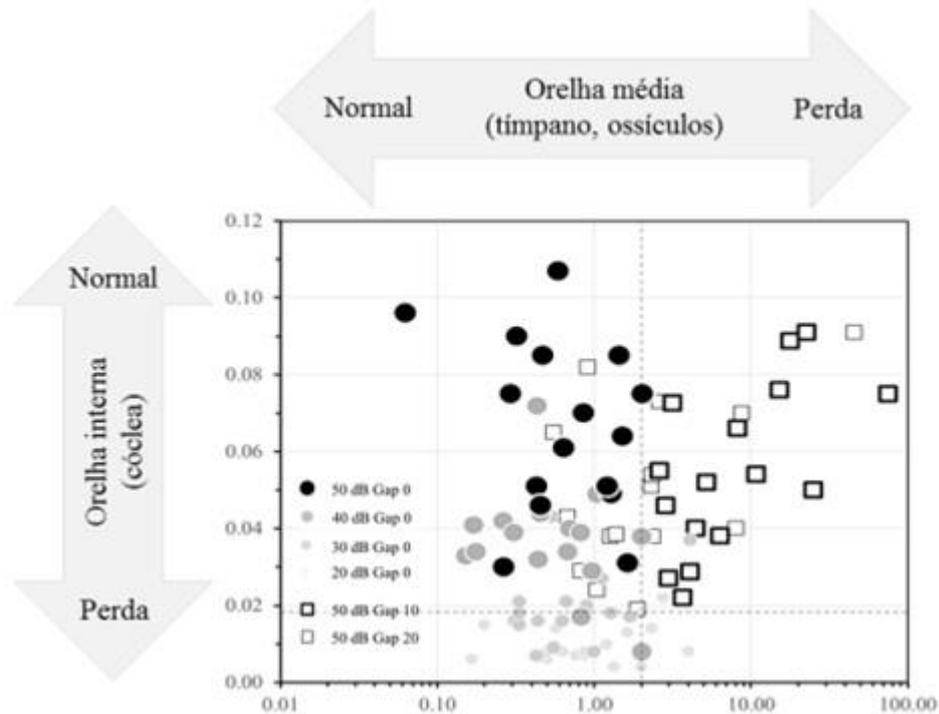
Esses dois componentes de análises expressam a melhor resposta independente da via, sendo a resposta da cóclea identificada no eixo vertical e a resposta da orelha média no eixo horizontal (figura 35 e 36).

Figura 35 - Modelo do padrão de respostas da análise das amplitudes pela diferença



Legenda: eixo horizontal está representada, em escala logarítmica, a diferença entre amplitudes da VO-VA. O eixo vertical expressa a maior amplitude da resposta de VO ou VA em μV . A linha tracejada transversal indica o ponto que separa a população de gap 0 da população dos gaps 10 e 20. A seta horizontal representa o deslocamento da alteração em relação a orelha média; a seta vertical representa o deslocamento da alteração em relação a orelha interna.

Figura 36 - Modelo do padrão de respostas da análise das amplitudes pela razão



Legenda: eixo horizontal está representada, em escala logarítmica, a razão e entre as amplitudes da VO/VA. O eixo vertical expressa a maior amplitude da resposta de VO ou VA em μV . A linha tracejada vertical indica o ponto que separa a população de gap 0 da população dos gaps 10 e 20. A seta horizontal representa o deslocamento da alteração em relação a orelha média; a seta vertical representa o deslocamento da alteração em relação a orelha interna.

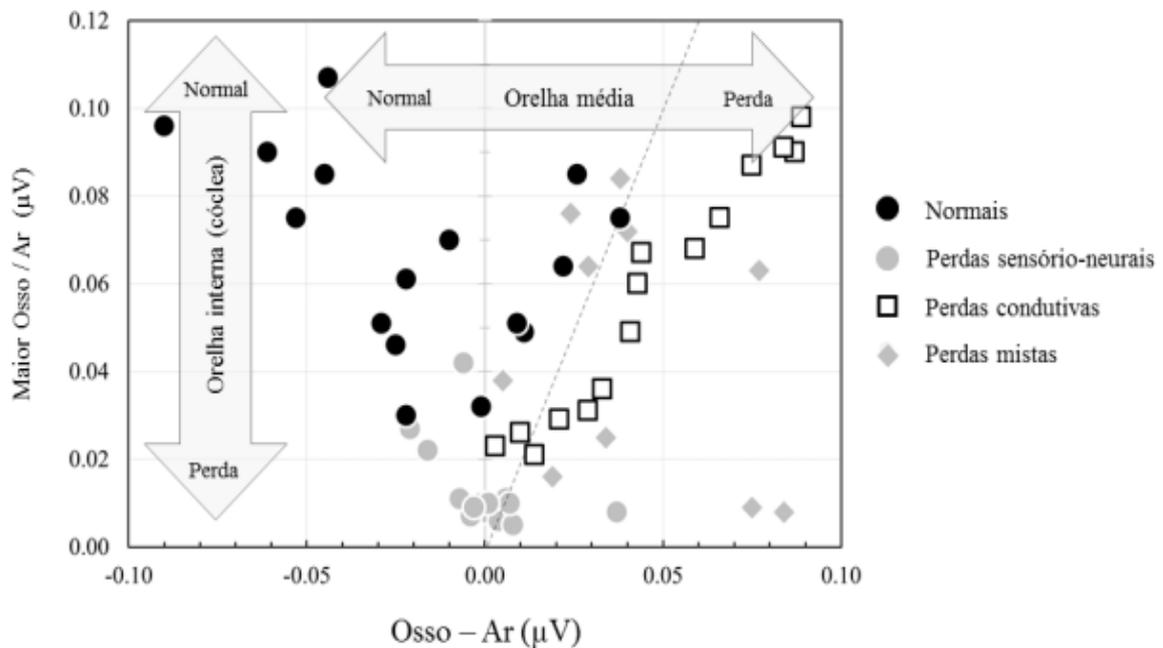
No experimento 1 (*gap* 0) a análise pela diferença apresentou respostas com a maior amplitude deslocada para o eixo de números negativos e na análise pela razão, para o eixo com valores menores que 1, indicando em ambos que a amplitude de VA foi maior que VO. Já no experimento 2, no estudo de simulação dos *gaps*, ocorreu diferença positiva com número maior que zero, indicando que a amplitude de VO foi maior que a amplitude de VA.

A aplicação deste modelo no experimento 3, com diferentes tipos de perda auditiva, identificou o tipo de alteração independente da forma de análise. Nas perdas condutivas, as respostas da maior amplitude pela diferença (VO-VA) se apresentaram deslocadas para o eixo dos números positivos e as respostas da maior amplitude pela razão (VO/VA) se apresentaram no eixo deslocados para os números maiores que 1. Estas relações ocorreram com

aproximadamente $0,02 \mu\text{V}$ na análise pela diferença e na análise pela razão observou-se que esta relação é o dobro, ou seja, se a melhor amplitude for maior que 1 o valor da amplitude de VA será aproximadamente a metade do valor de VO (figura 36). Isso ocorre porque o som apresentado por VA representa uma diferença na intensidade devido ao *gap* existente. Já nas perdas sensorineurais, as respostas da análise pela diferença, se apresentaram no eixo central, próximas ao zero, e na análise pela razão, próximas ao número 1, significando que as amplitudes se assemelham, porém com valores de amplitudes rebaixados. As perdas auditivas mistas se comportaram como sensorineurais, e poucas destas respostas se apresentaram como condutivas, possivelmente por apresentar algum grau muito leve, ou rebaixamento de VO em uma ou duas frequências, sendo um resultado falso negativo.

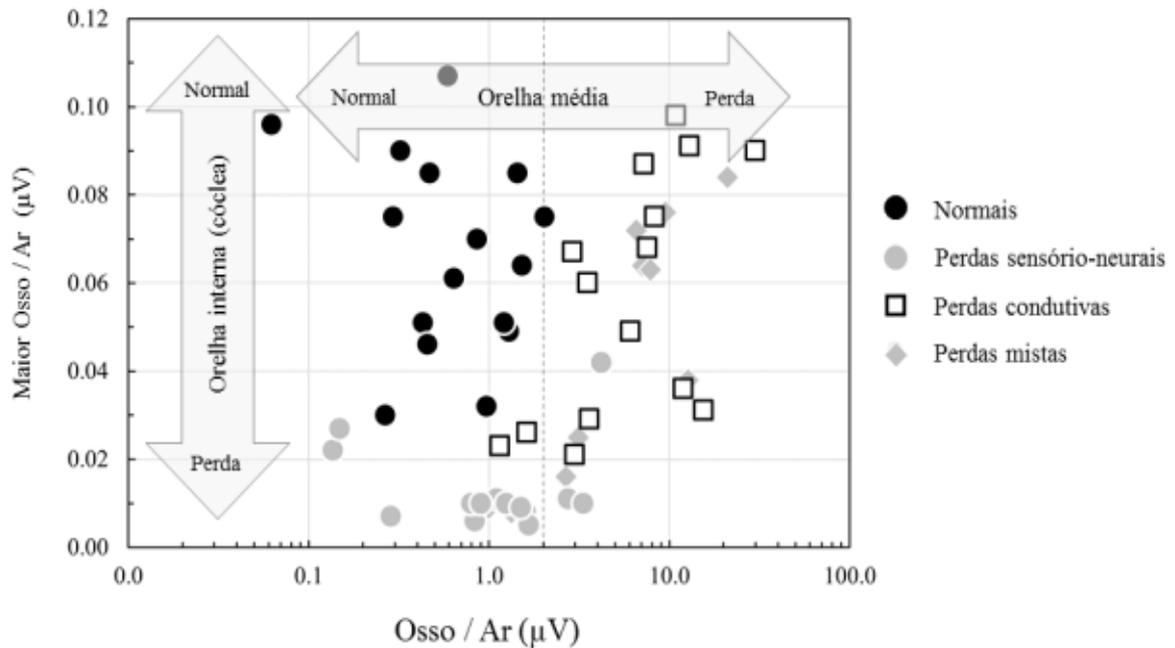
O modelo proposto na avaliação dos experimentos 1 e 2, pôde prever as respostas encontradas nas perdas auditivas (figura 37 e 38).

Figura 37 - Modelo de identificação das perdas auditivas pela diferença das amplitudes por VO-VA



Legenda: No eixo vertical está representada a maior amplitude da diferença de VO-VA; no eixo horizontal está expresso em escala logarítmica a diferença de VO-VA; a linha tracejada transversal separa as perdas condutivas dos normais e das perdas sensorineurais e a linha cinza vertical representa o eixo sem diferença de amplitude. A seta na horizontal representa as alterações em relação a orelha média e a seta na vertical representa as alterações referentes a cóclea.

Figura 38 - Modelo de identificação das perdas auditivas pela razão das amplitudes por VO/VA

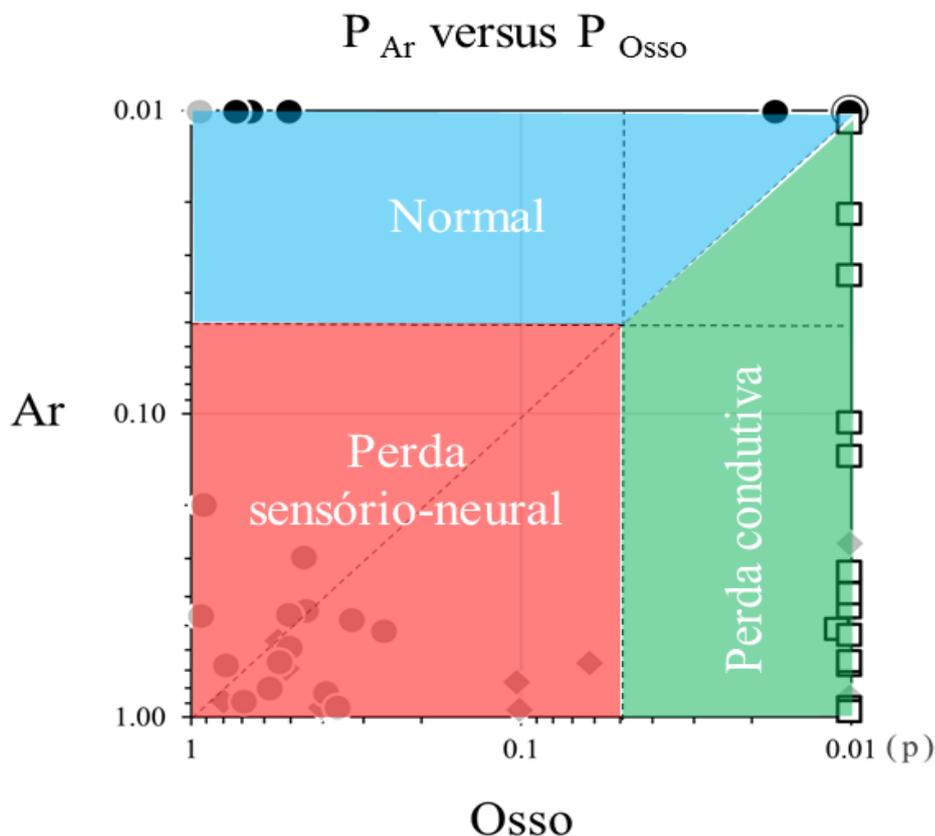


Legenda: No eixo vertical está representada a maior amplitude da razão de VO/VA; no eixo horizontal está expressa em escala logarítmica a razão de VO/VA; a linha tracejada vertical separa as perdas condutivas dos normais e das perdas sensoriais. A seta na horizontal representa as alterações em relação à orelha média e a seta na vertical representa as alterações referentes à cóclea.

- *Utilização do modelo por meio da significância (“p”)*

Por fim, a análise da significância das respostas VA e ou VO, também identificou os diferentes tipos de perdas auditivas. Por exemplo, com a ausência da resposta por VO, ou a presença desta, já seria possível prever ou descartar se existe ou não alterações do tipo sensorial. Ou ainda, se apenas existir presença da VO, indicando alteração na condução do som. Nos voluntários normais, a grande maioria obteve “p” significativo para ambas as vias e em poucos casos significativo apenas pela VA (figura 39). O que pode ser justificado por algum problema pelo mascaramento mútuo (LINS; PICTON, 1995) presente na estimulação simultânea de mesma intensidade, já identificado no modelo (figura 18), em que 88% das respostas por VO estão presentes enquanto 100% das respostas por VA foram detectadas, ambos na intensidade de 50 dB NPS.

Figura 39 - Padrão das respostas aplicado ao modelo da análise entre as amplitudes de VA por VO

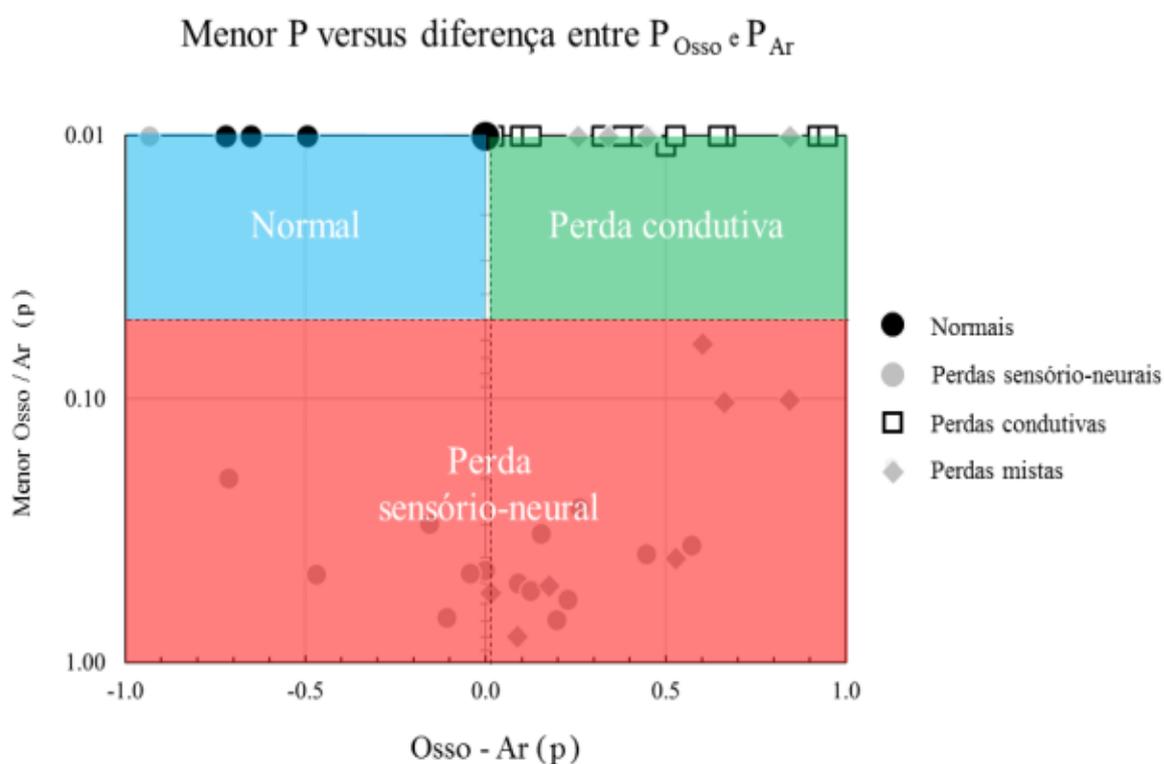


Legenda: No eixo horizontal está distribuído a escala da probabilidade de VO está presente; no eixo vertical está distribuído a escala da probabilidade da VA está presente; a linha pontilhada horizontal separa o “p” significativo de ($\leq 0,05$) de VA e a linha pontilhada vertical separa o “p” significativo de ($\leq 0,05$) de VO. Os círculos pretos representam as amplitudes das respostas na população com limiares normais, os lozângulos representam os voluntários com perda auditiva mista, os quadrados pretos, os voluntários com perdas condutivas e os círculos cinza os voluntários com perda auditiva sensorioneural.

Na identificação da significância, foi observado no experimento 1, com voluntários normais, que na análise pela diferença, a maioria das respostas dos voluntários normais, tiveram o “p” significativo próximo ao ponto 0, e pela análise da razão tiveram o “p” significativo próximo ao ponto 1 ou menor que 1, ambos indicando que não há diferença entre os “p” ou o menor foi identificado na VA (figura 40 e 41). Quando o menor “p” significativo foi positivo, na análise pela diferença, ou maior que 1 na análise pela razão, indicou que a VO estava presente ou tinha o menor “p”, identificando a perda auditiva condutiva. Nas perdas

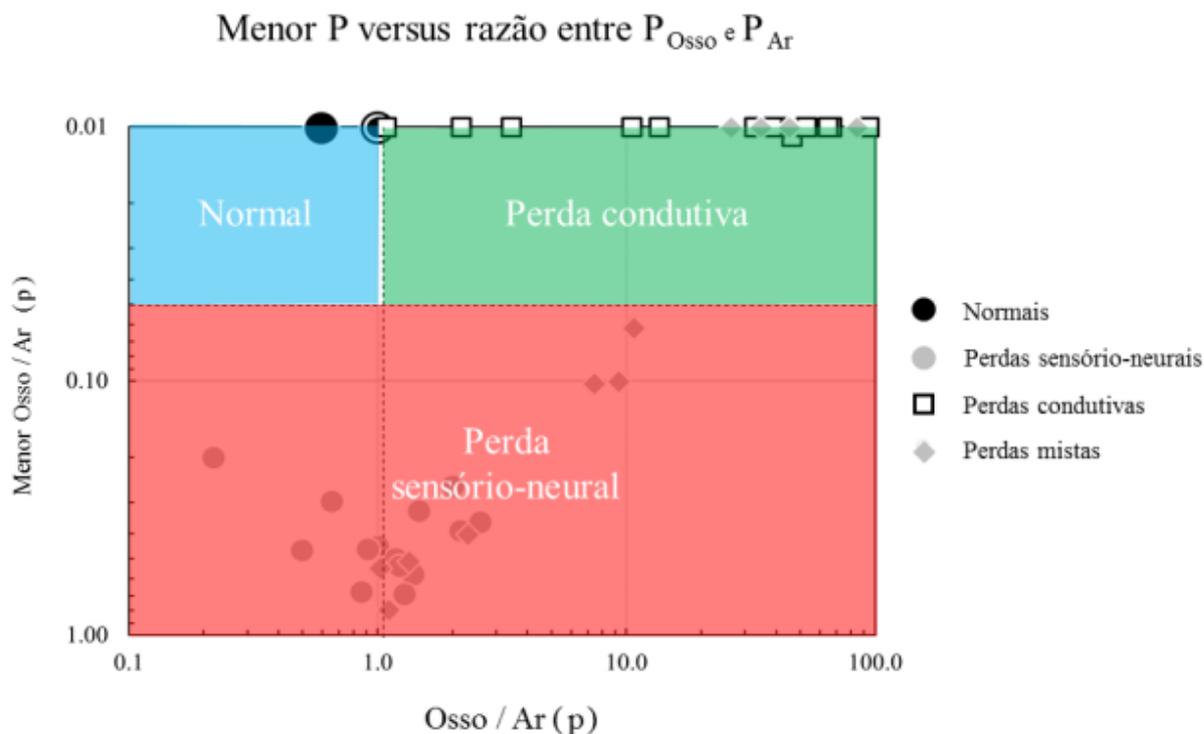
sensoriais o menor “ p ” encontra-se próximo ao ponto zero, quando foi analisado pela diferença ou próximo ao ponto 1 quando analisado pela razão, não tendo diferença entre os “ p ”, porém em alguns casos houve tendência ao deslocamento para os números negativos ou menores que 1, indicando que o menor “ p ” foi por VA. E nas perdas mistas também se observou comportamento sensorial na grande maioria dos casos, porém com tendência ao deslocamento para o lado positivo ou maior que 1, indicando menor “ p ” por VO. Alguns falsos negativos também apareceram nesta análise, sendo identificados como perda condutiva.

Figura 40 - Padrão de resposta aplicado ao modelo da análise da diferença e razão do “ p ” significante



Legenda 40: No eixo horizontal está distribuída a escala logarítmica da diferença de VO-VA; no eixo vertical está distribuído a escala do menor “ p ” osso ou ar; a linha pontilhada horizontal separa o “ p ” significativo de ($\leq 0,05$) de VA e/ou VO; a linha pontilhada vertical indica que tanto o ar como o osso foram significativos, sem diferença entre eles. Os círculos pretos representam as amplitudes das respostas na população com limiares normais, os losângulos representam os voluntários com perda auditiva mista, os quadrados pretos, os voluntários com perdas condutivas e os círculos cinza os voluntários com perda auditiva sensorio-neural.

Figura 41 - Padrão de resposta aplicado ao modelo da análise da diferença e razão do “p” significante



Legenda: No eixo horizontal está distribuída a escala logarítmica da diferença de VO/VA; no eixo vertical está distribuído a escala do menor “p” osso ou ar; a linha pontilhada horizontal separa o “p” significativo de ($\leq 0,05$) de VA e/ou VO; a linha pontilhada vertical indica que tanto o ar como o osso foram significativos, sem diferença entre eles. Os círculos pretos representam as amplitudes das respostas na população com limiares normais, os losângulos representam os voluntários com perda auditiva mista, os quadrados pretos, os voluntários com perdas condutivas e os círculos cinza os voluntários com perda auditiva sensorioneural.

De um modo geral, esses achados corroboram com outros estudos que encontraram ausência de respostas VA e VO nas perdas sensorioneurais, presença de VO com limiares semelhantes aos normais, e VA com limiares rebaixados. Não foram encontrados estudos com identificação de perdas auditivas mistas utilizando os PEAE (NAGASHIMA et al., 2013; JENG et al., 2004; SWANEPOEL et al., 2008; ISHIDA et al., 2011; MAANEN; STAPPELLS, 2010).

Nas análises estudadas as perdas auditivas mistas se comportaram de várias maneiras, como sensorioneurais e algumas como condutivas. Como o próprio nome já diz a perda mista

significa alteração tanto sensorial como na condução do som e sua representação no gráfico apresentou-se de modo espalhado, sendo difícil a identificação deste tipo de alteração por meio dessas análises. Porém, como foi possível definir bem os outros tipos de perdas, este protocolo mostrou-se promissor para identificação de alterações auditivas.

8 CONCLUSÃO

É possível registrar, simultaneamente, os PEAAE por VA e VO, utilizando o ruído de banda larga e os resultados revelaram que as respostas das amplitudes são menores na condição simultânea em comparação a isolada. As amplitudes de VA são maiores que VO independente da condição, nos voluntários com limiares normais.

Resultado da análise das diversas intensidades revelou que a melhor intensidade para detecção das respostas dos PEAAE no registro simultâneo foi 50 dB NPS.

O tempo de detecção por VA é menor que por VO nos voluntários normais, sendo obtidas repostas em um tempo aproximado de 3 a 4 minutos.

Independentemente do tipo de análise das relações das amplitudes, se chegou ao mesmo resultado.

O modelo proposto, para análise das relações das amplitudes, na avaliação do grupo dos normais, conseguiu prever as respostas nos diferentes tipos de perda auditiva. Independentemente do tipo de análise, se chegou ao mesmo resultado. A relação de VA por VO, a diferença (VO-VA) ou a razão (VO/VA), separou bem os diferentes tipos de perda auditiva dos normais.

Por fim, a análise do “p” significativo também se mostrou precisa na identificação dos diferentes tipos de perda auditiva.

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou-se promissor na identificação das perdas condutivas e sensório neurais, porém para a aplicação clínica desse protocolo ainda se faz necessário novos estudos por VO e VA simultâneo a fim de avaliar a eficácia na identificação de diversos tipos, graus e configurações de perdas auditivas.

É importante novas pesquisas com maior número de voluntários com perda auditiva mista, a fim de analisar o comportamento dessas alterações nos registros dos PEAAE simultâneos.

O protocolo proposto deve ser estudado na população neonatal para que a aplicabilidade e eficácia em programas de triagem auditiva neonatal sejam confirmadas.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). American National Standards specification for audiometers. (ANSI S36). New York. ANSI. 1996.
- AZEVEDO MF. Programa de prevenção e identificação precoce dos distúrbios da audição. In: Schochat E. **Processamento Auditivo**. São Paulo: Lovise; p.75-96, 1996.
- AOYAGI M, KIREN T, FURUSE H, FUSE T, SUZUKI Y, YOKOTA S, KOIKE Y. Pure-tone threshold prediction by 80-Hz amplitude-modulation following response. **Acta Otolaryngol (Stockh)**. Suppl, 511, p. 7-14, 1994.
- BALLAY C, TONINI R, WANINGER T, YOON C, MANOLIDIS S. Steady-State Response Audiometry in a Group of Patients with Steeply Sloping Sensorineural Hearing Loss. **LARYNGOSCOPE**. 115, 2005.
- BECK RMO, RAMOS BF, GRASEL SS, RAMOS, HF, MORAES MFB, ALMEIDA ERA, BENTO RF. Comparative study between pure tone audiometry and auditory steady-state responses in normal hearing subjects. **Braz J Otorhinolaryngol**. v. 80, n. 1, p. 35-40, 2014.
- BOTURA EE. Aspectos da avaliação audiológica periférica e central na neuropatia dessincronia auditiva: Um estudo de caso. Dissertação de Mestrado- Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Programa de Estudos Pós-Graduados em Fonoaudiologia, 127f, 2005.
- BRENNAN SK, BROOKE RE, STEVENS JC, BROWN BH. Effect of varying phase between frequency and amplitude modulation on bone conduction auditory steady state responses. **Ear & Hearing**. v. 31, p. 815-24, 2010.
- BROOKE RE, BRENNAN SK, STEVENS JC. Bone Conduction Auditory Steady State Response: investigations into Reducing Artifact. **Ear & Hearing**. v. 30, n. 1, p. 23-30, 2010.
- CARHART, R. An improved method for classifying audiograms. **Laryngoscope**. p. 55:640, 1945.
- COHEN LT, RICHARDS FW, CLARK GM. A comparison of steady-state evoked potentials to modulated tones in awake and sleeping humans. **Journal of the acoustic society of America**. v. 90, p. 2467-79, 1991.

CONE WESSON B, PARKER J, SWIDERSKI N, RICKARDS F. The auditory steady-state response: full term and premature neonates. **J Am Acad Audiol.** v. 13, p. 260-9, 2002.

COREY DP, HUDSPETH AJ. Analysis of the microphonic potential of the bullfrog sacculus. **Revista The Journal of Neuroscience.** v. 3, n. 5, p. 942-61, 1982.

DEAN, M. S; MARTIN, F. N. Insert ear phone and the occlusion effect. **American Journal of Audiology.** v. 9, p. 131-34, 2000.

DIMITRIJEVIC A, JHON AS, ROON PV, PICTON TW. Human Auditory Steady-State Response to tones independently modulated in both frequency and amplitude. **Ear & Hearing.** v. 22, n. 2, p. 100-11, 2001.

DIMITRIJEVIC A, JOHN MS, VAN RP, PURCELL DW, ADAMONIS J, OSTROFF J, et al. Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state responses. **J AM Acad Audiol.** v. 13, p. 205-24, 2002.

DIRKS, D. Bone conduction measurements. Effects of vibrator, placement and masking. **Arch Otolaryngol.** v. 79, p. 594-9, Jun. 1964.

DOYLE KJ, RODJERS P, FUGIKAWA S, NEWMAN E. External and middle ear effects on infant hearing screening test results. **Otolaryngol. Head Neck Surg.** v. 122, n. 4, p. 477-81, 2000.

DUARTE JL, ALVARENGA KF, GARCIA TM, COSTA FILHO OA, LINS OG. A Potencial evocado auditivo de estado estável na avaliação auditiva: aplicação clínica. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica.** v. 20, n. 2, p. 105-10, 2008.

FERRAZ OB, FREITAS SV, MARCHIORI LL. Análise das respostas obtidas por potenciais evocados auditivos de estado estável em indivíduos normais. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia.** v. 68, n. 4, p. 480-86, 2002.

FRAGOSO, M. Mascaramento clínico. In: Avaliação auditiva básica. Ed. Pulso. Pág. 32-57. 2003.

FREITAS VS; ALVARENGA KF; MORETTIN M; SOUZA EF; COSTA FILHO OA. Potenciais evocados auditivos do tronco encefálico por condução óssea em indivíduos normais. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**. Barueri (SP). v.18, n. 3, p. 323-30, 2006.

HATTON, J; STAPPELLS DR. The efficiency of the single-versus multiple-stimulus auditory steady-state responses in infants. **Ear Hear**. v. 32, p. 349-57, 2011.

HAYES D. Screening methods: current status. **Ment Retard Dev Disabil Res Rev**. v. 9, p. 65-72, 2003.

HERDMANN AT, STAPPELLS DR. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state responses technique in normal-hearing subjects. **Scand Audiol**. v. 30, p. 41-9, 2001.

HERDMANN AT, PICTON TW, STAPPELLS DR. Place specificity of multiple auditory responses. **J Acoust Soc Am**. v. 112, p. 1569-1582, 2002.

ISHIDA I M, CUTHBERT BP, STAPPELLS DR. Multiple Auditory Steady State Response Thresholds to Bone Conduction Stimuli in Adults With Normal and Elevated Thresholds. **Ear & Hearing**. v. 32, n. 3, p. 373-81, 2011.

JENG FC, BROWN CJ, JOHNSON TA, WERFF KRV. Estimating Air-Bone Gaps Using Auditory Steady-State Responses. **J Am Acad Audiol**. v. 15, p. 63-74, 2004.

JOHN, & DIMITRIJEVIC A, PICTON TW. Auditory steady-state responses to exponential modulation envelopes. **Ear Hear**. v. 23, p. 106-17, 2002.

JOHN, & DIMITRIJEVIC A, PICTON TW. Efficient stimuli for evoking auditory steady-state responses. **Ear Hear**. v. 24, p. 406-23, 2003.

JOHN MS, PICTON TW. MASTER: a Windows Program for recording multiple auditory steady-state responses. **Revista Computer Methods and Programs in Biomedicine**. v. 61, p. 125-50, 2000.

JOHN, MS; LINS, OG; BOUCHER BL, PICTON, TW. Multiple auditory steady-state responses (MASTER): stimulus and recording parameters. **Audiology**. v. 37, p. 59-82, 1998.

JOINT COMMITTEE ON INFANT HEARING – Year 2007 Position Statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. **Pediatrics**. v. 120, p. 898–921, 2007.

KOIVUNEM P, UHARI M, LAITAKARI K, ALHO OP, LUOTONEM J. Otoacoustic emissions and tympanometry in children with otitis media. **Ear Hear**. v. 21, p. 212-17, 2000.

LINARES AE, CARVALLO RMM. Medidas imitanciométricas em crianças com ausência de emissões otoacústicas. **Rev Bras Otorrinolaringol**. v. 74, n. 3, p. 410-6, 2008.

LINGYAN MO, FAN ZHANG, DEMIN HAN, LUO ZHANG. Bone-Conducted Hearing Assessment with 80-Hz Multiple Auditory Steady-State Responses to Brief Tones in Adults with Normal Hearing. **ORL**. v. 73, p. 253–59, 2011.

LINS OG. Audiometria Fisiológica Tonal Utilizando Respostas de Estado Estável auditivas do tronco cerebral. Tese de doutorado em medicina (Escola Paulista de Medicina). 116f, 2002.

LINS, OG; PICTON, TW. Auditory steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. Electroencephalography and clinical neurophysiology. v. 96, p. 420-32, 1995.

LINS, OG; PICTON, TW. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. **Ear Hear**. 17. Pág. 81-96. 1996.

LLO YD, LL; GLADSTONE, V; KAPLAN, H. Audiometric interpretation: a manual o basic audiometry. 2^a. ed. Allyn and Bacon: Needhan Heights, Massachusetts. v. 160, p. 13, 1993.

LUTS H, WOUTERS J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state responses: the influence of test duration. **Int. Journ. of Audiol**. v. 43, p. 471-78, 2003.

KORCZAK, P; et al. Auditory steady-state responses. Tutorial. **J Am Acad Audiol**. v. 23, p. 146-70. 2012.

MATA J, RANDO I, SHEPHERD J, MIGUELEZ F, DELGADO J. Importância de La impedanciometria dentro de um programa de screening auditivo com otoemisiones em ninos. **Acta Otorrinolaringol Esp**. v. 52, p.96-100, 2001.

MIJARES E, BÁEZ L, CABRERA L, PÉREZ-ABLO MC, TORRES-FORTUNY A. Cribado auditivo mediante ponteciales evocados auditivos de estado estable obtenidos por estimulación simultânea de La vía aérea y La ósea. **Acta Otorrinolaringol Esp.** v. 02, n.006, 2014.

MENEZES, P. L.; HYPPOLITO, M. A. Biofísica da audição e bases da audiologia. In: Tratado de audiologia 2ª ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. p. 30-41. 2015

MO, L; STAPPELLS, DR. The effect of brief-tones stimulus duration on the brain stem auditory steady-state response. **Ear Hear.** v. 29, p. 121-33, 2008.

NAGASHIMA, H; UDAKA, J; CHIDA, I; SHIMADA, A; KONDO, E; TAKEDA, N. Air-bone gap estimated with multiple auditory steady-state response in young children with otitis media with effusion. **Auris Nasus Larynx.** v. 40, p. 534-38, 2013.

NORTON, S. J; GORGA, M. P, WIDEN, J. E, FOLSON, R. C, SININGER, Y, CONE WESSON, B, et al. Identification of neonatal hearing impairment: evaluation of transient evoked otoacoustic emission, distortion product otoacoustic emission, and auditory brain stem response test performance. **Ear Hear.** v. 21, p. 508-28, 2000.

Organização Mundial de Saúde – OMS, 2014.
http://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/ acesso em 10.04.2016.

PICTON T. W. Human Auditory Evoked Potentials. Plural Publishing. 2011.

PICTON, T. W; JOHN, M. S; DIMITRIJEVIC, A. Possible roles for the auditory steady-state responses in identification, evaluation and management of hearing loss in infancy. **Audiology Today.** v. 14, p. 29-34, 2002.

PICTON, T. W; JOHN, M. S; DIMITRIJEVIC, A, PURCELL D. Human Auditory steady-state responses. **Int J Audiol.** v. 42, p. 541-54, 2003.

PINTO, D. G, GRIZ, S. M. S, LINS, O. G. Potencial evocado auditivo de estado estável com ruído branco modulado em amplitude em triagem auditiva neonatal. São Paulo. **Rev. CEFAC.** 2011.

RANCE, G; ROPER, R; SYMONS, L; MOODY, L. J; POULIS, C; DOURLAY, M; KELLY, T, et al. Hearing threshold estimation in infants using auditory steady state responses. **Journal of the American Academy of Audiology**. v. 16, p.293–302, 2005.

RANCE G. Auditory Steady-state response: generation, recording, and clinical applications. Plural Publishing. 2011.

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

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

RIBEIRO, F; CARVALLO, R. M; MACOUX, A. M. Auditory Steady-State Evoked Responses for Preterm and Term Neonates. **Audiol Neurotol**. v. 15, p. 97–110, 2010.

RICKARDS, F. W, CLARK, G. M. Steady state evoked potentials to amplitude-modulated tones. In: Nodar RH, Barber C. editores. *Evoked Potentials II*. Boston: Butterworth. p. 163-8, 1984.

RODRIGUES, G. R. I; LEWIS, D. Potenciais Evocados Auditivos de Estado Estável em crianças com perda auditiva neurossensorial. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**. v. 22, n. 1, 2010.

SANTOS, TS. Resposta auditiva em regime permanente evocada por ruído modulado: Uma proposta de protocolo para identificação de perdas auditivas. Tese Doutorado. 2016.

SAVIO, G; PEREZ-ABALO, M. C. Auditory seteady-state resposnses and hearing screening. In: Auditory steady-state resposnse: generation, recording, and clinical applications. Ed. Plural Publising. p. 185-99, 2008.

SILMAN, S; SILVERMAN, C. A. Basic audiologic testing. In: SILMAN, S; SILVERMAN, C.A. Auditory diagnosis: principles and applications. San Diego: Singular Publishing Group. p. 44-52, 1997.

SMALL, S. A.; SMYTH, A; LEON, G. Effective masking levels for 500 and 2000Hz bone conduction auditory steady state responses in infants and adults with normal hearing. **Ear & Hearing**. v. 35, n. 1, p. 63-71, 2013.

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

SMALL, S. A; STAPELLS, D. R; Multiple Auditory Steady-State Response Thresholds to Bone-Conduction Stimuli in adults with Normal Hearing; **J Am Acad Audiol**. v. 16, p. 172-83, 2005.

SMALL, S. A; STAPELLS, D. R; Multiple Auditory Steady-State Response Thresholds to Bone-Conduction Stimuli in Young Infants with Normal Hearing. **Ear & Hearing**. v. 27, n. 30, 2006.

SMALL, S. A, HATTON, J. L, STAPELLS, D. R. Effects of Bone Oscillator Coupling Method, Placement Location, and Occlusion on Bone-Conduction Auditory Steady-State Responses in Infants. **Ear & Hearing**. v. 28, p. 83-98, 2007.

SMALL, S. A.; STAPELLS, D. R. Maturation of bone conduction multiple auditory steady-state responses. **Int J Audiol**. v. 47, p. 476-88, 2008a.

SMALL, S. A.; STAPELLS, D. R. Normal Ipsilateral/contralateral asymmetries in infants multiple auditory steady-state responses to air and bone-conduction stimuli. **Ear Hear**. v. 29, p. 185-98, 2008b.

SOARES IA, LINS OG. Microfonismo coclear de estado estável. In: Tratado de audiologia. Rio de Janeiro. Guanabara Koognan. 2015: 111-17.

SOUZA, L. C. A; PIZA, M. R. T; ALVARENGA, K. F; COSER, P. L. Eletrococleografia In: Eletrofisiologia da Audição, São Paulo: Novo Conceito. p. 31-47, 2010.

STURZEBECHERL, E, CEBULLA, M; NEUMANN, K. Click evoked ABR at high stimulus repletion rates for neonatal hearing screening. **International journal of audiology**. v. 42, p. 59-70, 2003.

SWANEPOEL, D. W; et al., Auditory steady-state responses to bone conduction stimuli in children with hearing loss. **International journal of Pediatric Otorhinolaryngology**. v.72, p. 1861-71, 2008.

STENFELT, S; HAKANSSON, B. Air versus bone conduction: an equal loudness investigation. **Hear Res**. v. 167, p. 1-12, 2002.

TONNDORF, J. Bone conduction: studies in experimental animals. **Acta otolaryngol**. v. 213, p. 1-132, 1966.

TORRES-FORTUNY, A; et al. Comparing auditory steady-state responses amplitude evoked by simultaneous air –and-bone-conducted stimulation in newborns. **International Journal of Audiology**. v. 55. p. 375-79, 2016.

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

VALDEZ-SOSA, M. J; BOBES, M. A; PEREZ-ABALO, M. C; PERERA, M; CARBALLO J. A; VALDEZ-SOSA, P. Comparison of auditory evoked potential detection methods using signal detection theory. **Audiol**. v. 26. p. 166-78, 1987.

VAN MAANEN, A; STAPPELLS, D. R. Normal multiple auditory steady-state response thresholds to air-conduction stimuli in infants. **J Am Acad Audiol**. v. 20, p. 196-207, 2009.

VAN MAANEN, A; STAPPELLS, D. R. Multiple-ASSR thresholds in infants and young children with hearing loss. **J Am Acad Audiol**. v. 21, p. 535-45, 2010.

VENTO, B. A; DURRANT, J. D. Assessing bone conduction thresholds in clinical practice. In: *Handbook of Clinical Audiology*, ed. 6. Baltimore, Lippincott, Williams and Wilkins, 2009.

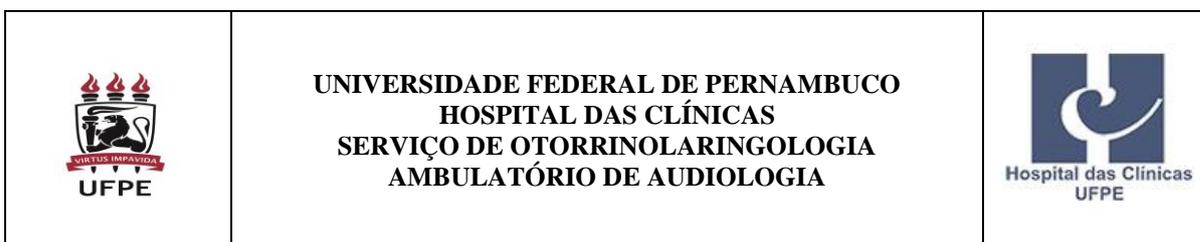
WEISS, T. F, MULROY, M. J, ALTMANN, D. W. Intracelular responses to acoustic click in the inner ear of the alligator lizard. *Revista Journal of Acoustic Society*. v. 55, p. 606-19, 1974.

ZEMLIN, W. R. Condução óssea. In: Princípios de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia, Porto Alegre: Artes Médicas Sul, p. 522-24, 2000.

ZHANG, L; M. O. L; ZHANG, F; HAN, D. Bone-conducted hearing assessment with 80Hz multiple auditory steady state responses to brief tones in adults with normal hearing. **ORL**. v. 73, p. 253-59, 2011.

APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para maiores de 18 anos emancipados

Convidamos o(a) Sr.(a) para participar como voluntário(a) da pesquisa *“Resposta Auditiva de Estado Estável simultânea por via aérea e óssea”*, que está sob a responsabilidade da pesquisadora Elizângela Dias Camboim, residente na rua João Ramos, 285/402 Graças. CEP: 52011-080– Telefone: (81)99775543. E-mail: elicamboim@yahoo.com.br e está sob a orientação de: Profº Dr. Otávio Gomes Lins. Telefone: (91383591), e-mail (oglines@hotmail.com).

Este Termo de Consentimento pode conter informações que o/a senhor/a não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que fique bem esclarecido(a) sobre sua participação na pesquisa. Em caso de aceite, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o(a) Sr.(a) não será penalizado(a) de forma alguma. Também garantimos que o(a) Senhor(a) tem o direito de retirar o consentimento da sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalidade.

O objetivo desta pesquisa é avaliar as respostas auditivas de estado estável simultâneas por via aérea e óssea. Será realizado exames auditivos como: audiometria para pesquisar a menor intensidade do som que o(a) senhor(a) consegue ouvir, por meio da colocação de fones de ouvido, sendo necessário levantar a mão todas as vezes que ouvir o som. Ficará sentado numa poltrona confortável dentro de uma cabine acústica. Em seguida, será colocado uns eletrodos na superfície de sua testa, nuca e ombro direito para a realização da resposta evocada auditiva de estado estável (RAEE). O(a) senhor (a) permanecerá deitado na poltrona confortavelmente de forma relaxada durante 10 a 35 minutos durante esse procedimento, ouvindo um som de média e baixa intensidade. Não haverá necessidade de acompanhamento, sendo necessária apenas uma visita para a coleta da pesquisa. Até a presente data não foram descritos na literatura efeitos deletérios à saúde, relacionados aos exames de PEAE. A necessidade de preparação e limpeza da pele para a colocação dos eletrodos pode ocasionar vermelhidão à pele, podendo causar desconforto ao paciente. Para diminuir a possibilidade de desconforto ou ardor na colocação dos eletrodos, será utilizada uma pasta especial abrasiva com algodão ao invés de palha de aço, que é comumente utilizada.

Terá como benefício a avaliação de sua função auditiva e em caso de presença de alteração o encaminhamento médico especializado (otorrinolaringologia e neurologia). A pesquisa possibilitará um melhor conhecimento do exame de RAEE enquanto alternativa para a triagem auditiva.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos. O (a) senhor (a) não pagará nada para participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidos pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação). Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).

(Elizângela Dias Camboim)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo Resposta auditiva de estado estável simultânea por via área e vi óssea, como voluntário(a). Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento).

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário:

(02 assinaturas de testemunhas não ligadas a pesquisa)

Nome:	Assinatura:
Nome:	Assinatura:

APÊNDICE B – TABELA ANOVA E POST HOC NEWMAN KEULS

Comparações das amplitudes por via (VA e VO), modo (isolado e simultâneo) e intensidade (50, 40, 30 e 20 dB), por meio da

ANOVA fatorial de medições repetidas Via (2) × Intensidade (4) × Modo (2)

Repeated Measures Analysis of Variance (DadosHorizontal)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition; Std. Error of Estimate: 0.0283					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0.210	1	0.210	261.9	0.000
Error	0.012	15	0.001		
VIA	0.004	1	0.004	19.3	0.001
Error	0.003	15	0.000		
INTENSID	0.084	3	0.028	73.8	0.000
Error	0.017	45	0.000		
MODO	0.003	1	0.003	4.6	0.048
Error	0.008	15	0.001		
VIA*INTENSID	0.001	3	0.000	3.8	0.016
Error	0.005	45	0.000		
VIA*MODO	0.001	1	0.001	3.8	0.071
Error	0.002	15	0.000		
INTENSID*MODO	0.003	3	0.001	4.2	0.011
Error	0.010	45	0.000		
VIA*INTENSID*MODO	0.000	3	0.000	1.1	0.352
Error	0.004	45	0.000		

Post-hoc (Newman-Keuls) das interações

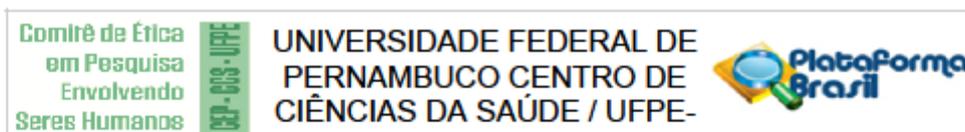
Via × Intensidade

Newman-Keuls test; variable DV_1										
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests										
Error: Within MSE = .0002, df = 45.000										
Cell No.	INTENSID	VIA	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
1	1	1	.04853	.06258	.03116	.03909	.01641	.02016	.00830	.00855
2	1	2	0.001	0.001	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	1	0.000	0.000		0.038	0.001	0.005	0.000	0.000
4	2	2	0.015	0.000	0.038		0.000	0.000	0.000	0.000
5	3	1	0.000	0.000	0.001	0.000		0.319	0.086	0.040
6	3	2	0.000	0.000	0.005	0.000	0.319		0.013	0.009
7	4	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086	0.013		0.947
8	4	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.009	0.947	

Intensidade × Modo

Newman-Keuls test; variable DV_1										
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests										
Error: Within MSE = .00011, df = 45.000										
Cell No.	MODO	INTENSID	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
1	1	1								
2	1	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1	3	0.000	0.000		0.015	0.000	0.000	0.013	0.047
4	1	4	0.000	0.000	0.015		0.000	0.000	0.000	0.391
5	2	1	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000
6	2	2	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000
7	2	3	0.000	0.002	0.013	0.000	0.000	0.000		0.000
8	2	4	0.000	0.000	0.047	0.391	0.000	0.000	0.000	

ANEXO A - APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA- PARECER CONSUBSTANCIADO.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Resposta Auditiva de Estado Estável simultânea por via aérea e óssea

Pesquisador: Elizângela Dias Camboim

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 44643715.3.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.097.785

Data da Relatoria: 03/06/2015

Apresentação do Projeto:

A proposta "Resposta auditiva de estado estável simultânea por via aérea e óssea" é um projeto de doutorado do Programa de Pós-Graduação em neurociências, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco. Tem como pesquisadora responsável Elizângela Dias Camboim, sob orientação do Prof^o Dr. Otávio Gomes Lins.

Objetivo da Pesquisa:

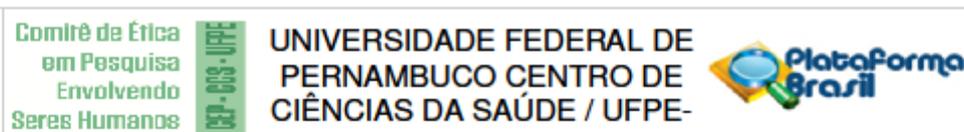
OBJETIVO GERAL:

- Avaliar as respostas auditivas de estado estável simultâneas por condução aérea e óssea.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir a posição ideal do vibrador para captação das respostas por condução óssea;
- Definir o tipo de estímulo mais apropriado para a captação da resposta auditiva de estado estável por via aérea e óssea simultâneas;
- Selecionar as melhores frequências portadoras para captação simultâneas por via aérea e óssea;
- Comparar os limiares da resposta auditiva de estado estável com os limiares auditivos comportamentais;
- Observar as respostas auditivas de estado estável por via aérea e óssea simultâneas em indivíduos normais e com diferentes tipos e configuração de perda auditiva;

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepeccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 1.097.785

- Criar um protocolo de triagem auditiva por meio das respostas auditivas de estado estável simultâneas por via aérea e via óssea;
- Analisar as respostas auditivas de estado estável simultâneas por condução aérea e óssea na triagem auditiva neonatal.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os autores descrevem que não há registros na literatura de efeitos deletérios à saúde, relacionados aos exames de Potencial evocado auditivo de estado estável - PEAAE.

Afirmam, no entanto, que há necessidade de preparação e limpeza da pele para a colocação dos eletrodos para realização do PEAAE e que isso, pode ocasionar vermelhidão à pele dos participantes podendo causar desconforto tanto no bebê como nos adultos. Para diminuir a possibilidade de desconforto ou ardor na colocação dos eletrodos, será utilizada pasta especial abrasiva ao invés de palha de aço, que é o material comumente utilizado.

Para o participante o benefício será o acompanhamento de sua função auditiva e em caso de presença de perda, o encaminhamento médico especializado (otorrinolaringologia e neurologia).

A pesquisa possibilitará um melhor conhecimento do exame de PEAAE enquanto alternativa no diagnóstico de neuropatia auditiva.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo observacional, descritivo, transversal, em que serão realizados testes iniciais com um grupo piloto, para que sejam adequados os procedimentos de análise ao estudo realizado. Posteriormente, a pesquisa prosseguirá com o grupo teste, composto por lactentes de 0 a 6 meses atendidos na unidade de neonatologia do HC-UFPE.

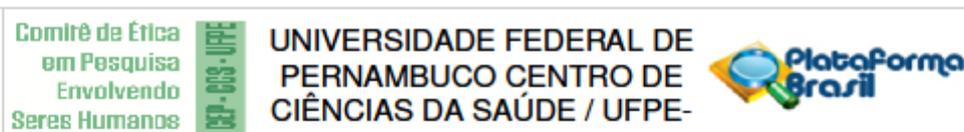
Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Acredita-se que não há necessidade de constar o TALE (descrito como TCLE para menores de 18 anos); Sugere-se que na carta de anuência do local onde acontecerá a coleta, conste a existência e disponibilidade de aparelhos a serem utilizados no processo de coleta.

Recomendações:

Sugere-se definir e uniformizar com justificativa o tamanho da amostra, haja vista que à Folha de Rosto, bem como na descrição do Projeto no formulário da Plataforma Brasil, há descrito que a

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepocs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 1.097.785

amostra será composta por 60 sujeitos, sendo 30 adultos e 30 lactentes, dados não contidos no projeto. Nesse inclusive, consta que o cálculo amostral acontecerá a partir de estudo piloto a ser realizado com a população adulta.

Diante da descrição do método parece não haver necessidade de TCLE para menores de 18 anos, melhor dizendo o TALE. Sendo assim, poderá ser suprimido dos escritos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

- Detalhar no orçamento os equipamentos que serão necessários à realização e operacionalização da coleta, informando quem assumirá a responsabilidade por ceder esses equipamentos, com a devida anuência.
- Uniformizar o tamanho da amostra na Folha de Rosto, Plataforma Brasil e no projeto detalhado, pois os mesmos estão diferentes.

Situação do Parecer:

Pendente

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está em PENDÊNCIA. O (A) pesquisador (a) deverá atender as considerações do parecer consubstanciado que está anexado - veja "detalhar" - corrigindo as pendências diretamente na Plataforma, no Projeto detalhado e no TCLE, se for o caso. As modificações realizadas devem ser destacadas em amarelo.

É obrigatório anexar à parte, uma carta de RESPOSTA ÀS PENDÊNCIAS, informando onde foram feitas as correções (qual documento/item/página). Siga as instruções do link "Para resolver pendências", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. O (A) pesquisador (a) tem 60 dias para responder aos quesitos formulados pelo CEP em seu parecer. Após esse prazo, o projeto será considerado arquivado (res.466/12).

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepocs@ufpe.br

Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Serres Humanos	CEP - CCS - UFPE	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-	 Plataforma Brasil
--	-------------------------	---	--

Continuação do Parecer: 1.097.785

RECIFE, 09 de Junho de 2015

**Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador)**

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
UF: PE Município: RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepocs@ufpe.br

ANEXO B - RELATÓRIO DE CALIBRAÇÃO



Maceió, 07 de janeiro de 2017.

Ordem de serviço: 0701201701

Relatório de Calibração e Ajuste

1. Identificação do solicitante do serviço

- 1.1. **Nome:** Universidade Federal de Pernambuco
- 1.2. **CNPJ:** -
- 1.3. **Endereço:** -
- 1.4. **Telefone:** -
- 1.5. **Contato:** Elizangela Camboim
- 1.6. **E-mail:** elicamboim@yahoo.com.br

2. Identificação do Instrumento

- 2.1. **Instrumento:** MASTER
- 2.2. **Marca:** -
- 2.3. **Modelo:** -
- 2.4. **Número de série:** -
- 2.5. **Data de fabricação:** -
- 2.6. **Vibrador ósseo:** B71
- 2.7. **Fone de ouvido:** ER-3H1

3. Informações do serviço

- 3.1. **Data de emissão:** 08/02/17 01:52
- 3.2. **Data de Calibração:** 07/01/2016.
- 3.3. **Data de validade da calibração:** 07/01/2017.



4. Resumo do método utilizado

4.1 Método geral

O Analisador de Potenciais Evocados Auditivos foi ajustado e calibrado utilizando-se um analisador de nível de pressão sonora. Para a calibração dos fones de ouvido foi utilizado um acoplador acústico, com adaptador 6cc. Foram realizados ensaios de frequência e intensidade de estímulos *Click* e *Tone Burst*, por via aérea e via óssea (eventualmente). Os *Tone Bursts*, por via aérea, foram testados a uma intensidade de 70 dBNA e a uma intensidade de 30 dBNA, por via óssea (quando presente). Os *Clicks* foram testados à 70 dBNPSpe pelo método de pico equivalência. Cada ensaio foi realizado 3 vezes, em cada frequência, ou *click*, e o valor atribuído final foi uma média aritmética dos mesmos.

4.2 Método específico

1. Configuração do VU. Arquivo pronto de 500 a 4k (Fator de amplitude 10)
2. Calibração de cada estímulo individual. Iniciou-se com qualquer valor de fator de pressão até achar a intensidade LZF mais próxima de 80dBNPS (VA) e 70dBNPS (VO)
3. Depois foi realizada a configuração dos achados em um único estímulo misturado, nas frequências calibradas individualmente e com os fatores de cada uma delas correspondentes a 80dBNPS (VA) e 70dBNPS (VO)
4. Audiometro foi configurado à 50 dB.

5. Normas utilizadas

- 5.1. ISO 389-1:1998 – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 1: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones.
- 5.2. ISO 389-3:1994 – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 3: Reference equivalent threshold force levels for pure tones and bone vibrators.
- 5.3. ISO 389-4:1994 – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 4: Reference levels for narrow-band masking noise.
- 5.4. ISO 389-6:2007 – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 6: Reference threshold of hearing for test signals of short duration.

1. Equipamentos utilizados para calibração e ajuste

- 1.1. Medidor de nível de pressão sonora Brüel & Kjær, modelo: 2250-Light-G4, 1/3 Octave Frequency Analysis.
- 1.2. Microfone Brüel & Kjær, modelo: 4144, 1" Pressure-field Microphone.
- 1.3. Microfone Brüel & Kjær, modelo: 4192, ½" Pressure-field Microphone.
- 1.4. Orelha artificial Brüel & Kjær, modelo: 4153, Artificial Ear / Ear Simulator (IEC 60 318 coupler w/o microphone & preamp.).
- 1.5. Acoplador acústico Brüel & Kjær, modelo: 4152, Artificial Ear / Ear Simulator (6cc coupler w/o microphone & preamp.).

Página 2 de 5

- 1.6. Calibrador sonoro classe 1 Brüel & Kjær, Modelo: 4231, Brüel & Kjær, 94 and 114 dB, 1 kHz.
- 1.7. Mastóide artificial Brüel & Kjær, modelo: 4930.
- 1.8. Cabo triaxial Brüel & Kjær, modelo: AO-0440-D-015.
- 1.9. Cabo triaxial Brüel & Kjær, modelo: AO-0441-D-030.
- 1.10. Adaptador Brüel & Kjær, modelo: JJ-2617.
- 1.11. Cabo e Microfone Brüel & Kjær, modelo: AO-0645-D-030.
- 1.12. Osciloscópio da Marca Tektronix, modelo TBS 1072B.
- 1.13. Termohigrometro minipa, modelo: MT 241.
- 1.14. Barômetro Oregon, Modelo: RA 123.

2. Condições ambientais durante a calibração

- 2.1. Temperatura: 23,5°C ±1
- 2.2. Pressão: 1020 mbar
- 2.3. Umidade do ar: 91%

3. Resultados medição de estímulos

Estímulos individuais		Estimulo de 70dB - tom combinado de 500		
		VA	VO	
	Fator Amplitude	21	6	
	LZF 500Hz	80,1	71,3	
	Estimulo de 70dB - tom combinado de 1000			
	Fator Amplitude	13	10	
	LZF 100Hz	80,5	70,8	
	Estimulo de 70dB - tom combinado de 2000			
	Fator Amplitude	11	16	
	LZF 200Hz	80,1	72	
	Estimulo de 70dB - tom combinado de 4000			
	Fator Amplitude	11	40	
	LZF 400Hz	80,5	71	

		VA	VO	
Fator		21/13/1	6/10/1	
Amplitude	6/5/4/3	1/11	6/40	
	Inicial	Final	Final	
Estímulos misturados	Estímulo de 70dB - tom combinado de 500 a 4kHz			
	LZF 500Hz	69,2	80,2	69,6
	LZF 1k*	72,2	80,6	70
	LZF 2k	71,5	80,3	70,2
	LZF 4k	69,2	80,5	70,2

* Destaque para medida em pico equivalente de 1kHz.

Considerações		VA	VO
Tabela de ajuste para 0 dB NA			
	Narrow-band (VA)		
	Tom puro (VO)		
	LZF 500Hz	9,5	48
	LZF 1k	6	42,5
	LZF 2k	9	31
	LZF 4k	10,5	32,5

4. Conclusões

O equipamento apresentou desvios que estão dentro dos padrões de funcionamento desse tipo de equipamento estabelecidos nas normas utilizadas.

A incerteza do método empregado é inferior a ± 1 dB. Os resultados das medições realizadas foram obtidos por meio de equipamentos adequados para esse fim e calibrados anualmente nos laboratórios do INMETRO e/ou da Rede Brasileira de calibração (RBC). Por fim, esse relatório é válido exclusivamente para o conjunto de avaliação auditiva (equipamento, fones e

Página 4 de 5



vibrador ósseo) submetido à calibração/ajuste, com números de série especificados no item 2, e com as mesmas condições ambientais encontradas naquela oportunidade, e descritas no item 7.

Maceió – AL, 07 de Janeiro de 2017.

Execução do serviço

Pedro de Lemos Menezes

Alessandro Medeiros de Lemos

Sócio-diretor administrativo

